

### Résultats préliminaires relatifs à la détermination d'un géoïde du Nord de l'Algérie

Par M.A. MESLEM / INCT- Alger

### Etablissement d'un levé bathymétrique de grande précision par GPS cinématique

Par H. DEKKICHE, S. KAHLOUCHE, H. Abbas / CNTS- Arzew et M. KARICHE / URD, AEN- Oran

### Déformation cosismique et soulèvement de la côte associés au tremblement de terre de zemouri (21 mai 2003, Mw 6.8)

Par M. MEGHRAOUI / I.P.G, UMR- Strasbourg, F. BENHAMOUDA, B. CHEMAA / INCT- Alger,  
Z. CAKIR / I.P.G, UMR- Strasbourg, A. AYADI, S. MAOUCHE / CRAAG- Alger et A. AOUDIA / AICTP- Trieste

### Enregistrement par un marégraphe prototype, des variations de niveaux de la mer à Alger durant le séisme du 21 mai 2003

Par M.V. RUYMBEKE / ROB, Bruxelles - Belgique, B. CHEMAA, M. NECHIMI, H. SAYAD / INCT- Alger  
et R. HOWARD / ROB, Bruxelles - Belgique

### Estimation de la température de surface et de l'émissivité à partir des données satellitaires NOAA / AVHRR

Par A. HAMIMED / Centre Universitaire de Mascara - Algérie, A. LANSARI / CNTS- Arzew,  
K. MEDRBAL / Centre Universitaire de Mascara- Algérie,  
K. BENHANIFIA / CNTS- Arzew et N. LEUTREUCH-BELAROUCI / Université de Tlemcen

### Contribution de la télédétection dans l'étude de la fracturation de Horst de Ghar Rouban (l'Oranie-Algérie)

Par M. TABELIOUNA / Université d'Oran, A. Z. SAAD / CNTS, Arzew- Oran  
et W. KOUDJIL / Université d'Oran

### Intégration des données optiques et radar dans un processus classificateur

Par M. BENKADDOUR / INCT- Alger

ISSN-1112-3745

Édité et publié par:  
L'Institut National de Cartographie et de Télédétection  
123, Rue de Tripoli - B.P 430 Hussein-Dey - Alger  
Algérie

Prix: 40 DA  
Étranger: 15 Euro

N° 12  
Octobre 2003





**Bulletin de l'INCT**

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

Fondé en Octobre 1997  
N°12 - Octobre 2003  
ISSN 1112-3745

Responsable de la revue : INCT.

Editeur : 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) 23 43 75  
Fax : (021) 23 43 81  
(021) 47 00 29

E-mail : inct99@wissal.dz

**Publicité :**

INCT, 20 Rue Abane Ramdane, Alger, 16000, Algérie  
Tél : (021) 73 92 60  
Fax : (021) 73 73 05  
Ou ANT Vertriebs GmbH  
Postfach 210403 80764  
Munich Allemagne .

**Tirage :**

1.000 Exemplaires

**Comité de lecture :**

- Prof, Larouk Med El Hadi :  
Université de Constantine.
- Prof, Bendjelid Abed :  
Université d'Oran.
- Mr, Kahlouche Salem :  
Maître de recherche, CNTS.
- Mr, Atoui Brahim :  
Docteur, INCT.
- Mr, Kedjar Abou Bakr :  
Docteur, INCT.
- Mr, Iftène Tahar :  
chargé de recherche, CNTS.
- Mr, Trache Abdelhak :  
Maître de recherche, CNTS.
- Mr Benmohamed Mohamed :  
chargé de recherche, CNTS.
- Mr, Benhamouda Fethi :  
Magister, INCT.
- Mr, Ayadi Abdelkrim :  
chargé de recherche, CRAAG.

**Sommaire / Contents**

**Pages**

<b>Résultats préliminaires relatifs à la détermination d'un géoïde.....</b>	<b>02</b>
<i>du Nord de l'Algérie</i>	
<i>Par M. A. MESLEM.</i>	
<b>Etablissement d'un levé bathymétrique de grande précision.....</b>	<b>08</b>
<i>par GPS cinématique</i>	
<i>Par H. DEKKICHE, S. KAHLOUCHE et M. KARICHE</i>	
<b>Déformation cosismique et soulèvement de la côte associés au</b>	
<b>tremblement de terre de Zemmouri (21 mai 2003, Mw 6.8).....</b>	<b>13</b>
<i>Par M. MEGHRAOUI, F. BENHAMOUDA, B. CHEMAA, Z. CAKIR,</i>	
<i>A. AYADI, S. MAOUCHE et A. AOUDIA .</i>	
<b>Enregistrement par un marégraphe prototype des variations</b>	
<b>de niveaux de la mer à Alger durant le séisme du 21 mai 2003.....</b>	<b>18</b>
<i>Par M.V. RUYMBEKE, B. CHEMAA, M. NECHIMI, H. SAYAD, et R. HOWARD.</i>	
<b>Estimation de la température de surface et d'émissivité à partir</b>	
<b>des données satellitales NOAA / AVHRR.....</b>	<b>22</b>
<i>Par A. HAMIMED, A. LANSARI, K. MEDRBAL, K. BENHANIFIA</i>	
<i>et N. LETREUCHE-BELAROUCI .</i>	
<b>Contribution de la télédétection dans l'étude de la fracturation</b>	
<b>de Horst de Ghar Rouban (Oranie-Algerie).....</b>	<b>27</b>
<i>Par M. TABELIOUNA, A. Z. SAAD, et W. KOUDJIL.</i>	
<b>Intégration des données optiques et radar dans un processus</b>	
<b>classificateur.....</b>	<b>33</b>
<i>Par M. BENKADDOUR.</i>	
<b>Informations Générales.....</b>	<b>41</b>
<b>Revue des Revues.....</b>	<b>44</b>
<b>Livres.....</b>	<b>50</b>
<b>Compte rendu.....</b>	<b>55</b>
<b>Soutenance de thèse.....</b>	<b>61</b>

**COPYRIGHT 2003**  
Tout droit réservé pour tous pays,  
textes, illustrations, photos.

Le Bulletin des Sciences Géographiques est indexé dans la  
*Bibliographie Internationale Géoabstracts et International*  
*Bibliography of the Social sciences*



## Résultats préliminaires relatifs à la détermination d'un géoïde du Nord de l'Algérie

Par Mohamed Aissa MESLEM

Institut National de Cartographie et Télédétection  
123, rue de Tripoli, BP 430, Hussein Dey, Alger, Algérie  
meslem\_ma@hotmail.com

ملخص:

هذا التقرير يعرض بطريقة موجزة تقدير لشبه الجيويد الجانبي لشمال الجزائر، مرتكز فقط على معطيات أرضية. لقد تم الحساب أساسا على مجموعة من النقاط للجاذبية يقدر عددها الكلي بـ 2478، 2473 نقطة قياس مستمدة من ملف EOL للمكتب العالمي للجاذبية (م.ع.ج) و خمسة نقاط إضافية لقياس الجاذبية المطلقة تم إنجازها حديثا من قبل المعهد الوطني للخرائط والكشف عن بعد. كل هذه القياسات حولت إلى النظام المرجعي الجيوديزي GRS 80. الطريقة ارتكزت أساسا على تقنية (سحب/ إرجاع) و أصلية Stokes مقيمة بتحويل فوري سريع باستعمال النموذج الأرضي للجاذبية OSU91A (R.H.Rapp & al., 1991) و النماذج الرقمية للأسطح المستمدة من شبكة GTOPO30 التي توفرها الوكالة الوطنية للتصوير الفضائي والخرائط للولايات المتحدة الأمريكية (NIMA). تمت معالجة كل المعطيات باستعمال البرنامج GRAVSOFIT و برامج المصلحة العالمية للجيويد. في إطار هذا العمل، تم القيام بمقارنتين، الأولى تمثلت في مقارنة و تكييف الحل لـ 43 نقطة للتسوية بواسطة GPS و الثانية لـ 3160 موجة لشبه الجيويد (أوربا، شمال إفريقيا، جيويد رقم I) التي تم حسابها من طرف الم.ع.ج، (J.P.Barriot).

### Résumé :

Cet article présente d'une manière succincte, une procédure d'estimation d'un quasi-géoïde gravimétrique pour le Nord de l'Algérie, basée uniquement sur des données terrestres. Le calcul a été réalisé à partir d'un ensemble de valeurs gravimétriques au nombre total de 2478, 2473 points de données provenant du fichier EOL du Bureau Gravimétrique International (B.G.I), augmenté de cinq points absolus gravimétriques déterminés récemment par l'Institut National de Cartographie et Télédétection (I.N.C.T). Toutes ces données ont été transformées dans le système de référence géodésique GRS-80. L'approche du problème a été basée sur la technique du terrain résiduel et celle de l'intégrale de Stokes évaluée à l'aide de la Transformée de Fourier rapide (FFT), utilisant comme modèle de géopotential l'OSU91A (R.H.Rapp & al., 1991) et des MNT dérivés de la grille GTOPO30, fournie par la NIMA, l'Agence Nationale de l'Imagerie et de la Cartographie des USA. La réalisation de ce travail a été effectuée à l'aide du logiciel GRAVSOFIT ainsi que des programmes et logiciels de l'IGeS. La solution a été comparée puis adaptée aux anomalies d'altitudes déduites de 43 points GPS et de nivellement géodésique du réseau du premier ordre.

Une comparaison a été faite avec le géoïde Europe Afrique du Nord, Géoïde numéro 1, EANG1 calculé par le B.G.I (J.P.Barriot), 3160 hauteurs de géoïdes dans la zone considérée (Nord de l'Algérie) que nous avons converties en anomalies d'altitudes au moyen d'anomalies de Bouguer sur les 2478 points.

### Abstract:

This paper present in a brief manner a gravimetric quasi-geoid determination for the Northern region of Algeria, based solely on terrestrial data. The calculation has been achieved by a set of gravimetric values to the total number of 2478, 2473 data points from the EOL file of the International Gravimetric Bureau (B.G.I) augmented with five absolute gravimetric points achieved lately by the National institute of Cartography and Remote Sensing (I.N.C.T). All these data have been transformed to the reference geodetic system GRS-80. The approach of the problem has been based on the (remove/restore) procedure and the Stokes formula, evaluated by the Fast Fourier Transformed (FFT), using the OSU91A (R.Rapp & al. 1991) spherical harmonic model, and derived digital elevation model from GTOPO30, provided by the National imagery and Mapping agency (N.I.M.A), the realization of this work has been done with help of GRAVSOFIT package and the IGeS programs and softwares. The solution has been compared and adapted to 43 height anomalies, deducted from GPS observations and geodetic levelling. A comparison has also been done with the geoid Europe North Africa, Geoid Number 1, EANG1 calculated by the B.G.I (J.P.Barriot), 3160 geoid heights in the area under study (North of Algeria) that we have converted to heights anomalies by means of Bouguer anomalies over the 2478 points.



## I- Introduction:

La région du Nord de l'Algérie dispose d'une quantité de données gravimétriques relativement importante contrairement au centre et à quelques régions du Sud où celles-ci présentent un manque manifeste de données. Dans le cadre du projet GEOIDA (Calcul d'un géoïde pour l'Algérie), ceci nous a conduit, pour une première estimation d'un géoïde gravimétrique, à choisir la zone du Nord :  $32^\circ \leq \varphi \leq 37^\circ$ ,  $-4^\circ \leq \lambda \leq 10^\circ$ .

L'estimation a été basée sur 2473 points gravimétriques issus du fichier EOL fourni par le Bureau Gravimétrique International (Banque mondiale des données gravimétriques), ainsi que 5 points de gravimétrie absolus. Dans la réalisation de ce travail, toutes les données gravimétriques ont été transformées vers le système de référence géodésique GRS-80. Le modèle de géopotential OSU91A développé jusqu'aux degrés et ordres 360 a été utilisé pour retirer et restaurer les composantes de basses fréquences de la gravité et du géoïde respectivement. Les effets direct et indirect de la topographie ont été calculés à la base de DTM (Digital Terrain Model), dérivés de la grille GTOPO30 et couvrant toute la zone d'intérêt. L'approche utilisée pour le calcul a été basée sur la formule de Stokes évaluée par l'approche 1D-FFT (Haagmans & al., 1993). Le résultat final représente un quasi-géoïde gravimétrique de résolution de  $(5' \times 5')$ . La solution a été comparée puis adaptée à 43 anomalies de hauteurs déduites d'observations GPS et de nivellement géodésique du réseau du premier ordre. Une comparaison a également été faite avec le géoïde Europe Afrique du Nord, Géoïde numéro 1, EANG1 calculé par le B.G.I (J.P.Barriot) où 3160 hauteurs de géoïde dans la zone considérée (Nord de l'Algérie) ont été converties en anomalies d'altitudes au moyen d'anomalies de Bouguer sur les 2478 points.

## II- Données utilisées:

### II-1- Données gravimétriques:

a) Un ensemble de 2473 anomalies de pesanteur à l'air libre du fichier EOL fourni par le B.G.I avec une précision de  $\pm 5$  mGal, transformées du système GRS-67 vers le GRS-80.

$$\Delta g_{1980} = \Delta g_{1967} - (0.8316 + 0.0782 \sin^2 \varphi - 0.0007 \sin^4 \varphi) \quad (1)$$

b) Un ensemble de 5 points de la pesanteur absolue du réseau gravimétrique d'ordre zéro à une précision de  $\pm 10$   $\mu$ Gal transformés en anomalies à l'air libre dans le système GRS-80.

$$\Delta g_{1980} = g_0 - (978032.67714) \frac{(1 + 0.00193185138639 \sin^2(\Phi))}{\sqrt{1 - 0.00669437999013 \sin^2(\Phi)}} \quad (2)$$

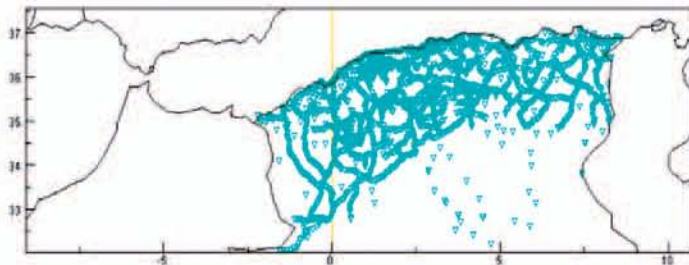


Fig. 1: Distribution géographique des données gravimétriques utilisées.

### II-2- Données topographiques:

Les Modèles Numériques de Terrain utilisés dans ce travail sont générés de GTOPO30 de résolution de  $30'' \times 30''$  fourni par la NIMA (National Imagery and Mapping Agency).

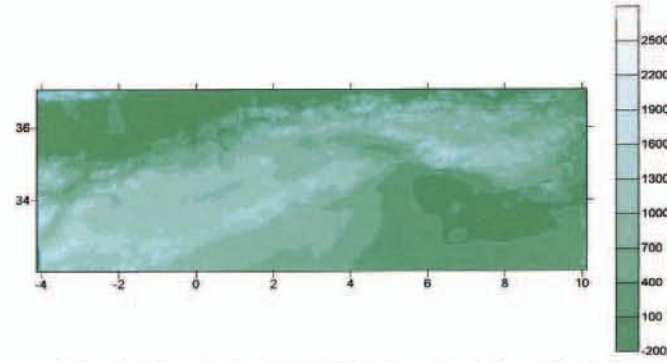


Fig. 2: Extrait de GTOPO30 dans la région d'intérêt.

### II-3- Coefficients Géopotentiels:

Le modèle géopotential global OSU91A a été adopté comme référence pour soustraire l'information de basse fréquence du champ de pesanteur, exprimé par ses coefficients géopotentiels (harmoniques tesséraux) développés jusqu'aux degrés et ordres 360 (R.H.Rapp & al., 1991), servant à calculer les anomalies de pesanteur ainsi que les ondulations du Model en approximations sphériques.

### II-4- Données GPS/Nivellement:

Dans l'étape de l'évaluation de la précision externe et de l'adaptation du géoïde calculé, 43 ondulations de géoïde du GPS/Nivellement géodésique du réseau du premier ordre avec une précision de  $\pm 50$ cm, ont été utilisées.

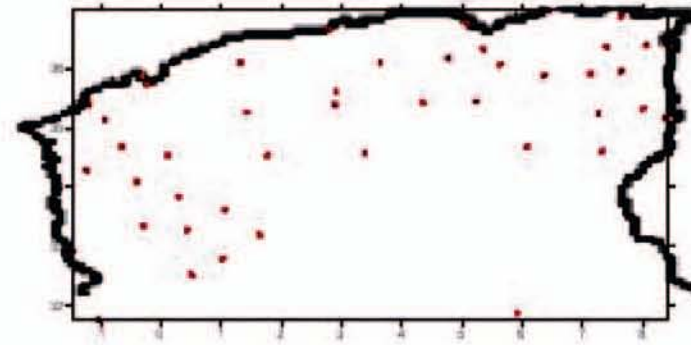


Fig. 3: Distribution géographique des points GPS de contrôle.

## III- Procédures de calculs:

### III-1- Etape (retrait/restauration):

#### III-1-1- Etape du retrait :

Cette étape est basée sur le modèle géopotential OSU91A dans le calcul de la contribution du modèle, la contribution topographique (effet direct de la topographie), a été calculée à la base de 3 DTM de résolution de  $(30'' \times 1')$ ,  $(5' \times 5')$  et de  $(30' \times 30')$ , dérivés de GTOPO30.



Les anomalies résiduelles sont exprimées par la relation suivante:

$$\Delta g_{res} = \Delta g_{obs} - \Delta g_{ref} - \Delta g_{RTM} \quad (3)$$

ou  $\Delta g_{ref}$  est exprimée par la relation :

$$\Delta g_{ref} = \bar{g} \sum_{n=2}^{n_{max}} (n-1) \sum_{m=0}^n (\bar{C}_{nm} \cos m\lambda_p + \bar{S}_{nm} \sin m\lambda_p) \bar{P}_{nm} \sin \varphi_p \quad (4)$$

et  $\Delta g_{RTM}$  en approximation plane par la formule:

$$\Delta g_{RTM} = G\rho \iint_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{z-h_p}{[(x_p-x_p')^2 + (y_p-y_p')^2 + (z_p-h_p')^2]^{3/2}} dx_p' dy_p' dz_p' \quad (5)$$

Où  $h$  est l'altitude topographique donnée par le modèle numérique d'élevation.

La réduction R T M rapprochée par la réduction Bouguer au niveau de référence est exprimée par la relation (6).

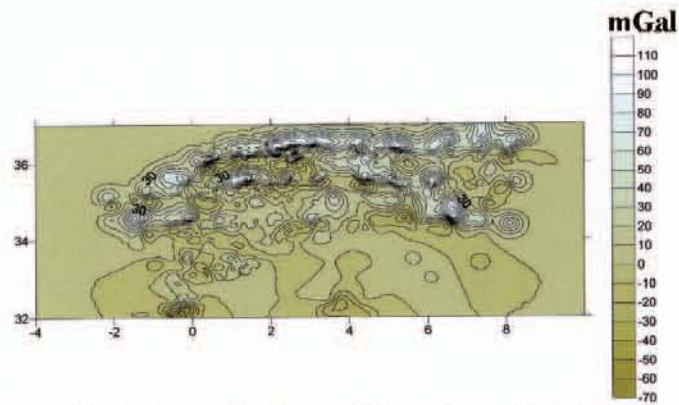
$$\Delta g_{RTM} \approx 2\pi G\rho(h - h_{ref}) - c \quad (6)$$

Où  $c$  est la «correction de terrain classique» en approximation plane.

A partir des anomalies résiduelles ponctuelles, une grille d'anomalies résiduelles de (5'x5') a été générée à l'aide d'une prédiction par collocation. La valeur de chaque cellule de la grille est calculée à partir de 10 points les plus proche au voisinage du point de prédiction, en utilisant le modèle de Markov avec une distance de corrélation fixée a priori- à 25 km. La grille générée des anomalies de gravité avec la contribution de OSU91A et la soustraction R T M est représentée dans la figure 4.

**Tableau 1:** Statistiques des D T M utilisés dans la correction de terrain

#	Minimum(m)	Maximum(m)	Mean(m)	Std.Dev(m)	Dlat(°)	Dlon(°)
DTM1	-98	2103	601.36	448.5	0.00833	0.0167
DTM2	-80	2783	568.23	464.37	0.08333	0.08333
DTM3	-76	1984	493.15	475.91	0.5	0.5



**Fig. 4:** Anomalies de gravité avec la contribution de OSU91A et soustraction R T M.

### III-1-2- Etape du calcul du géoïde résiduel :

Le calcul du géoïde a été basé sur l'intégrale de convolution de Stokes, évaluée dans le domaine fréquentiel par la méthode des transformées de Fourier rapides (FFT).

L'intégrale de Stokes (7) est transformée du continu vers le discret en sommation, représentée dans les équations (8) et (9) :

$$\zeta = \frac{R}{4\pi\gamma} \iint_{\sigma} \Delta g S(\Psi) d\sigma \quad (7)$$

$$\zeta(\varphi_i, \lambda_k) = \frac{R}{4\pi\gamma} \sum_{j=0}^{N-1} \sum_{i=0}^{M-1} \Delta g_{res}(\varphi_j, \lambda_i) S(\varphi_i - \varphi_j, \lambda_k - \lambda_i) \cos \varphi_j \Delta\lambda \quad (8)$$

avec  $\varphi_i = \varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n$ . L'équation (2) est évaluée par FFT comme suit:

$$\zeta(\varphi_i, \lambda_k) = \frac{R}{4\pi\gamma} F_1^{-1} \left\{ \sum_{j=0}^{N-1} F_1[\Delta g_{res}(\varphi_j, \lambda_i) \cos \varphi_j] F_1[S(\varphi_i, \varphi_j, \Delta\lambda)] \right\} \quad (9)$$

avec  $F_1$  et  $F_1^{-1}$  les transformées de Fourier directe et inverse respectivement, donnant les ondulations de géoïde pour tous les points localisés sur le parallèle  $\varphi_i$  en s'appuyant sur les données du parallèle  $\varphi_j$ ,  $\Psi$  change uniquement en  $\lambda_k - \lambda_i$ , et  $\Delta g_{res}$  change avec  $\lambda_j$ .

Le programme utilisé pour ce calcul est FFTGEOID ( Sideris.M. G, Yecai Li ) par l'approximation IDFFT.

### III-1-3- Etape de restauration :

La contribution du modèle géopotentiel aussi bien que l'effet indirect de la topographie sont restaurés aux ondulations résiduelles, donnant le quasi-géoïde final représenté dans la figure 6.

$$\zeta = \zeta_{res} + \zeta_{ref} + \zeta_H \quad (10)$$

Pour calculer l'ondulation du géoïde  $\zeta_{ref}$  en approximation sphérique à partir d'un ensemble de coefficients en harmoniques sphériques, on utilise la relation suivante:

$$\zeta_{ref} = R \sum_{n=2}^{n_{max}} \sum_{m=0}^n (\bar{C}_{nm} \cos m\lambda_p + \bar{S}_{nm} \sin m\lambda_p) \bar{P}_{nm} \sin \varphi_p \quad (11)$$

Où  $n_{max}$  est le degré maximum du développement,  $\bar{C}_{nm}$  et  $\bar{S}_{nm}$  ont les coefficients normalisés du potentiel perturbateur,  $\bar{P}_{nm}(\sin \varphi)$  sont les fonctions associées de Legendre normalisées,  $R$  est le rayon moyen de la terre,  $\varphi$  et  $\lambda$  sont la latitude et longitude géodésiques. L'effet indirect de la topographie est calculé par la méthode d'approximation de condensation d'Helmert, à la base de deux modèle numérique d'élevation, le premier de résolution (5'x5') et le second pris comme référence moyenne de (10'x10') de résolution..  $\zeta_H$  est calculée par la relation suivante:

$$\zeta_H = -\frac{\pi G\rho}{\gamma} H_p^2 - \frac{G\rho}{6\gamma} \int_{\mathbb{R}} \frac{H^3 - H_p^3}{l^3} dx dy \quad (12)$$

**Table 2:** Statistiques de l'effet indirect de la topographie

Effet indirect	Max	Min	Moy	Dev.Std
$N_H$ (m)	2.308	-1.823	-0.251	0.664

**Table 3:** Statistiques des résultants de calcul du quasi-géoïde par le model OSU91A.

#	Maximum	Minimum	Moy	Dev.Std
$\Delta g_{obs}$ (mGal)	164.440	-83.520	28.297	29.437
$\Delta g_{obs} - \Delta g_{OSU91A}$ (mGal)	76.980	-69.990	29.515	22.682
$\Delta g_{res}^{OSU91A}$ (mGal)	118.550	-62.797	9.348	19.821
$N_{ref}^{OSU91A}$ (m)	9.432	1.028	4.362	1.899
$N_{ref}^{OSU91A}$ (m)	54.524	29.333	42.904	6.529
$QUASI-GEOID^{OSU91A}$ (m)	58.987	30.906	47.133	7.171



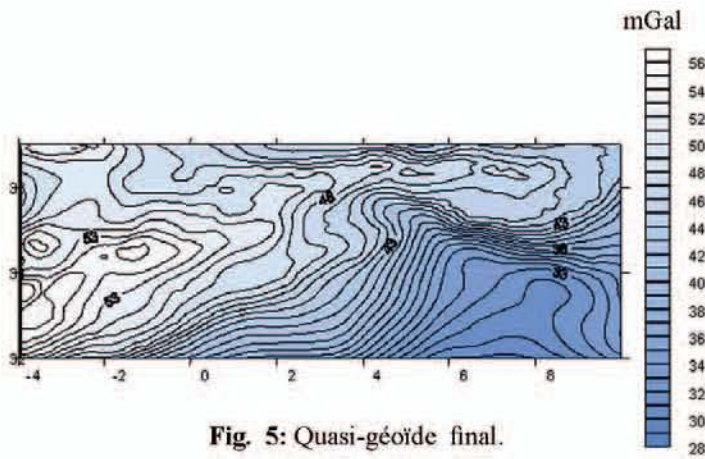


Fig. 5: Quasi-géοide final.

Nous venons de calculer un quasi-géοide, c'est-à-dire des anomalies d'altitudes plaquées sur l'ellipsoïde, pour obtenir le géοide il suffit d'appliquer la formule bien connue (Heiskanen & Moritz 1967, p. 327) :

$$N - \zeta = H^* - H \approx \frac{\Delta g_B}{\gamma} H \quad (13)$$

Où  $H$  et  $H^*$  sont les altitudes orthométriques et normales respectivement,  $\Delta g_B$  est l'anomalie de Bouguer simple.

#### IV- Evaluation du quasi-géοide:

##### IV-1-Comparaison et adaptation avec le GPS/Nivellement:

La solution a été comparée et adaptée à 43 anomalies de hauteurs du réseau de nivellement du premier ordre. Les ondulations du nivellement par GPS ( $N_{GPS}$ ) sont liées par les altitudes ellipsoïdales et orthométriques, ( $h$ ) et ( $H$ ) respectivement par la relation :

$$N_{GPS} = h - H \quad (14)$$

En réalité, il y a une inadéquation entre ( $H$ ) et l'altitude orthométrique donnée directement par le nivellement par GPS en raison de la différence des origines des deux systèmes, due au fait que le niveau zéro du nivellement est fixé par une convention c'est à dire un point fondamental qui est le marégraphe, pas à l'aide de mesures physiques tandis que le géοide calculé est représenté dans un système géocentrique bien défini.

Pour appliquer les opérations de comparaison et adaptation, il a donc été nécessaire de transformer les altitudes orthométriques en altitudes normales dans le système GRS-80 en utilisant les coordonnées tridimensionnelles de chaque repère de nivellement et les coefficients en harmoniques sphériques du model OSU91A en appliquant le terme de correction.

Les anomalies d'altitudes sont calculées par la formule suivante:

$$\zeta_p = \frac{GM}{\gamma_p \gamma_p} \sum_{n=2}^N \left[ \frac{a}{r_p} \right]^n \sum_{m=-n}^n \bar{C}_{nm} \bar{Y}_{nm}(\vartheta_p, \lambda_p) \quad (15)$$

Ceci est relié à l'ondulation du géοide d'après la relation (13) par:

$$N = \zeta + \frac{\bar{g} - \bar{\gamma}}{\bar{\gamma}} H \quad (16)$$

le terme de correction est exprimé ainsi par cette relation :

$$\frac{\bar{g} - \bar{\gamma}}{\bar{\gamma}} H \approx \frac{\Delta g_B}{\bar{\gamma}} H \quad (17)$$

La comparaison entre le quasi-géοide calculé et les anomalies d'altitudes, est exprimée par cette relation:

$$D\zeta = \zeta_{GPS-Niv} - \zeta_{calculé} = h - H_{normale} - \zeta_{calculé} \quad (18)$$

L'écart est représenté dans la relation qui suit par un polynôme de premier ordre des coordonnées géographiques, et un résidu qui représente les erreurs locales :

$$D\zeta = a + b(\varphi_i - \varphi_0) + c(\lambda_i - \lambda_0) \cos \varphi_i + v_i \quad (19)$$

Où  $a$ ,  $b$ ,  $c$  et  $v_i$  sont calculés par moindres carrés,  $i$  est l'indice du point,  $\lambda_i$  et  $\varphi_i$  sont sa longitude et sa latitude,  $\lambda_0$  et  $\varphi_0$  sont les coordonnées d'un point de référence arbitraire.

Une grille des  $D\zeta$  est générée ensuite en utilisant la prédiction par collocation, modélisant ainsi les résidus dans un processus stochastique, la fonction de covariance de  $D\zeta$  est modélisée par le model du second ordre de Gauss-Markov :

$$C_{D\zeta D\zeta} = C_0 (1 + \alpha d) e^{-\alpha d} \quad (20)$$

Le quasi-géοide calculé est adapté par la relation qui suit:

$$\zeta_{adapté} = \zeta_{calculé} + D\zeta_{grid} \quad (21)$$

Où  $d$  est la distance,  $\alpha$  le paramètre qui détermine la distance de corrélation.  $C_0$  est déterminée automatiquement, tandis que la distance de corrélation est spécifiée a priori, en tenant compte de l'espacement entre les points GPS nivelés. Ceci veut dire que les points GPS doivent se situés dans la zone de prédiction définie par la distance de corrélation, autrement le quasi-géοide adapté représenté dans la figures 6 sera le même que celui calculé du moins dans le cas de cette procédure d'adaptation, dans notre cas la distance de corrélation a été fixé à 50 km.

Les statistiques des résultats des écarts de la comparaison, avant et après adaptation sont résumées dans le tableau ci dessous :

Tableau 4 : Statistiques des écarts avant et après adaptation au GPS/Nivellement

#	Minimum (m)	Maximum (m)	Mean (m)	Std.Dev (m)
Comparaison avant adaptation	-10.493	-1.937	-6.207	2.007
Comparaison après adaptation	-0.157	0.135	0.00318	0.064

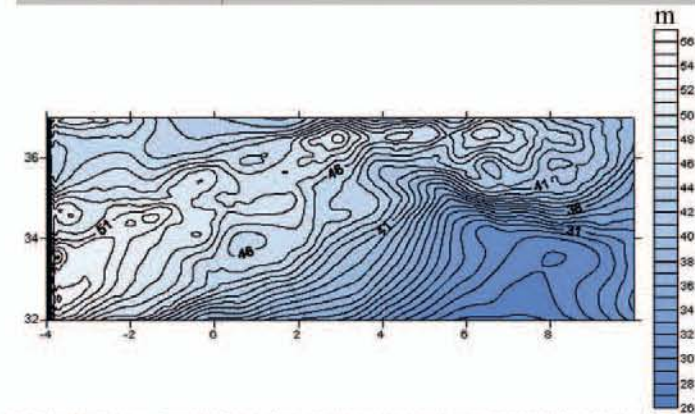


Fig. 6: Quasi-géοide adapté par rapport au GPS/Nivellement.



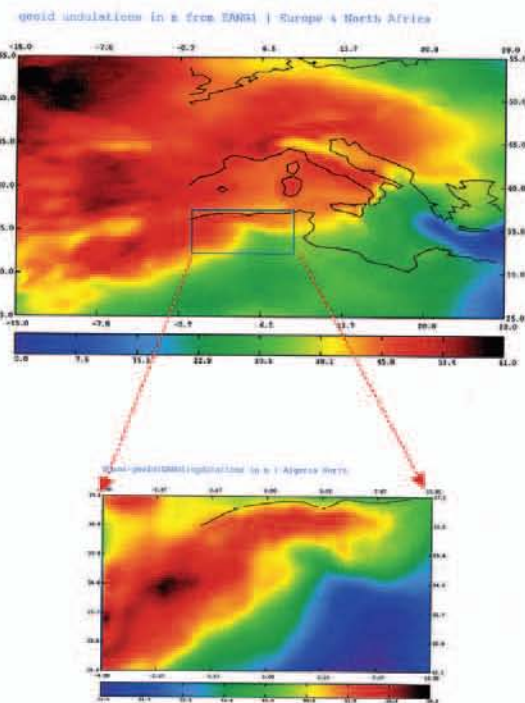
#### IV-2- Comparaison avec le géoïde du Bureau Gravimétrique International:

Une comparaison du quasi-géoïde calculé, avant et après son adaptation au GPS/Nivellement, a également été effectuée aux 3160 ondulations quasi-géoïdales extraites du géoïde EANG1 (Europe Afrique du Nord, Géoïde numéro 1), calculé par le B.G.I. (J.P.Barriot) et qui couvre toute la région de l'Europe et de l'Afrique du Nord :  $25^{\circ} \leq \varphi \leq 55^{\circ}$ ,  $-15^{\circ} \leq \lambda \leq 28^{\circ}$  avec une résolution de  $(6' \times 10')$ . Un nombre de 2478 anomalies de Bouguer ont été utilisées ainsi qu'un DTM de  $(5' \times 5')$  pour convertir le géoïde EANG1 en quasi-géoïde dans la zone d'intérêt à l'aide de la relation (13).

les résultats obtenus sont représentés dans le tableau qui suit :

**Tableau 5:** Statistiques de la comparaison avec géoïde EANG1.

#	Maximum (m)	Minimum (m)	Mean (m)	Std.Dev (m)
Comparaison au quasi-géoïde calculé	-0.483	-9.331	-4.0153	1.851
Comparaison au quasi-géoïde adapté	4.711	-2.996	1.769	1.519



#### V- Conclusion:

Le but de ce travail était de présenter une première estimation d'un quasi-géoïde gravimétrique pour le Nord de l'Algérie. La solution a été calculée par l'approche de la Transformée de Fourier Rapide (FFT) en utilisant la technique du terrain résiduel. Le quasi-géoïde a été comparé et adapté par rapport à 43 anomalies de hauteurs déduites d'observations GPS et de nivellement du réseau du premier ordre et comparé également aux 3160 ondulations quasi-géoïdales du géoïde EANG1. L'écart moyen de la comparaison du quasi-géoïde gravimétrique aux points GPS nivelés avant adaptation a été estimé à  $(\pm 6.207 \text{ m})$ , ceci est dû essentiellement aux problèmes de référentiels géodésiques, erreurs du modèle de géopotential utilisé dans les calculs et erreur systématique principale du nivellement.

Par ailleurs la déviation standard moyenne des écarts après adaptation, a été estimée à  $\pm 0.064 \text{ m}$ . La comparaison au géoïde EANG1 a présenté un écart moyen important estimé à  $\pm 4.015 \text{ m}$  pour le quasi-géoïde calculé.

L'origine de ces écarts est due principalement au fait que le géoïde EANG1 a été calculé à partir de données marines et terrestres de différentes sources fichier de Torge, SEASAT1, données BGI contrairement au calcul de notre quasi-géoïde, qui est basé uniquement sur des données terrestres.

Cette comparaison a montré également que l'écart moyen pour le quasi-géoïde adapté aux points du nivellement a été réduit à  $\pm 1.769 \text{ m}$ , ceci assure d'une certaine manière la bonne contribution du nivellement utilisé.

Pour une première estimation d'un quasi-géoïde gravimétrique, nous considérons ces résultats satisfaisants malgré l'imperfection des données utilisées. En effet, la précision du modèle de géopotential, est inégale suivant la région considérée et dépend de l'échelle à laquelle on l'examine. Les plus grandes longueurs d'onde (2 000 à 10 000 km) sont sans doute connues avec une précision de quelques centimètres voire quelques décimètres. En deçà (longueurs d'onde de 20 à 2 000 km), l'apport de l'information est plus divisé, et l'imprécision de nos jours, a pour origine un manque d'observations gravimétriques sur les terres émergées. En outre, le DTM (GTOPO30) utilisé dans l'étape du terrain résiduel, peut ne pas optimiser parfaitement la topographie, en raison de la qualité des données sources qui ont servi dans sa modélisation.

L'objectif principal reste cependant celui d'un calcul centimétrique d'un géoïde pour l'ensemble du territoire Algérien. Un géoïde algérien avec la précision précitée pourrait être réalisé en accomplissant d'abord une densification de la couverture gravimétrique dans les régions dépourvues de données. Il est important de signaler par ailleurs que le calcul du géoïde, dépend non seulement de l'observation gravimétrique mais aussi de la précision de l'altitude et des coordonnées planimétriques de la station. Il est alors nécessaire de valider rigoureusement les données gravimétriques que l'on utilise (Logiciel DIVA, M.Sarrailh, BGI). Enfin l'utilisation d'un DTM plus précis avec une meilleure résolution ainsi qu'un réseau de nivellement de meilleure qualité, devront permettre sans doute, dans les démarches ultérieures d'atteindre cet objectif.

#### VI- Références Bibliographiques:

- [1] C.C.Tscherning (Department of Geophysics, Juliane Maries Vej 30, DK-2100 Copenhagen Ø, Denmark), Anwar Radwan, A.A.Tealeb, S.M.Mahmoud, Abd El-monum Mohamed, Ramdan Hassan, El-Syaed Issawy and K. Saker (all at National Research Institute of Astronomy and Geophysics, Helwan, Cairo, Egypt): Local geoid determination combining gravity disturbances and GPS/levelling, a case study in the Lake Naser area, Aswan, Egypt.
- [2] C.C.Tscherning, notes de cours, International Geoid's School, Thessaloniki, Sep 2002.
- [3] C.C. Tscherning, (Department of Geophysics, Juliane Maries Vej 30, DK-2100 Copenhagen Ø, Denmark): Datum-shift, error-estimation and gross-error detection when using least-squares collocation for geoid determination, Prepared for the International School on the Determination and use of the Geoid. Draft, July 2002.



- [4] **Rene Forsberg**, notes de cours, International Geoid's School, Thessaloniki, Sep 2002.
- [5] **Rene Forsberg**, notes de cours, International Geoid's School, Rio Sep 1997.
- [6] **Michael G.Sideris**, notes de cours, International Geoid's School, Thessaloniki Sep 2002.
- [7] **Quasi-geoid estimations in South America**, R. Barzaghi, A.Borghini, F. Sanso, IGeS at DIAR – Politecnico di Milano, Piazza Leonardo da Vinci 32, Milano, Italia. D. Blitzkow, University of Sao Paulo, Brazil. M. C. Lobianco, IBGE-DEGED, Rio de Janeiro, Brazil. S. C. Kenyon, J. Beale, J. Factor, NIMA, St. Louis, US.
- [8] **Lecture Notes, International School for the Determination and Use of the Geoid**, Milan Oct 1994, Rio de Janeiro 1997.
- [9] **Gravsoft - A System for Geodetic Gravity Field Modelling**, C.C.Tscherning, Geophysical Department, Haraldsgade 6, DK-2200 Copenhagen N. Rene Forsberg and P. Knudsen, Kort og Matrikelstyrelsen, Rentemestervej 8, DK-2400 Copenhagen NV.
- [10] **Data and program files for IGeS Geoid School**, February 15-19, 1999, Milan, Italy provided by G. Wenzel.
- [11] **H. Duquenne**, Processus de conversions altimétriques applicables en France, Bulletin des Sciences Géographiques N.6, I.N.C.T., Sept 2000.
- [12] **S.A. Benahmed Dahou**, Méthodologie de détermination précise de géoïde en Algérie, Bulletin des Sciences Géographiques N.6, I.N.C.T., Sept 2000.
- [13] **S.A. Benahmed Dahou, S. Kahlouche**, The new gravimetric geoid in Algeria, International Geoid Service, Bulletin N. 10, May 2000.
- [14] **S.A. Benahmed Dahou, S. Kahlouche**, Geopotential Models comparison in Algeria, International Geoid Service, Bulletin N. 11, April 2001.
- [15] **Lars E. Sjöberg and Jonas Agren**, Some Problems in the Theory used for the NKG Geoid Model, Royal Institute of Technology, Unit of Geodesy, SE-100 44 Stockholm, Sweden, Proceedings of the 14th General Meeting of the Nordic Geodetic Commission, Espoo, Finland, October 2002.
- [16] **Michel SARRAILH**, Bureau Gravimétrique International, Validation des données gravimétriques, Bulletin de Sciences Géographiques N.08 Oct 2001.
- [17] **Moritz H., 1980**. Advanced Physical Geodesy, H. Press, Karlsruhe-Tundridge Wells.
- [18] **C. C. Tscherning**, Geophysical Institute, University of Copenhagen, Mathematical and statistical methods in physical geodesy, Spring semester 1991. Revised July, 1992.



# Etablissement de levé bathymétrique de grande précision par GPS cinématique

Par H. Dekkiche<sup>1</sup>, S. Kahlouche<sup>1</sup>, H. Abbas<sup>1</sup>, M. Kariche<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centre National des Techniques Spatiales – BP 13 Arzew 31200-ALGERIE.  
Unité de recherche et développement URD/AEN-Oran.

ملخص :

تسمح تقنية التموقع الحركي عن طريق أجهزة GPS من تحديد وضعية متحرك بدقة سنتيمترية. في هذا المقال نحن نقترح تجربة تطبيق هذه التقنية لإنجاز مسح لقياس الأعماق البحرية لمنطقة إتساعها 65 000 م<sup>2</sup> متواجدة في ميناء وهران. تتمثل الطريقة المستعملة بإقران جهاز مستقبل GPS (Ashtech Z-12) مع جهاز سبر (echo-sondeur DESO-11). تمت ملاحظة جيدة لعدة مشاهد في الوقت الحقيقي و تم تحديد وضعيات الهوائي المتحرك بدقة السنتمتر تقريبا، في حين أن تموقع المسابر قد أنجز على حوالي 25 سنتمتر، نتيجة لمزامنة يدوية بدقة 10/1 ثانية بين نوعي قياس (GPS) و قياسات الأعماق. دقة قياسات الأعماق هي حوالي 10 سم. كنتيجة، تحصلنا على نموذج رقمي لسطح الأرض (MNT) دقيق للأعماق.

## Résumé :

La technique de positionnement cinématique par GPS permet de déterminer la position d'un mobile avec une précision centimétrique. Dans le présent article, nous proposons de tester l'applicabilité de cette technique pour l'établissement d'un levé bathymétrique d'une zone de 65000m<sup>2</sup> d'étendue, située au port d'Oran. La méthode employée consiste à coupler un récepteur GPS Ashtech Z-12 avec un équipement de sondage (écho-sondeur DESO-11). Plusieurs profils ont été parfaitement observés en temps réel. Les positions de l'antenne mobile ont été déterminées au centimètre près, alors que le positionnement des sondes a été effectué à 25 cm près, conséquence d'une synchronisation manuelle au 1/10 de seconde de précision entre les deux types de mesures (GPS et Bathymétries). La précision sur les profondeurs est de l'ordre de 10 cm. Comme produit, nous avons eu un modèle numérique du terrain (MNT) précis du fond marin.

*Mots clefs : GPS, écho-sondeur, MNT, Levé bathymétrique.*

## Abstract :

The technique of kinematic positioning by GPS permits to determine the position of a mobile moving object with a centimetric precision. In the present article, we propose to test the applicability of this technique for the establishment of a bathymetric survey of a zone of 6500 m<sup>2</sup> of extent, situated to the port of Oran.

The used method consists in compelling a GPS receiver Ashtech Z-12 with an equipment of sounding (echo-sounder DESO-11). Several Profiles have perfectly been observed in real time. The positions of the moving antenna have been determined to within about a centimetre, whereas the positioning of the soundings has been done to within about 25 cm, consequence of a manual synchronization to the precision of 1/10 of second between both types of measures (GPS and Bathymetric). The precision of the depths is of the order of 10 cm. As product, we had a precise numeric model of terrain (MNT) of the sea bed.

## I- Introduction:

La détermination précise de la position est en général un problème crucial pour la plupart des applications, particulièrement celles de type maritime, telles que les levés bathymétriques,...etc [1], car les profondeurs mesurées ne peuvent être exploitables que si leurs positions correspondantes, en surface, sont connues avec précision.

La technique GPS (Global Positioning System), en mode cinématique, qui repose sur l'exploitation des mesures de phase permet de déterminer la position d'un mobile en temps réel avec une précision centimétrique [2]-[3]-[4]-[5]; son principe se base sur la fixation du nombre entier de cycles de l'onde porteuse GPS, appelé « ambiguïtés entières ». Une fois que ces ambiguïtés sont déterminées, les mesures de phase commencent à agir comme si elles étaient des mesures ultra-précises de pseudo-distances.

Le positionnement cinématique par GPS s'avère donc, l'outil le plus approprié permettant une bonne localisation pour les besoins d'un levé précis du fond marin.

Afin de montrer les performances du GPS en terme de rapidité et de précision, une expérimentation a été menée en 2002 par le CNTS en coopération avec l'Unité de Recherche et Développement (URD/AEN-Oran). A titre d'application, des observations bathymétriques ont été effectuées dans l'enceinte du port d'Oran selon les étapes suivantes :

- Détermination du point de référence.
- Délimitation de la zone du levé (levé du quai).
- Levé bathymétrique.

L'objectif de cette expérimentation est d'adapter la technique de positionnement cinématique par GPS, pour l'établissement d'un modèle numérique du fond marin.



## II- Détermination du point de référence

Une session statique a été observée afin de déterminer le point « Base », situé à quelques centaines de mètres de la zone de travail ( la distance entre le point de référence et le mobile peut aller jusqu'à quelques dizaines de kilomètres ). Ce point servira par la suite de référence pour le levé bathymétrique; il a été déterminé à partir du point 305Bis situé au CNTS et appartenant au réseau géodynamique international TYRGEONET (Tyrhenian Geodetic Network), ce point est connu dans le système WGS-84 ( World Geodetic system ) avec une précision absolue de 2 cm.

C'est en fonction des conditions d'observation ( longueur de la ligne de base, zone très dégagée... ), ainsi que de la précision recherchée (centimétrique), que le PDOP maximum était choisis égal à 4 et le masque d'élévation des satellites égal à 15° (afin de réduire l'effet de l'atmosphère, ainsi que celui de multi-trajet). Les deux récepteurs (305bis et Base) observaient pendant une heure environ, avec une cadence d'enregistrement de 20 secondes.

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau ci-dessous; la précision atteinte est de 15 millimètres.

**TABLEAU I :**  
RESULTATS DE LA SESSION STATIQUE

SITE	LAT(°'")	LON(°'")	He(m)	RMS(m)
305bis	35 51 29.768970	-0 18 49.708300	74.7800	0.0000
Base	35 43 54.353358	-0 41 33.154207	55.3200	0.0151

- **SITE** : Nom du site.
- **LAT** : Latitude (WGS-84) exprimée en (degrés, minutes et secondes).
- **LON** : Longitude (WGS-84) (degrés, minutes et secondes).
- **He** : Hauteur ellipsoïdale (WGS-84) (mètres).
- **RMS** : Erreur sur la position (mètres).

## III- Levé du quai:

### A- Stratégie d'observation :

Avant de commencer un levé cinématique, il faut d'abord faire une initialisation, c'est à dire, déterminer le nombre des ambiguïtés entières de départ. Plusieurs techniques d'initialisation peuvent être envisageables. La plus souvent utilisée et qui a connu un très grand succès est la technique en vol ( OTF ou : On -The-Fly ) [6]-[7]-[5]. Le mot en vol, veut dire que le récepteur peut déterminer les ambiguïtés et les emporter pendant qu'il est en mouvement.

Vu sa souplesse et sa robustesse, la technique d'initialisation employée est celle en vol (OTF). Le levé a été effectué en temps réel, ce qui a permis de contrôler sur place le temps nécessaire pour initialiser, ainsi que la précision avec laquelle tous les points étaient déterminés.

Les conditions d'observation, ainsi que la dynamique du mobile nous ont conduit à prendre les paramètres suivants :

- Cadence d'enregistrement égale à 5 secondes.
- Élévation des satellites minimale égale à 15°.
- Minimum de satellites observés égal à 5.
- PDOP inférieur à 4.

Le choix d'une cadence de 5 secondes a l'avantage de gagner en espace mémoire du récepteur d'une part, et d'améliorer les performances de l'algorithme utilisé par le logiciel de traitement d'autre part ( car avec cette cadence, les mesures sont temporellement moins corrélées ) [8].

Une dizaine de points particuliers ont été occupés pendant 30 secondes chacun pour le levé du quai.

### B- Analyse des résultats :

D'après le tableau présenté ci-dessous ( tableau II ), on constate que la précision sur les points observés dépend d'une part, des conditions d'observation ( PDOP et nombre de satellites ) et d'autre part, de la distance séparant le récepteur mobile de celui de la référence. Par exemple, avec 6 satellites observés, un PDOP de 3,1 et une longueur de ligne de base de 100 mètres environ, une précision de 14 mm en 30 secondes d'occupation a été obtenue. Pour une base de 300 mètres, avec un PDOP de 2,7 la précision est de 13 mm. Puis en enregistre 14 mm pour des bases de 600 m, dans des conditions où le nombre de satellites est 7 et le PDOP égal à 2,8.

**TABLEAU II :**  
POINTS CARACTERISANT LE QUAI

REF	ROV	DIST	RMS	T	SV	PDOP
Base	100	90.550	0.014	0.5	6	3.1
Base	101	96.272	0.014	0.5	6	3.1
Base	102	95.214	0.014	0.5	6	3.1
Base	103	146.790	0.014	0.5	6	3.0
Base	104	321.859	0.013	0.6	7	2.9
Base	105	570.443	0.014	0.5	7	2.8
Base	106	597.589	0.014	0.5	7	2.8
Base	107	598.624	0.014	0.5	7	2.8
Base	108	676.650	0.012	0.5	8	2.4
Base	109	856.781	0.015	0.5	7	2.9
Base	110	861.428	0.033	4.2	7	3.1

- **REF** : Point de référence.
  - **ROV** : Site occupé par le récepteur mobile.
  - **DIST** : Longueur de la ligne de base entre la station de base et le récepteur mobile, exprimée en mètre.
  - **RMS** : Erreur moyenne quadratique sur la position, exprimée en mètres.
  - **T** : Temps d'occupation exprimé en minutes.
  - **SVs** : Nombre de satellites disponibles.
  - **PDOP** : Facteur de dilution de précision de la position ( sans unité ), il dépend de la géométrie de distribution des satellites.
- La figure I donne l'historique du PDOP et du nombre de satellites observés pendant tout le levé. Les observations ont été effectuées dans de bonnes conditions car on enregistre un PDOP variant entre 2.4 et 3.1, ce qui correspond à un nombre de satellites supérieur à 5.
- L'évolution de l'écart type des trois composantes de la position (x, y, z) est donnée dans la figure II. Avant l'époque 10.41 heures, sa valeur dépasse les 20 mètres, ce qui n'est pas encore déterminées », juste après cette époque la précision devient centimétrique (0.01 mètres); « les ambiguïtés sont donc résolues ».
- Un changement brusque de la précision, est enregistré entre les deux époques 10.8 et 11, ceci s'explique par la mauvaise géométrie qui est due à un saut de cycle sur l'un des satellites (voir figure I).



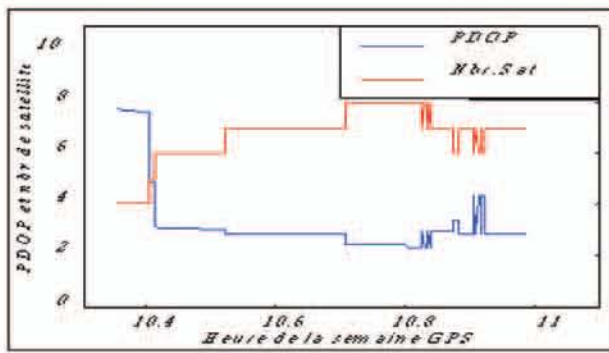


Fig. I : Levé du quai ( conditions d'observations ).

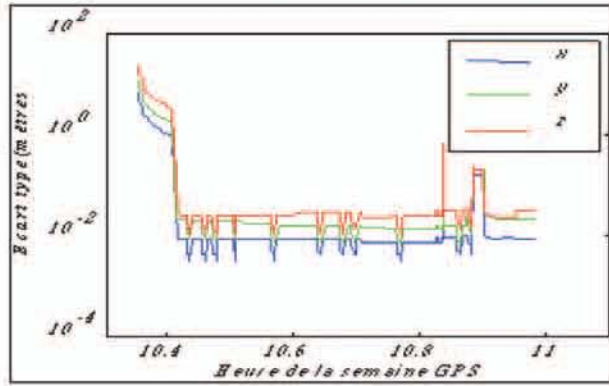


Fig. II : Levé du quai ( précision sur les trois composantes de la position ).

#### IV- Levé Bathymétrique :

##### A- Principe de la mesure :

1) **Présentation de l'écho-sondeur :** Le DESO11 est un écho-sondeur mono-faisceau, conçu pour des opérations commandées par un PC. Il est compatible avec la plupart des transducteurs commerciaux et peut être configuré pour les hautes fréquences ( 190-225 kHz ) ou basses fréquences ( 28-35 kHz ), opérationnel à des profondeurs qui peuvent aller jusqu'à 650 mètres.

Le DESO11 peut être configuré à l'aide d'un logiciel de contrôle compatible avec MS-DOS. Ce logiciel est facile à utiliser et permet à l'écho-sondeur d'être configuré et contrôlé à partir de l'interface PC.

L'écho-sondeur mesure simplement le temps pris aller-retour pour une pulsation, la profondeur est calculée en utilisant l'équation :

$$P = \frac{V \cdot T}{2}$$

Où : P représente la profondeur, V la vitesse et T le temps aller-retour de l'onde sonore.

Il est donc nécessaire de connaître avec précision la vitesse de propagation du son. Cependant, cette vitesse n'est pas constante, elle varie avec la température et la salinité. Dans le cas des océans ouverts, la température et la salinité ne varient pas énormément, tandis que dans le cas des estuaires les variations peuvent être grandes; donc il est important de vérifier la valeur de la vitesse utilisée dans le DESO11 régulièrement.

On note aussi que, si la température diminue à des profondeurs au-delà de 60m la vitesse diminuera aussi.

Puisque la mesure de la profondeur se fait verticalement par rapport au transducteur en acceptant le premier écho réfléchi par le fond marin, dans des circonstances où le fond est incliné, la profondeur mesurée ne correspond pas à la vraie valeur.

L'écart entre ces deux valeurs est fonction de la pente du fond marin (voir Fig. III).

Un effet semblable se produit quand le terrain inférieur est très accidenté.

Cet écart dépend aussi de la fréquence et de la largeur du faisceau utilisés. Aux hautes fréquences ( autour de 200kHz ) et avec une largeur étroite du faisceau, le fond marin est enregistré plus correctement que dans le cas où on utilise des basses fréquences ( autour de 30 kHz ) et un faisceau large (voir fig. IV).

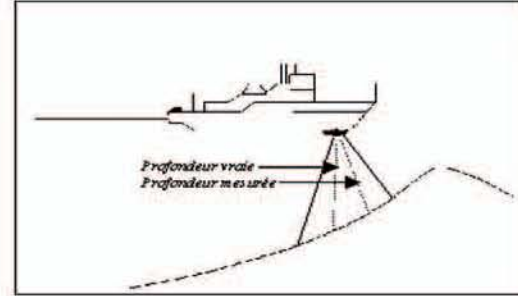


Fig. III : Effet de l'inclinaison du fond.

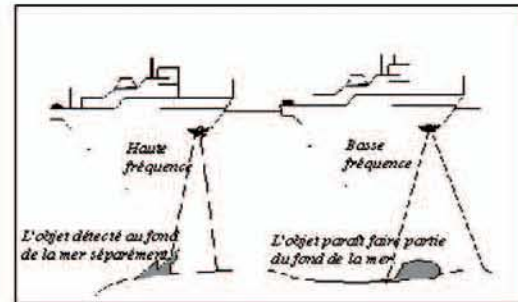


Fig. IV : Effet de la largeur du faisceau et la longueur de la pulsation.

La précision sur la mesure de la profondeur du fond marin dépend aussi de la longueur de la pulsation à cause de l'influence de celle-ci sur la résolution de l'écho-sondeur. Si deux objets sont séparés par une distance inférieure ou égale à la moitié de la longueur de la pulsation, ils ne peuvent pas être distingués.

2) **Mesure de la profondeur :** Le DESO11 permet à l'opérateur de changer les caractéristiques de la pulsation transmise en variant la longueur de la pulsation et la puissance de transmission. La longueur de la pulsation est sélectionnée selon le type du terrain inférieur; pour un fond dur, une courte pulsation est exigée, par contre, dans le cas où le fond est doux, il est préférable d'utiliser une longueur maximale de la pulsation.

Le filtrage des mesures se fait de deux façons, le premier filtre se base sur la largeur de la pulsation. Si la largeur de la pulsation est inférieure au minimum acceptable, l'écho est repoussé.

Le deuxième filtre détermine la profondeur minimum qui sera acceptée comme une mesure valide.



Les échos valides sont utilisés pour calculer la profondeur en se basant sur la vitesse sélectionnée par l'opérateur, cette profondeur est corrigée de ce qu'on appelle : « transducer offset » qui représente la distance comprise entre le niveau de la mer et la position du transducteur. Toutes les profondeurs sont corrigées avant qu'elles ne soient affichées.

### B- Stratégie d'observation :

La méthode consiste à utiliser la technique de positionnement cinématique par GPS, pour l'établissement d'un levé bathymétrique précis. Pour cela, nous avons utilisé un écho-sondeur DESO-11, couplé à un récepteur GPS Ashtech-Z12. Les deux équipements embarqués sur un zodiac, pour collecter avec la même cadence (1 seconde) les mesures GPS et bathymétriques.

La durée totale du levé est d'environ 40 minutes, pendant cette période et avec une vitesse moyenne de déplacement de 2.5 m/s (9 Km/h), environ 2200 points ont été observés suivant la distance entre deux profils réguliers consécutifs est d'environ 10 mètres, tandis que celle inter-profil transverses varie de 15 à 18 m, ces derniers servent à densifier et contrôler la qualité des mesures.

Deux récepteurs GPS Ashtech-Z12 ont été utilisés, l'un fixe sur le point « Base », servant de référence, tandis que l'autre a été embarqué avec l'équipement de sondage sur un zodiac. Les deux récepteurs enregistrent simultanément les mesures de phase avec une cadence ( fréquence d'enregistrement ) d'une seconde.

Les paramètres utilisés pour la configuration des récepteurs pendant le levé sont les suivants :

- Cadence d'enregistrement égale à 1 seconde.
- Elévation des satellites minimale égale à 15°.
- Minimum de satellites observés égal à 5.
- PDOP inférieur à 4.

La cadence d'une seconde est considérée optimale, dans la mesure où l'on cherche à observer le maximum de points tout en préservant les performances du logiciel de traitement et en tenant compte de la capacité en espace mémoire des récepteurs aussi.

Pour minimiser l'effet de multi-trajet qui est considéré très important dans un tel environnement (surface réfléchissante de la mer), un masque d'élévation égale à 15° a été utilisé ; ce masque permet aussi d'atténuer les effets atmosphériques. Le choix de 5 satellites au minimum et d'un PDOP inférieure à 4 permet d'avoir des mesures redondantes, ce qui aide à une initialisation (fixation des ambiguïtés) rapide et fiable d'une part, et améliore significativement la précision sur la détermination instantanée des points observés le long du trajet de l'embarcation.

Les ambiguïtés entières de départ ont été déterminées en vol (OTF); environ 40 secondes d'observation ont été suffisantes pour fixer les ambiguïtés à leurs valeurs correctes.

Cette période d'initialisation dépend de plusieurs facteurs, à savoir; la longueur de la ligne de base, la cadence d'enregistrement, le nombre de satellites observés et leur distribution dans le ciel (facteur PDOP), le type des mesures utilisées et leur qualité, ainsi que du type de traitement adopté [9]-[5].

Grâce à l'utilisation de la radio, la position, la vitesse et l'azimut de l'antenne mobile ont été calculés en temps réel par rapport au point de référence « Base » et les profils ont été parfaitement parcourus. Les corrections différentielles sont transmises au mobile avec une fréquence de 9600 HZ.

Les mesures de profondeurs ont été réalisées par l'écho-sondeur mono-faisceau de type DESO-11, opérant avec une fréquence de 210 KHz; la vitesse de propagation de l'onde sonore a été estimée à 1500 m/s. Le calibrage de cet écho-sondeur a été effectué au début et à la fin du levé, et la précision permise par ce type d'instrument est de l'ordre de 10 cm.

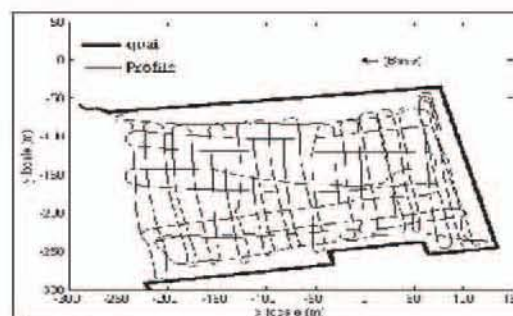


Fig. 5 : Profils parcourus pendant le levé bathymétrique.

### C- Synchronisation des deux types de données :

Suite à l'impossibilité de faire une synchronisation automatique entre les deux types de donnée ( GPS et bathymétriques ), qui est intrinsèque à la nature du matériel utilisé ( DESO-11), nous avons effectué, en première étape, plusieurs tops manuellement, en introduisant des identificateurs qui ont permis par la suite de déterminer l'instant exact d'enregistrement de la mesure GPS, et de la profondeur correspondante.

Après traitement des données GPS, les deux types de données (position GPS et profondeurs) sont combinés, en moyennant les écart enregistrés entre les différents instants de mesures ( GPS et bathymétriques ).

Cette méthode a permis une synchronisation au dixième de seconde de précision, ce qui a impliqué une précision de 25 cm sur le positionnement en surface des sondes.

### D- Analyse des résultats :

La méthode utilisée repose sur le traitement des doubles différences des mesures de phases des deux fréquences. Pour une résolution rapide et fiable, la combinaison ( L1-L2 ou Wide-lane ) a été utilisée, elle se caractérise par une longueur d'onde relativement grande ( 86 cm ), ce qui facilite la résolution des ambiguïtés, car d'une part, le nombre de combinaisons candidates incluses dans le volume de recherche des ambiguïtés devient réduit, et d'autre part, cette combinaison est moins affectée ( en cycle ) par l'ensemble des erreurs affectant la mesure de phase [10].

Le levé a été effectué dans de bonnes conditions, ce qui est bien illustré dans la figure VI. Une valeur du PDOP inférieure à 3 et un nombre de satellites variant entre 7 et 8 sont enregistrés.

La figure VII comprend deux parties distinctes, la partie correspondant à la phase d'initialisation et celle correspondant à la phase après initialisation où les ambiguïtés entières sont résolues. Avant la résolution des ambiguïtés, l'écart type sur les trois composantes de position est de quelques mètres. Juste après la fixation des ambiguïtés et plus précisément à l'instant 82.69 heures, une précision centimétrique est enregistrée, elle est restée la même pour toute la trajectoire. La précision sur la composante verticale est relativement moins bonne si on la compare avec la position horizontale ( 24 mm sur la composante verticale et 9 mm sur celles horizontales ), ceci est dû au facteur DOP exprimant la configuration géométrique des satellites dans le ciel.



Dans la figure VIII, une représentation en trois dimensions du fond marin montre que les profondeurs varient entre 6 et 13 mètres. Elles sont déterminées avec une précision décimétrique. Le couple ( X,Y ) représente les coordonnées cartésiennes UTM ( Universal Transverse Mercator ) du modèle ellipsoïdique WGS-84 ( World Geodetic System ), tandis que Z est le résultat de la différence entre la hauteur ellipsoïdique et la profondeur fournie par l'écho-sondeur.

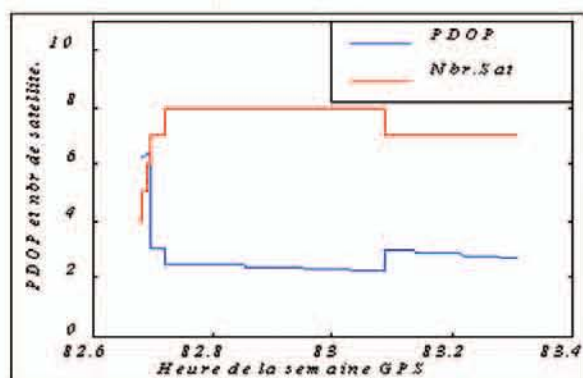


Fig. VI : Levé bathymétrique ( conditions d'observation ).

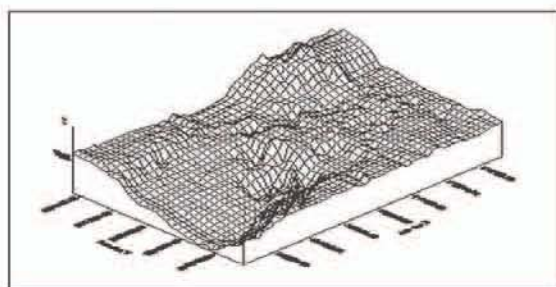


Fig. VII : Fond marin en 3D.

## V- Conclusion et suggestions:

Les résultats obtenus à travers cette expérimentation qui consiste à établir un levé bathymétrique précis par GPS et qui sont présentés dans ce présent article, démontrent que la méthode de positionnement cinématique par GPS garantit une détermination de la position d'un mobile en mer avec une précision centimétrique. Cette méthode est aussi très efficace pour le levé de détails, tel que le quai délimitant la zone où le levé bathymétrique a été effectué. Elle donne de bons résultats, point de vue rapidité et précision.

La combinaison de cette méthode avec un système de mesurage de profondeurs ( écho-sondeur ), a permis d'établir un modèle numérique du fond marin avec une précision de l'ordre de 25 cm sur la position. Cette précision est implicitement liée au type de synchronisation ( manuel ) entre les deux types de mesures ( GPS et bathymétriques ). La précision sur les mesures des profondeurs est directement liée aux performances du matériel utilisé; le DESO-11 est un écho-sondeur mono-faisceau qui permet une précision de l'ordre de 10 cm.

Pour préserver la précision centimétrique fournie par le système de positionnement GPS et améliorer la qualité des mesures de profondeurs à la fois, il est nécessaire d'assurer une synchronisation automatique avec une précision meilleure que le dixième de seconde et de mesurer des profondeurs avec une précision meilleure que les 10 cm.

L'utilisation de la technique de positionnement cinématique par GPS couplée à un écho-sondeur permet de déterminer la forme du fond marin et de le localiser avec grande précision, ce qui peut être un indice très important pour identifier et caractériser les structures actives marines.

Aussi, la précision centimétrique sur la composante verticale, permise par la méthode cinématique, peut être exploitée dans d'autres applications de type maritimes telles que, la détermination du niveau moyen de la mer, la détermination précise du zéro hydrographique,... etc.

## VI- Références Bibliographiques:

- [1] Congyu Liu. 1993. "Precise GPS positioning in the marine environment". Master thesis. UCGE Reports Number 2055, Department of Geomatics Engineering, University of Calgary.
- [2] C. Lachapelle, M. E. Cannon, and G. Lu, "A comparison of P code and high performance for on the fly ambiguity resolution C/A code GPS receivers", Bulletin Géodésique, (1993) 67: 185-192.
- [3] Bernard Hofman-Wellenhof and Benjamin W. Remondi, "The antenna exchange : One aspect of high-precision GPS kinematic survey". GPS-Techniques Applied to Geodesy and Surveying. Proceedings of the international GPS-Workshop. Darmstadt, April 10 to 13, 1988, pp. 261-277.
- [4] M. Anzidei, "Rapide Bathymetric Survey in Marine Volcanic Areas : A Case Study in Panarea Area", 2000 Elsevier Science Ltd, phy. Chem. Math (A), Vol. 25, No. 1, pp. 77-80, 2000.
- [5] H. Dekkiche, " Modélisation du GPS cinématique pour les applications maritimes ". Thèse de magistère. CNTS. 2002.
- [6] Fotopoulos. "Parameterization of DGPS Carrier Phase Errors Over a Regional Network of Reference Stations". Master thesis. UCGE Reports Number 20142, Department of Geomatics Engineering, University of Calgary, 2000.
- [7] Dariusz Lapucha, John E. Chance and Associates Inc. Lafayette, LA, USA. "Real Time GPS Kinematic Surveying Whith OTF Ambiguity Resolution". Artificial Satellites, Planetary Geodesy N° 21, Vol. 29 N° 01 - 1994.
- [8] PNAV. "Precise Differential GPS Navigation and Surveying". Software User's Guide, Ashtech, CA USA 94086. 1998.
- [9] Shawn D. Weisenburger. April, 1997. "Effect of Constraints and Multiple Receivers for On-The-Fly Ambiguity Resolution." Master thesis, UCGE Reports Number 20109, Geomatics



**Déformation Cosismique et Soulèvement de la Côte Associés  
au Tremblement de Terre de ZEMOURI  
(21 mai 2003, Mw 6.8)**

*Par Meghraoui, M. (1), Benhamouda, F. (2), Chemaï, B. (2), Cakir, Z. (1),  
Ayadi, A. (3), S. Maouche, S. (3) et Aoudia, A. (4).*

(1) Institut de Physique du Globe, UMR 7516 Strasbourg  
(2) Institut National de Cartographie et Télédétection, Alger  
(3) Centre de Recherche en Astronomie Astrophysique et Géophysique, Alger  
(4) Abdusalam International Centre for Theoretical Physics, Trieste

**ملخص:**

يعتبر زلزال منطقة زموري أعنف زلزال سجل في الأطلس التلي المركزي منذ سلسلة زلازل 1716 و 1717. الملاحظات الميدانية وكذا قياسات التسوية المتفق عليها والقياسات عن طريق GPS للارتفاع الساحلي قد مكنت من تحديد ميزات الزلزال وتأثيره على السطح بصفة أفضل.

بلغت النشاطات الكوسيسمولوجية العمودية معدل 0.5 م وهي تظهر فلتين موزعتين على طول الساحل و موازيتين لمخطط الانكسار. تظهر الملاحظات الميدانية (ميدان تكتوني) وكذا النتائج الزلزالية انشاقا كوسيسمولوجي مرتبط بانكسار معكوس. إن نماذج التفكيك بانكسار معكوس، المحصل عليها بإدراج القياسات الجيوديزية و التكتونية تظهر وجود انكسار معكوس ينبعث إلى البحر على بعد بضعة مئات من الأمتار من الساحل.

إن ارتباط الارتفاع الساحلي مع التجسيم يحدد أبعاد الانشقاق الكوسيسمولوجي وعلاقته مع النشاط الزلزالي الماضي و الحاضر. إن إبراز الميزات الزلزالية لزلزال 21 ماي 2003 و الزلزالية التكتونية لمتيجة هو أساسي لتقييم حقيقي للخطر الزلزالي لشمال الجزائر.

**Résumé:**

Le séisme de Zemmouri est le plus fort enregistré dans l'Atlas Tellien central depuis la séquence des séismes de 1716 et 1717. Des observations de terrain et des mesures de nivellement conventionnelles et par GPS du soulèvement côtier ont permis de mieux contraindre les caractéristiques du séisme et son impact en surface. Les mouvements cosismiques verticaux ont atteint une moyenne de 0.5 m et montrent deux lobes répartis le long de la cote et parallèles au plan de faille. Les observations de terrain (contexte tectonique) ainsi que les résultats sismologiques indiquent une rupture cosismique liée à une faille inverse. Les modèles de dislocation en faille inverse obtenus en intégrant les mesures géodésiques et tectoniques montrent la présence d'une faille inverse qui émerge en mer à quelques centaines de mètres de la côte. La corrélation du soulèvement côtier avec la modélisation détermine les dimensions de la rupture cosismique et sa relation avec l'activité sismique passée et récente. La mise en évidence des caractéristiques sismiques du séisme du 21 mai 2003 et sismotectonique de la Mitidja est primordiale pour une estimation réaliste de l'aléa et du risque sismique du Nord de l'Algérie.

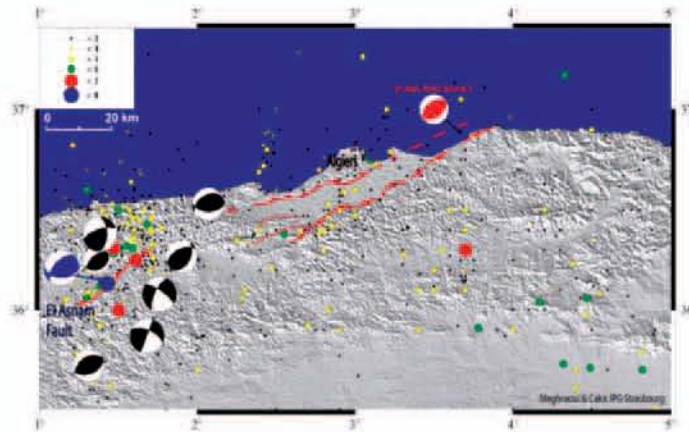
**Abstract :**

The earthquake of Zemmouri is the strongest recorded in the central Tellian Atlas since the sequence of the earthquakes of 1716 and 1717. The observations of land and the conventional leveling measures and measures by GPS of the inshore uprising permitted to better determine the features of the earthquake and its impact in surface. The coseismic vertical movements reached an average of 0.5 m and showed two lobes distributed along the coast and parallel to the plan of fault. The observations of land (tectonic context) as well as the seismological results indicate a coseismic rupture related to an inverse fault. The models of dislocation in inverse fault obtained with integrating the geodesic and tectonic measures show the presence of an inverse fault that emerges in sea at a few hundreds of meters from the coast. The interrelationship of the inshore uprising with the modeling determines the measurements of the coseismic rupture and its relation with the past and recent seismic activity. The underscoring of the seismic features of the earthquake of May 21st, 2003 and sismotectonic of the Mitidja is primordial for a realistic evaluation of the seismic risk of the North of Algeria.



## I-Introduction:

Un séisme majeur de magnitude  $M_w = 6.8$  a affecté la région de Zemmouri le 21 mai 2003 à 18h 44mn (UT). Ce séisme a affecté la région Est d'Alger où les destructions ont été considérables dans les villes de Zemmouri, Boumerdes, Reghaia, Dellys et Bordj-Menaïel, l'intensité maximale  $I_0$  atteignant largement X (European Macroseismic Scale). Le séisme a causé plus de 2300 victimes, 11450 blessés et plus de 180 000 constructions endommagées ou détruites, le coût total des pertes étant estimé à ~ 5 Milliard de dollars américains. Le choc principal a été ressenti jusqu'à 400 km de la zone épiscopentrale atteignant les villes de Biskra, Annaba et Oran. Un tsunami a été généré par le séisme vers le nord en Mer Méditerranée et les dégâts ont été observés dans les ports des Iles Baléares. Un retrait de la mer de plus de 200m par endroit le long de la côte a été observé dans la zone épiscopentrale. L'étendue des dégâts maximum alignée à environ N 80 E le long de la côte montrent que la zone de faille impliquée au cours du séisme serait en mer.



**Figure 1:** Morphotectonique de l'Atlas Tellien central et les séismes majeurs associés (Meghraoui, 1988). Les mécanismes sont ceux de Harvard, avec en bleu celui du séisme d'El Asnam du 10/10/1980 ( $M_w 7.3$ ), et en rouge celui du 21 mai 2003.

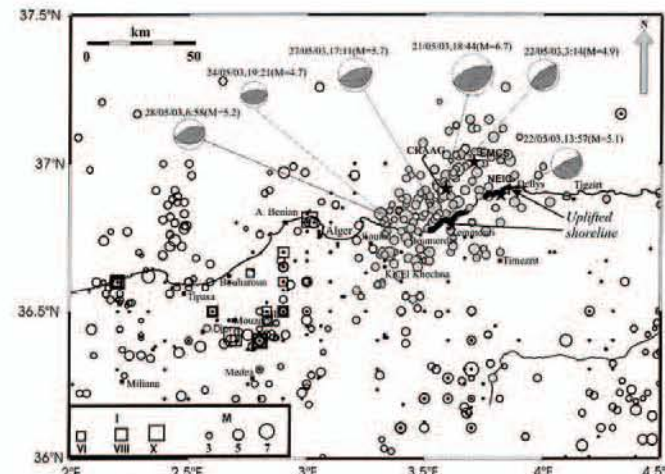
La localisation épiscopentrale préliminaire situe le choc principal à  $36,91^\circ N$  et  $3,58^\circ E$ , à 15 km au Nord de Zemmouri, cette localisation est approximative et doit être corrigée à l'aide du réseau sismologique local portable (Figure 1; Ayadi et al., 2003). Les centres sismologiques internationaux (NEIC, ETH Zurich, CSEM) estiment une magnitude  $M_w = 6.8$  dérivée du moment sismique  $M_0 = 1.83 \cdot 10^{26}$  dyne.cm. Le mécanisme au foyer calculé à partir de l'ensemble des stations internationales qui ont enregistré le choc principal, est en faille inverse avec deux plans orientés N 060. Cet événement sismique est donc lié à une rupture en faille inverse et a provoqué une déformation crustale qui a généré des effets de surface. Dans cet article, nous nous intéressons aux déformations en surface liées au séisme de Zemmouri. L'étude des caractéristiques sismotectoniques du séisme est primordiale car elle nous permet de mieux connaître la relation qui existe entre failles et tremblement de terre le long de la marge algérienne, et de la limite des plaques Afrique-Eurasie en Méditerranée occidentale. Nous décrirons ensuite les effets de surface et analyserons la déformation telle-que mesurée par GPS et nivellement géodésique le long de la côte et à l'intérieur des terres. Les paramètres sismiques et mesures de la dislocation cosismique nous permettent de modéliser le champ de déplacement le long de la rupture cosismique.

Nous discuterons enfin les implications de ce séisme sur l'évaluation de l'aléa et le risque sismique dans la région algéroise.

## II-Sismicité historique et contexte sismotectonique:

La sismicité historique montre que le Nord de l'Algérie a été affecté par de nombreux séismes de fortes magnitudes : Alger le 02/01/1365 et le 03/02/1716  $I_0=X$  (Mercalli Modifié), Blida le 02/03/1825  $I_0=X$  (MM), Mouzaia le 02/01/1867  $I_0=IX$  (MM), Douera le 05/11/1924  $M=5.2$ , Oued Djer le 31/10/1988  $M=5.6$ , Mont Chenoua le 29/10/1989  $M=6.0$ , Tipaza le 09/02/1990  $M=5.0$ , Ain Benian le 04/09/1996  $M=5.3$  (Rothé, 1950 ; Roussel, 1973 ; Ambraseys et Vogt, 1988 ; Meghraoui, 1991 ; Benouar, 1993; Mokrane et al., 1994 ; Maouche et al., 1998 ; et Harbi et al. (sous presse).

Plus de 3000 répliques ont été générées par le séisme du 21 mai 2003, et dont plus de 3 répliques dépassent la magnitude  $M_w = 5.5$ . La réplique du 27/05/2003 a atteint la magnitude  $M_w = 5.8$  ce qui témoigne de la persistance d'une activité importante et l'existence des aspérités à même de générer de forts séismes.



**Figure 2:** Répartition des répliques et mécanismes au foyer des chocs principaux liés au séisme du 21 mai 2003 (Ayadi et al., 2003 ; les étoiles représentent les différentes localisations des épiscopentres du séisme, voir aussi Figure 5). On peut noter la répartition oblique à la côte des répliques et la remarquable similarité des solutions focales

L'ensemble des répliques montre des mécanismes au foyer en faille inverse avec des plans de faille de direction approximative N50 à 70 E, comparable à celui du choc principal (Figure 2). La répartition des répliques de direction générale NE-SW indique la géométrie du plan de faille, oblique à la côte, qui rejoint le bord sud de la plaine de la Mitidja et en accord avec le schéma structural de l'Atlas Tellien.

En effet, l'Atlas Tellien appartient au système de pli-failles transpressif qui affecte le Nord de l'Algérie et qui longe la limite des plaques Afrique et Eurasie (Meghraoui et al., 1996). Des failles inverses actives liées à des plis affectent les dépôts récents du Quaternaire et absorbent les mouvements en compression dus à la convergence Afrique-Eurasie en Méditerranée occidentale (4 – 6 mm/an, Argus et al., 1989).

L'exemple le plus significatif de cette activité tectonique et sismotectonique est le séisme d'El Asnam du 10/10/1980 qui avec une magnitude  $M_w = 7.3$  est lié à plus de 36 km de faille inverse visible en surface (Ouyed et al., 1981 ; King et Vita-Finzi, 1981).



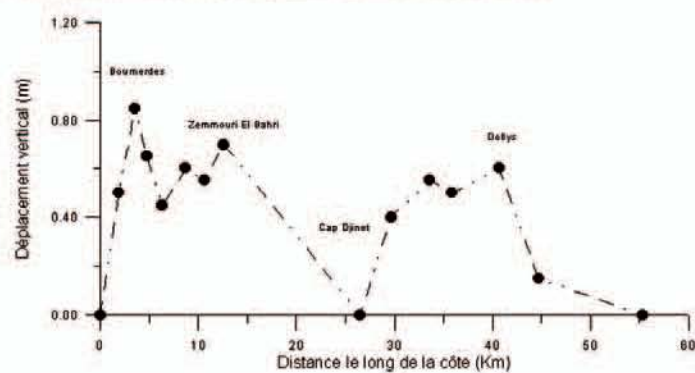
Des recherches en tectonique active et paléosismologie sur le système de failles environnantes ont montré que sur un transect Nord-Sud qui coupe la faille d'El Asnam, l'Atlas Tellien peut absorber 2 à 3 mm/an de raccourcissement (Meghraoui et Doumaz, 1996). Plus proche d'Alger, le séisme de Tipaza du 29/10/1989 et de Mw 6.0 montre également un essaim de répliques orienté N 50 à 70 E et environ 4 km de faille en flexure du bord sud du Mont Chenoua (Meghraoui, 1991).

La plaine de la Mitidja est bordée au nord par le pli-faille du Sahel et au sud par le système de failles inverses qui limite au nord l'Atlas Blidéen (Meghraoui 1988). Ce système de failles marqué par une remarquable morphologie et un escarpement de faille composite qui affecte des terrains quaternaires récents, et soulève des terrasses alluviales pleistocène supérieur et Holocène, se continue vers le NE et traverse la côte au niveau de Boumerdes. En effet, la zone plane du bassin de la Mitidja de Blida jusqu'à Rouiba contraste avec la morphologie escarpée de la zone située à l'Est de Boumerdes. Les terrasses marines visibles sur un seul niveau entre Ain Taya et Boumerdes, montrent une structure en escalier à l'Est de Boumerdes vers Zemmouri el Bahri et jusqu'à Dellys ; cette répartition des terrasses marines et alluviales témoigne d'un soulèvement constant de la côte à l'Est de Boumerdes durant le Quaternaire récent (~ 125 000 ans). Ce soulèvement semble se faire à la faveur des mouvements successifs sur des failles inverses actives de direction N 50 à 70 E et à plongement sud. Il est probable que le séisme de Zemmouri du 21 mai 2003 soit lié à ce système de faille inverse (Figures 1 et 2).

### III- La déformation cosismique et le soulèvement de la côte:

Des effets de surface tels que glissements de terrain, affaissements de falaise et trace de liquéfaction ont été observés entre Dellys et Bordj El Bahri, à la suite du séisme du 21 mai 2003. Des fissures et ruptures de terrain ont été observées notamment sur le bord des Oued Isser et Oued Sebaou, ainsi que le long de la côte entre Boumerdes et Bordj El Bahri. Leur origine gravitaire est probable.

En revanche, l'effet de surface le plus spectaculaire est le soulèvement de la côte entre Boumerdes et Dellys.



**Figure 3 :** Distribution du soulèvement côtier suite au séisme de Zemmouri. On note l'existence de 2 courbes probablement liées à la propagation de la rupture principale à partir de cap Djinet.

Dans le détail, ce soulèvement n'est pas uniforme car il atteint un maximum de 0.85 m le long de la côte au NE de Boumerdes (Figure 3). Ce soulèvement est nettement visible grâce à une bande blanchâtre qui correspond à des algues émergées et oxydées (Figure 4).



**Figure 4 :** Soulèvement d'un rocher près de Boumerdes marqué par l'émergence du niveau des algues et leur oxydation (bande blanchâtre).

A Zemmouri El Bahri, les quais du port de plaisance montrent un soulèvement net maximum de 0.70 m, corroborés par le témoignage des pêcheurs. A Cap Djinet, les installations de la centrale électrique qui débouche en mer ne semblent avoir subi aucun soulèvement. Par contre, plus à l'Est et jusqu'à Dellys, le soulèvement côtier atteint 0.6 m toujours marqué par l'émergence des algues.

**Mesures GPS et nivellement :** Grâce à la collaboration de l'Institut National de Cartographie et de Télédétection, des campagnes de mesures du nivellement par GPS et par méthode conventionnelle (théodolite) ont été effectuées immédiatement après le séisme du 21 mai 2003. Ces mesures qui tiennent compte des réseaux de premier et de second ordre sont en train d'être traitées. Les premiers résultats obtenus confirment le soulèvement du continent à la suite du séisme et montre des mouvements verticaux de l'ordre de 0.5 m à Zemmouri.

### IV- Modélisation du mouvement cosismique:

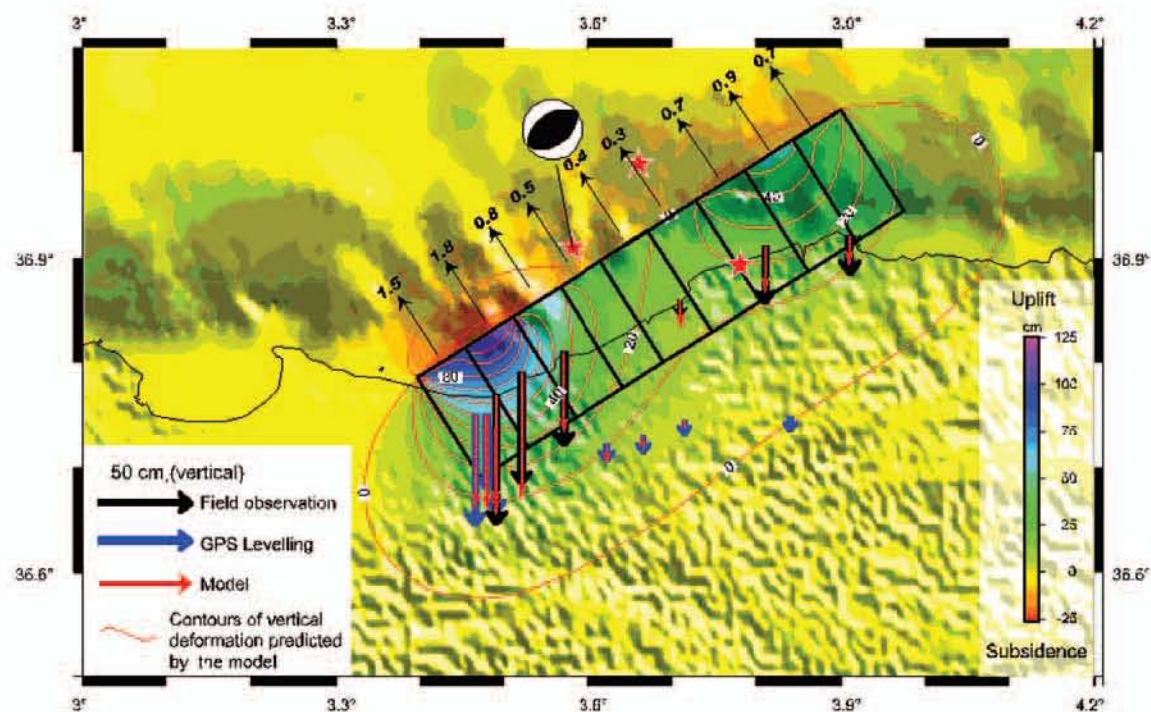
Le soulèvement cosismique visible le long de la côte est le résultat d'une déformation qui affecte le continent mais dont le prolongement en mer est fort probable. La répartition des mouvements verticaux telle qu'illustrée sur le diagramme de la Figure 3 indique la proximité d'une rupture en surface située probablement à quelques centaines de mètres au large de la côte. La théorie de la dislocation cosismique montre que les déformations en surface peuvent être modélisées pour nous fournir les paramètres de failles en profondeur (géométrie, profondeur, déplacement sur la faille; Kanamori et Anderson, 1985 ; Okada, 1992).

Cette modélisation permet d'avoir en tout point d'un demi-espace, le champ de déplacement en surface associé à un déplacement sur le plan de faille.

En intégrant les données du soulèvement mesuré le long de la côte par GPS avec les observations de terrain et les données sismologiques (moment sismique et répartition des répliques), nous avons subdivisé le plan de rupture en plusieurs plans auxquels nous avons attribué une valeur du déplacement en profondeur. Sur le modèle de la figure 5, les courbes (en rouge) iso-déplacements en surface montre deux lobes des mouvements verticaux avec des valeurs comparables avec les déplacements mesurés le long de la côte.



La corrélation des déplacements mesurés avec le modèle indique l'existence d'un plan de faille orienté N 060 et localisé à quelques centaines de mètres au Nord de la côte.



**Figure 5:** Modèle de dislocation tel que déduit des observations de terrain, des mesures GPS et de nivellement. Le champs des déplacements en surface (ligne rouge) modélisé à partir des valeurs à la source (valeurs en noir) pour chaque sous-plan de rupture, montre un accord remarquable avec les valeurs mesurées. L'émergence du plan de faille en bon accord avec le mécanisme focal, est par conséquent déterminée à quelques centaines de mètres au large de la côte.

## V- Conclusion : Implications sur l'aléa sismique de la région d'Alger

Le séisme du 21 mai 2003 à Zemmouri est lié à une rupture en faille inverse de la croûte supérieure dans l'Atlas Tellien. Cette tectonique compressive est le résultat de la convergence des plaques Afrique et Eurasie en Méditerranée occidentale. La déformation cosismique et le soulèvement de la côte associé sont parmi les effets en surface apparus au cours de la séquence sismique. Le plan de rupture déterminé grâce à la modélisation de la dislocation cosismique obtenu à l'aide des mesures géodésiques, peut être corrélé avec le système de plan de faille inverse qui limite la bordure sud de la Mitidja. Ce plan de faille qui émerge en mer est complexe étant donné la distribution des déplacements verticaux montrant deux lobes de soulèvement maximum.

Les caractéristiques sismotectoniques de la zone épiscopale et les paramètres sismiques (moment sismique, longueur de la faille, déplacement moyen, mécanisme au foyer) reflètent le mode de déformation de cette portion de la chaîne tellienne et sa relation à la limite des plaques. La sismicité historique avec l'occurrence de la séquence de 1716 (3 séismes majeurs en février, mai et juin de la même année) corrélée à la sismicité instrumentale et la tectonique active montre un bassin de la Mitidja où la déformation active en raccourcissement se fait par section.

En effet, l'existence de segments de faille appartenant au système de pli-failles qui borde le bassin est illustré par la dernière séquence sismique du 21 mai 2003. Le choc principal, les répliques avec  $M_w \geq 5.5$  et la répartition des mouvements verticaux illustrent la segmentation du plan de faille en deux sections distinctes qui ont probablement contrôlé la propagation de la rupture au cours du séisme.

Etant donné le nombre de failles inverses actives dans la région algéroise (Meghraoui, 1988) il est fort probable que le taux de raccourcissement dans la région épiscopale soit comparable à celle déterminé dans la région d'El Asnam (1.2 mm/an, Meghraoui et Doumaz, 1996). Cette vitesse de la déformation en compression implique une période moyenne de récurrence de l'ordre de 1000 ans pour des séismes de magnitude  $M_w \geq 7$ . Si cette hypothèse se vérifie, il est possible que la période de retour pour des séismes modérés à majeurs dans la région d'Alger soit réduite à quelques 2 ou 3 siècles (par segment de faille) pour pouvoir accommoder le taux de raccourcissement. L'évaluation de l'aléa et du risque sismique tenant compte de la magnitude maximum et de la longueur des failles actives qui bordent la Mitidja suggèrent une accélération maximum de 0.6 g (Aoudia et al., 2000). Si la période de retour doit tenir compte de l'activité de chaque segment de faille et notamment du segment de faille inverse de Blida, la probabilité d'occurrence d'un séisme modéré à fort ( $M \geq 6.5$ ) dans les 50 années dépasse les 50%.



## VI- Remerciements :

L'intervention immédiate pour les mesures géodésiques après le séisme a été possible avec le concours de l'Institut National de Cartographie et de Télédétection. L'étude du choc principal et des répliques a été le fruit d'une collaboration des chercheurs et techniciens du CRAAG. A. Aoudia a été soutenu par l'Abdusalam ICTP Directorate, OEA, SAND, Trieste (Italie). M. Meghraoui et Z. Cakir ont été soutenus par l'INSU (France). Nous remercions les autorités à Alger et Boumerdes ainsi que la protection civile pour leur aide précieuse sur le terrain et leur soutien logistique.

## VII- Références Bibliographiques:

- [1] **Ambraseys N.N. and J. Vogt**, Material for the investigation of the seismicity of the region of Algiers, *European Earthq. Eng.*, 3, 16-29, 1988.
- [2] **Aoudia, A., F. Vaccari, P., Suhadolc and M. Meghraoui**, Seismogenic potential and earthquake hazard assessment in the Tell Atlas of Algeria, *J. of Seismol.* 4, 79-88, 2000.
- [3] **Argus D. F., R. G. Gordon, C. Demets, and S. Stein**, Closure of the Africa-Eurasia-North America plate motion circuit and tectonics of the Gloria fault, *J. Geophys. Res.*, 94, 5585-5602, 1989.
- [4] **Ayadi A. et 27 auteurs**, The Algerian earthquake of 21 May 2003, Mw 6.8: A large event near a capital city, *EOS, AGU Transactions*, in press, 2003.
- [5] **Benouar, D.**, Material for the investigation of the seismicity of Algeria and adjacent regions during the twentieth century, *Annali di Geofisica* 37, pp. 356, 1994.
- [6] **Harbi A., S. Maouche, A. Ayadi, D. Benouar, G. F. Panza, and H. Benhallou**, Seismicity and tectonic structures in the site of Algiers and its surroundings: a step towards microzonation, In: G. F. Panza, I. Paskaleva, C. Nunziata (eds), *Seismic ground motion in large urban areas*, Special issue of *Pageoph*, 161, n. 5/6, (in press for 2004).
- [7] **Kanamori, H. et Anderson, A.**, Theoretical basis of some empirical relations in seismology, *Bull. Seismol. Soc. Am.* 65, 1073-1095, 1975.
- [8] **King, G. and C. Vita Finzi**, Active folding in the Algerian earthquake of 10 October 1980, *Nature* 292, 22-26, 1981.
- [9] **Maouche, S. D; Benouar, A. Harbi, H. Benhallou**, The Algiers (Algeria) earthquake of 4 September 1996, *Europ. Earth. Engi. J.*, XII, n°1, 1998.
- [10] **Meghraoui, M.**, Géologie des zones sismiques du nord de l'Algérie: Paléosismologie, tectonique active et synthèse sismotectonique; Thèse d'Etat, Univ. Orsay – Paris XI, pp. 356, 1988.
- [11] **Meghraoui, M.**, Blind reverse faulting system associated with the Mont Chenoua-Tipaza earthquake of 29 October 1989 (north-central Algeria), *Terra Nova*, 3, 84-93, 1991.
- [12] **Meghraoui, M., and F. Doumaz**, Earthquake-induced flooding and paleoseismicity of the El Asnam (Algeria) fault-related fold, *J. Geophys. Res.*, 101, 17617-17644, 1996.
- [13] **Mokrane A., A. Ait Messaoud, A. Sebai, A. Ayadi, M. Bezzeghoud and H. Benhallou**, Les séismes en Algérie de 1365 à 1992., CRAAG eds., Alger-Bouzaréah, pp. 277, 1994.
- [14] **Okada, Y.**, Internal deformation due to shear and tensile faults in a half-space, *Bull. Seism. Soc. Am.* 82, 1018-1040, 1992.
- [15] **Ouyed, M. et al., (1981)**, Seismotectonics of the El Asnam earthquake, *Nature* 292, 26-31.
- [16] **Rothé J.P.**, Les séismes de Kherrata et la sismicité de l'Algérie, *Bull. Serv. Cart. Geol. Algérie*, 4 ème série, Géophysique, n° 3, 1950.



# Enregistrement par un marégraphe prototype, des variations de niveaux de la mer à Alger durant le séisme du 21 mai 2003

Par Michel van Ruymbeke<sup>1</sup>, Boualem Chema<sup>2</sup>, Mohamed Nechimi<sup>2</sup>, Hamid Sayad<sup>2</sup> & Rosamund Howard<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Royal Observatory of Belgium, Avenue Circulaire, 3 B-1180 Bruxelles, Belgium  
Fax: ++32-2373-0286, E-mail: labvruy@oma.be

<sup>2</sup>Institut National de Cartographie et de Télédétection (INCT)  
Fax: ++21-23 43 82, E-mail: inct99@wissal.dz

## ملخص :

إن قياس المد و الجزر الذي بقي على حاله لمدة قرابة القرن كان منذ بضعة سنين موضوع تجديد اهتمام أساسي بسبب الحاجة إلى قياسات جديدة ذات نوعية جيدة صادرة خاصة من مجموعة العلميين و أيضا من مصالح الجيوديزيا و الهيدروغرافيا، التي تواجهها دوما تدهور نوعية القياسات الناتجة عن الأجهزة التقليدية، أجهزة قياس المد و الجزر ذات الطوف القياسية. هذه الخسارة في النوعية تنسب احتمالا إلى الطبيعة القديمة للتقنية المستعملة مؤدية إلى عدم اهتمام المتعاملين بهذا العمل الروتيني و الممل الذي قد تتجزه هذه الآلة. لهذا الغرض وضع المعهد الوطني للخرائط و الكشوف عن بعد بالتعاون مع المرصد الملكي البلجيكي الممثل من طرف الدكتور ميشال فان رومباك، نموذجا جديدا لمقياس المد و الجزر باقتناء رقمي. انجز تركيب النظام بمساعدة المصلحة الهيدروغرافية التي تضمن صيانة مقياس المد و الجزر القياسي القديم المركب في سنة 1985 بميناء الجزائر. موضوع هذا المقال هو إظهار الأشغال المنجزة من طرف المرصد الملكي البلجيكي بالجزائر خلال شهر ماي 2003 و كذلك أشغال المصادقة على القياسات و النموذج المنجزة من طرف فرقة من المعهد الوطني للخرائط و الكشوف عن بعد للمرصد الملكي البلجيكي في سبتمبر 2003.

## Résumé :

La marégraphie, qui était restée inchangée pendant près d'un siècle a fait l'objet depuis quelques années d'un regain d'intérêt, principalement en raison d'un besoin nouveau de mesures de bonne qualité émanant surtout de la communauté scientifique, mais également des services géodésiques et hydrographiques, souvent confrontés à la détérioration de la qualité des mesures issues des appareils traditionnels, les marégraphes à flotteur à enregistrement analogique. Cette perte de qualité doit vraisemblablement être attribuée au caractère désuet de la technique mise en jeu, entraînant le désintérêt des opérateurs pour un travail routinier et fastidieux que pourrait accomplir une machine.

A cet effet l'Institut National de Cartographie et de Télédétection (INCT) a installé en collaboration de l'Observatoire Royal de Belgique (ORB) représenté par le Dr Michel van Ruymbeke, un nouveau prototype de marégraphe à acquisition numérique. L'installation du système s'est fait avec le support du Service Hydrographique des forces Navales qui assure la maintenance de l'ancien marégraphe analogique installé en 1985 dans le port d'Alger. L'objet de cet article est de présenter les travaux réalisés par l'ORB à Alger en mai 2003 ainsi que les travaux de validation des mesures et du prototype, effectués par une équipe de l'INCT à l'ORB en septembre 2003.

*Mots clés:* Marégraphe, tsunami, ondelettes, séisme, EDAS

## Abstract :

The tide gauge science that had remained unaltered during approximately one century was the object since some years of an interest renewale, mainly because of a new need of good quality measures especially emanating from the scientific community, but also from the geodesic and hydrographic service, often confronted to the deterioration of the quality of the measures stemming from the traditional devices, the tide gauge with float and with analogical registration. This loss of quality must be assigned presumably to the outdated nature of the technique involved leading to the neglect of the operators for a routine and boring work that a machine could accomplish to this effect the National Institute of Cartography and Remote Sensing (INCT) installed in collaboration of the royal observatory of Belgium (ORB) represented by Dr Michel Van RUYMBEKE, a new prototype of tide gauge with digital acquisition. The installation of the system was made with the support of the hydrographic service that assures the maintenance of the former analogical tide gauge installed in 1985 in the port of Algiers.

The object of this article is to present works achieved by the ORB in Algiers in may 2003 as well as the works of validation of the measures and prototype, done by a team of the INCT to the ORB in September 2003.



## I- Introduction :

En tout point de notre globe, le vecteur pesanteur n'est pas constant. Le mouvement orbital de la Terre et de la Lune par rapport au Soleil, induit des variations d'origine gravitationnelle. La Terre se déforme de telle sorte que la surface équipotentielle définie par le géoïde, reste perpendiculaire au vecteur pesanteur. Ces modifications géométriques de l'ordre de quelques dizaines de cm, induit à son tour dans les océans, des mouvements propres en fonction de divers paramètres. Le long des côtes, une amplification de certaines composantes peut provoquer de très grandes marées. En Méditerranée, les ondes de marées sont relativement petites.

La marée est un mouvement oscillatoire que l'on pourrait comparer à la houle dans les couches superficielles; dans les deux cas, les molécules d'eau décrivent des trajectoires fermées dans un plan vertical. Mais, à la différence de la houle, la longueur d'onde de la marée est toujours bien supérieure à la profondeur des océans. Il en résulte que le mouvement dû à ce phénomène intéresse toute la hauteur d'eau.

Toutes les molécules d'une même verticale décrivent des orbites sensiblement égales et extrêmement aplaties. Le mouvement vertical constitue la marée proprement dite; les mouvements horizontaux, incomparablement plus importants forment les courants de marée.

## II- Définitions des termes concernant la marée océanique

La courbe représentant les variations de la hauteur de la marée en fonction du temps s'appelle courbe de marée (Fig 1).

Chaque minimum de la courbe s'appelle basse mer et chaque maximum de la courbe s'appelle pleine mer. De la basse mer à la pleine mer, le niveau s'élève pendant la phase appelée flux ou montant et il s'abaisse de la pleine mer à la basse mer pendant le reflux ou perdant.

La différence de hauteurs entre une pleine mer et une basse mer consécutives s'appelle le marnage. Les hauteurs sont rapportées à un niveau de référence qui est généralement le zéro hydrographique, encore appelé zéro des cartes marines.

Dans les mers fermées, les marées sont très faibles. Elles sont insensibles en Mer Noire. En Méditerranée, sur la côte algérienne, le marnage est d'environ 10 à 20 cm, du même ordre de grandeur que les effets météorologiques dont il est difficile de distinguer la marée.

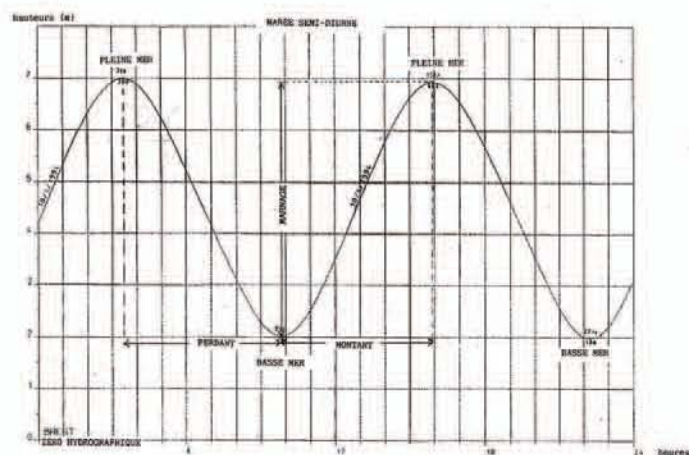


Figure 1 : Définition des termes caractérisant la marée océanique.

## III- Description du marégraphe analogique à flotteur

En Algérie il y'a qu'un seul marégraphe à enregistrement analogique installé en 1985 sur le site d'Alger port. Il mesure la variation de la hauteur de l'eau à l'aide d'un flotteur dans un cylindre ouvert. Le cylindre métallique a un diamètre de 145 mm avec un trou de 14,5 mm (1/10 du diamètre du tube) pour filtrer les sèches du port (fig 2,3 et 4).



Figure 2 : Site du marégraphe



Figure 3: Marégraphe analogique

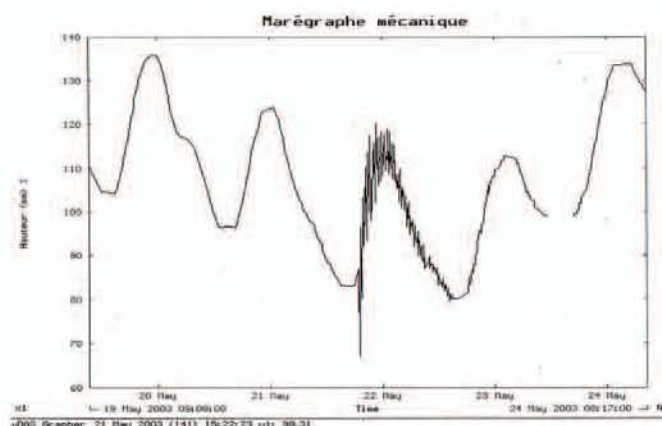


Figure 4: Marégramme digitalisé du marégraphe analogique avec tsunamis du séisme du 21/05/03





Figure 5: Tambour d'enregistre du marégraphe analogique (Tsunami du séisme di 21 mai 2003)

#### IV- Le marégraphe prototype à enregistrement électronique:

Le prototype de marégraphe électronique a été mis en marche sur le site d'Alger port près du marégraphe à flotteur à enregistrement analogique, une heure avant le séisme du 21 mai 2003 qui a touché les régions de Boumerdes et Alger. Ce marégraphe comporte un tube en ethernit de 180mm de diamètre, une partie électronique composée d'une cellule anéroïde et l'électronique qui mesure les fréquences ainsi que la partie d'acquisition automatique des données qui regroupe un nanoDAS et son alimentation (fig. 6, 7 et 8).



Figure 6: Installation du tube en ethernit

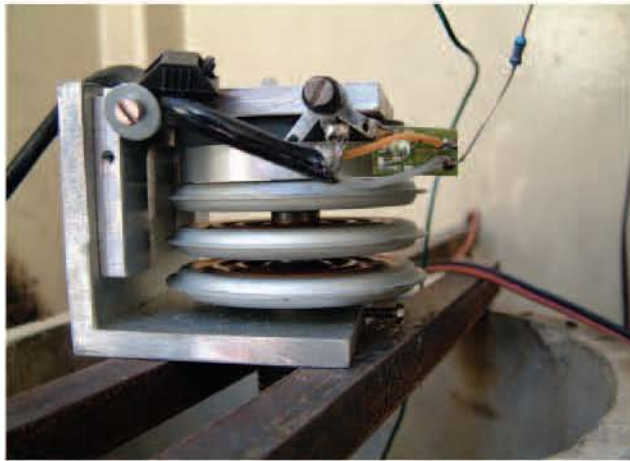


Figure 7: cellule anéroïde du marégraphe électronique

Les enregistrements électronique effectués une heure avant le séisme montre les tsunamis avec une grande précision et une très grande résolution (fig.8)

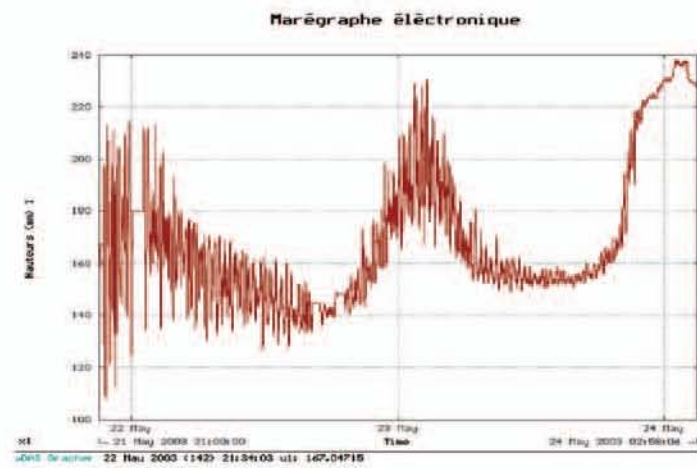


Figure 7 : Enregistrements des tsunamis par le marégraphe électronique

#### V- Validation et étalonnage du marégraphe Electronique :

Cette partie a été effectuée en deux phases, à l'ORB durant la période du 12 septembre au 03 octobre 2003.

- Validation et l'étalonnage des données: Les données qui ont été utilisées dans cette phase, sont ceux des marégraphes électronique et analogique ainsi que les prédites pour la période d'avant et après le séisme (fig. 4,7 et 8).

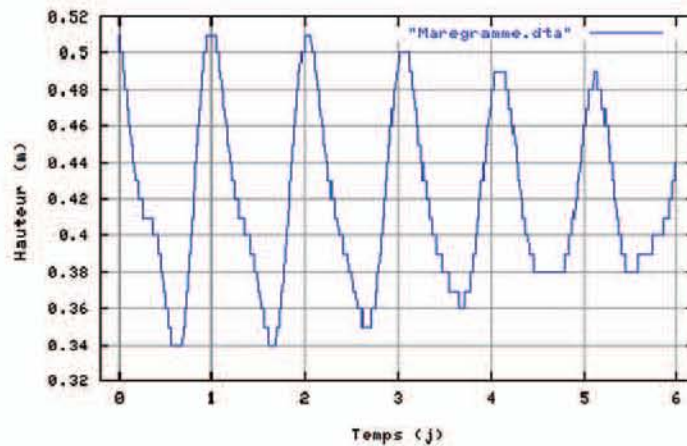
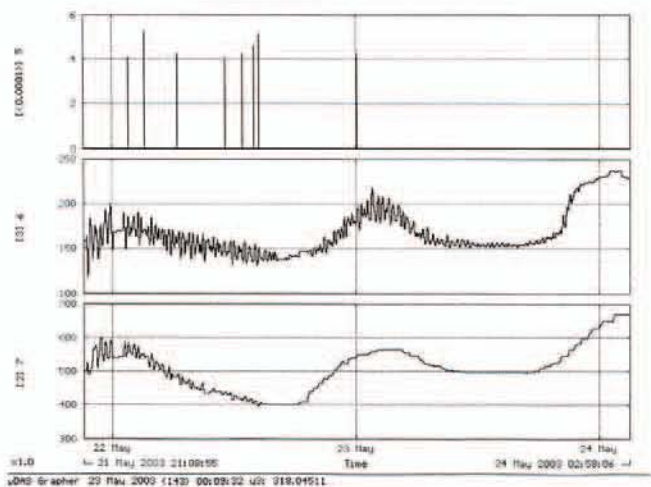


Figure 8 : Marégramme des données prédites

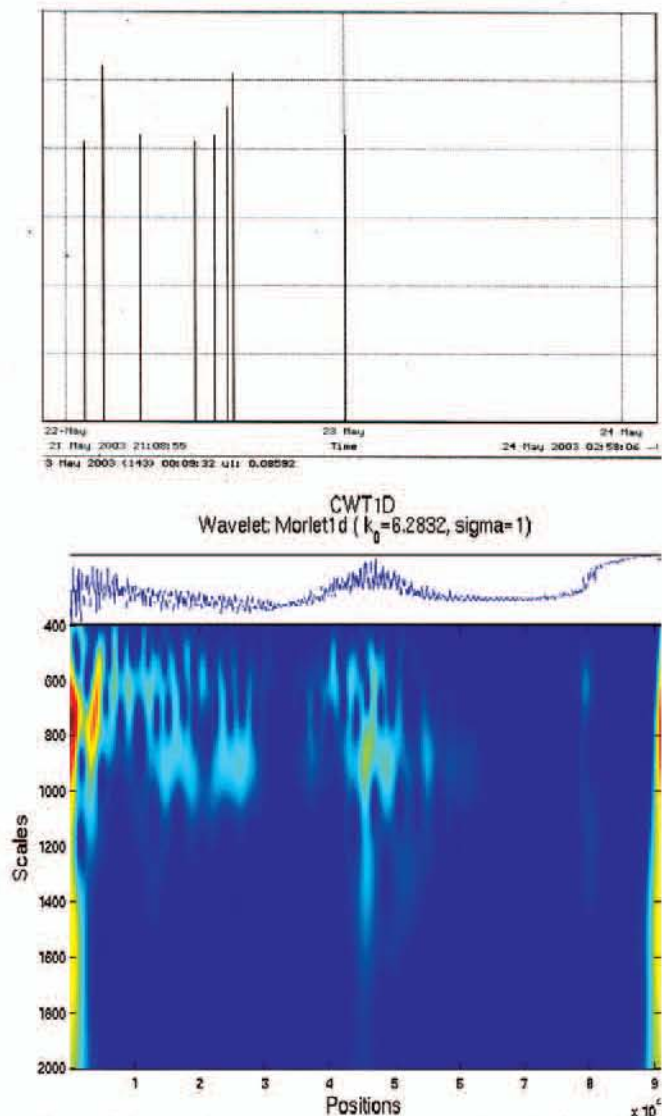
- Analyse des enregistrements : Après la détermination du coefficient d'étalonnage et l'analyse des tsunamis enregistrés, nous avons constaté que la première onde a été enregistrée avec le marégraphe analogique avait un retard de presque d'une heure par rapport au temps du premier séisme de Boumerdes du 21 mai 2003 (fig 9,10,11 et 12).





**Figure 9 :** Comparaison des Tsunamis enregistrées par les marégraphes analogique et électronique par rapport aux différentes répliques qui ont eu lieu juste après le 1er séisme.

L'analyse spectrale par la méthode des ondelletes du signal enregistré par le marégraphe électronique en comparaison avec les répliques les plus importante, montre très bien l'énergie de chaque réplique par rapport au séisme principal (fig 10).



**Figure10 :** Analyse spectrale des Tsunamis par la méthode des ondelletes du signal du marégraphe électronique par rapport aux différentes répliques qui ont eu lieu juste après le 1er séisme.

## VI- Conclusions :

Le marégraphe réalisé a permis d'enregistrer les variations du niveau de la mer au moment du séisme ...

Malgré son installation provisoire faite quelques instants avant le séisme, les données sont utilisables. La validation des enregistrements est faite par comparaison avec deux signaux différents. Une marée synthétique et l'enregistrement avec un marégraphe existant au même site.

Un changement de niveau commun aux deux marégraphes et naturellement non présent sur la marée synthétique doit être expliquée par un enregistrement complémentaire.

Après filtrage en passe bas pour éliminer les clapotis de la mer, on obtient un signal auquel on applique une méthode d'analyse par ondelettes.

Une mise en parallèle des répliques sismiques semble montrer une ré- excitation des oscillations du niveau d'eau.

A ce stade, il est prématuré de donner plus d'information. Une analyse plus fouillée sera mise en oeuvre avec comparaison avec les enregistrement avec d'autres instruments tels que les gravimètres.

## VII- Remerciements :

Van Ruymbeke remercie les autorités de l'INCT, pour l'accueil deux fois, spécialement Mrs. Le Directeur Général de l'INCT, Nadir Saadi, Guemdani Labidi, Benhamouda Fethi, Fraucène Abdelhak, Hamidi Rabah.

Boualem Chemaï remercie les responsables de l'ORB et son Directeur, Dr Roland Verbeiren, Eric de Kerhove, Eric Putz, Sébastien Naslin, Rosamund Howard.

## VIII- Références Bibliographiques :

[1] M. Van Ruymbeke, FR. Beauducel and A. Somerhausen: "The environmental Data Acquisition System (EDAS) developed at the Royal Observatory Of Belgium". Bulletin de l'ECCGS.

[2] Cai Weixin, M. Van Ruymbeke, Tang Shilin, B. Ducarme, Du Weimin, J. Flick: "Cooperative projects in geodynamical instrumentation between the state seismological Bureau (China) and the Royal Observatory Of Belgium" Proc. Xth Int. Symp. On earth tides, Helsinki July 31-August 5, 1989.

[3] J. Flick, M. Van Ruymbeke, B. Ducarme, P. Melchior: "1983, New results at the Undergroud Laboratory for Geodynamics (Walferdange, Gr. Duch. Of Lux.) Proc.Xth Int. Symp. On earth tides, New York, 1981.

[4] R. Vieira, M. Van Ruymbeke, J. Arnoso, N. d'Oreye, J. Fernandez, C. de Toro: "1993, Comparative study of tidalgravity parameters observed in Timanfaya, Jameo del Agua and Cueva de los Verdes stations at Lanzarote island". Proc.XIIth Int. Symp. On earth tides, Sciences Press, Beijing, New-York, pp 41-52.

[5] Site web: [www.shom.fr](http://www.shom.fr).



# ESTIMATION DE LA TEMPERATURE DE SURFACE ET DE L'EMISSIVITE A PARTIR DES DONNEES SATELLITAIRES NOAA-AVHRR

Par HAMIMED Abderrahmane<sup>1</sup>, LANSARI Abdeldjellil<sup>2</sup>, MEDERBAL Khalladi<sup>1</sup>,  
BENHANIFIA Khatir<sup>2</sup> et LEUTREUCH-BELAROUCI Nouredine<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de Recherche sur les Systèmes Biologiques et la Géomatique, Centre universitaire de Mascara, B.P. 763, Mascara, 29000, Algérie, tél : +213 45 80 29 84, E-mail : hamimed@dr.com, kmederbal@hotmail.com.

<sup>2</sup>Laboratoire de Télédétection, Centre National des Techniques Spatiales, B.P. 13, Arzew, 31200, Oran, Algérie, tél. : +213 4147 22 17, E-mail : lansaria@cns.dz, khatir@dr.com.

<sup>3</sup>Université de Tlemcen,

ملخص:

الهدف من هذه الدراسة هو استعمال تقنيات الاستشعار عن بعد المتمثلة في معطيات القمر الصناعي "نوا" وذلك لقياس درجة حرارة السطح بطريقة خطية دقيقة، مصححة من تأثير الظواهر الفيزيائية المشوشة الخاصة بغلاف الجوي و سطح الأرض، و جد ملائمة للظروف المناخية الشبه الجافة

## Résumé :

Le but de cette étude est l'utilisation des techniques de télédétection qui sont les données du satellite "NOAA" pour l'estimation de la température de surface par une méthode linéaire précise, corrigée de l'effet des phénomènes physiques brouillés de la couche atmosphériques et de la surface de la terre. Cette approche est très appropriée aux conditions climatiques semi- arides.

**Mot clés:** NOAA-AVHRR, température de surface, émissivité, split-window.

## Abstract :

This study aims at the use of the technique of télédétection which are data of "NOAA" satellite for the estimation of land surface temperature with a precise, linear method corrected from the effect of blurred physical phenomena of the atmospheric cover and the surface and too appropriate for Algerian semi-arid climatic condition.

## I- Introduction:

La température est un paramètre essentiel pour décrire l'état hydrique et énergétique des écosystèmes terrestres. De par sa capacité à observer l'ensemble du globe, la télédétection infrarouge thermique s'avère être un outil potentiellement intéressant pour estimer, de manière régulière et à différentes échelles spatiales, la température des surfaces terrestres. Cependant, la température calculée à partir des données satellitaires n'est pas reliée de façon directe à la température de surface utilisée pour évaluer les différents termes du bilan d'énergie. En effet, en dehors de l'influence de l'atmosphère, la mesure radiométrique infrarouge, appelée température de brillance, est une quantité très complexe dépendant à la fois des propriétés physiques et thermodynamiques de la surface et de la configuration du système d'acquisition. L'extraction des températures à partir des données de télédétection nécessite des modèles complexes qui permettent d'établir le lien entre la mesure et l'ensemble des paramètres physiques qui l'expliquent (Becker et al., 1995). Une telle mesure obtenue à partir d'un seul canal ne peut être corrigée des effets atmosphériques et, par conséquent, elle est moins précise que celle obtenue par deux canaux. Plusieurs capteurs satellitaires possèdent deux bandes spectrales dans l'infrarouge thermique dont la combinaison par la méthode « split window » permet d'accéder à la température radiative, affranchie d'une partie des effets atmosphériques (Becker et al., 1990), qui est ensuite corrigée des effets de l'émissivité pour déduire la température de surface réelle. Notre travail a pour objectif l'utilisation des données NOAA-AVHRR pour estimer la température radiative de surface par calage d'un modèle *split-window* adapté aux conditions locales, ensuite de développer une méthodologie pour corriger cette température des effets de l'émissivité.

## II- Bases théoriques de l'estimation de la température de surface et de l'émissivité

Le capteur AVHRR de NOAA mesure une luminance spectrale qui est reliée à la température de surface par la loi de Planck.

$$L_{\lambda} = \frac{2hc^2}{\lambda^5 \exp\left(\frac{hc}{\lambda kT} - 1\right)} \quad (1)$$

Avec  $L_{\lambda}$  est la luminance spectrale propre de la surface,  $\lambda$  est la longueur d'onde,  $h$  est la constante de Planck,  $c$  est la vitesse de la lumière,  $k$  est la constante de Boltzmann et  $T$  est la température absolue du corps noir.

La luminance reçue au niveau du capteur dépend à la fois de l'émission propre de la surface (qui se distingue de celle d'un corps noir par son émissivité) et de celle de l'atmosphère.

$$L_{\lambda} = \tau_{\lambda} [\varepsilon B_{\lambda}(Ts) + (1-\varepsilon)L_{a_{\lambda}} \downarrow] + L_{a_{\lambda}} \uparrow \quad (2)$$

Avec  $L_{a_{\lambda}} \downarrow$  est la luminance spectrale propre de l'atmosphère reçue par la surface,  $L_{a_{\lambda}} \uparrow$  est la luminance spectrale propre de l'atmosphère reçue par le capteur,  $\varepsilon B_{\lambda}(Ts)$  est la luminance de la surface,  $\varepsilon$  est l'émissivité spectrale de la surface et  $\tau$  est le coefficient de transmission atmosphérique.

Pour accéder à la température de surface réelle, il est donc nécessaire de connaître l'émissivité de la surface et le rayonnement atmosphérique. L'émissivité varie suivant le type de la surface, l'humidité, l'angle de visée, les bandes spectrales, etc. Sa mesure ne se fait que très localement (Stoll, 1988).

Un autre problème pour l'utilisation des données satellitaires est celui des perturbations par l'atmosphère. Dans la bande infrarouge thermique, les effets atmosphériques sont estimés par des modèles de transfert radiatif qui sont difficilement envisageables en routine (Courault et al., 1994). Il existe une autre méthode, dite de *split-window*, qui permet d'éliminer une partie des effets atmosphériques lorsque l'on dispose de deux canaux thermiques comme c'est le cas pour le satellite NOAA.



La température radiative de surface ( $T_{CN}$ ) est alors calculée à partir d'une combinaison linéaire des températures dans les deux bandes spectrales du satellite (C4 : 10.3-11.3  $\mu\text{m}$  et C5 : 11.5-12.5  $\mu\text{m}$ ).

$$T_{CN} = a_0 + a_1 T_4 + a_2 T_5 \quad (3)$$

avec  $T_4$  et  $T_5$  sont les températures du corps noir dans les canaux 4 et 5 de NOAA-AVHRR et  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $a_2$  sont des coefficients. Une analyse bibliographique fait ressortir deux algorithmes *split-window* obtenus par utilisation des modèles de transfert radiatif :

$$T_{CN} = T_4 + 2.6(T_4 - T_5) - 2.2 \quad (\text{Deshamps et al., 1980}) \quad (4)$$

$$T_{CN} = T_4 + 2.68(T_4 - T_5) - 0.5 \quad (\text{Li et al., 1988}) \quad (5)$$

Généralement, ces équations ont été calées sur la surface de la mer, c'est-à-dire avec des températures plus faibles, et ne sont pas forcément transposables aux surfaces continentales. En se basant sur l'analyse de l'image des différences  $T_4 - T_5$ , évaluant les effets différentiels de l'atmosphère dans les canaux 4 et 5 de NOAA, Price (1984) et Vidal (1990) ont proposé les équations :

$$T_{CN} = T_4 + 3.03(T_4 - T_5) \quad (\text{Price, 1984}) \quad (6)$$

$$T_{CN} = T_4 + 2.78(T_4 - T_5) \quad (\text{Vidal, 1990}) \quad (7)$$

Ces deux algorithmes sont évidemment plus adaptés aux conditions locales, puisqu'ils sont développés à partir des données réellement acquises (Vidal, 1990).

Bien que les équations de *split-window* permettent d'évaluer une température du corps noir ( $T_{CN}$ ) affranchie des effets de l'atmosphère, une correction de cette température des effets de l'émissivité de surface conduit à une estimation de la température de surface réelle.

Becker (1987), en se basant sur le fait que les émissivités dans les canaux 4 et 5 de NOAA-AVHRR, notées respectivement  $\varepsilon_4$  et  $\varepsilon_5$ , étaient différentes (Salisbury, 1986) et en comparant les températures de surfaces obtenues par la méthode de *split-window* avec et sans tenir compte de l'émissivité, et pour une large gamme de températures de surface, a montré que :

$$T_s - T_{CN} = 50 \frac{1 - \bar{\varepsilon}}{\bar{\varepsilon}} - 300 \frac{\varepsilon_4 - \varepsilon_5}{\bar{\varepsilon}} \quad (8)$$

avec  $T_s$  est la température de surface réelle,  $\bar{\varepsilon}$  est l'émissivité moyenne dans les canaux 4 et 5 de NOAA-AVHRR et  $\varepsilon_4$  et  $\varepsilon_5$  sont les émissivités dans les canaux 4 et 5 de NOAA-AVHRR.

### III- Matériel utilisé

#### III-1- Contexte physique de l'étude

La zone d'étude est une région agricole correspondant à la plaine de la Macta. Elle couvre une superficie de 900  $\text{km}^2$  environ, essentiellement occupée par une végétation spontanée halophyte dominée par l'atriplex et des cultures irriguées (maraîchage et arboriculture fruitière) sur un sol argileux riche en sels minéraux. Cette zone est située dans l'ouest algérien entre les coordonnées  $0^\circ 16' \text{ W}$  et  $0^\circ 13' \text{ E}$  et  $35^\circ 30' \text{ N}$  et  $35^\circ 47' \text{ N}$  (figure 1).

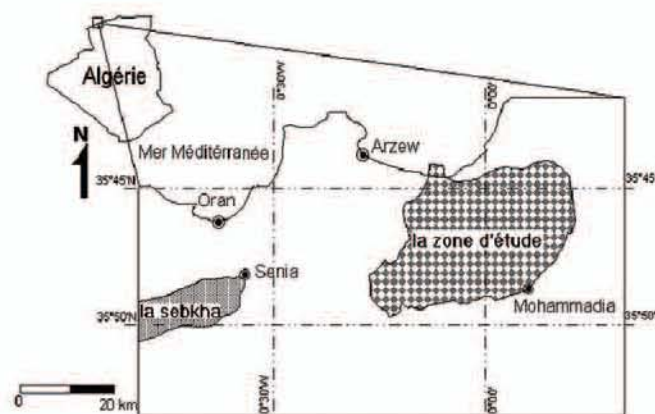


Figure 1: Carte de localisation de la zone d'étude

Le climat est de type méditerranéen caractérisé par un régime pluviométrique très variable avec des occurrences de sécheresse estivale d'où le recours à l'irrigation de complément des cultures pendant les périodes marquées par un déficit hydrique.

#### III-2- Données utilisées

Le jeu de données est constitué de trois scènes de NOAA-14, datant du 13, du 14 et du 15, juillet 2000 et des variables météorologiques collectées au niveau des stations Senia, Arzew et port d'Oran et correspondant aux instants d'acquisition des images : la température de l'air, la température de point de rosée et la température psychrométrique, la tension de vapeur, la pression au niveau de la mer et la vitesse du vent.

Pour les rendre superposables, les images satellitaires ont été corrigées géométriquement par un polynôme premier degré à partir de 5 points de calage.

### IV- Modélisation de la température de surface et de l'émissivité

Les données brutes de NOAA 14, codées en comptes numériques CN allant de 0 à 1023, sont transformées en radiance selon la formule :

$$L = a \text{ CN} + b \quad (9)$$

avec  $v$  est la radiance reçue par le capteur ( $\text{mW} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \cdot \text{cm}$ ) et  $a$  et  $b$  sont des coefficients de calibration donnés en en-tête du fichier image.

Cette radiance est convertie ensuite en température du corps noir équivalent ( $T$ ) dans les canaux 4 et 5, notées respectivement  $T_4$  et  $T_5$ , par l'équation :

$$T = \frac{C_2 v}{\log \left[ 1 + \frac{C_1 v^3}{L} \right]} \quad (10)$$

avec  $v$  est le nombre d'onde central du canal considéré ( $\text{cm}^{-1}$ ) ; pour  $275 \leq T \leq 320 \text{ K}$ , on a, respectivement pour les canaux 4 et 5 de NOAA 14,  $v = 929.3323 \text{ cm}^{-1}$  et  $v = 835.1647 \text{ cm}^{-1}$ ,  $C_1 = 1.191 \times 10^5 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \cdot \text{cm}^4$  et  $C_2 = 1.4388 \text{ cm} \cdot \text{K}$ .

Les températures radiatives  $T_4$  et  $T_5$  sont corrigées des effets de l'atmosphère. La méthode la plus courante de la correction atmosphérique consiste à combiner ces deux températures selon la technique de *split-window*, qui donne une température de surface du corps noir équivalent affranchie des effets atmosphériques. Il est possible, en conditions locales, d'obtenir des équations *split-window*, soit par calage des données satellitaires sur des mesures de températures de surface au sol, soit par utilisation directe des données satellitaires elles-mêmes.



#### IV-1- Obtention d'une équation split-window à partir des mesures au sol et des images NOAA

Cette méthode repose sur la confrontation des données de température radiative mesurées au sol à l'instant de passage du satellite aux températures radiatives  $T_4$  et  $T_5$  de NOAA 14. Pour notre cas, ces mesures au sol ne sont pas disponibles. Or, la méthode de Penman (1948), qui utilise les données du réseau météorologique, permet d'estimer les températures de surface d'équilibre résultantes du bilan énergétique sur une surface d'eau libre (n'opposant aucun frein à l'évaporation). Trois sites (1, 2 et 3) ont été choisis pour estimer les températures de surface les jours d'acquisition des images NOAA qui correspondent à des surfaces d'eau libre (la sebkha, les surfaces de la mer adjacentes au port d'Oran et d'Arzew). Ensuite, par le biais de l'émissivité, ces températures peuvent être converties en températures radiatives de surface ( $T_{CN}$ ) (Hamimed, 2001). Enfin, l'équation *split-window* est établie par régression linéaire multiple entre  $T_{CN}$ ,  $T_4$  et  $T_5$  (tableau 1) de la forme :

$$T_{CN} = 0.89T_4 + 1.1(T_4 - T_5) - 5.88 \quad (n=9 \text{ et } r^2=0.95) \quad (11)$$

Par application du test du signe aux résidus de la régression linéaire multiple, on obtient une erreur type d'estimation de 1.5 K.

Date	Site de mesure	Données NOAA		$T_{CN}$ estimée au sol (Penman) (K)
		$T_4$ (K)	$T_5$ (K)	
13 juillet 2000	1	301	299	317
	2	296	294	304
	3	297	295	303
14 juillet 2000	1	308	306	315
	2	302	301	307
	3	300	298	306
15 juillet 2000	1	309	307	313
	2	297	296	301
	3	298	297	302

Tableau 1 : Données utilisées pour établir l'équation *split-window*

#### IV-2- Obtention d'une équation split-window directement à partir des images NOAA

L'analyse de l'image NOAA du 14 juillet 2000 montre une forte variation de la différence ( $T_4 - T_5$ ) qu'on peut attribuer à un fort gradient d'humidité atmosphérique. La méthode consiste à chercher des transects où  $T_{CN}$  et  $\varepsilon$  sont quasiment constantes (même occupation du sol, par exemple), et où les différences  $T_4 - T_5$  seront a priori seulement dues aux effets atmosphériques. Pour notre expérimentation, 12 pixels de l'image NOAA du 14 juillet 2000 couvrant un couvert uniforme d'atriplex (développé sur des sols salés dans la plaine de la Macta) ont été choisis.

Price (1984) a montré que  $T_i - T_{CN}$  ( $i=4$  ou  $5$ ) peut s'écrire comme le produit d'une fonction de la quantité de gaz absorbant dans l'atmosphère  $U_T$  (indépendante de la longueur d'onde) et une fonction de longueur d'onde  $C(\lambda_i)$  ( $i=4, 5$ ), soit :

$$T_i - T_{CN} = -C(\lambda_i).U_T \quad (8)$$

On introduit alors, pour éliminer  $U_T$ , le terme  $R$ , tel que :

$$R = \frac{C(\lambda_5)}{C(\lambda_4)} = \frac{T_5 - T_{CN}}{T_4 - T_{CN}} \quad (12)$$

Bien que  $T_{CN}$  soit supposée constante (Price, 1984), on calcule une valeur moyenne qui vérifie donc :

$$T_5 = R.T_4 + (1 - R)T_{CN} \quad (13)$$

On obtient, par régression linéaire simple entre  $T_4$  et  $T_5$ , une valeur de  $R$  égale à 1.34 avec un coefficient de détermination  $r^2 = 0.98$  et par conséquent, une équation de *split-window* de la forme :

$$T_{CN} = T_4 + 2.94(T_4 - T_5) \quad (14)$$

#### IV-3- Correction des effets de l'émissivité

Pour calculer la température radiative de surface, nous avons supposé que la différence  $T_4 - T_5$  est seulement due aux effets atmosphériques. Mais, en règle générale, cette différence est due également aux différences d'émissivités (Vidal, 1990).

L'émissivité dans la bande  $i$  peut s'écrire sous la forme :

$$\varepsilon_i = \frac{L_i(T_i) - L \downarrow_i}{L_i(T_s) - L \downarrow_i} \quad (15)$$

avec  $i$  est l'indice du canal utilisé de NOAA (4 ou 5),  $L_i$  est la radiance de la surface et  $L \downarrow_i$  est la luminance atmosphérique reçue par la surface.

$L \downarrow_4 + L \downarrow_5$  peut être estimé à partir de la formule d'Idso (1981), limitée sur la gamme  $10.5 - 12.5 \mu\text{m}$ , qui correspond approximativement aux canaux 4 et 5 de NOAA-AVHRR.

$$L \downarrow_4 + L \downarrow_5 = (0.10 + 3.53 \times 10^{-8} e_a^2 e^{3000/T_a}) \sigma T^4 \quad (16)$$

avec  $e_a$  est la tension de la vapeur d'eau dans l'air et  $T_a$  est la température de l'air à 2 m (K).

Par l'intégration graphique de la courbe du spectre d'émission de l'atmosphère, Vidal (1990) a proposé une approche pour la répartition de  $L \downarrow_4$  et  $L \downarrow_5$  entre les canaux 4 et 5 de NOAA, soit :

$$L \downarrow_4 = 0.55(L \downarrow_4 + L \downarrow_5)$$

$$L \downarrow_5 = 0.45(L \downarrow_4 + L \downarrow_5)$$

Dans notre zone d'étude et pour la journée du 14 juillet 2000 à 16h02 GMT, nous avons  $L \downarrow_4 = 7.27 \text{ (mW.m}^{-2}.\text{sr}^{-1}.\text{cm)}$  et  $L \downarrow_5 = 8.88 \text{ (mW.m}^{-2}.\text{sr}^{-1}.\text{cm)}$ .

D'autre part,  $L_i$  peut être estimé, à l'échelle du pixel, par inversion de l'équation (6).

On peut ensuite calculer  $\varepsilon_4 - \varepsilon_5$  et  $\bar{\varepsilon}$  d'une manière itérative. Au premier passage, on suppose  $\varepsilon_4 - \varepsilon_5 = 0$  et on estime  $\bar{\varepsilon}$  en fonction de l'indice de végétation (NDVI) par le formule empirique (Cilhar *et al.*, 1997) :

$$\bar{\varepsilon} = 0.9846 + 0.0239 \log(\text{NDVI}) \quad (17)$$

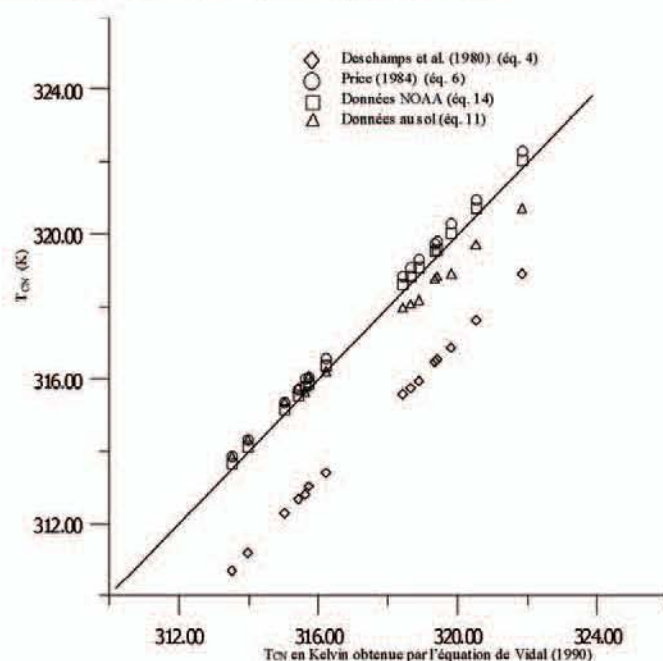


On calcule la température de surface ( $T_s$ ) à partir de l'équation (4), puis  $\varepsilon_4 - \varepsilon_5$  et  $\varepsilon$  à partir de l'équation (11). L'algorithme converge vers la valeur  $\varepsilon_4 - \varepsilon_5 \approx -0.011$  (Becker et al, 1990). Enfin, la température de surface obtenue en sortie du modèle itératif permet de déduire l'émissivité spectrale de la surface ( $\varepsilon$ ) à l'échelle du pixel par l'expression de Stéphan-Boltzmann :

$$\varepsilon = \frac{T_{CN}^4}{T_s^4} \quad (18)$$

## V- Résultats et discussion:

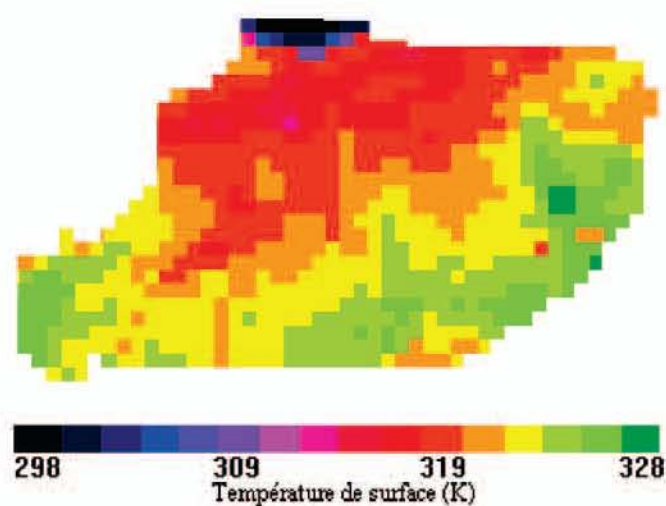
Notre objectif était d'établir une équation split-window adaptée au site d'étude. Pour cela, nous avons réalisé à partir des données NOAA, suivant deux méthodes différentes, deux équations *split-window* (équations 11 et 14) qui sont proches aux équations 6 et 7 obtenues sur des surfaces agricoles par Price (1984) au Texas et par Vidal (1990) sur le périmètre du Gharb au Maroc. Sur la figure 2, on compare les équations 11 et 14 avec celles proposées par Deschamps et al. (1980), Price (1984) et Vidal (1990) (équations 4, 6 et 7). L'équation 7 a été prise comme référence, car elle a été établie sur une surface agricole sous des conditions similaires aux nôtres. Il apparaît que l'équation 11 donne des résultats très satisfaisants et les valeurs obtenues ne diffèrent pas de celles prise comme référence. En revanche, l'équation (4), en dépit de son utilisation fréquente, entraîne une sous estimation moyenne de 2.6 K.



**Figure 2:** Comparaison des différentes équations split-window obtenues avec celles de Price (1984), Deschamps et al. (1980) et Vidal (1990)

L'émissivité de la surface dans les canaux 4 et 5 de NOAA-AVHRR peut donc être estimée à partir des données NOAA dans l'infrarouge thermique où les effets atmosphériques différentiels entre ces deux canaux sont négligeables, à condition d'estimer une valeur initiale moyenne à l'échelle du pixels.

Il est intéressant de signaler que le modèle d'estimation de l'émissivité ainsi déduit est à considérer avec précaution, car il n'existe pas de méthode de validation à des échelles de temps et d'espaces aussi larges. En fait, l'image de la température de surface obtenue a mis en évidence les observations suivantes (figure 3) :



**Figure 3:** Image de température de surface dans la plaine de la Macta du 14 juillet 2000

- Les secteurs où les sols nus sont dominants, présentent des températures de surface supérieures à celles de secteurs où la couverture végétale est dense ainsi que les surfaces humides;
- La proximité des côtes est caractérisée par une température moyenne de surface relativement faible qui est due aux vents et à l'humidité de l'air qui sont forts et ont pour effet d'abaisser les écarts entre les températures de surface et les températures de l'air.

## VI- Conclusion:

Les résultats présentés dans cette étude confirment les possibilités offertes par les données NOAA pour l'estimation fine de la température de surface et de l'émissivité.

Le modèle utilisé pour l'estimation de telles mesures apparaît donc finalement assez indiqué pour une réelle exploitation des données de satellite NOAA-AVHRR. La seule limitation est l'aspect spatial.

En perspective, nous envisageons à analyser la relation entre la température de surface avec l'albédo et l'indice de végétation afin de modéliser les échanges turbulents entre la surface et l'atmosphère.

## VII- Remerciement:

Les auteurs remercient l'Office National Météorologique d'Oran pour leur avoir mis à leur disposition les données climatiques.



### VIII- Références Bibliographiques:

- [1] **Becker, F. and Li, Z.L. (1995)** Surface temperature and emissivity at various scales : definition, measurement and related problems, *Remote Sensing Review*, Vol. 12, pp. 225-253.
- [2] **Becker, F. (1987)** The impact of spectral emissivity on the measurement of land surface temperatures from a satellite, *Int. J. Remote Sens.* Vol. 8 no. 10, pp. 1509-1522.
- [3] **Becker, F. and Li, Z.L. (1990)** Towards a local split window method over land surface, *Int. J. of Rem. Sens.*, Vol. 11, pp. 369-393.
- [4] **Cihlar, J., Li, Z.L., Chen, J., Pokrant, H. and Hung, F., (1997)** Multi-temporal, Multi-channel AVHRR data sets for land biosphere studies-Artifacts and corrections, *Remote Sensing and Environment*, Vol. 60, pp. 35-57.
- [5] **Courault, D., Clastre, P., Guinot, J.P. et Seguin, B. (1994)** Analyse des sécheresses de 1988 à 1990 en France à partir de l'analyse combinée de données satellitaires NOAA-AVHRR et d'un modèle agrométéorologique, *Agronomie*, Vol. 14, pp. 41-46.
- [6] **Deschamps, P.Y. and Phulpin, T. (1980)** Atmospheric correction of infrared measurements of sea surface temperature using channels at 3, 7, 11 and 12 $\mu$ m, *Boundary Layer Meteor.* Vol. 18, pp. 131-143.
- [7] **Hamimed, A., Mederbal, K. et Khaldi, A. (2001)** Utilisation des données satellitaires <sup>TM</sup> de Landsat pour le suivi de l'état hydrique d'un couvert végétal dans les conditions semi-arides en Algérie, *Téledétection*, Vol. 2, no. 1, pp. 29-38.
- [8] **Idso, S.B. (1981)** A set of equations for full spectrum and 8-to 14- $\mu$ m and 10.5- to 12.5- $\mu$ m thermal radiation from cloudless skies, *Water Resources Research*, Vol. 17, no.2, pp. 295-304.
- [9] **Li, Z.L. and McDonnel, M. J. (1988)** Atmospheric correction of thermal infrared image, *Int. J. of Rem. Sens.*, Vol. 9 no. 1, pp. 107-121.
- [10] **Penman, H. L. (1948)** Natural evaporation from open water, bare soil and grass, *Proceedings of the Royal Society of London*, Vol. 194, pp. 120-145.
- [11] **Price, J.C. (1984)** Land Surface temperature measurements from the split window channels of the NOAA-7/AVHRR, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 89, pp. 7231-7237.
- [12] **Salisbury, J. W. (1986)** Preliminary measurements of leaf spectral reflectance in the 8-14  $\mu$ m region, *Int. J. Remote sensing*, Vol. 7, no. 12, pp. 1879-1886.
- [13] **Stoll M. (1988)** Mesures de la température et de l'émissivité de surface par télédétection : Modèles et méthodes, *Télédétection Spatiale : Aspects physiques et modélisation*, CNES, Ecole d'été, pp. 845-904.
- [14] **Vidal, A. (1990)** Estimation de l'évapotranspiration par télédétection : Application au contrôle de l'irrigation, *Etude du Centre national du machinisme agricole du génie rural des eaux et des forêts, Montpellier, Série Hydraulique Agricole*, vol. 8, 180 p.
-



**Contribution de la Télédétection dans l'étude de la fracturation du HORST de GHAR ROUBAN  
( l'ORANIE-ALGERIE )**

*Par Mohammed TABELIOUNA\* , Ahmed Zine éddine SAAD\*\* et Wassila KOUDJIL\**

\* Laboratoire de Magmatisme et Géodynamique des Bassins Algérien, département des  
Science de la Terre, BP 1524, Université d'Oran. E-mail :tabeliouna@yahoo.fr

\*\*Laboratoire de télédétection du centre national des techniques spatiales, 01, avenue de la  
Palestine 31200 Arzew, Oran, Algérie

**ملخص :**

إن بنية مرتفعات غار روبان يتغلب عليها النتق المسمى غار روبان أين يتساوى مع الشريط الموجه WSW-ENE ابتداء من الحدود المغربية. عرفت هذه المنطقة منذ مرحلة تكون الجبال الهرسينية عدة مراحل تكتونية مرنة و متكسرة. إن معالجات الصور التي قمنا بها قد ساعدتنا على وصف المجموعة البنيوية للمنطقة. تسمح لنا هذه المعالجات بتعيين وحدات ليتولوجية و التحليل البنيوي لمختلف المراحل التكتونية. عن طريق هذه الوسيلة، و انطلاقا من تحليل صور الأقمار الصناعية لنتق غار روبان، تمكنا من إبراز 06 أنواع من الإنكسارات باتجاهات N00، N20، N135، N50، N90، N160. هذا التحليل مكنا أيضا من تأكيد و تكميل إنكسار المنطقة المدروسة (تحديث شبكة الرسم الأولي). فعلا، قد تعرفنا على نوعين جديدين من الإنكسارات. إنكسارات باتجاهات N160 التي يفترض أنها الأكثر قديما و إنكسارات باتجاه N00 الأكثر حداثة.

**Résumé :**

La structure des monts de Ghar Rouban est dominée par le horst dit de Ghar Rouban où le paléozoïque affleure suivant une bande orientée WSW-ENE depuis la frontière Marocaine. Cette région à connue depuis l'orogenèse hercynienne plusieurs phases tectoniques souples et cassantes.

Les traitements des images effectuées, nous ont aidé à caractériser l'ensemble structural de la région. Ces traitements nous permettent le repérage des unités lithologiques et l'analyse structurale des différentes phases tectoniques.

Par le biais de cet outil, et à partir de l'analyse d'images satellitales du horst de Ghar Rouban, nous avons pu mettre en évidence six (06) familles de fractures de directions N160, N90, N50, N135, N20, N00. Cette même analyse nous a permis de confirmer et de compléter la fracturation de la région d'étude (actualisation du réseau linéamentaire).

En effet, nous avons identifié deux nouvelles familles de fractures. Les fractures d'orientations N160 supposées être les plus anciennes et les fractures de direction N00 les plus récentes.

**Abstract :**

The structure of the mounts of Ghar Rouban is dominated by the horst of the Ghar Ron where the Paleozoic shows on the surface following a WSW-ENE oriented strip from the Moroccan border. This region has known since the hercynian orgeny several flexible and brittle tectonic phases.

The treatments of the pictures that we did, have help us to characterize the structural whole region. These treatments allow us the location of the lithologic units and the structural analysis of the different tectonic phases by means of this tool and from the analysis of satellite pictures of the horst of GHAR ROUBAN, we could under score six (06) families of fractures of directions N160, N90, N50, N135, N20, N00. This same analysis permitted us to confirm and to complete the fracturation of the survey region (actualization of the lineamentary network).

Indeed we have identified two new families of orientations. The fractures of orientations N160 supposed to be the oldest and fractures of direction N00 the most recent.



## I- Introduction:

L'étude de la fracturation par télédétection est un moyen fiable complétant les photographies aériennes qui furent un document de base et de travail quant à la cartographie géologique.

Les données acquises de Landsat Thematic Mapper nous ont permis de traiter l'aspect linéaire des monts de Ghar Rouban .

Les traitements peuvent être un rapport de canaux, un filtrage ou une transformation des composantes rouge, vert, bleu en intensité, teinte et saturation. Ils sont définis au préalable en convenance avec le but de notre étude.

Les résultats obtenus seront confrontés aux données des différents auteurs ayant fait un travail dans cette zone.

## II- Cadre géologique:

Les monts de Ghar Rouban sont situés aux confins Algéro-Marocains à 150 km au S.O. d'Oran et à 25 km au sud de Maghnia. Ils sont bordés au nord par la plaine de Maghnia, à l'ouest par la plaine des Angad d'Oujda et le plateau de Djorf Ouazzen , au sud par la plaine de Magoura et enfin à l'est par la terminaison occidentale des monts de Tlemcen.

Le horst de Ghar Rouban correspond à une bande de reliefs ( 6km/30km ) orientée selon une direction WSW-ENE. Elle est constituée essentiellement de terrains primaires schisto-quartzitique, bordée au nord et au sud par des terrains jurassiques (du Lias au Kimméridgien).

Nous distinguons dans cette région deux ensembles structuraux:

- Le socle paléozoïque, avec des formations volcano-sédimentaires, affectées de plissements hercyniens et recoupées par des roches magmatiques.
- une série mésozoïque formée de terrains jurassiques discordants sur le socle.

## III- Aperçu structural:

Les monts de Ghar Rouban et leur prolongement vers l'est ( monts de Tlemcen, de Dafa et de Saïda ), forment un ensemble de relief orienté SW-NE , c'est le haut pays oranais.

Plusieurs accidents structuraux sont notés dans cette région ( fig. 1) les principaux étant les alignements de Tafna-Magoura (SSW-ENE), de Fernane (N-20°), de Zaouïa (SE-NE), le décrochement de Beni Bou Saïd de direction N140 et les deux failles bordières, au nord et au sud du horst de Ghar Rouban.

Unités géologiques	Description lithologique	Tonalité	texture	Observation
Quaternaire	- alluvions récents.	moyenne	lisse	
Kimméridgien (j4)	- dolomies.	+ ou - importante	lisse	
Lusitanien (j3)	- grès.	Importante	+ ou - rugueuse	Teinte verte en trichromie 4/3/1
Callovo-oxfordien (j1-2)	- grès à oolithes ferrugineux ou bancs bréchoïdes ferrugineux, - argiles grises ou noirs.	importante	+ ou- lisse	Délimitation parfaite (acp3)
Honien (j1)	- calcaires ferrugineux à oolithes ferrugineuses - calcaires microgréseux à c.cellophycus.	importante	+ ou- lisse	Délimitation parfaite (acp3)
Toarcien (L4)	- calcaires à ammonites - dolomies cristallines.	importante	+ ou- lisse	Délimitation parfaite (acp3)
Charmouthien (L3)	- calcaires gris sublithographiques.	moyenne	+ ou - lisse	Délimitation parfaite (acp3)
Viséen-Moyen (H2-3) Inférieur	- microbrèches à plantes flottées - schistes et quartzites à microbrèches - calcaires fossilifères .	moyenne	Lisse	
Dévonien (D)	- schistes encaissants le calcaire fossilifère d'Aourir.	Moins importante	Lisse	Rouge sombre en trichromie 4/3/1
Gothlandien (s4)	- schistes et phtanites à radiolaires et graptolithes.	Moins importante	Lisse	
Primaire indéterminé (P)	- schistes et quartzites.	moyenne	Lisse	
Granites de Beni snouss	Granite alcalin/ monzonitique	moyenne	Lisse	Auréole supposé

Tableau 1. Représentation de l'interprétation thématique des différentes unités géologiques à partir des traitements effectués de la région des monts de Ghar Rouban



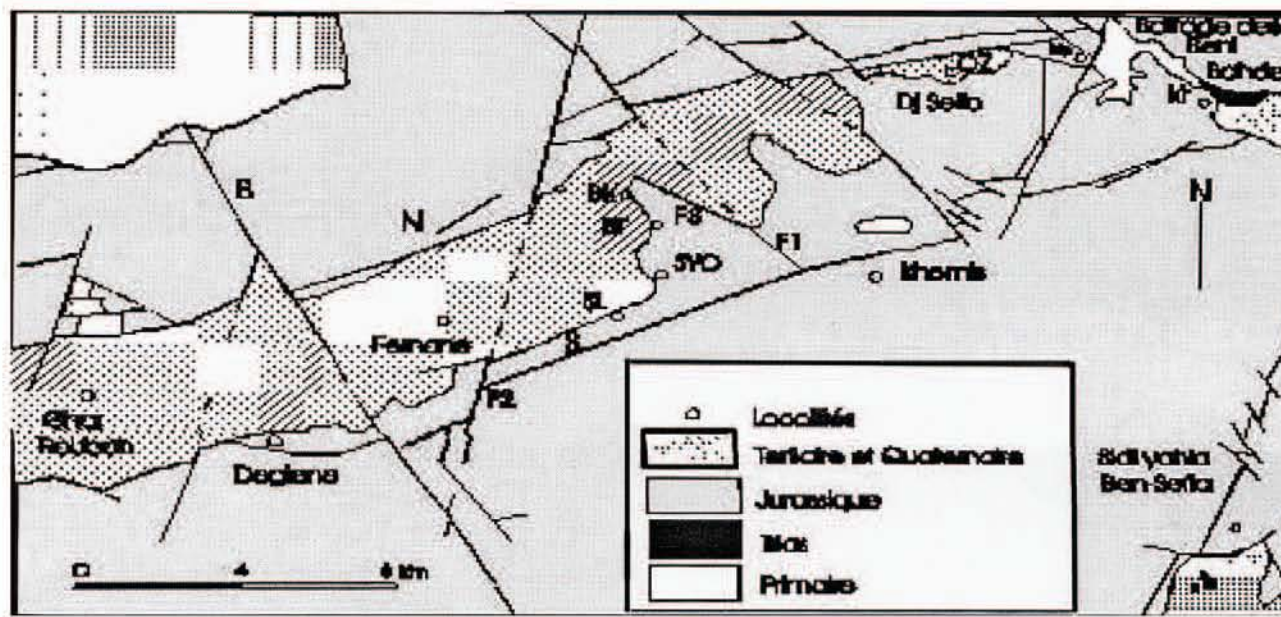


Figure 1: Carte structurale du horst de Ghar Rouban (d'après S.Elmi, 1977).

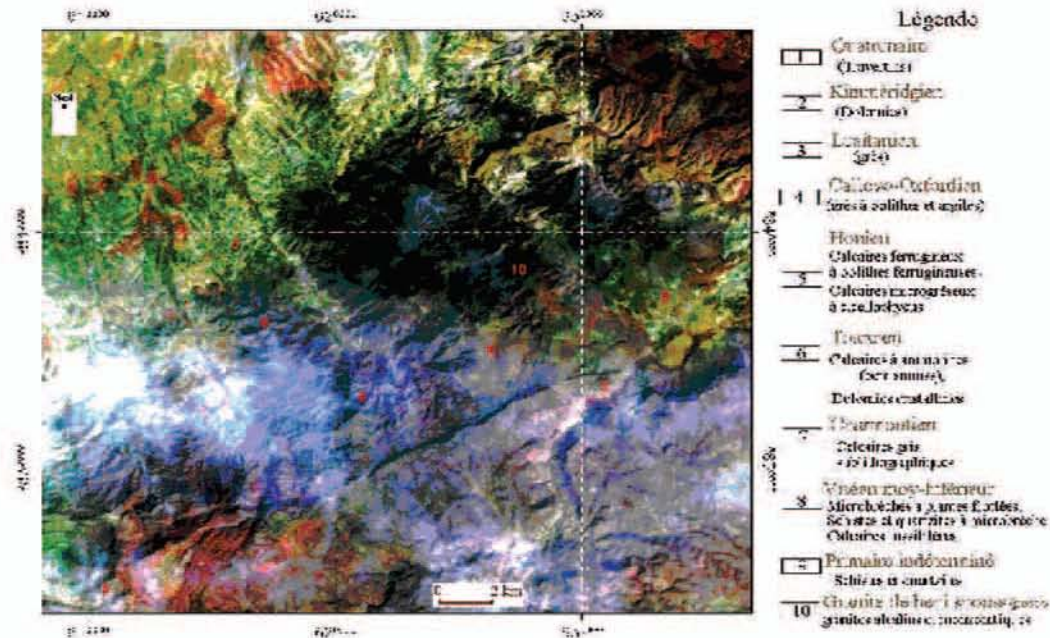


Figure 2 : Composition colorée R.V.B du Horst de Ghar Rouban à partir des canaux 4/3/1.

#### IV- Analyse de la fracturation :

##### a) Introduction :

Analyse de la fracturation des monts de Ghar Rouban par le biais des données satellitaires de landsat5 thematic mapper nous a permis de mettre en évidence 271 linéaments structuraux (fig. 3), (tab. 2). Les directions privilégiées de ces linéaments sont portées sur la figure 4.

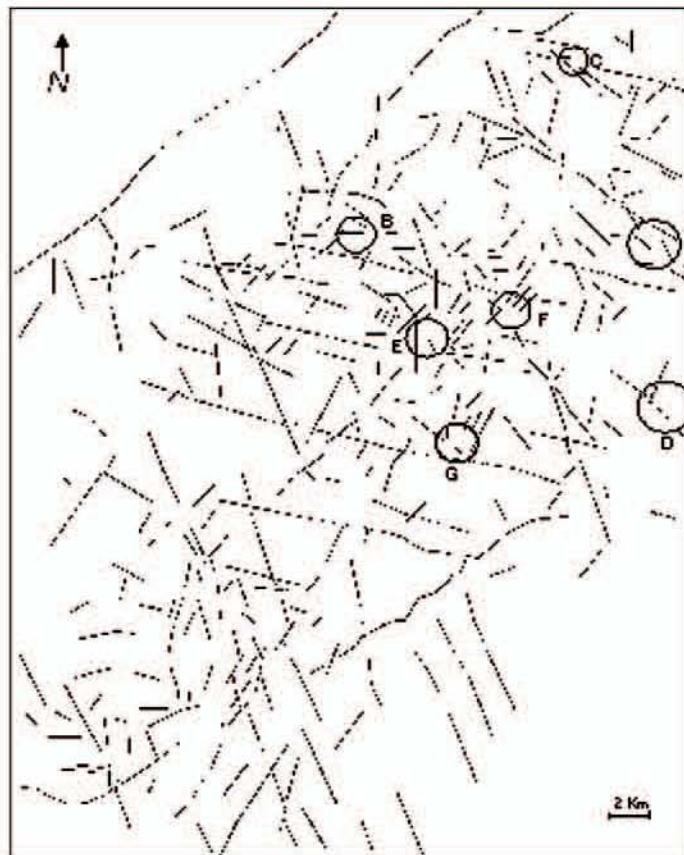
Ces derniers sont caractérisés d'une manière directe lorsque qu'il s'agit d'une faille évidente (faille matérialisée caractérisée par une observation directe), ou indirectement; cas d'une rupture radiométrique dans une direction (changement brutal de tonalités).

Cette analyse (direction du linéaments) est tributaire de la correction géométrique. La caractérisation du réseau linéamentaire a été faite à partir des traitements appropriés à leur définition. Parmi les classes de direction les plus importantes, la direction de la classe B (N10°-30°) est la plus représentée. Vient ensuite la classe C (N30°-50°) et la classe I (150°-170°).

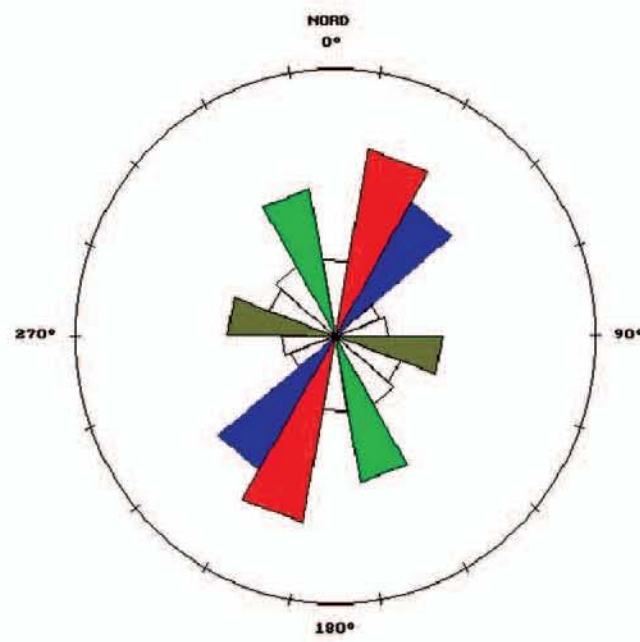


Classes de direction	Nombre de direction	Pourcentage
A (350°-10°)	22	08.12
B (10°-30°)	55	20.30
C (30°-50°)	45	16.61
D (50°-70°)	14	05.17
E (70°-90°)	16	05.90
F (90°-110°)	32	11.81
G (110°-130°)	21	07.75
H (130°-150°)	23	08.49
I (150°-170°)	43	15.87
Total	271	100%

**Tableau 2 :** Tableau récapitulatif des mesures statistiques de direction de linéaments encaissés dans les monts Ghar Rouban à partir des données Landsat5 Thematic Mapper.



**Figure 3 :** Carte de la fracturation du Horst de Ghar Rouban à partir des données satellitales de Landsat5 T.M.  
A: N90 décroche N160, B: N50 décroche N90,  
C: N135 décroche N90, D: N20 décroche N135,  
E: N00 décroche N90, F: N135 décroche N50,  
G: N00 décroche N135.



**Figure 4 :** Rosace de distribution directionnelle des linéaments encaissés dans les monts de Ghar Rouban. Le pas est de 20°.

## V- Les failles :

### V-1- famille N50 :

Les quarante huit (48) failles mises en évidence, représentent 18% du nombre total des fractures. Les directions de mesures sont comprises entre N36 et N65. Cette direction décrite par Lucas (1952) est héritée de l'orogénèse hercynienne et reprise par l'orogénèse alpine.

### V-2- famille N135 :

Cinquante (50) fractures ont été mesurées dans cette catégorie dont les mesures varient entre N106 et N148. La majorité de ces mesures (86%) sont comprises entre N110 et N145. Cette direction caractéristique de l'orogénèse alpine affecte le socle et la couverture. Cette direction a été aussi décrite par Elmi (1973).

### V-3- famille N20 :

Statistiquement, ce réseau de faille est le plus important (24% du nombre total des fractures) dans la région. Les mesures des orientations des 66 fractures de cette famille, sont comprises entre N10 et N35, plus de la moitié (environ 58%) sont orientées entre N20 et N30. Ce réseau de faille appartient à l'orogénèse alpine, Elmi (1973).

### V-4- famille N90 :

Ces failles sont au nombre de quarante deux (42), elles représentent 15% du nombre total des fractures. Les mesures s'étalent entre N70 et N105. Le doute jusque là émis par Lucas (1952) sur la relation chronologique entre les N50 et les N90 est enlevé car ces N90 sont situés entre les fractures de direction N160 et les fractures N50 (figure 3).

### V-5- famille N00 :

Vingt et une (21) fractures ont été mesurées pour cette orientation. Les mesures ont presque toute une direction moyenne N00 (plus de 85%). Elles représentent seulement environ 8% du nombre total des fractures identifiées dans la région de Ghar Rouban. C'est la première fois que ce réseau est défini dans la région. Il paraît le plus récent.



#### V-6- famille N160:

Quarante quatre (44) fractures ont été identifiées. Les mesures varient entre N150 et N170. Cette famille de fractures mise en évidence lors des traitements effectués sur les images satellitales de la région. Il appartiennent probablement à l'orogénèse hercynienne.

#### VI- Chronologie des fractures :

Dans le horst de Ghar Rouban six familles de fractures, dont deux sont décrites pour la première fois (N160 et N00), s'agencent selon une chronologie qu'on va essayer d'établir.

Le réseau de fracture le plus ancien est orienté N160.

Il est recoupé par un système de faille hercynienne N90 formant les limites du horst. Un deuxième réseau, également hercynien, de faille normale de direction moyenne N50 décroche les fractures N90.

Ce réseau forme ainsi les bordures septentrionale et méridionale du horst. Ce jeu de failles directionnelles WSW-ENE a contribué à donner aux horsts (horst du Ghar Rouban et les horsts frontaliers du nord) leurs caractères dès le Lias, (Lucas 1952).

L'orogénèse alpine s'est manifestée dans la région par le réseau de failles N135 et N20. ces deux familles conjuguées sont des accidents décrochants. Ces fractures affectent le socle et la couverture (Elmi 1973). Les décrochements senestres N20 sont les plus marqués dans la région. Ils recoupent les décrochements dextres N135.

Les phases de ces deux familles correspondent au paroxysme tectogénique qui s'est déroulé à la fin Oligocène et au début Miocène. C'est la phase finale de la mise en place des grands ensembles structuraux.

Décrochant les précédents accidents, les fractures N00 paraissent les plus récentes. Ce réseau a été déjà décrit dans les monts des Traras et semble être acquis au cours de l'une des phases orogéniques atlasiques.

#### VII-Discussion:

Des travaux ont été effectués dans des régions voisines des monts de Ghar Rouban (les deux régions volcaniques d'Aïn Témouchent, de Bouzedjar et les monts des Traras) ont fait ressortir grâce à la télédétection des caractères spécifiques à la fracturation. Nous allons essayer d'établir une approche structurale comparative des quatre secteurs.

D'un point de vue statistique et comparativement par rapport aux autres secteurs, les failles de direction moyenne N20 sont prédominantes (24%) dans la région de Ghar Rouban et ne présentent respectivement que 11% et 10% à Bouzedjar et dans les monts des Traras.

Le réseau de fractures hercyniennes d'orientation N90 est plus important dans la région de Bouzedjar (22%). Quant aux fractures alpines de direction N135, elles sont plus fréquentes dans le massif volcanique d'Aïn Témouchent que dans les monts des Traras. A Ghar Rouban elles présentent un taux intermédiaire (18%).

Les fractures hercyniennes de direction N50 sont responsables de la montée du horst, ont probablement joué au cours de l'orogénèse alpine dans les deux massifs volcaniques.

Les failles de directions moyenne N00 sont les moins fréquentes par rapport à l'ensemble des fractures. Elles ne sont présentes que dans les monts des Traras (13%) et le Horst de Ghar Rouban (8%). Enfin les failles de direction N160 sont présentes uniquement à Ghar Rouban.

Dgn	Ghar Rouban	Mont des Traras	Aïn Temouchent	Bouzedjar
N00	8%	13%	-	-
N20	24%	10%	-	11%
N50	18%	50%	59%	49%
N90	15%	-	-	22%
N135	18%	2%	28%	-
N160	16%	-	-	-

chaque taux est calculé selon le nombre total des fractures de chaque secteur.

Tableau 3. Représentation des taux de fractures.



## VIII. Conclusion générale:

Les méthodes de télédétection que nous avons employées, avant tout descriptives, permettent d'analyser le bâti structural sur l'ensemble de la région de Ghar Rouban qui est dominée par un horst, où le paléozoïque affleure suivant une bande orientée WSW-ENE depuis la frontière Marocaine.

Les traitements des images effectués, nous permettent le repérage des unités lithologiques (cartographie) et l'analyse structurale des différentes phases tectoniques.

Par le biais de cet outil, nous avons pu mettre en évidence six (06) familles de fractures de directions N160, N90, N50, N135, N20, N00. Cette même analyse nous a permis de confirmer et de compléter la fracturation de la région.

En effet, nous avons identifié deux nouvelles familles de fractures. Les fractures d'orientations N160 supposées être les plus anciennes et les fractures de direction N00 les plus récentes. Ces dernières recoupent les failles décrochantes N20 qui se sont formées à la fin Oligocène et au début Miocène.

Une tectonique souple et cassante a joué depuis le primaire et qui a été interrompue par une période de calme orogénique au cours de laquelle la région a pris l'aspect d'une pénéplaine.

Du Lias jusqu'à la fin Oxfordien, un régime distensif s'installe dans la région.

La tectogénèse alpine semble être mieux cernée dans les monts de Ghar Rouban dont les mouvements tertiaires sont responsables de la structure actuelle. La première phase tectogénique agit en compression. Elle a donné des plis à grand rayon de courbure et provoqué le jeu décrochant des deux familles N135 et N20, qui sont dû à une compression proche du nord-sud en décrochant les plis qui se sont formés. Ensuite la néotectonique a affecté la région en élevant le haut pays tandis qu'elle abaissait la plaine de Maghnia.

## IX- Références Bibliographiques :

- [1] **M. Benest**. Evolution de la plate forme de l'ouest algérien et du nord-est marocain au cours du Jurassique supérieur et au début du Crétacé. Stratigraphie milieu de dépôt et dynamique sédimentaire. Doc. lab. Géol., Lyon, n°95, ( 2 fascicules), 581p, 1985, France.
- [2] **Elmi S. (1973)**, Décrochement et mouvement atlasique dans la région frontalière Algéro - Marocaine (Monts de Ghar Rouban). C.R. Acad. Sci. Paris, t 276, série D, pp 1521-1524, France.
- [3] **Jean-louis B. et Bernard F. (1981)**. La fracturation des roches. Manuels et méthodes n°1. Première partie, notions de mécanique des roches. Deuxième partie, les fractures naturelles : observation et interprétation. BRGM, pp120, France.
- [4] **Lucas, G. (1942)**. Description géologique et pétrographique des monts de Ghar Rouban et de Sidi el Abed. Bull., serv., géolo., série 2, n°16, 530 p, 131 figures, 24 planches, Algérie.
- [5] **Lucas, G. (1952)**. Bordure des hautes plaines dans l'Algérie occidentale. 19eme congrès géologique international, mon., régionale, pp. 14-21, Alger, Algérie.
- [6] **Mekahli L. (1988)**. Jurassique inférieur et moyen de la partie occidentale du horst de Ghar Rouban, Tlemcen, (Algérie occidentale). Thèse de Magister d'état. 242 p, 76 fig. ; 07 pl., Université d'Oran, Algérie.
- [7] **Saad A.Z. (1997)**. Télédétection et géologie du hoggar. Apport des images T.M. landsat5 à la cartographie géologique au 1/500.000è d'In-Azaoua et à la caractérisation spectrale du profil d'altération en relation avec la minéralisation uranifère. Thèse de Magister, C.N.T.S. 93 p, 34 fig. 9 tbl. et 6 annexes, Arzew, Algérie.
- [8] **Scanvic J.Y et Pion J.C. (1993)**. Applications en géologie de la télédétection. B.R.G.M., 36 p, France.



## ملخص:

إن الاعتراف بمساهمة صور الرادار ضمن التطبيقات الموضوعية يشجع على استعمالها. التحليل المزدوج للصور متعددة الطيف البصري والرادارية يعطينا إذن آفاقاً جديدة فيما يخص إنجاز بعض التطبيقات هذا بفضل إنجاز دمج يسمح باستعمال بصفة أفضل للتأزر الذي ينتج عن مثل هذه التجمعات.

هذه الدراسة مخصصة لإدراج معطيات متعددة الالتقاط أي بمعنى البصرية و الرادارية لغرض إظهار تأزر الصور المتعددة الطيف (XS) لسبوت و SAR (ERS-2). في هذا المقال قمنا بدراسة حالة لأجل تطبيق منجز في منطقة وهران (الجزائر) حيث نقوم بعرض خصوصيات و مختلف مراحل التحضير للمعطيات المختلفة الواجب دمجها. تمت دراسة حالتان تهدفان إلى إظهار مساهمة التصوير بالرادار، نقوم في الحالة الأولى بتصنيف مسير بعد توحيد و دمج الصورتان. في الحالة الثانية نهتم بشرح و تفسير كل بكسال (pixel) من الصور Spot و RSO التي سبق تصنيفها.

## Résumé :

La reconnaissance de l'apport des images radar, au sein des applications thématiques, favorise leur utilisation. L'analyse conjointe des images multispectrales optiques et radar offre alors de nouvelles perspectives quant à la réalisation de certaines applications, grâce bien sûr à la conception de processus de fusion permettant d'exploiter au mieux la synergie qui découle de tels regroupements.

Cette étude est consacrée à l'intégration des données multicapteurs en l'occurrence optique et radar dans le but de mettre en exergue la synergie des images multispectrales (XS) de SPOT et Radar à Ouverture Synthétique (ROS) PRI d'ERS-2. Nous avons traité, dans ce document, une étude d'un cas pour une application exécutée sur la zone d'Oran (Algérie). Nous y exposons les spécificités et les différentes phases de préparation des diverses données à fusionner. Deux cas de figures visant à mettre en exergue l'apport de l'imagerie radar ont été étudiés et on procédera, dans le premier cas, à une classification dirigée après la normalisation et la fusion des deux images. Dans le deuxième cas, on s'intéressera à l'interprétation, pixel par pixel, des scènes SPOT et RSO préalablement classifiées.

**Mots Clés:** Radar à Synthèse d'ouverture (RSO) Filtrage, Fusion de données, données multispectrales, données multicapteurs, données multisources, Classifications d'images, Matrice de confusion, coefficient Kappa.

## Abstract :

The recognition of the contribution of the radar images within thematic applications promote their use. The joint analysis of multispectral optical and radar images offer new prospect as to realization of some applications, thanks of course to fusion process making possible to take advantage of synergy following such regrouping.

This study is consecrate to multisensor data integration, optical and radar data in this case, in the aim to point out the synergy of optical (SPOT) and SAR (ERS-2). In this paper, a case of study for an application executed in Oran area (Algeria) is treated. The specificity and the different steps for preparation of various data to combine is exposed. Two exemples aiming at in underling the contribution of radar imagery were studied and we proceed in the first case to a supervised classification after normalization and fusion of both data. In the second case, we take an interest to interpretation, pixel by pixel, of SPOT and SAR images classified in advance.

## I- Introduction

L'observation de la Terre depuis l'espace contribue, dans une large mesure, au suivi et à la discrimination de régions naturelles, ainsi qu'à la compréhension de nombreux processus de l'environnement. Parmi les techniques utilisées par les capteurs de télédétection, les plus connues sont certainement celles opérant dans le domaine du visible et de l'infrarouge; les images fournies par certains satellites (Landsat, SPOT), utilisant ces techniques, sont en effet largement diffusées.

Cependant, depuis la conception des systèmes «Radar à Synthèse d'Ouverture» RSO (ou SAR en anglais: *Synthetic Aperture Radar*) permettant l'acquisition d'images de forte résolution spatiale (de l'ordre de 10 mètres), l'application

des techniques hyperfréquences à la télédétection connaît un essor grandissant, dont témoigne le développement de capteurs spatiaux tels que ceux embarqués par les satellites ERS (*European Remote Sensing Satellites*), Radarsat, Envisat.

L'avantage de la combinaison est conditionné par la qualité des données prises en considération. Une meilleure certitude des analyses et des décisions est alors assurée grâce à l'usage des images multicapteurs et/ou multisources. Dans ce travail, l'usage des capteurs HRV de SPOT et RSO d'ERS-2 comme sources d'informations complémentaires pour une meilleure classification paraît être évident.

Les données optiques contiennent de l'information sur les propriétés des réflectances du terrain observé dans le spectre



visible et infrarouge, pendant que pour le radar, la rétrodiffusion est déterminée par les propriétés diélectriques et géométriques (l'humidité et la rugosité de surface). Les réflectances des images optiques et les rétrodiffusions des images micro-ondes sont largement complémentaires, ce qui devrait mener à une amélioration de l'exactitude de la classification par la fusion des diverses données. Nous avons testé cette possibilité lors d'une étude d'un cas sur la région d'Oran. L'étude présentée, porte sur la fusion d'images RSO d'ERS-2 et XS de SPOT acquises au mois d'Avril 2001.

Du fait de la nature très différente des deux produits, les problèmes à résoudre sont, dans une première étape, le prétraitement, la correction géométrique et le rééchantillonnage de chacune des images puis, dans une seconde étape, la caractérisation de leur contenu en vue d'une classification par rapport à l'objectif fixé.

Nous serons amenés, par la suite, à définir un processus de classification prenant en considération la complémentarité des deux types de données, en l'occurrence l'image SPOT et l'image d'amplitude RSO d'ERS. L'application à laquelle seront destinées les images est importante car elle spécifie le conditionnement et la stratégie à suivre pour les associer.

Deux cas de figures visant à mettre en exergue l'apport de l'imagerie radar sont étudiés : Le premier cas porte sur la fusion des deux images où les données sont d'abord normalisées, combinées, ensuite une classification supervisée est exécutée et validée par rapport à la réalité terrain. Dans le second cas les images RSO et SPOT ont été préalablement classifiées. La fusion intervient, après la validation et la quantification de la qualité des deux résultats, par le biais de règles de décision.

## II- Description de la zone d'étude

La zone d'intérêt est située dans la région d'Oran et est délimitée par les points (695 000 m, 3 942 000 m) et (712 500 m, 3 957 500 m). La région est choisie pour la diversité des thèmes qu'elle contient (mer, forêt ou buissons, cultures, zones urbaines...) et pour sa topographie relativement accidentée (dénivelée de presque 580 m) qui pose de gros problèmes pour les prétraitements (essentiellement pour l'image radar).



Fig. 1 : Délimitation de la zone d'étude sur un extrait de la carte d'Oran au 1/200 000.

## III- Données utilisées

Les données utilisées dans cette étude sont deux coupures de 690 x 910 pixels extraites d'une image RSO-PRI d'ERS-2 et d'une scène XS de SPOT de la région d'Oran prises au début Avril 2001.

### III-1- Spécificités des données optiques et radar

Nous avons l'habitude d'analyser les images issues des satellites SPOT ou Landsat ou d'autres capteurs travaillant en lumière visible ou proche infrarouge comme si c'était notre œil qui regardait les objets. Ceci n'est pas une mauvaise hypothèse : la vision humaine, comme celle des scanners multispectraux classiques, est sensible dans des zones de longueurs d'onde très courtes centrées autour de 550 nm. La vision de SPOT est donc raisonnable au sens où l'image correspond au type de raisonnement qui participe à la vision humaine. Ces images de la terre nous sont familières. Nous lisons facilement ces images car instinctivement nous connaissons les propriétés des objets qu'elles représentent. La couleur des objets nous est naturellement une notion familière.

Dans le cas d'ERS, avec sa longueur d'onde de 5 cm, nous savons que la visée s'effectue dans la direction de l'illumination. Le raisonnement de la vision diffère donc de celui de l'imagerie optique. Jamais on aura, par exemple, de points chauds que l'on observe dans les photographies aériennes lorsque le soleil se trouve en face de la caméra par rapport au nadir. Sur l'image radar nous avons une multitude de points chauds répartis sur l'ensemble de la scène. Il est évident que l'orientation des objets comme des rangs de labour conditionnent grandement la mesure de l'amplitude faite par le radar. A fortiori, le bâti présente souvent une très forte réflexion par le fait qu'on a à faire à des objets manufacturés qui ont une propriété un peu particulière. En règle générale l'angle formé par la base et la façade de la bâtisse est de 90°, pour tous les objets de ce type, dont le sommet est perpendiculaire à la direction de la visée, la réflexion sera très forte. Dans ces circonstances, l'image va privilégier les bâtiments dont la façade est perpendiculaire à la direction de visée.

## IV- Prétraitements

Outre la phase du géoréférencement et de la superposition des deux images, les Prétraitements concernent essentiellement les images radar qui sont très bruitées par le speckle. Le travail à ce niveau consiste à mettre en œuvre les différentes techniques de filtrage du speckle proposées dans la littérature. Par ailleurs, dans certaines régions, le relief très accidenté limite l'utilisation de l'imagerie radar. On note un manque d'outils adaptés pour traiter les déformations géométriques et radiométriques rencontrées dans ce cas.

### IV-1- Filtrage des données RSO

Le radar imageur est un système d'imagerie cohérent où chaque élément rétrodiffuseur se comporte comme une source émettant une onde elle-même cohérente qui peut interférer en tout point dans l'espace, dans le cas où l'interférence serait constructive on obtient une tâche brillante, sombre dans le cas contraire. Cet effet est appelé "speckle". Sa réduction par un filtrage peut être satisfaite par différentes méthodes, entre autres la technique de la multivue (pendant la formation de l'image) et d'autres méthodes de post-traitement.



En pratique, le filtrage s'avère nécessaire afin de réduire l'effet du speckle, pour assurer une meilleure interprétation. Plus particulièrement les filtres adaptatifs qui présentent relativement une meilleure qualité.

Le choix du filtre le plus approprié se fera après avoir testé tout les filtres adaptatifs (Frost, Lee, Kuan, ... etc.) tout en variant la taille de la fenêtre ainsi que le nombre d'itérations, l'indice du speckle sera le critère de validation de notre choix, il est donné par :

$$I_s = \frac{\sqrt{\sigma}}{\mu}$$

Nous avons testé quatre filtres (disponibles) en variant la taille de la fenêtre et le nombre d'itérations pour prétraiter notre image radar, à savoir : le filtre de Lee, Kuan, Frost et le filtre Gamma. Comme on peut aisément le constater sur la figure. 2, le filtre de Frost, avec le coefficient de variation le plus optimal, semble être le filtre le plus adéquat pour la suite de nos travaux.

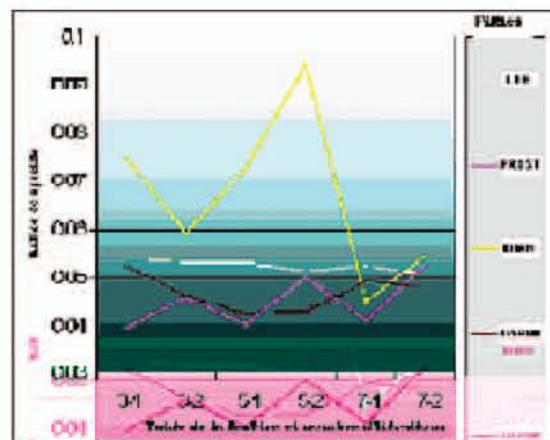


Fig. 2 : Courbes des indices de speckle relatifs aux différents filtres en fonction de la taille de la fenêtre et du nombre d'itérations.

Chaque filtre utilisé dans le cadre de ce travail se distingue des autres méthodes de filtrage par son principe d'estimation. Comme déjà vu, il existe des filtres qui réduisent le bruit sans une préservation optimale des contours. D'autres filtres permettent une bonne préservation des caractéristiques linéaires, mais au prix d'une mauvaise élimination du bruit.

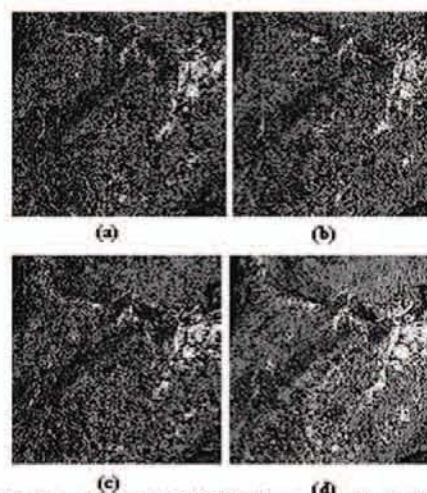


Fig. 3 : Image RSO filtrée par : (a) le filtre de LEE, (b) le filtre de FROST, (c) le filtre Gamma et (d) le filtre de KUAN

#### IV-2- Géoréférencement & Superposition des images:

Après acquisition et prétraitement des scènes, le géocodage consiste à positionner chaque pixel de l'image brute par rapport à une carte géographique (ou à une autre image) afin de la rendre superposable aux autres images de capteurs différents et à d'autres cartes (topographiques et/ou thématiques); En d'autres termes, cela se ramène à appliquer des distorsions à l'image brute pour caler chaque pixel par rapport à une référence. La transformation vers une projection de référence permet en effet de localiser précisément les objets au sol en les dotant de coordonnées géographiques. Mais elle permet aussi de procéder à leur orthorectification, ou alors de les intégrer, de les traiter ou de les visualiser dans un SIG ou toute autre base de données géoréférencées.

Les points de calage utilisés pour la correction géométrique des deux images ont été repérés sur les cartes d'Oran au 1 / 25.000 (les quatre coupures) du fait qu'elles sont les plus récentes des cartes disponibles (Révisées en 1988). Par ailleurs, on observe de fortes distorsions sur l'image RSO dues principalement au relief et à la nature des images radar. Les principales étapes de la correction géométrique des deux images ont été : la saisie des points Amers sur les images et sur la carte d'Oran, le calcul du modèle de correction, et ensuite la génération des images corrigées.

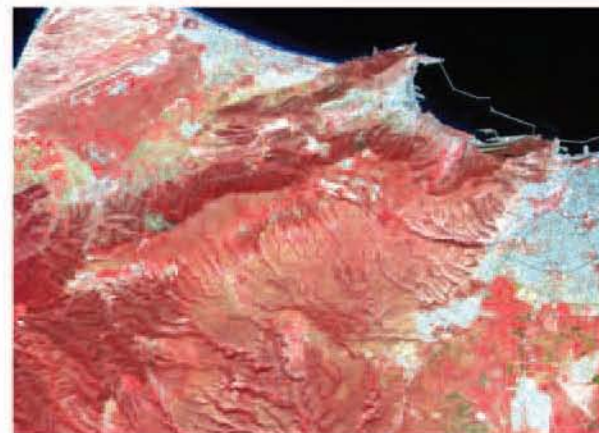


Fig. 4 : Image SPOT corrigée par rapport à la carte d'Oran UTM au 1/25 000.

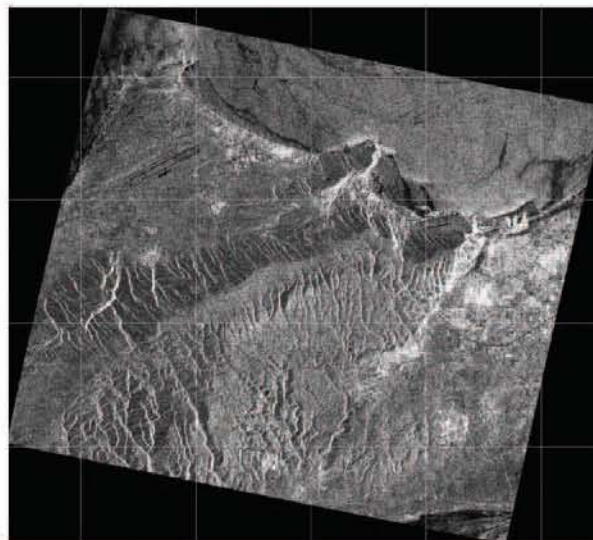


Fig. 5 : Image PRI d'ERS-2 corrigée par rapport à la scène SPOT géoréférencée.



Pts Amer	Coord. Carte (m)		Coord. Image (Pixel)		Préc (Pixel)
	X	Y	Colonne	Ligne	
01	700125.0	3956975.0	2000.43	729.50	0.59
02	710000.0	3955725.0	2500.00	726.93	0.15
03	711515.0	3949507.5	2613.75	1021.88	0.12
04	711050.0	3946725.0	2608.88	1160.46	0.19
05	714712.5	3955175.0	2736.43	721.98	0.05
06	701525.0	3953100.0	2095.08	911.48	0.45
07	701362.5	3954975.0	2074.81	820.96	0.65
08	699625.0	3950532.5	2017.89	1050.99	1.12
09	699725.0	3943575.0	2065.93	1398.25	0.07
10	709225.0	3943025.0	2545.96	1374.03	0.08
11	698270.0	3942682.5	1997.57	1435.25	0.07
12	698150.0	3952750.0	1929.6	953.38	0.58

Table.1 : Positions des points Amer sur la carte d'Oran au 1/25 000 et leurs homologues sur la scène SPOT et qualité de la correction.

Pts Amer	Coord. XS-SPOT (pixel)		Coord. PRI-RSO (Pixel)		Préc (Pixel)
	Colonne	Ligne	Colonne	Ligne	
0 1	133.00	677.00	293.07	1116.78	0.23
0 2	697.75	872.00	1178.63	1491.84	0.38
0 3	266.00	473.67	514.43	803.01	1.55
0 4	913.50	763.75	1526.69	1338.86	0.19
0 5	841.80	376.60	1435.50	654.00	0.14
0 6	932.40	638.40	1576.92	1068.14	0.47
0 7	595.00	291.75	1053.16	515.66	0.03
0 8	784.20	710.40	1325.72	1234.37	0.76
0 9	345.67	81.33	656.60	179.56	0.47
1 0	426.83	461.50	768.22	819.57	0.63
1 1	348.80	254.60	655.44	460.75	0.38
1 2	225.50	331.00	448.10	581.92	0.75
1 3	436.86	311.57	796.46	554.07	0.58

Table.2 : Positions des points Amer sur la scène SPOT et leurs homologues sur l'image RSO et qualité de la correction.

On remarque d'après les tables 1 et 2 que la précision obtenue après correction est de l'ordre du pixel pour l'image RSO et du demi-pixel pour l'image XS.

## V- Processus classificatoire développé:

Deux cas de figures visant à mettre en exergue l'apport de l'imagerie radar ont été étudiés et exécutés. Le premier cas porte sur la fusion des deux images avant d'établir une classification dirigée (Distance Minimum). Le second intervient à l'étape finale où l'on s'intéresse à la fusion, *pixel par pixel* par le biais de règles de décision, des résultats obtenus à partir des scènes SPOT et RSO préalablement classifiées.

### V-1- Première méthode:

Les données sont d'abord normalisées, combinées, ensuite une classification supervisée (Distance Minimum) a été exécutée et validée par rapport à la réalité terrain.

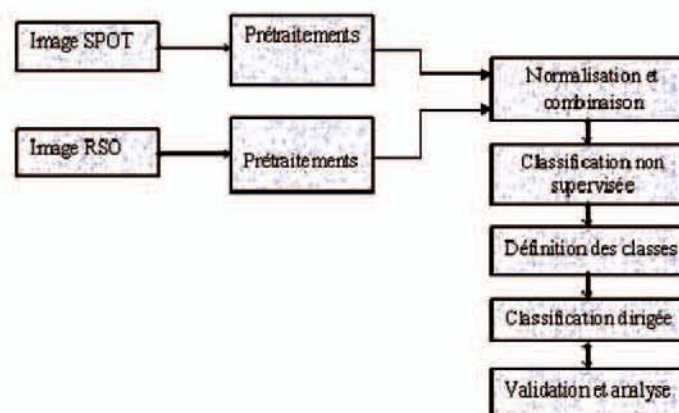


Fig.6 : Organigramme du processus de classification (1er cas).

Le prétraitement des deux images a consisté, dans une première étape, à géoréférencer les deux images par rapport au système de projection cartographique U T M puis à la superposition "image à image" de la scène RSO par rapport à l'image XS. Dans la seconde étape, l'image RSO est filtrée après un choix rationnel du filtre le plus approprié (Frost).

Les deux scènes sont ensuite normalisées par l'écart-type, puis on procède à la simple multiplication des trois canaux XS normalisés par le canal RSO normalisé.

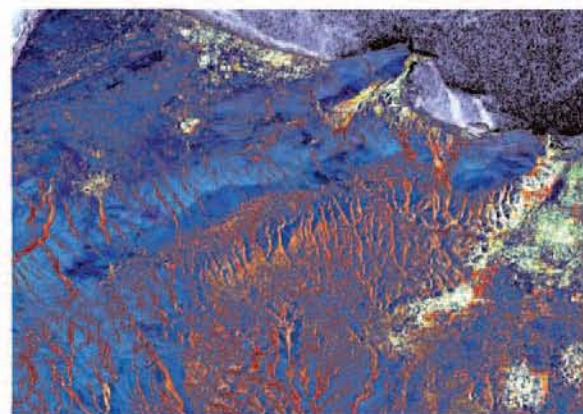


Fig. 7 : Composition colorées des trois canaux XS normalisés et combinés au canal RSO normalisé.

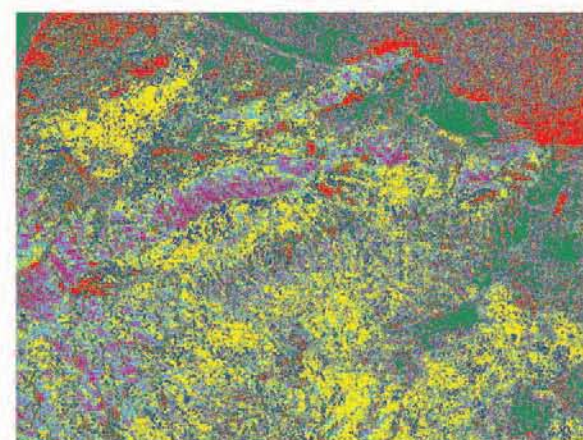


Fig. 8 : Classification non-supervisée (K-means) de la CC, avec huit classes,



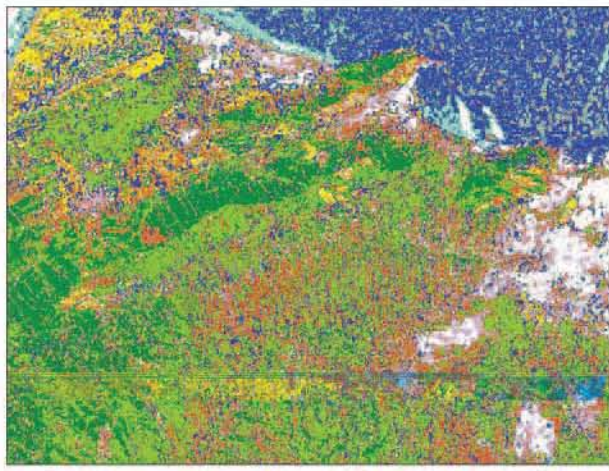


Fig. 9 : Classification supervisée (Distance Minimum) de la Composition colorée des canaux XS normalisés combinés au canal RSO normalisé.

Un nombre de huit classes a été considéré pour la classification non supervisée (Fig. 8) de la composition colorée des trois canaux XS-1,2 et 3 normalisés et combinés (chacun) avec le canal RSO normalisé. La classification de l'image SPOT "seule" sert de base pour la classification supervisée par la méthode "Distance Minimum" de la composition colorée de la combinaison des données optiques et RSO. Les classes considérées sont : la classe des zones bâties, la classe des cultures, les jachères, le thème "Forêt + Maquis", la classe "Mer", "Ressac" ainsi que la classe du "Sol Nu" et celle du "Voile sableux".

Classes	Commission (%)	Omission (%)
Ressac	4.95	7.69
Mer	44.68	50.94
Voile sableux	50.00	5.68
Sol Nu	88.33	94.74
Bâtis	26.67	0.00
Cultures	44.62	46.27
Jachère	34.42	32.67
Forêt + Maquis	25.00	33.13
Précision de la classification	62.5 %	
Le coefficient KAPPA	0.57	

Table. 3 Gains et pertes ( en % ) pour chaque thème, ainsi que la précision de la classification

Les résultats obtenus sont tributaires de la capacité du filtrage à d'ébruiter l'image radar ainsi que la méthode de normalisation. On note, cependant, plusieurs confusions dues aux caractéristiques spéciales de l'image RSO d'ERS à savoir : les distorsions dues au relief, à la rugosité de surface. D'après la table 3, on observe des confusions entre les thèmes "Mer", "Culture" et "Sol Nu", entre le thème "Voile Sableux", le thème "Sol Nu" et le thème "Jachère" qui sont probablement dues aux erreurs de photo-interprétation, de classification et de superposition de l'image SPOT et l'image RSO et aussi aux niveaux de rugosité équivalents présentés par l'image RSO. La précision obtenue est de 62.5 % avec un KAPPA égale à 57 %.

## V-2- Deuxième méthode:

Dans ce cas, les images RSO et SPOT ont toutes deux été préalablement classifiées. La fusion intervient après la validation et la quantification de la qualité des deux résultats. Les différentes étapes exécutées sont :

- \* Classification supervisée de l'image optique (Maximum de vraisemblance).
- \* Validation et analyse de la classification.
- \* Transformation en couleurs synthétiques de l'image radar.
- \* Définition des classes (niveaux de rugosité) présentes dans l'image RSO.
- \* Classification supervisée de l'image radar (Distance minimum).
- \* Validation de la classification.
- \* Fusion des deux résultats sur la base des règles de décisions.
- \* Validation et discussion des résultats.

La figure 10 schématise l'organigramme du processus classificatoire exécuté dans ce deuxième cas.

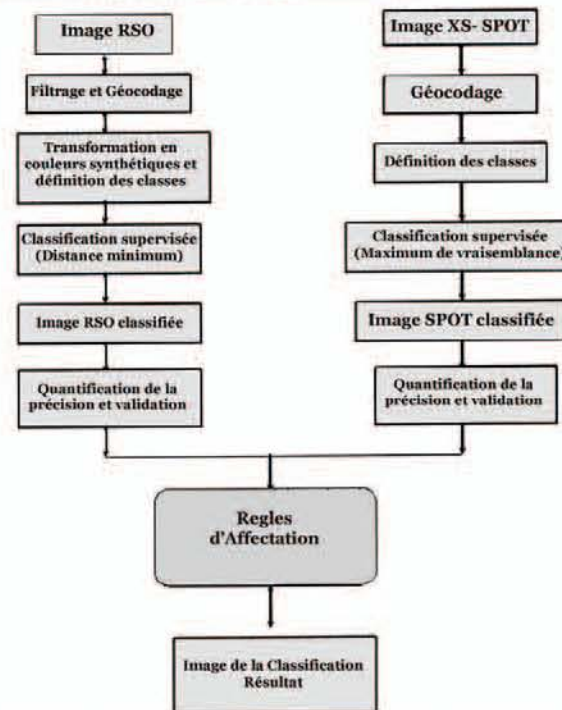


Fig. 10 : Organigramme du processus de classification intégrant l'imagerie RSO (2ème cas)

La classification de la scène SPOT s'est déroulée comme suit : Définition des classes, extraction des échantillons, classification supervisée par la méthode du "Maximum de Vraisemblance" et enfin la validation de la classification (matrice de confusion).



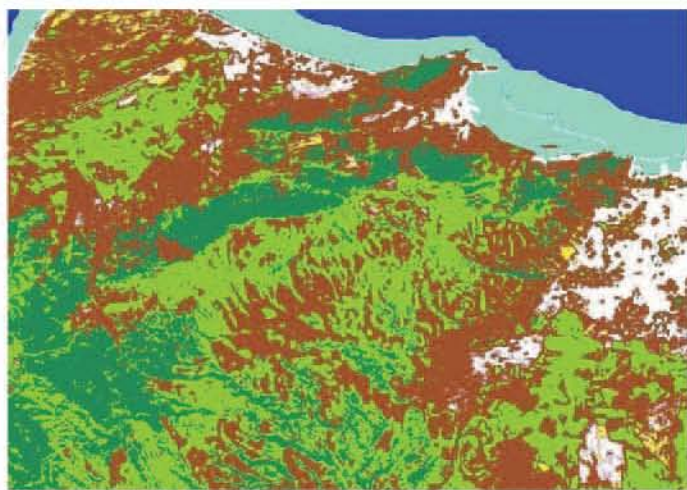


Fig. 11 : Classification supervisée de l'image XS-SPOT par la méthode du Maximum de vraisemblance.

Classes	Commission (%)	Omission (%)
Ressac	0	0
Mer	0	0
Voile sableux	26.67	58.49
Sol Nu	36.97	14.05
Bâtis	0.99	0
Cultures	0	0
Jachère	0.96	0
Forêt + Maquis	0	0
<b>Précision de la classification</b>	<b>91.73 %</b>	
<b>Le coefficient KAPPA</b>	<b>0.90</b>	

Table 4 : Gains et pertes ( en % ) pour chaque thème, ainsi que la précision de la classification de l'image XS.

On procède, pour la classification dirigée de scène RSO, à une analyse texturale de l'image radar par la méthode des "Transformations en couleurs synthétiques" pour la définition des classes dont le nombre a été limité à trois classes. Cette méthode offre de meilleurs résultats pour des régions caractérisées par un relief modéré. Pour les images radar, il est souvent difficile de détecter les variations à basses fréquences à cause des caractéristiques à haute fréquence dues aux variations topographiques à petite échelle. L'information des basses fréquences est habituellement causée par des variations de la rétrodiffusion de couvertures végétales ou de la lithologie. L'interprétation d'une telle image consiste à distinguer des régions de textures différentes. La couleur verdâtre correspond aux zones lisses tandis que les régions à forte rugosité figurent en couleur blanchâtre. Les régions moyennement rugueuses sont en couleur grenat. Les classes ainsi définies sont alors : La classe rugueuse, la classe à rugosité moyenne et celle des régions lisses. La scène radar a été, par la suite, classifiée par la méthode dirigée de la "Distance Minimum" en prenant en considération les trois (03) classes citées.

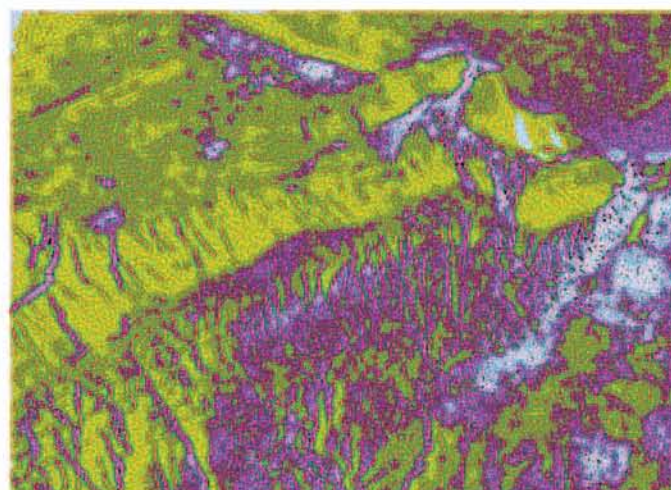


Fig. 12 : Image de la transformation en couleurs synthétiques de l'image RSO filtrée.

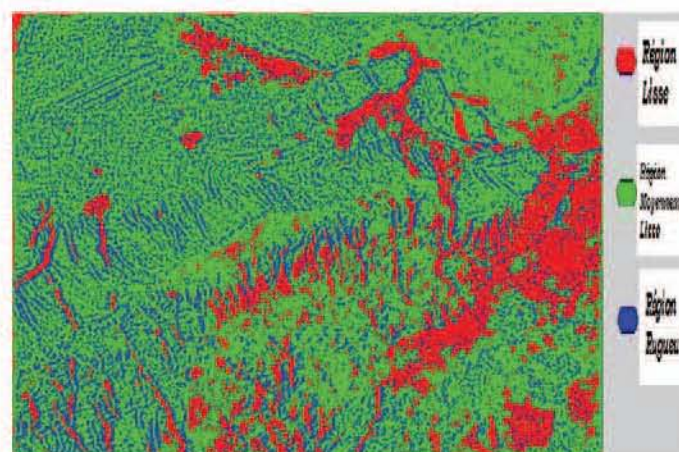


Fig. 13 : Image de la classification de l'image RSO par la méthode de la "Distance Minimum".

Classes	Commission (%)	Omission (%)
Région Lisse	5.06	9.09
Région moyennement Lisse	26.56	21.23
Région Rugueuse	5.06	9.09
<b>Précision de la classification</b>	<b>81.87 %</b>	
<b>Le coefficient KAPPA</b>	<b>0.72</b>	

Table 5 : Gains et pertes ( en % ) pour chaque thème, ainsi que la précision de la classification de l'image RSO.

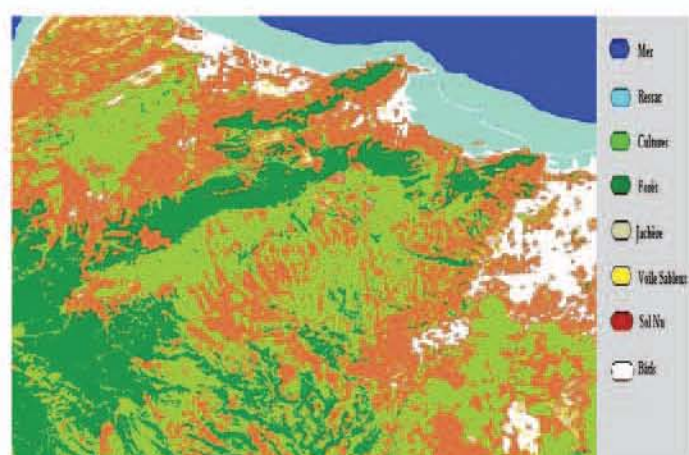


La précision de la classification obtenue est de presque 82 % avec un KAPPA de 72 %. On note, cependant des confusions entre les trois classes qui sont probablement dues à la caractérisation de la rugosité.

La fusion intervient, dans ce cas de figure, après la classification antérieure des deux scènes (RSO et SPOT) et est exécutée selon les règles suivantes :

- \* Si le pixel appartient à la classe rugueuse (RSO) et à la classe sol (SPOT), il sera affecté à la classe Bâti.
- \* Si le pixel appartient à la classe rugueuse (RSO) et à la classe végétation (SPOT), il sera affecté à la classe forêt.
- \* Si le pixel appartient à la classe lisse (RSO) et à la classe sol (SPOT), il sera affecté à la classe sol nu.
- \* Si le pixel appartient à la classe végétale (i) (SPOT), il sera affecté à la classe végétale (i).
- \* Si le pixel appartient à la classe lisse (RSO) et à la classe Bâti (SPOT), il sera affecté à la classe sol nu.
- \* Si le pixel appartient à la classe moyennement lisse (RSO) et à la classe Voile Sableux (SPOT), il sera affecté à la classe sol nu.

Ces tests sont appliqués à chaque pixel dans l'ordre cité et prennent fin quand l'une des règles sera satisfaite. L'indice (i) fait allusion à la classe végétale (maquis ou zones agricoles) issue de la classification de l'image optique. L'ensemble de ces tests ne sera définitif que lorsque tous les cas de confusion (ou la majorité) seraient identifiés et localisés.



**Fig.14** : Image de la combinaison des deux classifications des images XS-SPOT et RSO-ERS2.

Cette méthode donne de meilleurs résultats par rapport à la première avec une amélioration de la précision jusqu'à 87 % avec un KAPPA égale à 0.84.

Dans la table 6, la confusion entre les thèmes "Sol Nu", "Urbain" et "Voile sableux" est due aux erreurs de la classification de l'image optique. Tandis que la confusion entre le thème "Culture" et "Forêt + Maquis" est due à la proximité de leurs réponses spectrales dans l'image optique et des effets d'ombres présents dans l'image RSO.

Classes	Commission (%)	Omission (%)
Urbain	3.77	0.97
Sol Nu	58.33	85.98
Voile sableux	51.76	19.61
Ressac	0.00	0.00
Mer	0.00	0.00
Forêt	0.00	8.96
Cultures	2.61	0.00
Jachères	7.03	0.00
<b>Précision de la classification</b>	<b>86.05 %</b>	
<b>Le coefficient KAPPA</b>	<b>0.84</b>	

**Table 6** : Gains et pertes ( en % ) pour chaque thème, ainsi que la précision de la classification résultat de la fusion.

## VI- Conclusion

Différents capteurs fournissent des informations différentes et complémentaires qui lorsqu'elles sont intégrées, peuvent faciliter l'interprétation et la classification des images. Un exemple de cette fusion de données provenant de plusieurs capteurs serait la fusion d'images panchromatiques de haute résolution avec des images multispectrales à faible résolution. On peut aussi combiner des données acquises de façon active et passive. L'imagerie RSO ajoute l'expression de la topographie ou du relief de surface à une image qui en paraît dépourvue.

Dans le cadre de cette étude, nous avons proposé et implanté un processus classificatoire ayant pour objectif d'intégrer différents types de données satellitaires (dans notre cas, XS de SPOT et RSO d'ERS-2 de la région Oranaise). Le traitement d'images est une discipline exigeant une démarche rigoureuse, simple, cohérente et de bon sens, qui demandera l'examen des différentes étapes de la chaîne de traitement. Pour cette raison, on a étudié les spécificités et les différences entre les capteurs XS de SPOT et ROS d'ERS-2 ainsi que les diverses méthodes de fusion de données multicapteurs.

Dans le premier cas, nous avons pris en considération huit classes pour la classification non supervisée (Fig.14) de la composition colorée des trois canaux XS-1, 2 et 3 normalisés et combinés (chacun) avec le canal RSO normalisé. La classification de l'image SPOT "seule" a servi de référence pour la classification dirigée par la méthode "Distance Minimum" de la composition colorée de la combinaison des données XS et RSO. Les classes considérées ont été : la classe de "l'urbain", la classe des "cultures", les "jachères", le thème "forêt + maquis", la classe "mer" et celle du "ressac" ainsi que la classe du "sol nu" et celle du "voile sableux". La précision acquise a été de presque 63 % avec un coefficient KAPPA de 0.57. La deuxième méthode nous offre de meilleurs résultats par rapport à la première avec une précision de presque 87 % et un KAPPA de 0.84 malgré que les données à combiner aient subi le même prétraitement. La différence des deux méthodes réside dans le fait que la texture de la scène RSO a été prise en compte et la méthode de normalisation des deux images (SPOT et RSO). Dans ce cas, nous avons procédé à la classification supervisée de l'image SPOT par la méthode du "Maximum de Vraisemblance" avec une précision de 91.7 %, puis à la transformation en couleurs synthétiques de l'image radar afin de pouvoir définir les trois différentes classes (niveaux de rugosité) présentes dans l'image RSO.



(La classe rugueuse, la classe à rugosité moyenne et celle des régions lisses) et exécuter une classification dirigée de l'image radar par la méthode de la "Distance minimum". La précision de cette dernière a été d'environ 82 % avec un KAPPA de 0.72.

## VII- Références Bibliographiques:

- [1] **Christian Barillot, 1999** «Fusion de Données et Imagerie 3 D en Médecine». L'Université de Rennes I. Institut de Formation Supérieure en Informatique et en Communication. Rennes. France.
- [2] **Pierre Bazile, Alain Décombe et Jacqueline Ecochard, 2002** «Télé-détection satellitaire et gestion du territoire». Etablissement National d'Enseignement Supérieur Agronomique de Dijon (ENESAD), le Centre National d'Etudes et de Ressources en Technologie Avancée (CNERTA). Dijon, France.
- [3] **Christophe BOUCHER, 2000** « Contribution à la fusion d'informations par filtrage non-linéaire : Application à l'estimation de la structure et du mouvement 3D dans un contexte multicapteurs ».
- [4] **Luce CASTAGNAS, 1995** « De la synergie des images satellitaires SPOT/ERS au travers de deux exemples de fusion ». Thèse de doctorat, Ecole des Mines, Paris, France.
- [5] **Cheng P. et Toutin Th., 1995** « High Accuracy Data Fusion of Satellite and Airphoto Images ». ACSM / ASPRS Annual Convention, Charlotte, North Carolina, February 27-March 2, 1995, Vol. 2, pp. 453-464.
- [6] **Philip Cheng (a), Thierry Toutin (b), Victor Tom (c), 2000** « Orthorectification and data fusion of Landsat 7 data ». (a) PCI Enterprises, Richmond Hill, Ont, Canada. (b) Canada Centre for Remote Sensing. Ottawa, Ontario, Canada. (c) Atlantic Aerospace Electronics Corp, 470 Totten Pond Rd. Waltham.
- [7] **Y.M. Chen a et H.C. Huang b 2000** « Fuzzy logic approach to multisensor data association ». Department of Electrical Engineering, Lee-Ming Institute of Technology, Tashi, Taoyuan, Taiwan 33509, PR China, (b) School of Defense Science, Chung Chen Institute of Technology, Tashi, Taoyuan, Taiwan 33509, PR China.
- [8] **Josef Cihlar** « Land cover mapping of large areas from satellites: Research priorities ». Canada Centre for Remote Sensing. Ottawa, Canada.
- [9] **Baron Damien, Becquet Benjamin, Boitrel Florian, David Mathieu, Philibert Simon 2001** « Les radars ». Projet de l'UV capteurs, INSA, Rouen, France.
- [10] **M. Craig Dobson, F.T. Ulaby et Leland Pierce, 1999** « Regional Scale Land-Cover Classification Using ERS-1/JERS-1 SAR Composites ». Radiation Laboratory, Electrical Engineering and Computer Science Department. The University of Michigan. Ann Arbor, Michigan. USA.
- [11] **C.A Dupas, 2000** « SAR and Landsat T M image fusion for land cover classification in the Brazilian atlantic forest domain ». ITC, Enschede, The Netherlands. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. XXXIII, Part B1. Amsterdam 2000.
- [12] **Roger Fjortoft, 1999** « Segmentation d'images radar par detection de contours ». Thèse de doctorat Spécialité : Signaux, Images et Communications, Institut National Polytechnique de Toulouse, France.
- [13] **L. Gagnon et A. Jouan, 1999** « Speckle Filtering of SAR Images - A Comparative Study Between Complex-Wavelet-Based and Standard Filters ». Département de R&D, Lockheed Martin Canada, 6111 Ave. Royalmount, Montréal, Canada.
- [14] **GIRARD Michel-Claude, GIRARD Colette, 1999** « Traitement de données de télédétection », ISBN : 2 10 0041851.
- [15] **Hassaine Benali, 1998** «Synergie des images optiques et radar.Intégration des données multisources pour une application à un milieu désertique: Cas de Tin Begane (Hoggar) ». Thèse de magister, laboratoire de télédétection, CNTS, Arzew, Algérie.
- [16] **Olaf Hellwich and Christian Wiedemann, 1999** « Multisensor data fusion for automated scene interpretation ».
- [17] **Major D. J., Lindwall C.W. Smith A. M., et Brown.R.J., 1995** « Multitemporal, Multi-sensor Remote Sensing for Monitoring Soil Conservation Farming ». Canadian Journal of Remote Sensing, 1995, Vol. 21, No 2, pp. 177-184.
- [18] **Mahta Moghaddam, Jennifer Dungan et Joseph Coughlan 1998** «Fusion of AIRSAR and T M data for variable classification and estimation in dense and hilly forests ».
- [19] **Edmond Nezry, Francis Yakam-Simen et Francis Zagolski 1999** "Fusion of ERS and Radarsat SAR data through control systems of land applications». PRIVATEERS N.V. Private Experts in Remote Sensing, Great Bay Marina, P.O. Box 190, Philipsburg, Netherlands Antilles.
- [20] **Luc PIGEON, Bassel SOLAIMAN, Thierry TOUTIN, Keith P. B. THOMSON 1999** « 3D Map features extraction from radar and visible remotely sensed image fusion ».
- [21] **Thierry Ranchin 1993** « Applications de la transformée en ondelettes et de l'analyse multirésolutions au traitement des images de télédétection ».
- [22] **Rimbert Sylvie et Théa VOGT 1990** « Données satellitaires et paysages factoriels ». Spatial analysis and population dynamics, Chapitre 22.
- [23] **J.J. van der Sanden, P.W. Vachon et J.F.R. Gower, 2000** «Combining optical and radar satellite image data for surveillance of coastal waters ». Presented at the Sixth International Conference on Remote Sensing for Marine and Coastal Environments, Charleston, South Carolina, 1-3 May 2000. Institute of Ocean Sciences (IOS) Sidney, British Columbia, Canada.
- [24] **Smara youcef 1998** « Contribution au système LATIS. Evaluation de la correspondance terrain-image classée et intégration d'images multisources optiques et radar SAR ». Thèse de doctorat, Université des Sciences et de la Technologie, Houari Boumédién, Alger, Algérie.
- [25] **Th. Toutin, C. Nolette, Y. Carbonneau, et P.A. Gagnon 1993**, « Stéréo restitution interactive des données SPOT: description d'un nouveau système ». Journal canadien de télédétection, vol. 19, no. 2.
- [26] **Thierry Toutin 1995a** « Multisources data fusion with an integrated and unified geometric modeling ». EARSel Journal " Advances in Remote Sensing ", vol. 4, no. 2.
- [27] **Thierry Toutin 1994** « Intégration d'images multi-sources: premiers résultats avec SPOT et radar aéroporté ». Journal canadien de télédétection, Vol. 20, No 1
- [28] **Thierry TOUTIN 2000** « SAR image sampling on DEM generation » Canada Centre for Remote Sensing. Ottawa, Ontario, Canada
- [29] **Thierry Toutin 1998** « Stereo mapping with SPOT-P and ERS-1 SAR images ». Canada Centre for Remote Sensing. Ottawa, Ontario, Canada
- [30] **Wunian Yang, François Cauneau, Jean-Pierre Paris et Thierry Ranchin, 1999** «Influence of landscape changes on the results of fusion of P and XS images by different methodes ».



■ **TRIMBLE :**  
**station totale série 5600, DR et IR**

Deux nouvelles versions de la station totale 5600 : DR haute précision et IR. Les ajouts à la Trimble Toolbox de solutions topographiques intégrées permettent d'obtenir une plus grande exactitude de mesures de distances pour toute une variété d'applications spécialisées et de haute précision.



**La 5600 DR** permet une exactitude de  $\pm(1\text{mm} + 1 \text{ partie par } 10^6)$  sur un seul prisme et jusqu'à 5 000 mètres en utilisant le même MDE fournissant une mesure de distances sans réflecteur, précise à  $\pm(3 + 2 \text{ parties par } 10^6)$  jusqu'à 70 mètres.

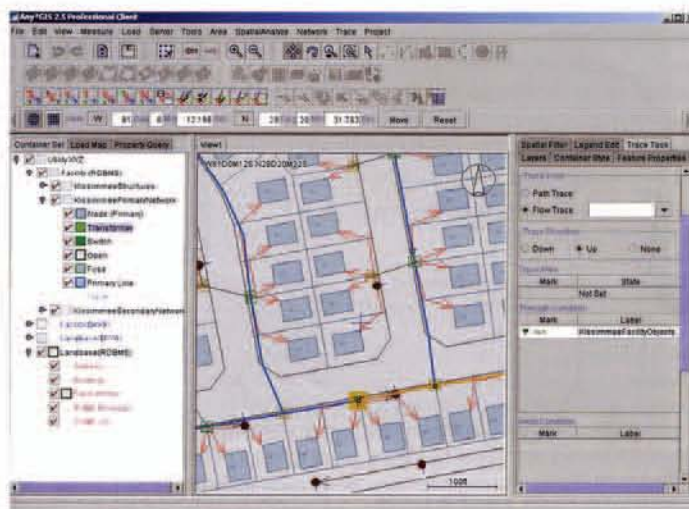
**La 5600 IR.**

Avec une précision angulaire d'une seconde et la convivialité d'une unité de contrôle, elle est un instruments spécialisé pour les applications de très haute précision tels les travaux de guidage, la surveillance des déformations et les applications industrielles.

La précision de son MDE infrarouge est de  $\pm(0,8 \text{ mm} + 1 \text{ partie par } 10^6)$  jusqu'à 50 mètres et de  $\pm(1 \text{ mm} + 1 \text{ partie par } 10^6)$  jusqu'à 2 800 mètres.

Ces deux nouvelles versions sont disponibles par l'intermédiaire du circuit de vente de la division Géomatics and Engineering.  
 (Source: XYZ)

■ **Chez « Hitachi software »,**  
**ANY\*GIS version3, l'information spatiale accesible à tous**



La société sort ANY\*GISTM version3, une solution SIG qui permet d'adopter des technologies standards ouvertes tout en conservant les données spatiales d'origine et les processus de travail existants.

Les gestionnaires de réseaux, les opérateurs de télécommunication, les agences gouvernementales et les collectivités territoriales, les entreprises, peuvent réduire leur dépendance vis-à-vis des formats de données des SIG "fermés" propriétaires, tout en tirant parti des fonctionnalités de chaque applicatif et des points forts de chaque format.

Avec une connexion Internet et un navigateur, les utilisateurs peuvent visualiser, modifier et mettre à jour l'information sans se soucier de son type, de son format, de sa localisation.

Construit sur les standards définis par l'OpenGIS Consortium et selon une architecture système ouverte, Any\*GIS est une solution interopérable multicouches qui permet l'accès à de multiples sources de données SIG et leur mise à jour dynamique tout en supprimant les problèmes de compatibilité entre les formats des différents éditeurs de logiciels SIG.

Il permet l'accès et la mise à jour de données spatiales stockées selon le format OpenGIS®Simple Feature Spécification dans Oracle et dans SQL Serveur, de même que dans de multiples formats propriétaires tels que Autodesk, ESRI, Intergraph, Mapinfo et GE Smallworld.

Les utilisateurs peuvent accéder aux données via le serveur d'entreprise Any\*GIS Enterprise Serveur à travers trois clients: le client professionnel Any\*GIS, le client Web Any\*GIS et le client CAD Any\*GIS. Développé en J2EE (Java 2 Entreprise Edition), Any\*GIS est personnalisable et peut être adapté afin de répondre à des besoins particuliers des entreprises qui utilisent des données géographiques.

De nombreux utilisateurs ont mis en place des départements SIG avec des applications et des données SIG, ils peuvent désormais ouvrir l'accès à leurs données spatiales et leurs systèmes à l'ensemble de leur organisation.

Cette architecture ouverte est basée sur les standards pour partager, visualiser et assurer la mise à jour de sources de données hétérogènes.

(Source: XYZ)

■ **Trimble et Nikon signent un accord pour**  
**une coentreprise en topographie**

Les deux sociétés ont signé un accord définitif pour la formation d'une coentreprise 50/50 au Japon, la Nikon-Trimble Co Ltd, pour le marché des instruments topographiques.

Financièrement, Nikon va investir 10 millions de \$ et Trimble 4,2 millions de \$ et 5,8 millions de \$ de ses actions ordinaires. La nouvelle société va acquérir les avoirs de Nikon Geotecs Co, Ltd, et Trimble japan KK.

Cette nouvelle entité va se concentrer sur la conception et la fabrication des instruments topo, englobant les stations globales mécaniques et les produits connexes.

Au Japon, la coentreprise distribuera les produits topo Nikon et Trimble, englobant les stations totales GPS et robotisées.

En dehors du Japon, Trimble sera le distributeur exclusif des produits topographiques et de la construction de Nikon.

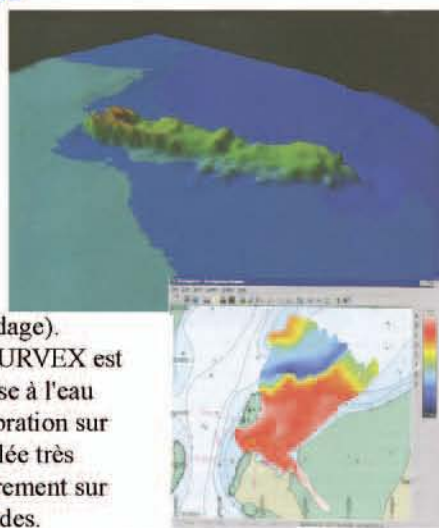
Les instruments Nikon vont élargir le portefeuille des produits Trimble et permettre à la société d'accéder aux marchés en émergence en Russie, en Europe de l'est, en Inde et en Chine.

(Source: XYZ)



■ **MESURIS : Bathymétrie et sondages en petits fonds**

Conçue par Mesuris, l'unité mobile de bathymétrie multi-faisceaux SURVEX1 réalise très rapidement les bathymétries des ports, chenaux, estuaires, rivières, canaux et lacs



(jusqu'à 16 nds en sondage). Lancé début 2001 le SURVEX est opérationnel dès sa mise à l'eau sans nécessiter de calibration sur site, celle-ci est contrôlée très précisément et régulièrement sur des zones tests profondes.

Les ouvrages, les berges et les fonds sont couverts avec une densité de sondes élevées (1 x 1 m), contrairement au traditionnel sondage vertical monofaisceau. La précision est optimisée par une coque très stable, même à grande vitesse. Sondeur multifaisceaux RESON SeaBat 1 652 associé à une centrale inertielle APPLANIXPOS-MV 320. Tirant d'eau 0,83 m, vitesse de sondage: 3 à 16 nœuds (transit à 18-20 nds). 3 postes de travail informatisés, manutention simple. Cette vedette professionnelle est homologuée pour travailler en mer jusqu'à 10 miles d'un abri. Les prestations comprennent un forfait journalier avec transport sur site et équipage, et, selon besoins, traitement ou non des données (cartes, modèles numériques). (Source: XYZ)

■ **Initiative d'interopérabilité AEC-SIG par Bentley et ESRI**

Les utilisateurs de SIG ont besoin d'avoir une vue d'ensemble des informations spatiales, les ingénieurs, eux, créent et utilisent des ensembles de dessins et de modèles détaillés.

En dépit de ces rôles distincts ils dépendent étroitement les uns des autres, et leur travail n'est pas statique mais synergique, dynamiquement intégré et récursif. D'où l'idée d'une interopérabilité entre les solutions de Bentley destinées aux professionnels de PAEC (Architecture, Engineering, Construction), et les solutions SIG d'ESRI.

Le paradigme d'interopérabilité Bentley-ESRI a pour but une exploitation des deux technologies pour que l'utilisateur n'en soit pas réduit à travailler avec le plus petit dénominateur commun en matière d'outils et de données. Le projet qui a débuté en 2002 a pour ambition l'intégration directe et intelligente des logiciels et/ou des serveurs des deux sociétés.

Cette intégration doit permettre à MicroStation de lire les bases de données ArcGis et aux clients ArcGis de lire les fichiers aux formats DGN et DWG. Elle doit autoriser la prise en charge des fichiers ArcGis (BD géographique, SHP, couverture) dans l'environnement de publication et de gestion de contenu de Bentley, elle doit donner naissance à un "connecteur d'entreprise" avec ArcSDE qui permettra de synchroniser le contenu AEC avec la base de données ArcGis, et d'extraire les informations SIG de la base de données géographique ArcGis.

(Source: XYZ)

■ **Les données Envisat désormais disponibles Sarcom : distributeur mondial des données ERS / Envisat**

La distribution commerciale des données du satellite Envisat, lancé par l'Agence spatiale européenne (ESA), est effective depuis début mai 2003. Le consortium Sarcom, créé en 2000 à l'initiative de Spot Image, s'est vu accorder une licence de distribution mondiale des données des Instruments embarqués ASAR (Advanced Synthetic Aperture Radar) et MERIS (Medium Resolution Imaging Spectrometer). Sarcom est également habilité à délivrer des licences de réception Envisat pour tous les organismes souhaitant recevoir localement les données. Le capteur radar ASAR offre un choix étendu en matière d'angles de visée, de modes d'acquisition (résolution et/ou couverture) et de polarisations. De ce fait, Sarcom propose de nouveaux produits de moyenne résolution (150 m) à large couverture (400 x 400 km) à l'ensemble des utilisateurs pour répondre à leurs besoins pour le suivi des pollutions marines ou encore pour la cartographie des glaces... En outre, Sarcom offre maintenant des produits à polarisation duale qui, en améliorant la discrimination, sont particulièrement adaptés à la gestion de l'agriculture et des forêts. Enfin, grâce à ses enregistreurs et au satellite relais Artemis, les données peuvent être acquises sur n'importe quel point du globe et sont traitées plus rapidement améliorant ainsi l'accès aux données pour les utilisateurs. Ces derniers continuent à bénéficier de services, de programmation du satellite pour des réponses adaptées aux besoins spécifiques d'acquisitions. (Source: XYZ)

■ **NavTech : BEKOSOFT pour navigation mobile à guidage vocal**

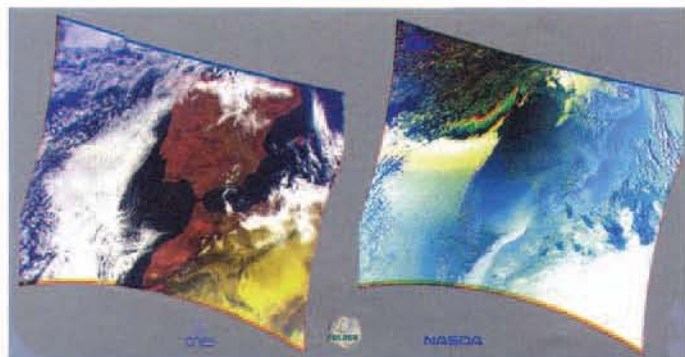
La société Hekosoft présente une solution de navigation mobile DigiMap pour PalmOS à guidage vocal. Ce produit constitue la première solution complète de navigation pour l'Europe occidentale à exploiter les compléments d'options de la nouvelle génération d'appareils fonctionnant sous plate-forme PalmOS 5. DigiMap peut communiquer avec la quasi-totalité des récepteurs GPS via l'interface série ou par l'intermédiaire d'une liaison radio sans fil, à travers Bluetooth notamment. Cette solution met à profit les données géographiques numériques de précision de NavTech pour la cartographie et le calcul d'itinéraires.

Le principe: des instructions sonores viennent compléter les différents BIP sonores existants. Les trois éléments de diffusion de données, carte, bip et voix, émettent leurs instructions à trois intervalles de temps différents afin de préparer progressivement le conducteur à un changement de direction imminent, tout en bénéficiant de l'affichage continu de l'itinéraire sur la carte. Sont disponibles actuellement la France, l'Allemagne, le Royaume-Uni, la Scandinavie, le Benelux, l'Espagne, le Portugal, l'Autriche, la Suisse et l'Italie. La planification d'itinéraires peut se réaliser soit sur l'ordinateur de poche, soit sur le PC. Il est possible de limiter les téléchargements inclus dans l'ordinateur de poche à des portions de cartes déterminées pour conserver une capacité de stockage suffisante pour d'autres applications. L'itinéraire parcouru peut être enregistré et analysé. Hekosoft est une entreprise qui développe des solutions de navigation de haute qualité pour ordinateur de poche sous PalmOS. Outre ce produit phare DigiMap elle propose également des solutions individuelles de commerce B2B dans le domaine de la navigation mobile. (Source: XYZ)



## ■ Polder 2, performances confirmées dès les premières images

Lancé le 14 décembre 2002, le satellite d'observation de la Terre japonais Adeos II embarquait le radiomètre polarimètre imageur Polder 2. Réalisées le 1er février 2003, les premières images ont prouvé que les caractéristiques de l'instrument répondaient bien aux objectifs de la mission. Polder 2 réalise des prises de vue dans 8 bandes spectrales, du domaine visible au proche infrarouge, en lumière naturelle et en lumière polarisée.



Ces deux images présentent les acquisitions faites le 1er février 2003 sur la péninsule Ibérique et le nord de l'Afrique, en lumière naturelle (à gauche) et en lumière polarisée (à droite). Comme pour les premières séquences, chaque image est une composition colorée de trois mesures spectrales à 443 nanomètres (bleu), à 670 nanomètres (vert) et à 865 nanomètres (rouge). L'image en lumière naturelle permet de distinguer les nuages en blanc, la mer en bleu sombre et les différents types de surface: la végétation en rouge, les sols nus en marron ou jaune.

Les images en luminances polarisée sont plus originales. Elles sont à dominante bleue car l'origine principale de la polarisation est la diffusion de la lumière par les molécules de l'air, plus efficace dans les courtes longueurs d'onde. Le taux de polarisation de la lumière diffusée par le ciel dépend de l'angle entre la direction d'observation et l'éclairement par le soleil. Cette propriété permet d'observer l'arc-en-ciel, qui est le résultat de la diffusion de la lumière par les gouttelettes d'eau. Grâce à ce phénomène, il est donc possible de différencier les nuages dont le sommet est constitué de cristaux de glace ou de gouttes d'eau. Ces images posent aussi pour constat que la surface terrestre polarise très peu la lumière et, donc, les luminances polarisées permettent de caractériser très finement l'atmosphère et de déterminer les caractéristiques des aérosols.

(Source: Cnes Magazine)

## ■ Un catalogue des sources de rayons X

La première édition du catalogue de sources cosmiques émettrices de rayons X découvertes par le satellite XMM-Newton de l'agence spatiale européenne vient d'être publiée.

Le catalogue est désormais accessible aux astronomes par le biais d'une base de données dédiée qui permet également la consultation des données d'origine. Financé par le Cnes, ce catalogue a été réalisé au sein de l'équipe hautes énergies de l'Observatoire de Strasbourg. Cette édition rassemble 33 000 nouvelles sources X découvertes dans 585 observations et va s'enrichir au rythme de 25 000 à 30000 sources chaque année.

(Source: Cnes Magazine)

## ■ La nouvelle mission de Rosetta définie

Après le report du tir prévu en janvier 2003, le projet a entrepris immédiatement des actions visant à passiver le satellite à Kourou. En parallèle, la recherche d'un nouveau profil de mission a été lancée. Deux cibles satisfaisant les diverses contraintes ont été dans un premier temps retenues: la comète initiale Wirtanen, encore accessible en janvier 2004 avec un lanceur de type Proton (plus puissant qu'Ariane 5 générique +) et la comète Churyumov Gerasimenko, accessible en février 2004 avec un lanceur type Ariane 5 générique + et en février 2005 avec un lanceur type Ariane 5 ECA ou Proton. Les observations, alors disponibles, de la comète Churyumov Gerasimenko conduisent à penser que celle-ci est massive. Des analyses sur la faisabilité de la mission de l'atterrisseur ont donc été entreprises, en particulier par le Cnes (France), pour la phase de séparation, la descente et l'atterrissage. De plus, la détermination fine de la taille de cette nouvelle cible a été réalisée par le Laboratoire d'astronomie spatiale du Cnes (France) qui a piloté une campagne d'observation réalisée par le Hubble Space Telescope. Sur ces bases, malgré un volume environ 10 fois plus massif rendant la mission de l'atterrisseur plus difficile mais encore faisable, la comète Churyumov Gerasimenko vient d'être retenue, par les scientifiques impliqués dans le projet, comme nouvel objectif de la mission. Un tir sur Proton, début 2004, est apparu après analyse par l'Esa une option actuellement plus risquée. Rendez-vous est donc pris entre le 26 février et le 16 mars 2004 pour le lancement de la mission Rosetta depuis Kourou.

(Source: Cnes Magazine)

## ■ Lancement du télescope spatial infrarouge SIRTf

La Nasa a procédé au lancement du télescope spatial à infrarouge SIRTf (Space Infrared Telescope Facility) le 25 Août 2003 à 05H 35 TU à bord d'une fusée Delta II qui devrait permettre l'étude d'objets célestes impossibles à détecter par les télescopes actuels. La mission apportera un complément à la gamme des télescopes spatiaux américains qui compte déjà Hubble dans le visible, l'observatoire à rayons gamma Compton et le télescope à rayons X Chandra. Les astronomes utiliseront ce nouvel instrument pour l'étude de planètes et fragments stellaires entourant certaines étoiles, dans l'espoir de découvrir une planète ressemblant à la Terre mais aussi pour percer plus profond dans l'univers et l'observer comme il était il y a des milliards d'années. Ce qui nous aidera à déterminer la façon et le moment dont les premiers objets se sont formés, ainsi que leur composition. Le télescope est doté d'un miroir de 85 centimètre et de trois instruments à refroidissement cryogénique: une caméra pour l'étude de l'infrarouge proche et moyen, un spectrographe permettant d'analyser l'ensemble des rayonnements infrarouge et un photomètre pour la collecte d'information sur la gamme d'infrarouge lointains. La mission doit durer cinq ans. Notons que l'instrument évoluera sur la même orbite solaire que la Terre pour lui permettre d'éviter l'interférence causée par l'atmosphère terrestre qui absorbe l'infrarouge. Les premières images recueillies par le télescope devraient être disponibles par les scientifiques à la fin du mois d'octobre et rendues publiques en décembre.

(Source: La lettre du CRAAG)



La Bibliothèque de l'INCT a reçu plusieurs périodiques de différents pays. Nous publions ci-après le sommaire de certaines d'entre elles, les plus importantes.

■ XYZ  
N° 95



Le N° 95 de la revue XYZ a abordé les thèmes suivants :

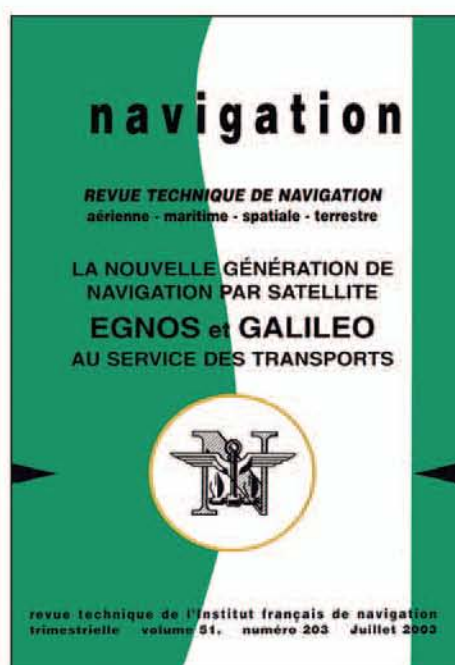
- Info- Topo
- Manifestations
- Photogrammétrie
  - Photogrammétrie architecturale et modélisation 3D du patrimoine.  
*Par Pierre GRUSSENMEYER.*
- Topographie
  - Histoire d'eau Positionnement d'un siphon en surface.  
*Par Paul COURBON.*
- Techniques nouvelles
  - Le système de mesure 3D portable à bras six axes dans la métrologie des accélérateurs de particules.  
*Par Rémy BEUNARD.*
  - Cartographie à grande échelle en zone interdite: l'alternative des satellites à résolution métrique.  
*Par Lionel LAURORE.*
- GPS
  - Géodésie géométrique ou géodésie physique.  
*Par Claude MILUON.*
- Histoire
  - Aux origines du cadastre général parcellaire français.  
*Par Pierre CLERGEOT.*
- GSF
  - Le point de vue d'une profession technique.  
*Par François BODIN.*
- Art et Géométrie
  - Malevitch: les couleurs de l'apesanteur.  
*Par Jean-Pierre MAILLARD.*

■ NAVIGATION  
VOLUME 51 - N° 203

LA NOUVELLE GÉNÉRATION PAR  
SATELLITE  
EGNOS et GALILEO AU SERVICE  
DES TRANSPORTS

Le N° 203 de la revue navigation a été consacré à la nouvelle génération de navigation par satellite ou 5 articles ont été publiés sur ce sujet :

- Introduction.
- Historique de la navigation par satellite.
- Navigation par satellite et transports.
- Le programme et le système EGNOS.
- Galileo.
- Questions ouvertes et recommandations.





■ MAPPE MONDE  
N°70



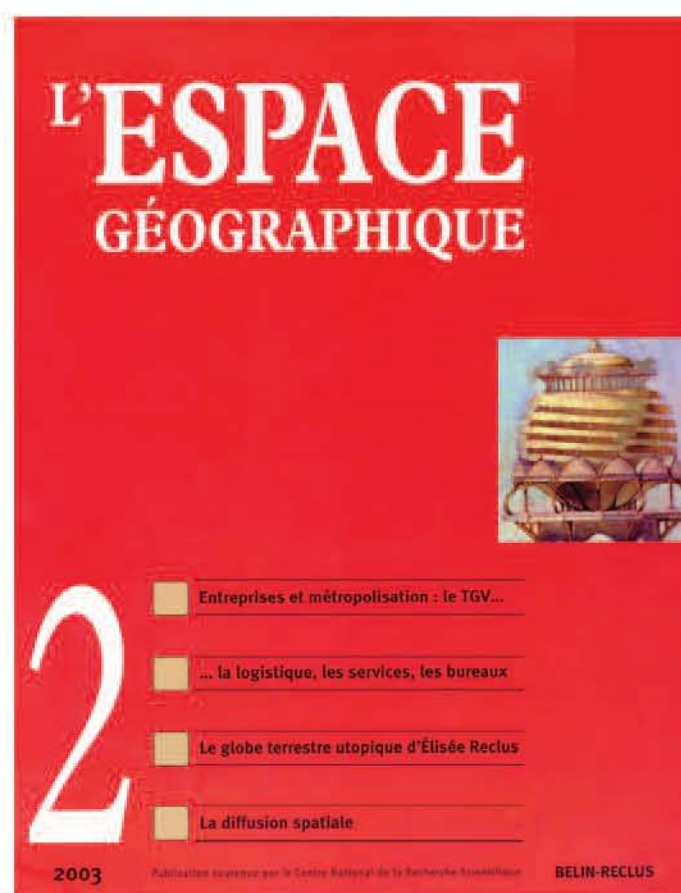
Le N°70 de la revue *Mappe Monde* a été consacré aux Technologies de l'information et de la communication ou 9 articles ont été publiés de ce sujet :

- Villes et nouvelle économie.  
*Par Emmanuel Éveno et Gilles Puel.*
- Marseille, future capitale méditerranéenne des TIC?  
*Par Mathieu Vidal.*
- Bordeaux parie sur les centres d'appels.  
*Par Gilles Puel.*
- Montréal dans l'espace technonumérique nord-américain.  
*Par Guillaume Côté et Daniel Latouche.*
- Le système urbain nord-américain à l'heure de la « nouvelle économie ».  
*Par Chrystel Alvergne et Daniel Latouche.*
- L'Internet en Russie: symbole d'élitisme ou moyen de communication de masse?  
*Par Olga Vendina et Denis Eckert.*
- Reykjavik à l'heure d'Internet: une métropole mondiale en miniature?  
*Par Gabriel Dupuy.*
- Bangalore, ville des nouvelles technologies.  
*Par Clarisse Didelon.*
- L'Inde du milliard.  
*Par Eric Leclerc et Pierre Chapelet.*

**Sommaire:**

- Entreprises et métropolisation.
  - Le Grand Sud-Est français. Un espace stratégique dans la recomposition spatio-logistique en cours en Europe ?  
*Maximilien PIQUANT.*
  - Le travail métropolitain: un outil géographique pour révéler l'usage sélectif de la grande vitesse .  
*Olivier KLEIN.*
  - La localisation des services aux entreprises dans la métropole lyonnaise: entre centralité et diffusion .  
*ANNE AGUILÉRA.*
  - Le marché de bureaux et les territoires métropolitains: vers un renforcement de la discrimination territoriale .  
*Eric CROUZET.*
- Utopies.
  - Un globe terrestre pour l'Exposition universelle de 1900. L'utopie géographique d'Élisée Reclus.  
*Soizic ALAVOINE-MULLER.*
- Diffusion.
  - Reconstitution d'une diffusion spatiale à partir d'une succession d'états.  
*JEAN-CHRISTOPHE FOLTÈTE.*
- Carnet de terrain.
  - Madagascar: sortie de crise?  
*Chantal BLANC-PAMARD et Hervé RAKOTO RAMIARANTSOA.*

■ L'ESPACE  
GÉOGRAPHIQUE  
N°2 - 2003





■ Le Bulletin de la SFPT  
N°169



Le N°169 de la revue SFPT (Société Française de photogrammétrie et télédétection) a été consacré aux méthodes de fusion multi-résolution pour la synthèse d'images :

- Revue des méthodes de fusion d'images de télédétection de résolutions spatiales différentes.  
*par F. Laporterie-Déjean*
- Pan-sharpening of very high-resolution multispectral images via generalised Laplacian pyramid fusion.  
*par S. Baronti, B. Aiazzi, L. Alpaume*
- A Local Correlation Approach for the Fusion of Image Bands with Different Spatial Resolutions.  
*par J. Hill, C. Diemer, Th. Udelhoven*
- Stratégies de fusion d'images P/XS basées sur les principes colorimétriques et l'Egalisation de Statistiques Locales.  
*par Y. Cornet, C. Schenke, S. de Béthune, M. Binard, F. Muller*
- La chaîne de fusion de données SPOTS.  
*par C. Latry*
- Une méthode géométrique de fusion pour des images P+XS.  
*Par C. Ballester, V. Case lies, B. Rougé, J. Verdera*
- Fusion de données multirésolution et multitemporelle par la pyramide morphologique. Application à la fusion SPOT 4 HRVIR / VEGETATION.  
*par F. Laporterie-Déjean, G. Flouzat*
- Fusion de données pour la modélisation d'environnements en robotique.  
*par S. Lacroix*
- Evaluations thématiques et statistiques de cinq algorithmes de fusion P/XS sur des simulations d'images PLEIADES-HR.  
*par H. de Boissezon, F. Laporterie-Déjean*

Sommaire :

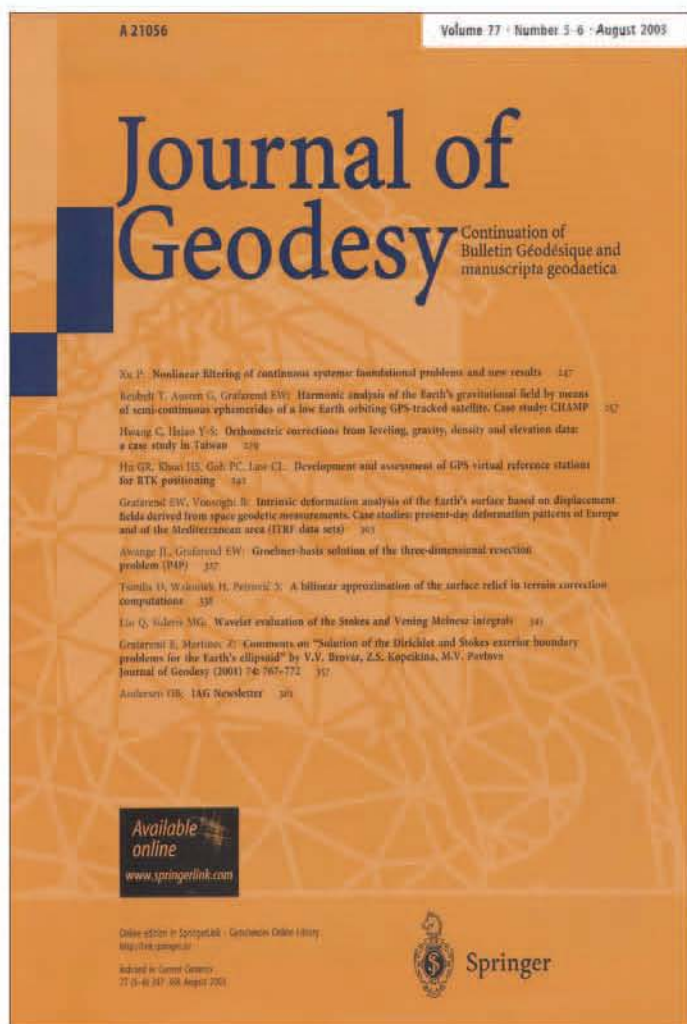
- Le Balaton, archétype du lac-étang?  
*Par P. Papon, L. Touchart*
- La frontière Italie-Slovénie dans le contexte de l'élargissement de l'Union Européenne.  
*Par A.-L. Sanguin, B. Mrak*
- L'école et la métropole américaine à l'épreuve de la gouvernance. Nouvelles minorités, pratiques de l'espace scolaire et fragmentation métropolitaine.  
*Par D. Gibaud*
- NOTES
- La géographie humaine et ses revues « internationales » : globalisation ou fragmentations?  
*Par S. Schmitz*
- Politiques ferroviaires dans le Grand Ouest.  
*Par J.-P. Wolff*
- Marseille versus Euroméditerranée.  
*Par B. Bertonecello, R. Rodrigues-Malta*
- COMPTES RENDUS.

■ Annales de Géographie  
N° 632





Journal of Geodesy  
Volume 77 – Number 5-6.



Contents:

- Harmonic analysis of the earth's gravitational field by means of semi-continuous ephemerides of a low Earth orbiting GPS-tracked satellite. Case study: CHAMP.  
*Par T. Reubelt, G. Austin and E.W. Grafarend.*
- Orthometric corrections from levelling, gravity, density and elevation data: a case study in Taiwan.  
*Par C. Hwang and Y.-S. Hsiao.*
- Development and assessment of GPS virtual reference stations for RTK positioning.  
*Par G.R. Hu, H.S. Khoo, P.C. Goh and C.L. Law.*
- Intrinsic deformation analysis of the Earth's surface based on displacement fields derived from space geodetic measurements. Case studies: present-day deformation patterns of Europe and of the Mediterranean area (ITRF data sets).  
*Par E.W. Grafarend and B. Voosoghi.*
- Groebner-basis solution of the three-dimensional resection problem (P4P).  
*Par J.L. Awange and E.W. Grafarend.*
- A bilinear approximation of the surface relief in terrain correction computations.  
*Par D. Tsoulis, H. Wziontek and S. Petrović.*
- Wavelet evaluation of the Stokes and Vening Meinesz integrals.  
*Par Q. Liu and M.G. Sideris.*
- Comments on "Solution of the Dirichlet and Stokes exterior boundary problems for the Earth's ellipsoid" by V.V. Brovar, Z.S. Kopeikina, M.V. Pavlova.  
*Journal of geodesy (2001) 74: 767-772.  
Par E. Grafarend and Z. Martinec.*
- IAG Newsletter.  
*Par Ole Baltazar Anderson.*

Le sommaire du 15ème numéro de ce bulletin traite de plusieurs sujets entre autres:

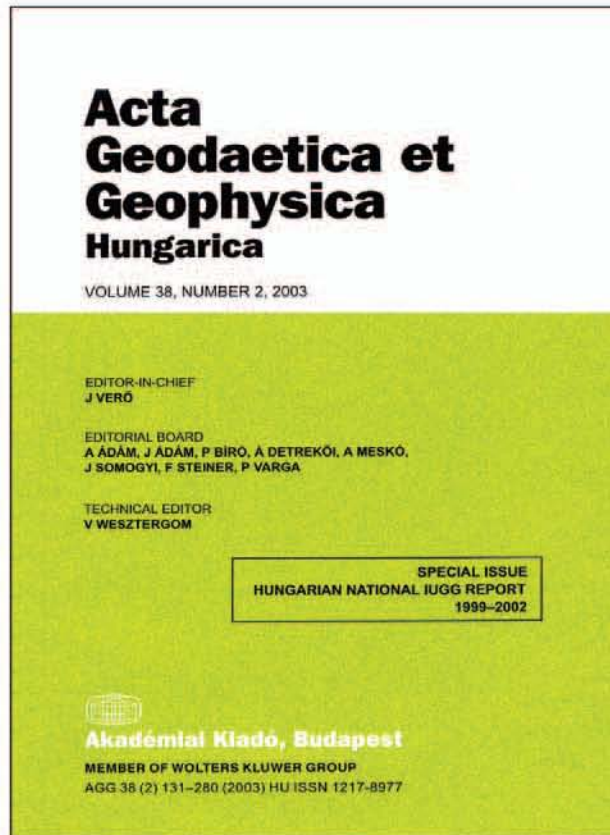
- Première détection d'ondes sonores émises par un trou noir supermassif par Chandra.
  - Lancement du télescope spatial infrarouge SIRTf.
  - Mars à la Une.
  - Système solaire poussiéreux.
  - Un manteau plus chaud.
  - Planètes et métaux.
  - Une très vieille croûte.
- Ainsi qu'un article sur le potentiel du GPS et de l'INSAR pour l'Algérie Par Eric Calais ( Université Purdue, USA ).

La Lettre du CRAAG  
N° 15





■ Acta  
Geodaetica et Geophysica  
Hungarica  
Volume 38, Number 2



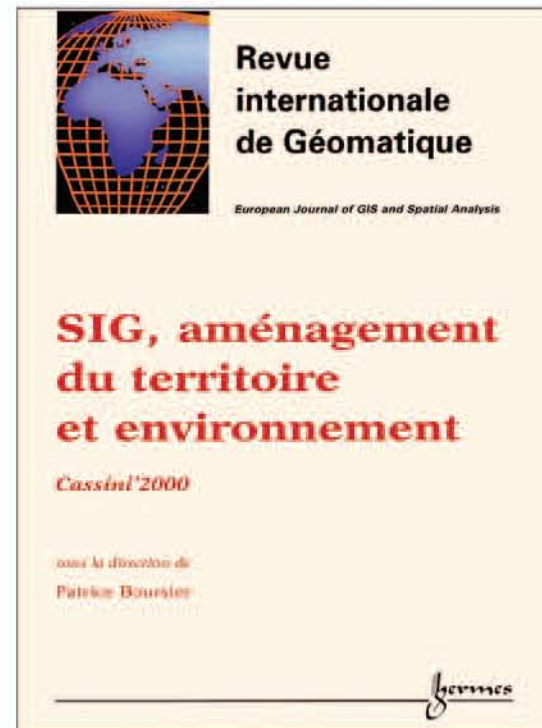
Sommaire :

- **HUNGARIAN NATIONAL REPORT ON IAG. 1999 - 2002**
  - Positioning  
(*Tibor Borza and Ambrus Kenyvers*).
  - Advanced space technology.  
(*István Fejes and László Szűcs*).
  - Determination of the gravity field.  
(*Par Géza Csapó*).
  - General theory and methodology.  
(*László Bányai and József Závoti*).
  - Geodynamics.  
(*István Joó*).
- **HUNGARIAN NATIONAL REPORT ON IAGA. 1999 - 2002**
  - Internal magnetic fields.  
(*Péter Márton*).
  - Aeronomic phenomena.  
(*P. Bencze, I. Almár and E. Illés-Almár*).
  - Magnetospheric phenomena.  
(*Par Mariella Tárallay*).
  - Solar wind and interplanetary field  
(*Par Mariella Tárallay*).
  - Observatories, instruments, surveys and analyses.  
(*Viktor Wetztergom*).
- **HUNGARIAN NATIONAL REPORT ON IAHS. 1999 - 2002**
- **HUNGARIAN NATIONAL REPORT ON IAMAS. 1999 - 2002**
- **HUNGARIAN NATIONAL REPORT ON IAPSO. 1999 - 2002**
- **HUNGARIAN NATIONAL REPORT ON IASPEI.**

Sommaire :

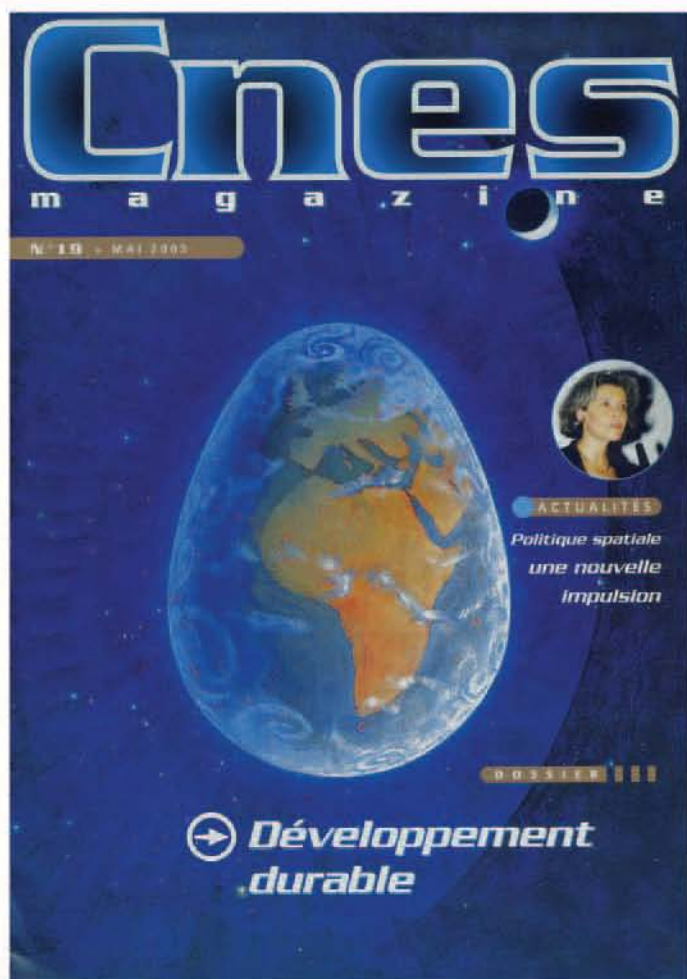
- Conception et utilisation d'un SIG pour l'étude et le suivi de sites industriels pollués.  
*Par Cédric Pitout, Claude Kergomard*
- Modélisation «emboîtée» et analyse spatiale du comportement hydrodynamique d'un système alluvial.  
Cas des épisodes de crue de la Loire.  
*Par Mireille Batton-Hubert, Djamel Mimoun*
- Qualité des MNT pour l'hydrologie. Méthode de diagnostic de la qualité d'extraction du réseau hydrographique et des limites de bassins versants à partir d'un MNT.  
*Par Julie Charleux-Demargne, Christian Puech*
- Mesure d'exactitude et processus de fusion à l'aide de la distance de Fréchet discrète.  
*Par Thomas Devogele*
- Optimisation de découpages territoriaux. Proposition de méthodes d'agrégation spatiale dirigée.  
*Par Didier Josselin, Jérôme Bolot, Pascal Chatomay*
- SIG pour l'environnement sonore urbain. De la représentation à la visualisation animée.  
*Par Sylvie Servigne, Myoung-Ah Kang*
- Déformation topologique par changement d'échelle.  
*Par Guy Wallet*

■ Revue internationale de Géomatique.  
Volume 10 - N° 3-4 / 2000





■ Cnes  
Magazine  
N°19



**SOMMAIRE :**

- Abstract
- Indexation et Recherche d'Images par le Contenu  
Par BESSAI F.Z., HAMADI A., SELMOUNI S.
- Le Document Web. Lisibilité, Structure et Oculométrie  
Par GAGNEUX A.EMPTOZ H.
- On the Image Watermarking Techniques Applications, Properties and fields  
Par BOUHLEL M.S., TRICHILI H., DERBEL N., KAMOUN L.
- La Connaissance et l'Ingénierie des Connaissances  
Par DZIRI GHOUAS A., YALAOUI B.
- Similarités entre textes basées sur les noms propres  
Par FRIBURGER N., MAUREL D.
- Les protocoles de routage dans les réseaux mobiles Ad Hoc  
Par BADACHE N., DJENOURI D., DERHAB A., LEMLOUMA T.
- L'impact de l'enseignement à Distance (EAD) sur le processus pédagogique: Apports de l'intelligence artificielle et du multimédia  
Par BOUKELIF A., CLAËS G.
- Vers des Marchés Virtuels pour le Commerce Electronique  
Par ZAKARIAM.

**Sommaire :**

- Actualités:
  - Hélios2, intégration et essais finaux imminents.
  - Polder2, performances confirmés dès les premières images.
  - Vénus Express pour décrypter la problématique atmosphérique.
  - Nouvelle mission de Rosetta.
  - Lasi, un sondeur infrarouge au service de la météorologie.
- Dossier:
  - L'effet de serre domine la scène. (François Denmarq)
  - La démographie au cœur de la problématique. (Ph. Collomb)
  - Q'est ce que l'investissement socialement responsable? (Emmanuel Gautier)
  - GMES, la réponse de l'Europe Spatiale. (Hugo de Groof)
  - La démarche développement durable au sein du Cnes. Daniel Vidal-Madjar et Didier Vassaux
  - Réglementer les débris spatiaux. (Fernaud Alby)
  - La gestion des fréquences radioélectriques spatiales. (Didier Leboulch)
  - L'engagement du CSG dans la certification ISO 14000. (Anne Bellanova)
  - La trigénération au Centre Spatiale de Toulouse. (V. Grégoire)
- Observation de la terre:
  - L'espace au chevet de la planète. (Hervé Jeanjean)
  - L'agriculture de précision a de l'avenir. (Denis Boisgontier)
  - L'élévation du niveau des mers sans surveillance. (J.F. Minster)
- Télé médecine :
  - Un accès équitable à la santé. (Dr. Antonio Güell)
  - Le désenclavement des soins en Guyane. (Thierry Le Guen)
  - La circulation des virus par les oiseaux migrateurs. (ph. sabatier)

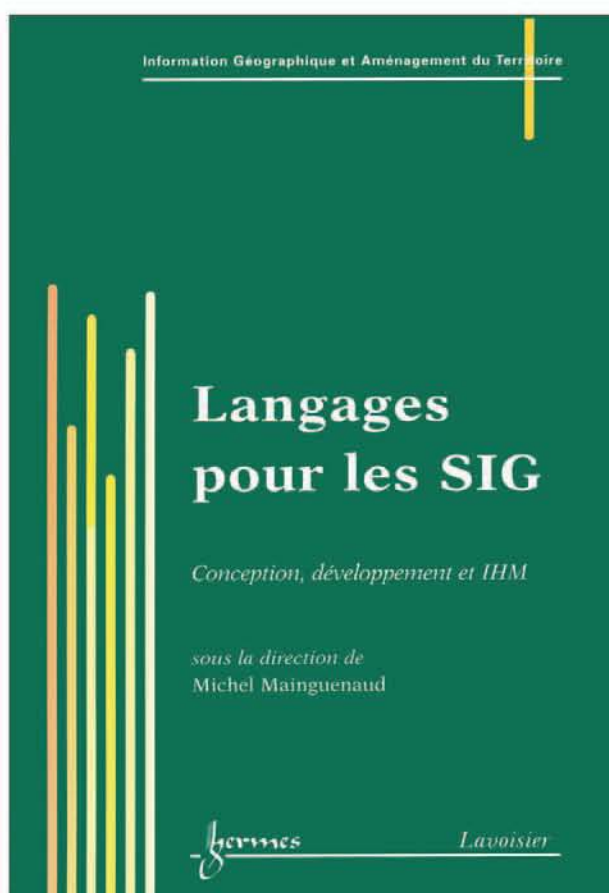
■ Revue d'information scientifique et technique  
Volume 12, N°2





■ **LANGAGE POUR LES SIG**  
**Conception, développement et IHM**

*Sous la direction de Michel Mainguenaud*



Le traité Information Géographique et Aménagement du Territoire répond au besoin de la communauté de la géomatique et de l'analyse spatiale de disposer d'un fonds commun de connaissances interdisciplinaires.

Il ouvre le champ à son élargissement à la fois vers l'amont, du côté des diverses modélisations spatiales, et vers l'aval, en direction d'applications significatives.

Les ouvrages du traité IGAT sont répartis en trois domaines:

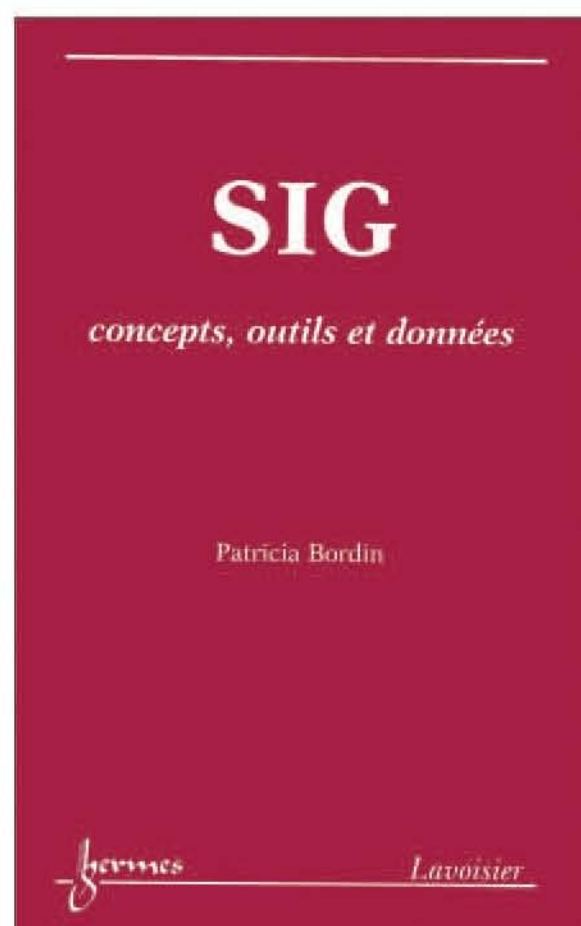
- Aspects fondamentaux de l'analyse spatiale présente un ensemble de modélisations et de représentations directement utiles aux systèmes d'information géographique;
- Géomatique constitue un état de l'art des SIG et de leurs évolutions prévisibles;
- Aménagement et gestion du territoire regroupe des études de cas concrets, mais également des synthèses, autour de différents problèmes spatiaux.

Les savoirs rassemblés dans chaque ouvrage ont été choisis pour leur pertinence dans l'avancée des connaissances ou pour la qualité des résultats obtenus. Chaque volume du traité présente des principes généraux, des éléments théoriques, des modèles, mais aussi des applications. L'aspect très largement pluridisciplinaire de ce domaine, rapidement émergent, est couvert par des ouvrages d'orientation plus thématique et d'autres d'orientation plus technique.

**EDITION** : Hermes Science Publications.

■ **SIG**  
**Concepts, outils et données**

*Patricia Bordin*



Cet ouvrage introductif présente les SIG d'abord dans une approche conceptuelle, puis de façon pratique en développant les composantes techniques principales: les applications, les données, les logiciels. Au travers des origines des SIG et de définitions, il explique les spécificités de l'information géographique et ses apports. Il montre ensuite comment ceux-ci prennent forme pour constituer une solution SIG. Il met en avant la diversité de ces solutions en les présentant dans trois contextes applicatifs très différents: les collectivités locales, le géomarketing et les systèmes d'information et de communication militaires. Enfin, il conclut sur le positionnement des SIG parmi les outils d'aide à la décision.

SIG – concepts, outils et données s'adresse à ceux, étudiants, professionnels ou non-spécialistes, qui désirent soit acquérir une compétence technique dans le domaine, soit comprendre le rôle de ces produits. L'objectif de l'ouvrage est aussi de développer une meilleure compréhension de l'information géographique (sur laquelle les SIG travaillent) et des technologies de l'information localisée (auxquelles ils appartiennent).

**EDITION** : Hermes Science Publications.



## ■ LES TERRITOIRES DE L'IDENTITE Le territoire, lien ou frontière?

Sous la direction de Joël BONNEMAISON  
Luc CAMBREZY et Laurence QUINTY-BOURGEOIS

### TOME 1

Dans ce premier volume de l'ouvrage *Le territoire, lien ou frontière*, les auteurs, géographes, anthropologues et sociologues, explorent à différentes échelles, à travers la planète, les relations entre territoire et identité. Le territoire est ici l'espace d'appartenance des sociétés humaines qui ont tissé avec lui des liens vitaux, symboliques et affectifs.

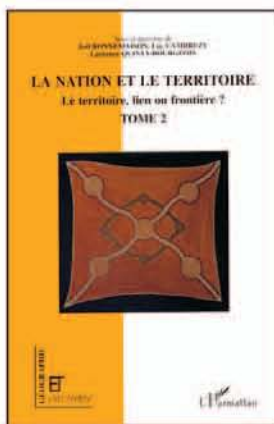
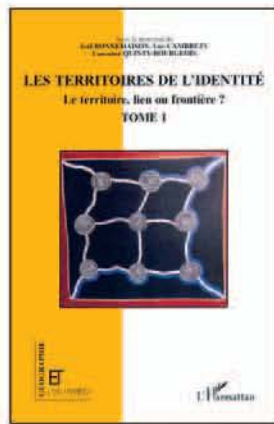
Les territoires de l'identité se laissent découvrir de plusieurs points de vue : celui du paysage, traduisant à la fois l'enracinement identitaire et l'inscription territoriale; celui des discours, mettant en jeu un ou des territoires pour affirmer, consolider ou reconquérir une identité; celui des pratiques sociales qui, en deçà ou au-delà des frontières nationales, conjuguent ancrage et mobilité. Autant de constructions identitaires, autant de réponses des sociétés quant au devenir de leur identité confrontée aux incertitudes, aux déstructurations et aux recompositions des territoires.

### TOME 2

Ce second volume issu d'une réflexion collective sur *Le territoire, lien ou frontière?* s'interroge sur le rôle et la place de la territorialité dans la construction (ou la reconstruction) de la nation.

Dans le foisonnement d'observations recueillies aux quatre coins du monde, le lecteur mesurera combien le concept de nation peut être instrumentalisé et comment le territoire est diversement sollicité pour lui donner une réalité concrète.

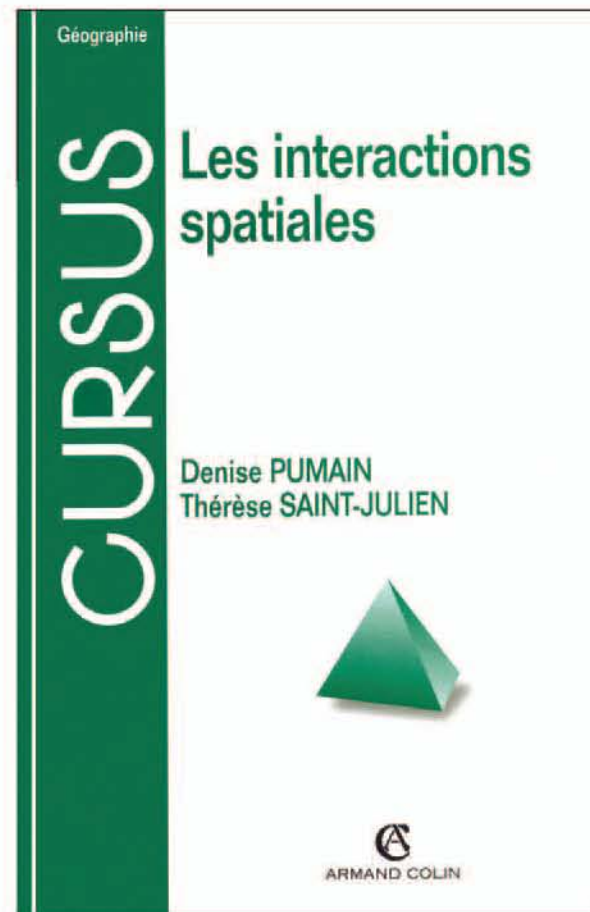
Mais, si la Nation reste une idée à géographie variable c'est qu'elle se reconstruit constamment en puisant dans l'indissoluble relation qui existe entre culture et territoire. Dans ce florilège d'exemples on perçoit ce que chaque discipline peut apporter à une meilleure compréhension des rapports au territoire que se construisent les sociétés humaines. Dire quels sont ces rapports c'est donc porter un regard sur ce qui relève à la fois du matériel et du concret - c'est l'espace comme support physique de notre existence - mais aussi sur ce qui renvoie au subjectif, à l'affectif et à l'abstraction - c'est la signification symbolique que la société attribue au territoire, son essence mythique. Chacun établira à sa convenance la distinction entre les Etats-Nations, les nations en quête d'un Etat, et les Etats sans nation. Là pourrait d'ailleurs commencer la polémique si cet ouvrage n'apportait pas la démonstration qu'un débat sur le concept de nation n'a de chance d'aboutir que s'il est accompagné d'un examen attentif des rapports des sociétés humaines à leur territoire.



EDITION: L'Harmattan

## ■ CURSUS Les interactions spatiales

Denise Pumain



L'interaction spatiale est l'ensemble des processus par lesquels ce qui se passe en un lieu peut retentir sur l'évolution d'autres lieux. C'est ce qui permet d'expliquer la construction sociale et l'évolution des entités qu'étudie la géographie: villes, régions, réseaux, territoires...

Ce manuel permet au lecteur de comprendre et d'analyser comment les interactions entre les objets géographiques façonnent des structures spatiales et interviennent dans leur évolution. Il donne des clés pour étudier le mouvement dans l'espace, la différenciation et la spécialisation des lieux, les inégalités entre centres et périphéries, les hiérarchies urbaines ou territoriales, les modalités du changement dans l'espace.

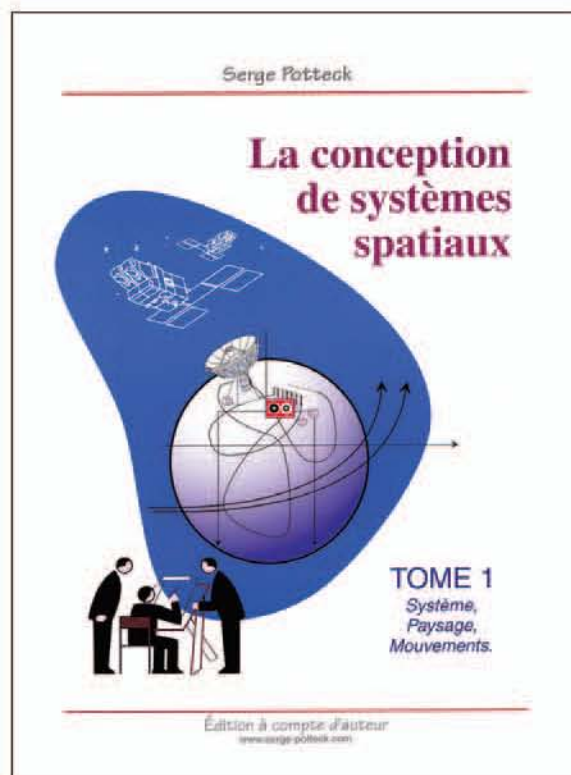
Les concepts essentiels sont rapprochés des instruments indispensables à leur étude. Les flux de communication et d'échanges sont passés au crible du modèle gravitaire. Les spécialisations sont caractérisées au moyen d'indices et d'analyses multivariées. Les hiérarchies territoriales et urbaines sont rapprochées de distributions types et mises en relation avec des modèles de croissance. Les modifications dans l'espace géographique sont analysées dans leurs diverses composantes.

EDITION : Armand Colin.



## ■ La conception de systèmes spatiaux Tome 1 : Système, Paysage, Mouvements

Serge Potteck



Nous sommes des êtres humains, donc nous sommes des concepteurs. Nous sommes des concepteurs, donc nous sommes humains. Autrement dit, sur cette Terre au moins, nous nous distinguons par notre faculté à inventer des solutions inédites, adaptées aux problèmes qui se présentent. Cette faculté, nous l'exerçons aussi bien dans le cadre de nos activités professionnelles que dans celui de nos activités privées.

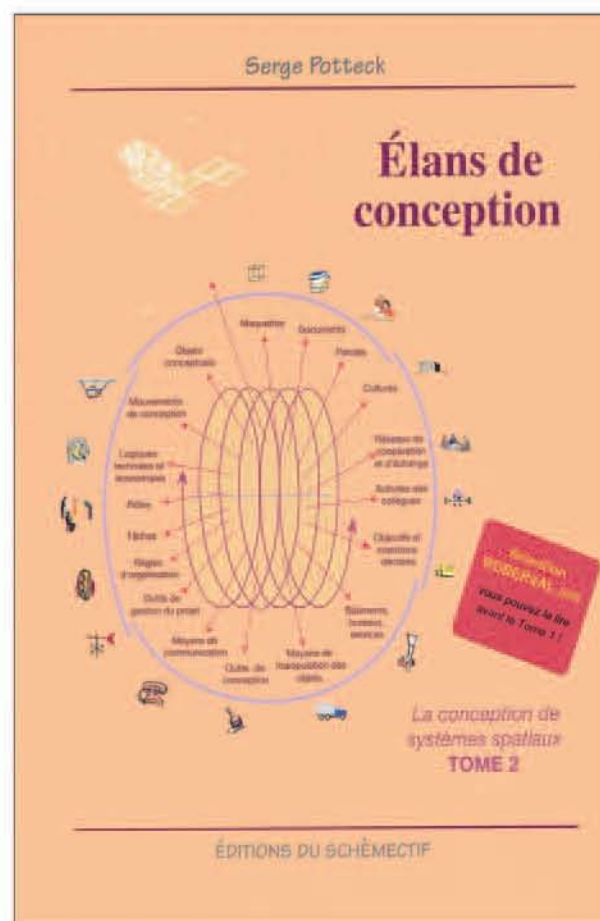
Parmi nous, les concepteurs de systèmes spatiaux, dont l'activité consiste à mettre en œuvre des systèmes technologiques qui s'appuient sur un ou plusieurs véhicules circulant hors de l'atmosphère terrestre, pratiquent et développent un art de la conception parmi les plus aboutis. Cet ouvrage, qui décrit de façon rigoureuse mais accessible leurs démarches de travail, permettra à chacun de progresser dans ses propres activités. Les nombreuses illustrations offertes par des concepteurs en exercice pourront aussi être parcourues pour se familiariser avec l'environnement naturel de la Terre, et pour découvrir ces objets fort compliqués que sont les véhicules spatiaux.

Connaissant mieux l'Espace d'une part, et les objets techniques d'autre part, nous apprécierons la subtilité de la relation établie entre ce naturel et cet artificiel par les concepteurs. Cette relation s'apparente à celle entretenue hier par les voiliers avec la haute mer, ce que des systèmes spatiaux tels que SPOT - le Système pour l'Observation de la Terre - permettront d'illustrer. Des relations, des formes et des mouvements étrangement semblables se manifesteront ensuite au cœur du processus de conception lui-même. Ce mystère, épaissi par ce premier tome, sera éclairci dans le second.

EDITION À Compte d'Auteur.

## ■ Élans de conception La conception de systèmes spatiaux-Tome2

Serge Potteck



Nous sommes des êtres humains, donc nous sommes des concepteurs. Nous sommes des concepteurs, donc nous sommes humains. Autrement dit, sur cette Terre au moins, nous nous distinguons par notre aptitude à créer des solutions inédites, adaptées aux problèmes qui se présentent à nous.

Les concepteurs de systèmes technologiques pratiquent et développent un art de la conception parmi les plus aboutis. Il s'agit pour eux de répondre à un large défi : l'inscription des objets techniques naissants dans les nombreuses 'logiques' en vigueur. Ces logiques sont de nature technique, financière, juridique, etc.

Sur la base d'exemples issus de la conception de systèmes spatiaux, à la lumière de travaux menés dans diverses disciplines des sciences humaines, on découvre que les concepteurs répondent à ce défi par des facultés comme le raisonnement, la créativité, l'organisation, la coopération. Ils sont traversés par des "élans de conception" qui manifestent leur appartenance à l'espèce humaine.

La question suivante est alors ouverte : quel rôle et quelle responsabilité ont-ils dans l'activité technologique, qui satisfait bien des désirs mais transforme notre environnement?

EDITION: SCHÈMECTIF.



## ■ DE L'ERGONOMIE DU LOGITIEL AU DESIGN DES SITES WEB

Jean-François Nogier

Aussi performant soit-il, aucun logiciel ou aucun site web ne connaîtra de succès s'il n'est pas également facile à utiliser. L'utilisabilité est devenue une des clés de la réussite commerciale dans le monde de l'informatique. Délibérément pragmatique, cet ouvrage fait la synthèse des recommandations et des expériences menées dans le domaine de l'ergonomie du logiciel et des sites internet.

Du choix des couleurs et des polices de caractères à l'organisation des composants de l'interface, de la conception du protocole de navigation d'un site Internet aux spécificités graphiques d'une page web, il propose des méthodes et donne des conseils pratiques pour rendre le dialogue homme-machine le plus simple, le plus fluide et le plus efficace possible.

Ce guide s'adresse à toutes les personnes impliquées dans la conception et le développement de logiciels ou de sites internet, en particulier celles en charge des spécifications et de l'interface homme-machine, mais aussi les chefs de projet, les chefs de produit et les commerciaux. Il intéressera également ceux qui souhaitent évaluer l'utilisabilité d'un logiciel en vue d'en faire l'acquisition pour leur entreprise ou pour eux-mêmes.



EDITION : DUNOD.

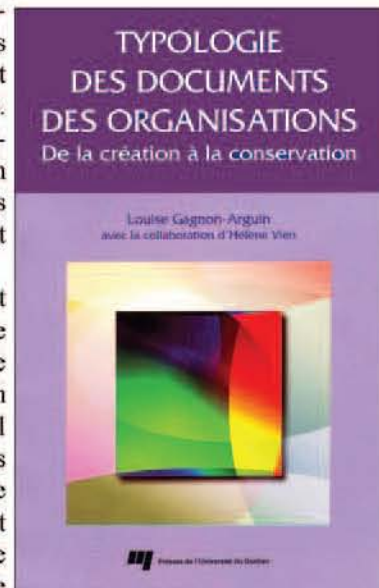
## ■ TYPOLOGIE DES DOCUMENTS DES ORGANISATIONS

De la création à la conservation

Louis Gagnon-Arguin avec la collaboration d'Hélène Vien

Les activités administratives génèrent des types de documents qui leur sont conventionnellement reliés. L'avènement de l'informatique a modifié la façon de gérer ces documents mais n'en a pas fait disparaître la pertinence.

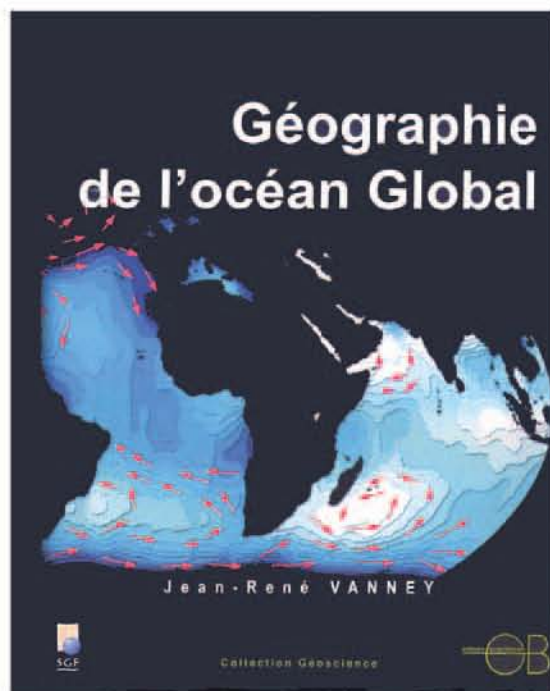
Les organisations doivent toujours produire cette information peu importe le mode de création et d'échange et ce, qu'il s'agisse de documents électroniques ou de documents sur support papier. Cet ouvrage présente près d'une centaine de types de documents produits dans le cadre des fonctions administratives communes à la plupart des organisations. Par l'analyse de chacun d'entre eux, il aborde différents aspects permettant d'en situer la création, d'en connaître le contenu et d'en déterminer le traitement et la conservation. Il s'adresse aux étudiants en archivistique et à toute personne concernée par la gestion de l'information qu'elle gère des documents ou des archives, qu'elle conçoive des systèmes ou qu'elle travaille en informatique.



EDITION : Presse de l'Université du Québec.

## ■ GÉOGRAPHIE DE L'OCEAN GLOBAL

Jean-René VANNEY



Parvenu aux rivages du XXI<sup>e</sup> siècle, dont la traversée sera risquée selon de sombres pronostics, l'océan universel doit être désormais conçu comme un tout partagé, et présenté en adoptant une vision « globalisante » que les techniques satellitaires et sous-marines requièrent. L'objectif de l'ouvrage est d'analyser la totalité de l'océan dans l'intégralité géographique de son ordonnancement et de ses fonctions. Les composantes océaniques, en dépendances mutuelles, s'intègrent dans un système unique au monde, allant de la surface au tréfonds, de l'équateur aux pôles et de l'inerte au vivant. Aboutissement d'un rééquilibrage permanent depuis des dizaines de millions d'années, l'océan évolue désormais sous l'influence croisée des facteurs naturels et anthropiques, l'espèce humaine en étant devenue un forçage nouveau, un rouage supplémentaire. Comportant des environnements inégalement résistants à l'emprise croissante des sociétés, l'océan Global occupe à présent l'un des foyers de la problématique et de l'inquiétude planétaires. Son évolution, atteinte ou menacée par la corruption, ne risque-t-elle pas, en retour, de peser de manière déterministe sur celle des sociétés ?

L'ouvrage comporte une bibliographie de plus de 700 titres et un index thématique et géographique.

Il intéressera les chercheurs, enseignants du supérieur et leurs étudiants, ainsi que ceux du secondaire.

EDITION : Scientifiques GB.

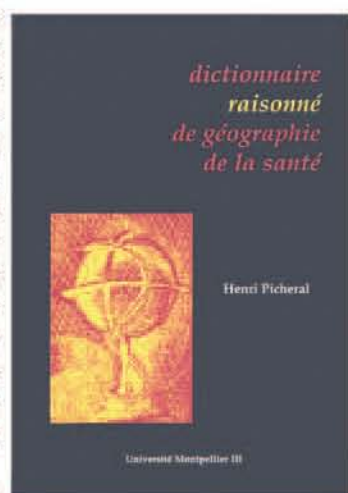


## ■ DICTIONNAIRE RAISONNÉ DE GÉOGRAPHIE DE LA SANTÉ

Herni Picheral

Ce dictionnaire s'adresse autant aux géographes, encore peu familiers des questions de santé qu'à tous ceux qui sont amenés à traiter de l'espace, des lieux, des territoires, de la distance... en un mot de la géographie: médecins, épidémiologiste, ou spécialistes de santé publique, nutritionnistes, démographes, sociologues et anthropologues, économistes administrateurs et gestionnaires d'institution socio-sanitaire.

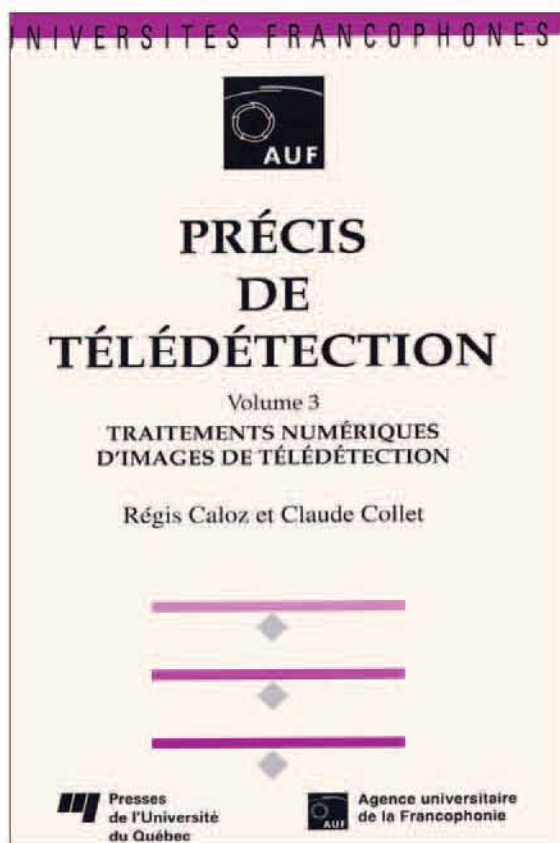
Il propose aux uns et aux autres une série de définitions soit des concepts de la géographie théorique ou appliquée, soit des termes et des méthodes des sciences sociales et des sciences de la vie. Tout en en montrant la complémentarité et les connexions ce dictionnaire "raisonné" adopte sans ambiguïté le point de vue du géographe.



EDITION : GEOS "Université Montpellier III".

## ■ PRÉCIS DE TÉLÉDÉTECTION Traitements Numériques d'Images de Télé-détection

Par Régis Caloz et Claude Collet



Précis de télé-détection est une série d'ouvrages d'introduction de niveau intermédiaire, plus détaillés que les volumes de vulgarisation et plus abordables que les traités fondamentaux destinés aux chercheurs. Conçus pour les étudiants du premier et du deuxième cycle universitaire (B.Sc. et M.Sc. au Canada, licence, maîtrise et DEA en France, licence en Belgique, licence et diplôme en Suisse), ces ouvrages s'adressent aussi bien aux étudiants issus des programmes de sciences pures et appliquées qui veulent s'initier aux applications de la télé-détection qu'à ceux des sciences naturelles (géographie, géologie, agronomie, foresterie, océanographie, climatologie, urbanisme) qui veulent approfondir leurs connaissances des outils d'observation de la Terre. Ce troisième volume propose des séquences de traitements d'images permettant, la transformation des données de télé-détection originales en une information géographique dont le contenu exprime des thématiques exploitables. Ainsi chaque chapitre se rapporte à des traitements liés aux fonctions de base du traitement numérique d'images. Plus de deux cents schémas et images illustrent les méthodes et techniques présentées. Le premier volume présente les principes physiques, les capteurs et la méthodologie alors que le deuxième traite des applications de la télé-détection à divers secteurs (géologie, foresterie, urbanisme, etc.).

EDITION : Agence Universitaire de la Francophonie.

## ■ DROIT TÉLÉDÉTECTION ET ENVIRONNEMENT

Sous la direction de SIMONE COURTEIX

A l'heure où des voix de plus en plus nombreuses s'accordent pour affirmer que "l'homme est malade de son environnement", comment ne pas accorder une importance toute particulière à de nouvelles techniques et notamment à la télé-détection par satellite qui se révèle un instrument hors de pair pour la connaissance de l'environnement, de ses détériorations et pour l'évaluation des remèdes à appliquer. Telle est la conclusion à



laquelle sont parvenus les participants au Colloque de Strasbourg de juin 1993, dans le cadre d'une étude interdisciplinaire. Ils ont en effet souligné le caractère indispensable d'un recours à cet "oeil géant de l'espace" qui, tel l'Oeil de la "Légende des Siècles", est appelé à poursuivre, jusque sous la terre, les Caïn des temps modernes et dénonce les effets criminels de leurs activités contre leurs frères les hommes. Encore faut-il préciser que bien des problèmes, notamment juridiques, doivent encore être résolus avant de conférer une pleine efficacité à ce nouveau mode de surveillance. L'une des ambitions de ce Colloque a été précisément d'avancer sur la voie qui mène à la solution d'ensemble de ces problèmes. Pour y parvenir, il convient cependant de ne pas perdre de vue que, pour paraphraser une expression fameuse, la défense de l'environnement est une chose trop sérieuse pour être confiée aux seuls environnementalistes. Elle doit être l'affaire de tous mais au premier chef des responsables nationaux et internationaux de la planète.

EDITION : SIDES.

Tous ces ouvrages et périodiques sont disponibles au niveau de la Bibliothèque de l'INCT



## La 21ème Conférence Internationale de Cartographie ( ICC 2003 ) et la 12ème assemblée générale de l'Association Internationale de Cartographie ( ICA ).

Durban (Afrique du Sud), du 10 au 16 Août 2003.

Par Mr F. BEN HAMOUDA / INCT Alger

Une délégation algérienne composée de Mrs le Lt-Colonel KESRAOUI Arezki (SGT/MDN) et BENHAMOUDA Fethi (SDRD/INCT), a participé aux travaux de la 21ème Conférence Internationale de Cartographie ( ICC 2003 ) et de la 12ème assemblée générale de l'Association Internationale de Cartographie ( ICA ), se sont tenues à Durban (Afrique du Sud) entre le 10 et le 16 Août 2003.

### 1- Les travaux de la 12ème assemblée générale de l'ICA :

L'assemblée générale de l'ICA a lieu tous les quatre (04) ans. Cette importante association internationale est composée de 79 pays. Lors de cette assemblée 68 pays étaient présents. L'Algérie et la Jordanie étaient les seuls pays arabes ayant pris part aux travaux de la 12ème assemblée générale. Les travaux de cette dernière se sont déroulés en deux sessions, le 10 et le 16 août 2003, et avaient comme principaux points à l'ordre du jour:

#### a) Election du nouveau comité exécutif de l'ICA : président, secrétaire général, trésorier, 07 vice-présidents :

L'assemblée a élu, par vote secret, un nouveau comité exécutif de l'ICA pour la période 2003-2007 et qui sera dirigé par un nouveau président Mr Milan KONECN ( République Tchèque ). Quant aux autres membres élus dudit comité, il s'agit de :

- Secrétaire Général et Trésorier: Ferjan Ormeling ( Hollande ).
- Les 07 Vice-présidents sont:
  - Vladimir TIKUNOV ( Fédération de Russie ).
  - William CARTWRIGHT ( Australie ).
  - Ramon LORENZO( Espagne ).
  - Robert McMASTER ( USA ).
  - Haggai NY APOLA ( Kenya ).
  - Kirsi-Kanerva VIRRANTAUS ( Finlande ).
  - David John FAIRBAIRN ( Royaume Uni ).

#### b) Admission de nouveaux membres nationaux, exclusion et suspension de vote des membres nationaux :

L'assemblée a admis par vote à mains levées les nations suivantes le Kenya et la Lituanie. Quant aux pays ayant été suspendus de droit de vote, il s'agit de l'Albanie, le Brésil, l'Estonie, la Guinée, le Madagascar, le Nicaragua, les Philippines, le Qatar, le Salvador, l'Ouganda, l'Ukraine le Viet-Nam et la Tunisie.

#### c) Adoption d'un plan stratégique 2003-2011 :

Le plan stratégique de l'ICA 2003-2011 a été présenté à l'assemblée générale pour enrichissement et adoption.

Sa conception a pour objectif de répondre au challenge à relever pour que cette association puisse s'adapter aux nouvelles technologies relatives à la cartographie, en se basant sur les résultats d'une analyse du passé de l'ICA fondée sur les points forts, les points faibles, les risques relatifs à la diminution de l'intérêt porté à la cartographie, et les nouvelles opportunités qui s'offre dans le domaine de la cartographie et des Sciences de l'Information Géographique.

#### d) Propositions de commissions 2003-2007 et élections des présidents de commissions :

Pour la période 2003 - 2007, 17 commissions ont été mises en place sur la base de nouveaux termes de références établis avec la participation des scientifiques présents dans cette conférence. Lors de la dernière session de cette assemblée générale et sur la base des Curriculum Vitae des candidats, une élection à vote secret a permis d'élire les nouveaux présidents de commissions. A noter que la nomination des candidats à la présidence de la commission « histoire de la cartographie » a suscité quelques tensions au sein de cette assemblée.

#### e) Présentation de la 22ème Conférence Internationale de Cartographie :

La prochaine Conférence Internationale de Cartographie, la 22ème de ce nom, aura lieu en Espagne à La Corogne, entre le 09 et le 16 juillet 2005.

#### f) Sélection du lieu de la 13ème assemblée générale et 23ème conférence internationale de cartographie :

Quant à la 13ème assemblée générale et la 23ème Conférence Internationale de Cartographie, l'assemblée générale a accepté à l'unanimité la proposition de la fédération de Russie de l'organiser à MOSCOU au cours de l'été 2007.

### 2- Le déroulement de la 21ème Conférence Internationale de Cartographie :

Les travaux de cette importante manifestation scientifique - la 22ème Conférence Internationale de Cartographie - sous le thème « Cartographie Renaissance » ont enregistré un nombre record de présentations orales et posters. Ainsi, 301 communications et 104 Posters ont été présentés et qui concernent tous les thèmes relatifs à la cartographie et les domaines connexes : cartographie topographique et thématique, télédétection, généralisation, mise à jour des bases de données, cartographie par Internet...



### 3- L'exhibition commerciale et les nouveaux logiciels :

L'exposition commerciale a réuni plus d'une vingtaine d'exposants, qui ont présenté leurs dernières nouveautés technologiques, où l'on peut noter :

- La présentation d'un nouveau module d'ESRI (ArcGlobe).
- L'exposition du premier logiciel qui prend en charge les aspects relatifs à la correction de précision des données SPOT 5 ( 5m et 2.5 m de résolution spatiale ) PCI Geomatica 9.

Etaient présents à cette manifestation des compagnies de cartographie du secteur privé qui proposent leur service en terme de cartographie à moyenne échelle ( 1/50000 ème ) à partir des données spatiales Russes à 01 m de résolution spatiale.

### 4- Les travaux du workshop relatif à l'implémentation de Standards en Information Géographique en Afrique :

Le dimanche 10 Août 2003 a eu lieu le workshop relatif à l'implémentation de Standards en Information Géographique en Afrique.

Il a été parrainé par l'EIS-AFRICA ( un réseau d'institutions africaines de cartographie ) et l'United States Geological Survey. Lors de ce workshop plusieurs présentations scientifiques ont été faites par d'illustres scientifiques sur les thèmes relatifs à la standardisation : les normes ISOTC 211 relatives à la métadonnée, l'implémentation du projet AFREF ( African Reference Frame ).

A l'issue de ces travaux plusieurs recommandations ont été formulées et ont été soumises au comité exécutif de l'ICA pour action, sous le thème : Cartographier l'Afrique pour l'Afrique.



## La Conférence de Cambridge 2003

Cambridge ( Grande Bretagne ) du 20 au 25 juillet 2003.

Par Mr M. ABDEDOU / SDRD

*L'Institut National de Cartographie et de Télédétection a participé à la Conférence de Cambridge 2003 qui s'est tenue à la ville de Cambridge ( Grande Bretagne ) du 20 au 25/07/2003.*



La conférence, organisée tous les quatre ans par l'Ordnance Survey ( Agence cartographique nationale de Grande Bretagne ) au collège saint John, est un forum international réunissant des chefs d'institutions cartographiques privées et publiques, des techniciens et chercheurs de très haut niveau, ainsi que des industriels activant dans le domaine des sciences géographiques, pour exposer, discuter et échanger des points de vue et expériences sur les problèmes relatifs à la cartographie topographique régulière et technologie de l'information ( état de l'art et perspectives d'avenir ).

La conférence 2003 s'est tenue sous le thème « National Mapping – Shaping the future » et a réuni 193 délégués venant de 72 pays ainsi que des représentants de l'ONU.

L'Europe était fortement représentée ( 22 pays ), les autres continents avaient une participation moyenne de 7 à 10 pays ( 07 pays arabes ).

Par contre les îles des différents continents étaient fortement représentées.

La Grande Bretagne a été représentée par 38 délégués suivie des Etats Unis d'Amérique par 15 délégués, pour le reste des pays la moyenne est de 03 délégués par pays.

L'Algérie est le seul pays maghrébin présent et a été représenté par Mr Mohamed ABDEDOU.

La première conférence de cambridge s'est tenue durant l'été 1928 à la marge du congrès géographique international, réunissant des chefs d'organisations cartographiques de 45 pays membres du « British Colonial Survey » de l'Australie à Zanzibar. Le succès de la conférence a encouragé l'organisation d'une autre trois années plus tard, puis régulièrement tous les quatre ans regroupant les pays du Commonwealth. En 1995, il a été décidé d'étendre le meeting du Commonwealth à toutes les institutions cartographiques privées et publiques du monde sous le patronage de l'Ordnance Survey .

La conférence de Cambridge 2003 a été organisée en 07 sessions de conférences et ateliers de travail dont les thèmes sont :

#### Conférences :

- Session d'introduction et de bienvenue.
- L'importance de la cartographie nationale dans un monde en changement.
- Qui finance le cartographe!
- Contexte global de la cartographie nationale.
- Engagement du secteur privé dans la cartographie nationale.
- Les grands axes du futur développement technologique.
- Session de clôture.



Ateliers :

- Transformations des institutions cartographiques nationales.
- Infrastructure des données spatiales nationales (NSDI).
- Comprendre le client et le marché.
- Applications technologiques.

L'un des principaux problèmes et questions traités durant la conférence ont trait au futur et devenir de la cartographie nationale et les institutions cartographiques publiques face à la mondialisation. En effet, face à un monde en pleine mutation avec une ouverture vers le secteur privé national et multinational, les institutions cartographiques nationales qui, pour la majorité d'entre elles détiennent le monopole de la cartographie et des équipements de base, la privatisation pose un problème de sécurité et sauvegarde des données, de copyright, de contrôle de la qualité et cohérence des données, de géostratégie et de financement et de savoir-faire technologique. Le débat sur cette question particulière a été d'autant riche et animé que contradictoire, opposant souvent des représentants du secteur privé et ceux du secteur public d'un même pays. Certains pays sont plus avancés sur cette question tel que la Suède qui fût citée comme un cas d'école et d'autres plus réticents et réservés.

Le cas des pays en voie de développement a été également abordé où certains pays ont été invités à exposer leurs points de vue sur la question de la privatisation tel que le Zimbabwe, le Népal et Fidji. Il a été retenu que le problème se pose différemment du fait de la différence de taille dans le financement l'organisation et niveau de maîtrise technologique et organisationnelle des institutions publiques ainsi que le niveau

et le nombre des compétences humaines insuffisant pour la constitution d'un secteur privé suffisamment qualifié pour prendre en charge des problèmes de géodésie et de cartographie nationale.

Le deuxième problème principal abordé est lié à l'Infrastructure des données spatiales globales et nationales (GSDI, NSDI) : Normes d'avancement et perspectives d'avenir, compatibilité des modèles de NSDI actuel pour les pays émergents. Plusieurs pays ont exposé leur état d'avancement sur la constitution d'un Système d'Information Géographique National multi-thématique, ainsi que leur points de vue sur une stratégie future d'un SIG mondial. Internet a eu à cet effet une place particulière.

Les exposants ont invité les délégués présents à multiplier leurs expériences sur l'utilisation d'Internet pour les SIG et Bases de Données Géographiques pour la consultation et le commerce électronique des données à référence spatiale. Un autre aspect qui a connu un intérêt particulier concernait les perspectives des développements technologiques et scientifiques futurs dans le domaine de la technologie de l'information en général et l'information géographique en particulier.

A l'ordre du jour était l'information géographique multi-échelle intelligente et les bases de données, la généralisation des données à référence spatiale, l'interopérabilité des bases de données et les systèmes d'anti-piratage des données vectorielles à référence spatiale.

En conclusion, cette conférence a été une grande et précieuse opportunité pour s'informer et comprendre les changements organiques, géostratégiques et technologiques qui s'opèrent ou vont s'opérer dans le monde de la cartographie ainsi que de comprendre la dialectique entre recherche scientifique et géostratégie.



**Contribution des images ET M + de Landsat 7 à la mise à jour  
cartographique au 1/200 000; cas de la feuille de M'sila  
( Hauts Plateaux, Algérie )**

*Memoire de Mastère soutenu Par Mr A. OUGRINE, SDRD / INCT - Alger*

L'histoire et l'évolution de la cartographie sont intimement liées aux techniques employées. Ainsi, au XIX siècle, il aurait fallu 100 ans pour cartographier une superficie de 250 000 km<sup>2</sup>, au moyen de mesures au sol ( levés à la planchette ). Au cours de la seconde moitié du XX siècle, la même tâche aurait été accomplie en 10 ans grâce à la photographie aérienne. Avec les techniques de cartographie par satellite aujourd'hui disponibles, on espère réduire encore ces délais.

L'imagerie spatiale est en effet utilisée depuis une quinzaine d'années pour cartographier rapidement des zones étendues, mais il a fallu attendre les données haute résolution des satellites LANDSAT ( instrument TM ) et surtout SPOT ( HRV ) pour voir le développement de nouvelles applications cartographiques, topographiques et thématiques à moyenne échelle ( en général du 1/25 000 au 1/200 000 ).

Le satellite LANDSAT 7 est actif depuis 1999. Il est équipé du capteur ETM + fournissant 08 bandes spectrales ( visibles, proche et moyen infrarouge, thermique et panchromatique ).

Il offre une couverture mondiale avec des images de 15 mètres de résolution en mode panchromatique et 30 mètres en mode multispectrale ( 06 bandes ).

La présente étude vise à définir un processus de révision de cartes topographiques par méthode interactive à partir d'une carte topographique au 1/200 000 ancienne numérisée et des images ETM + de LANDSAT 7 de mars 2001.

La méthodologie développée dans le cadre de ce travail comprend les étapes suivantes :

- Numérisation des données (scannérisation et vectorisation).
- Prétraitement des données ( orthorectification ).
- Mise à jour de la carte topographique.

L'interprétation de l'ortho-image après superposition des fichiers vecteurs permet l'identification et les corrections des éléments cartographiques variant entre l'année d'édition de la carte et l'année de prise de vue de l'image, sur la base d'interprétation visuelle de l'image.

*Mémoire de Mastère en Sciences et Technologies de l'Espace,  
Option Télédétection et SIG, CRASTE-LF, 92 pages.*

**Evaluation de l'apport des images IKONOS à la cartographie  
topographique-Application aux grandes échelles**

*Memoire de Master soutenu Par Mr F. DEGAICHA, SDRD / INCT - Alger*

Les cartes topographiques sont la base physique de toute opération de développement.

La télédétection spatiale devient de plus en plus utile pour suivre l'évolution rapide des grandes villes des pays en voie de développement.

Avec l'apparition des satellites d'observation de la terre à très haute résolution spatiale (de l'ordre du mètre), la cartographie urbaine est l'une des applications les plus prometteuses de la télédétection.

Le 24 septembre 1999, IKONOS, le premier satellite commercial à très haute résolution a été lancé.

Ces images à très haute résolution devraient être d'une grande utilité pour les cartographes, mais aussi pour les urbanistes, les agriculteurs, les responsables de l'environnement, les sociétés de distribution d'eau et d'électricité etc....

Nous proposons à travers cette étude d'évaluer l'apport des images IKONOS pour la cartographie topographique et particulièrement les grandes échelles ( 1:25000 au 1:5000 ).

Pour cette étude, ALGER dont le tissu urbain est très dense, constituera un site adéquat pour une évaluation quantitative et qualitative de l'utilisation des images IKONOS.

Ce travail est divisé en deux étapes :

- Etude des aspects sémantiques pour la cartographie à partir des images IKONOS.
- Evaluation des aspects métriques pour la cartographie à partir des images IKONOS.

Pour l'évaluation pratique, une image IKONOS en mode panchromatique a été utilisée, et traitée grâce au logiciel Orthoengine 8.1 de PCI GEOMATICS.

**Mots-clés :** *Cartographie topographique, images IKONOS, étude sémantique, précisions.*

*Mémoire de Mastère en Sciences et Technologie de l'Espace  
Option Télédétection et SIG, CRASTE6LF, 91 pages.*



## CALENDRIER DES MANIFESTATIONS SCIENTIFIQUES INTERNATIONALES

2003			
DATE	MANIFESTATIONS	SITE	CONTACT
Tbr Oct/Nov 2003 "NEW"	United Nations Workshop on Space Law <a href="http://www.oosa.unvienna.org/SAP/sched/index.html">www.oosa.unvienna.org/SAP/sched/index.html</a>	Daejeon, KOREA	UN Office for Outer Space Affaires P: +43-1-260-60-4950 /F: -60-5830 E: <a href="mailto:oosa@oosa.un.or.at">oosa@oosa.un.or.at</a>
3-7 Nov 2003 "UPDATED"	24 <sup>th</sup> ACRS 2003 <a href="http://www.acrs03isrs.org/">www.acrs03isrs.org/</a>	Busan, KOREA	Prof. Young-Seup Kim P: +82-51-620-6271/F: -51-625-2529 E: <a href="mailto:kimys@pknu.ac.kr">kimys@pknu.ac.kr</a>
3-7 Nov 2003 "NEW"	7 <sup>th</sup> South East Asian Survey Congress (SEASC2003) <a href="http://www.seasc2003hk.org/">www.seasc2003hk.org/</a>	Hong Kong, CHINA	Congress Secretariat Ms. Tessa CHIU P: +852-25599973/F: -25479528 E: <a href="mailto:enquiry@seasc2003hk.org">enquiry@seasc2003hk.org</a>
6-7 Nov 2003 Cosponsorship Confirmed by Council	International Symposium "modern technologies, Education & professional Practice in the Globalizing World" (web site not ready)	Sofia, BULGARIA	Prof. Dr .Eng. Georgi Milev P: +359-2-700-406 /F: -720-841 E: <a href="mailto:milev@bas.bg">milev@bas.bg</a>
6-8 Nov 2003 "NEW" Conf. By Council	WG IV/4 tutorial on "Spatial Data Infrastructure for Urban Planning and Management" (web site not ready)	Dehradun, INDIA	Parth Sarathi Roy (Chair WG IV/4) P: +91-135-744583/F: -741987 E: <a href="mailto:psr@iirs.gov.in">psr@iirs.gov.in</a>
10-14 Nov 2003 "UPDATED"	30 <sup>th</sup> International Symposium on Remote of Environment <a href="http://isrse.pdc.org/">http://isrse.pdc.org/</a>	Honolulu, Hawaii USA	30ISESE P: +1-808-944-7557/F: -944-7399 E: <a href="mailto:30isrse@eastwestcenter.org">30isrse@eastwestcenter.org</a>
15-18 Nov 2003 "NEW"	Asia GIS 2003 Conference <a href="http://mail.liesmars.wtusm.edu.cn/asiagis2003">http://mail.liesmars.wtusm.edu.cn/asiagis2003</a>	Wuhan, CHINA	Ms. SHI Lite P&F: +86-278764-3969°@°@ E: <a href="mailto:liltshi@mail.liesmars.wtusm.edu.cn">liltshi@mail.liesmars.wtusm.edu.cn</a> <a href="mailto:Little_shi@sina.com">Little_shi@sina.com</a>
15-18Nov 2003 "NEW"	2003 International Symposium on GPS/GNSS <a href="http://www.gnss.jp/">http:// www.gnss.jp/</a>	Tokyo, JAPAN	Maritime Transport Co-research Center P: +81-3-5245-7376/F: -5620-6468 E: <a href="mailto:webmaster@gnss.jp">webmaster@gnss.jp</a>
17-21 Nov 2003 "UPDATED"	United Nations Workshop on Satellite-Aided Search and rescue <a href="http://www.oosa.unvienna.org/SAP/sched/index.html">www.oosa.unvienna.org/SAP/sched/index.html</a>	Miami, USA	UN Office for Outer Space Affaires P: + 43-1-260-60-4950/F: -60-5830 E: <a href="mailto:oosa@oosa.un.or.at">oosa@oosa.un.or.at</a>
2-5 Dec 2003 "NEW" Confirmed by Council	WG I/2 International Workshop on radiometric & Geometric Calibration (web site not ready)	Stennis Space Center, Mississippi USA	Prof. Stanley Morain (President Comm.1) E: <a href="mailto:smorain@edac.unm.edu">smorain@edac.unm.edu</a> Amy Budge (Secretary Comm.1) E: <a href="mailto:abudge@edac.unm.edu">abudge@edac.unm.edu</a>
3-5 Dec 2003 Confirmed by Council	Joint Workshop WG II/5 & WG II/6 On Spatial Analysis and Decision Making <a href="http://kartoweb.itc.nl/SADM2003">http://kartoweb.itc.nl/SADM2003</a>	Hong Kong, CHINA	Dr. Qiming Zhou P: +852-3411-5048/F: -3411-5990 E: <a href="mailto:qiming@hkbu.edu.hk">qiming@hkbu.edu.hk</a>
9-12 Dec 2003 Confirmed by Council	WG VII/3 workshop On "Integrated Monitoring system" (web site note ready)	thiruvananthapuram INDIA	Shailesh Nayak (Chair WG VII/3) P: +91-79-6914141/F: -6760626 E: <a href="mailto:snayakad1@snacharnet.in">snayakad1@snacharnet.in</a>
10-12 Dec 2003 "NEW"	4th International Conference on Web Information Systems Engineering <a href="http://www.dis.uniroma1.it-wise03/">www.dis.uniroma1.it-wise03/</a>	Roma, ITALY	WISE2003 E: <a href="mailto:wise03@dis.uniroma1.it">wise03@dis.uniroma1.it</a>
13 Dec 2003 "NEW"	Third International Workshop on Web and Wireless Geographical Information Systems "W2GIS 2003" <a href="http://www.cs.ucd.ie/w2gis/">www.cs.ucd.ie/w2gis/</a>	Roma, ITALY	Dr. Michela Bertolotto E: <a href="mailto:michela.bertolotto@ucd.ie">michela.bertolotto@ucd.ie</a>



<b>13-16 Dec 2003 Confirmed by Council</b>	WG I/4; International Conference On Advanced Remote Sensing for Earth Observation; Systems, Techniques, and Application (web site note ready)	Riyadh, SAUDI ARABIA	Dr. Raad A. Saleh P: +1-608-238-4825 E: rsaleh@charter.net
<b>Tbr Dec 2003 "NEW"</b>	United Nations/United States of America International Workshop on Global Navigation Satellite Systems <a href="http://www.oosa.unvienna.org/SAP/sched/index.html">www.oosa.unvienna.org/SAP/sched/index.html</a>	Vienna, AUSTRIA	UN Office for Outer Space Affairs P: +43-1-260-60-4950/F: -60-5830 E: oosa@oosa.un.or.at

<b>2004</b>			
<b>DATE</b>	<b>MANIFESTATIONS</b>	<b>SITE</b>	<b>CONTACT</b>
<b>15-19 Mar 2004 "NEW"</b>	14 <sup>th</sup> International Conference on Engineering Surveying <a href="http://www.iv2004.ethz.ch/index_e.htm">www.iv2004.ethz.ch/index_e.htm</a>	Zürich, SWITZERLAND	Prof. Dr. Hilmar Ingensand P: +41-1-633-3056/F: -633-1101 E: ingensand@geod.baug.ethz.ch
<b>23-28 May 2004</b>	FIG Working Week and XXVII General Assembly <a href="http://www.tee.gr/fig2004/">www.tee.gr/fig2004/</a>	Athens, GREECE	FIG 2004 Organizing Committee E: fig2004@tee.org
<b>24-28 May 2004 "NEW"</b>	ASPRS Annual Conference <a href="http://www.asprs.org/asprs/meetings/calendar.html">www.asprs.org/asprs/meetings/calendar.html</a>	Denver, USA	ASPRS P: +1-301-493-0290/F: -493-0208 E: asprs@asprs.org
<b>10-12 July 2004 "NEW" Confirmed by Council</b>	IC WG II/IV 5 <sup>th</sup> Joint ICA/ISPRS/EuroGeographics Workshop on Incremental Updating and Versioning of Spatial Data Bases <a href="http://geo.haifa.ac.il/*icaupdt">http://geo.haifa.ac.il/*icaupdt</a>	Istanbul, TURKEY	Dr. Ammatzia Peled (Co-chair IC WGII/IV) P: +972-4-8-240-148/F: -249-605 E: peled@geo.haifa.ac.il CC: rjb@rjb-3d.com
<b>12-23 July 2004 Confirmed by Council</b>	XXth ISPRS Congress—Geo-Imagery Bridging Continents <a href="http://WWW.isprs2004-istanbul.com">WWW.isprs2004-istanbul.com</a>	Istanbul, TURKEY	Prof. Dr. M. Orhan Altan -Congress Director P: +90-212-285-3810 F: +90-212-285-6587 E: oaltan@itu.edu.tr
<b>18-25 July 2004</b>	35 <sup>th</sup> COSPAR Assembly <a href="http://www.cosparhq.org/">www.cosparhq.org/</a>	Paris, FRANCE	COSPAR Secrétariat P: +33-1-45-25-06-79 F: +33-1-40-50-98-27 E: cospar@cosparhq.org
<b>20-24 Sep 2004</b>	IEEE/IGARSS 2004 <a href="http://ewh.ieee.org/soc/grss/igarss.html">http://ewh.ieee.org/soc/grss/igarss.html</a>	Anchorage, Alaska, USA	Dr. Bill Emery E: Emery@frodo.colorado.edu
<b>Tbr Nov 2004 "NEW"</b>	ACRS 2004 <a href="http://www.aars-acrs.org">www.aars-acrs.org</a>	Cheng Mai, THAILAND	Dr. Suvit Vibulsresth F: +662-561-3035 E: suvit@gistda.or.th



## توصيات للمؤلفين

تعتبر هذه النشرة فضاءا علميا مخصصا للعلوم الجغرافية .

**نوعية المقالات :** يجب أن تكون المقالات الموجهة للنشر معالجة لمواضيع تختص بالعلوم الجغرافية.

تنقسم المقالات إلى فئتين

- بحث وتنمية

- تأليف

**مقالات البحث والتنمية :** تختص إما بالأعمال التي تتميز بالابتكار والمساهمة التجديدية المساعدة في تطوير العلوم الجغرافية، أو بالإنتاجات والدراسات الملموسة التي تظهر أهمية في مجال السيطرة على مفاهيم العلوم الجغرافية .

**مقالات التأليف :** تهدف إلى إبراز النظريات، الطرق، التقنيات أو المناهج المرتبطة بالعلوم الجغرافية، سيما مع حالات تطبيقية دقيقة.

**اللغات:** تصدر المقالات أساسا باللغة العربية، الفرنسية والإنجليزية .

**مواصفات النشر:** كل بحث يظهر أهمية سوف يتم نشره بغض النظر عن مصدره ، حيث أن انتماء مؤلفه إلى المعهد الوطني للخرائط و الكشف عن بعد ليس بالضروري. يجب أن تقدم المقالات على قرص، مكتوبة بالورد (word) بأعمدة، بمقياس 4 ، بتحشية ثنائية بين الأسطر و بهامش يقدر 2.5 سم على الأكثر على الجوانب الأربعة. يجب أن يشتمل كل بحث على عنوان مختصر و مبلغ.

**الملخص:** يجب أن تشتمل كل مقالة على ملخص بالعربية مرفقا بملخص آخر بالفرنسية أو بالإنجليزية متكون من 100 إلى 200 كلمة.

**الكلمات الجوهرية:** أذكر 5 إلى 6 كلمات جوهرية.

**الفهرسة:** يجب أن تكون المراجع كاملة ومقدمة بالترتيب الهجائي لأسماء المؤلفين. يجب أن ينص المرجع بصفة واضحة على اسم ولقب المؤلف متبوعا بسنة النشر، عنوان التأليف، الناشر ومكان النشر. يجب أن يذكر كل مرجع في النص باسم ولقب المؤلف متبوعا بالرقمين الأخيرين لسنة النشر.

**طريقة النشر:** كل مقال موجه إلى النشر، إذا ما اعتبره رئيس التحرير مقبولا، يتم عرضه للتقييم من طرف عضوين من لجنة القراءة. في حالة ما إذا كان هناك رأي معارض، يتم عرضه على عضو ثالث. المقالات الغير مقبولة لا ترجع إلا في حالة ما إذا كان هناك طلب من طرف المؤلف. يتحصل كل مؤلف على نسختين مجانا ، ويمكن الحصول على نسخ أخرى عند الطلب في حدود المخزون.

**تاريخ الصدور:** تصدر النشرة مرتين في السنة، في نهاية شهر أكتوبر وفي نهاية شهر أبريل.



## RECOMANDATIONS AUX AUTEURS

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 – DEVELOPPEMENT** : 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 SYNTHESES** : 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.

**CRITERES 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 sur disquette et écrit en Word, en colonne 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 RESUME** : 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 CLES** : 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 suivi 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 suivi des deux derniers chiffres de l'année de publication.

**MODALITE DE PUBLICATION** : Tout article présenté pour publication, s'il est jugé recevable par le rédacteur en chef, 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.

Deux exemplaires seront fournis gratuitement, à chaque auteur ; d'autres peuvent être 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.



## RECOMMENDATIONS TO THE AUTHORS

This Bulletin is a scientific area, devoted to geographical sciences.

**KIND OF ARTICLES:**Articles intended to publication must deal with subjects referring to geographical sciences.

Articles are divided up into two rubrics: Research-Development, Synthesis.

**RESEARCH-DEVELOPMENT ARTICLES:** Deal either with works having an originality and an innovatory contribution, helping in the development of the geographical sciences, or deal with concrete studies and achievements presenting an interest in the mastery of geographical sciences concepts.

**SYNTHESIS ARTICLES:** Are aiming to bring out, theories, methods, techniques or processes related to geographical sciences with notably precise cases of application.

**LANGUAGES:** Articles appear mainly in Arabic, French, and English.

**CRITERIA OF PUBLICATION:** All papers presenting an interest, will be diffused whatever their origins are ;the membership of their authors to the INCT is not required.

Articles must be provided on diskette, written with Word 7, in column, in A4 format; with a double space between the lines, and with a maximum margin of 2,5 cm on each of the four sides.All papers must have a title, which must be brief and informative.

**THE ABSTRACT:** All papers must have an abstract in arabic with another abstract in french and english containing 100 to 200 words.

**KEY-WORDS :** Mention 5 to 6 key-words

**BIBLIOGRAPHY :** References must be complete and presented in alphabetical order of author's names. The references must clearly mention the name and the first name of the author, followed by the year of publication, the work title, the editor and the place of edition. All references must be mentioned in the text by the name and the surname of the author followed by the two last figures of the year of publication.

**MODE OF PUBLICATION:** All Articles presented to publication :if they are considered admissible by the chief editor are submitted to the evaluation of two members of the reading panel, in the case of opposite an opinion, they are submitted to a third member.Articles which are not accepted are not turned back only if it is requested by authors.

Two copies will be provided gratuitously to each of the authors ; other copies can be provided at request within the limits of the stock..

**DATES OF PUBLICATION:** The Bulletin appears twice in a year, at the end of October, and at the end of April.



## Bulletin d'abonnement

Pour souscrire à ce Bulletin il vous suffit de transmettre par courrier ou par Fax, la fiche ci dessous accompagnée de votre règlement à Monsieur le Directeur Général de l'Institut National de Cartographie et de Télédétection, Bulletin, des Sciences Géographiques, 123 rue de Tripoli Hussein Dey BP 430, Alger. 16040. **Fax:** 213 (021) 23 43 81 **Tél:** 213 (021) 23 43 75  
**E-mail:** inct99@wissal.dz, ou ANT Vertriebs GmbH Fuerstenrieder Str. 166-81377 Munich R.F.A **Fax:** 0049 89 71039 449, suivi de chèque de règlement.

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

**Fonction :** .....

**Adresse complète :** .....

**N°Tél:** ..... **N°Fax :** .....

Oui je désire souscrire un abonnement au Bulletin des Sciences Géographiques pour une année. 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 Normal: 40 DA  
// Recommandé : 70 DA  
// Express : 75 DA  
Pour l'étranger: 3 Euro

**Mode de règlement :**

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 90 960 BLZ: 700 700 10

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

**Adresse:** Bulletin des Sciences Géographiques, INCT,  
123, rue de Tripoli Hussein Dey 16040, BP430, Alger, Algérie.  
**Tél:** (021) 23 43 75 Fax: (021) 23 4381  
(021) 47 00 29  
**E-mail:** inct99@wissal.dz

**Imprimé à l'INCT  
Imprimerie de l'Institut National de Cartographie et de Télédétection.**

**ISSN 1112-3745  
Dépôt Légal 2ème Semestre 2003**



