

GEOGRAFIE

COLEGIUL DE REDACȚIE

Redactori responsabili: Prof. dr. Florina GRECU, Prof. dr. Mihail GRIGORE

Membri

Prof. dr. Abdellkader ABDELLAOUI	Université de Paris 12, France
Prof. dr. Ibrahim Murat ATALAY	Universitatea Dokuz Eylül, Izmir, Turcia
Prof. dr. Yvone BATTIAU-QUENEY	Université de Lille, France
Acad. prof. dr. Dan BĂLTEANU	Academia Română, Institutul de Geografie
Prof. dr. Gérard BELTRANDO	Université Denis Diderot, Paris, France
Prof. dr. Chaouki BENABBAS	Université de Constantine, Algeria
Prof. dr. Cristian BRAGHINĂ	Universitatea din București
Prof. dr. Melinda CÂNDEA	Universitatea din București
Prof. dr. Sterie CIULACHE	Universitatea din București
Prof. dr. Morgan De DAPPER	Ghent University, Belgia
Prof. dr. Francesco DRAMIS	Università degli Studi Roma Tre, Italia
Prof. dr. Liliana DUMITRACHE	Universitatea din București
Conf. dr. Marian ENE	Universitatea din București
Prof. dr. Paola FREDI	Università Sapienza, Italia
Prof. dr. Jean Baptiste HUMEAU	Université d'Angers, France
Prof. dr. Ioan IANOȘ	Universitatea din București
Prof. dr. Cornel IAȚU	Universitatea „Al. I. Cuza”, Iași
Prof. dr. Mihai IELENICZ	Universitatea din București
Prof. dr. Nicoleta IONAC	Universitatea din București
Prof. dr. Ion MARIN	Universitatea din București
Conf. dr. Alexandru NEDELEA	Universitatea din București
Prof. dr. André OZER	Université de Liège, Belgia
Prof. dr. Kosmas PAVLOPOULOS	Universitatea Horokopio, Atena, Grecia
Prof. dr. Maria PĂTROESCU	Universitatea din București
Prof. dr. Dan PETREA	Universitatea „Babeș-Bolyai”, Cluj-Napoca
Prof. dr. Claudio SMIRAGLIA	Università degli Studi di Milano, Italia
Prof. dr. Emil VESPREMEANU	Universitatea din București

Secretari de redacție: Lector univ. dr. Andreea-Loreta CEPOIU, Asist. univ. dr. Ana-Irina DINCĂ,
Asist. univ. dr. Robert DOBRE

EDITURA UNIVERSITĂȚII DIN BUCUREȘTI
Redacția *ANALELE UNIVERSITĂȚII*
Redactor: *Irina Hrițcu*
Tehnoredactor: *Emeline-Daniela Avram*
Șos. Panduri, nr. 90-92, București
Telefon: 021.410.31.78/131, Fax.: 021.410.23.84
E-mail : editura_unibuc@yahoo.com
Internet : www.editura.unibuc.ro



ANALELE UNIVERSITĂȚII BUCUREȘTI

GEOGRAFIE

2009

SUMAR • SOMMAIRE • CONTENTS

K. HACHEMI, Apport de l'interférométrie radar SAR pour la réalisation d'un MNA (Model Numérique d'Altitude) sur la région subcarpatique de Buzău (Roumanie)	5
CHABOUR NABIL, BENABBAS CHAOUKI, BOUREFIS AHCÈNE, KERMANDJI ADNANE, L'impact de l'étalement urbain sur les hydrosystèmes littoraux. Cas de la plaine de Collo (N-E algérien)	39
FLORINA GRECU, CRISTINA GHIȚĂ, Vocation touristique de la plaine Roumaine	49
KHALFALLAH BOUDJEMAA, REDJEM ALI, The Socio-Cultural Dimension of Urban Planning in Bousaada (Algeria)	65
NEDEA PETRONELA-SONIA, The Landscape Impact of the Construction of the Calafat-Vidin Cross – Danube Bridge	77
VALERIY RUDENKO, VASYL GUTSULYAK, MARYNA YACHNYUK, Professors K. Bratescu and K. Hormusaci: a Contribution to Geographical Science Development While Working at the Chernivtsi University	87
*	
<i>Recenzii</i>	89
<i>Viața Științifică</i>	91

APPORT DE L'INTERFÉROMÉTRIE RADAR SAR POUR LA RÉALISATION D'UN MNA (MODEL NUMÉRIQUE D'ALTITUDE) SUR LA RÉGION SUBCARPATIQUE DE BUZĂU (ROUMANIE)

K. HACHEMI¹

Les Modèles Numériques de Terrain (MNT) sont un élément important dans la représentation, l'analyse et l'interprétation du paysage. Dans la gestion des risques naturels en particulier, ils ont un rôle clé en apportant l'information 3D (tridimensionnelle), qui permet d'expliquer nombre de phénomènes et de prendre en compte des paramètres difficiles à interpréter dans une image à deux dimensions.

Pour répondre à la demande croissante de MNT, surtout pour des grandes étendues, de nombreux outils (aéroportés ou spatiaux) et des techniques (Photogrammétrie, Radargrammétrie, Lidar, GPS etc.), ont été élaborés. L'une de ces techniques est l'interférométrie radar SAR considérée comme la meilleure solution en termes de compromis entre couverture globale et précision [D. MASSONET et C. ELACHI, 2006]. Elle exploite l'information de différence de la phase de l'onde radar entre deux acquisitions de différentes positions. Elle a donné des résultats satisfaisants dans de nombreux sites comme la mission SRTM où a été réalisé un DEM (*Digital Elevation Model*) global pour 80 % de la surface de la Terre. Elle a cependant des limites et son succès dépend énormément des caractéristiques physiques de la surface des zones imagées en qualité de précision. Dans cet article, nous testons cette technique (InSAR) pour la réalisation d'un Modèle Numérique d'Altitude (MNA) dans une zone complexe de la région subcarpatique de Buzău (Roumanie) caractérisée par une humidité importante et une végétation prépondérante. Nous avons en particulier réalisé l'interférogramme topographique de la région à partir des images radars SAR du couple tandem des satellites ERS-1 et ERS-2. Nous avons effectué le déroulement et le géocodage dont le résultat correspond à un MNA de Buzău d'étendue de 100 km x 100 km avec une résolution de 20 m et de précision verticale globale qui ne dépasse pas les 17m.

Mots-clés : Radar, Interférométrie, InSAR, MNA, DEM, Interférogramme, Topographie, RSO, SAR, SRTM, ERS.

I. Introduction

C'est pour la réalisation d'un MNA (Model Numérique d'Altitude) que l'interférométrie radar RSO a été proposée pour la première fois par GRAHAM (1974) ; elle a été relancée en 1986 par ZEBKER et GOLDSETIN (1986).

¹ Université Paris – EST; GEONAT, hachemi_kamel@yahoo.fr

C'est à partir du lancement du satellite européen ERS-1 (1991) suivi du satellite ERS-2 (1995), et avec la disponibilité des couples tandems d'intervalle 24 heures que cette technique a connu un véritable essor. Elle s'est couronné en février (2000) par la mission SRTM qui a abouti à l'élaboration d'un DEM global pour presque 80 % de la surface de la Terre, avec une résolution de 30 m et une précision altimétrique globale moins de 16 m. Malgré son efficacité, on constate aujourd'hui que cette technologie n'est pas encore très répandue dans certains pays à cause de la complexité des traitements qui nécessite un savoir faire très particulier et complexe ainsi que les coûts des images radar et les outils à utiliser comme les logiciels spécialisés dans ce domaine.

L'interférométrie radar RSO exploite la différence de phase directement liée à la distance séparant le radar de la cible imagée. Elle a deux applications directes : la première est la réalisation d'un MNA et quand elle est utilisée en mode dit différentiel, elle peut aussi fournir des informations sur les changements du relief causés par des phénomènes géologiques comme les séismes, les glissements de terrain, la subsidence.

Les produits cartographiques et les images de télédétection nous aident à comprendre plusieurs phénomènes liés à l'espace géographique, cependant certaines décisions et conclusions ne peuvent être prises que si ces produits sont combinés avec un MNA. A titre d'exemple, les MNA ont une importance capitale dans la gestion des phénomènes hydrologiques (risques d'inondation) et géomorphologiques (détection des glissements de terrain etc.), mais aussi dans le génie civil et le domaine militaire.

Dans ce travail, nous allons tester cette technique d'interférométrie InSAR pour la réalisation du MNA de la région de Buzău (Roumanie), où la difficulté réside dans l'existence d'une humidité importante et d'une végétation forestière prépondérante.

II. La réalisation d'un MNA de la région de Buzău à partir de l'interférométrie radar InSAR

II.1. Méthode utilisée

C'est la méthode de l'interférométrie topographique qui a été utilisée ici pour l'obtention d'un Modèle Numérique d'Altitude (MNA). Elle se distingue de l'interférométrie différentielle par la conservation de la phase topographique. Pour la réalisation d'un MNA (*DEM*), il faut utiliser deux images radars complexes de la même scène prises à deux positions différentes ; c'est de l'effet stéréoscopique en images optiques [C. R. GUARINO, 1994]. Ces deux images radar SAR doivent être acquises lors de deux passages voisins du satellite ou

avec une plate forme à deux antennes différentes, équivalent à deux positions différentes. La base doit être inférieure à une valeur maximale dépendant de la fréquence du signal. Le choix du mode d'acquisition des données SAR dépend de l'objectif fixé par le traitement InSAR ; l'idéal pour la génération d'un MNA est le mode mono-passe. Par contre, si on cherche à quantifier les déplacements, on doit utiliser le mode multi-passe avec intervalle de prise de vue adapté à la recherche de changement voulu. Le mode mono-passe a plusieurs avantages : (1) élimination des effets atmosphériques, (2) les erreurs orbitales étant dues aux méconnaissances des positions des deux satellites pour le multi-passe, donc élimination de la décorrélation spatiale et (3) élimination des décorrélations temporelles dues aux déplacements et aux changements de paysage produits entre les deux passages en cas de multi-passes. Dans ce cas particulier, il y a que la végétation et les surfaces de l'eau qui ont un effet négatif sur la cohérence bien que la végétation n'ait pas beaucoup d'influence comme le cas du multi-passe. Les régions boisées en général ont tendance à perdre la cohérence, car les changements ont de courtes durées [J. I. H. ASKNE *et al.*, 1997]. Les mouvements de chaque branche ou chaque feuille dans le pixel (cellule de résolution) de la scène imagée peuvent perturber la phase. Malgré ces avantages de l'interférométrie d'un seul passage, il y a que l'interférométrie SAR aéroportée qui utilise cette technique. Le mode d'acquisition multipasse, est considéré généralement pour le suivi temporel des phénomènes naturels et la détection des déformations entre deux périodes, pour l'amplitude comme la phase. Il est utilisé par l'interférométrie différentielle et le choix des dates dépend des objectifs cherchés. Il est aussi utilisé dans la génération des MNA, par contre à cause de la décorrélation temporelle le résultat est médiocre. Grâce aux couples tandem des satellites ERS-1 et ERS-2, et leur intervalle de passage sur la même scène qui correspond à un jour (24 h), ce mode est plus souvent utilisé car la décorrélation temporelle ne représente pas un handicap sauf dans le cas où il y a un phénomène qui se manifeste dans une période courte de 24 heures. Par contre ce mode a comme inconvénient les artefacts atmosphériques qui ne peuvent pas être éliminés car ne sont pas les mêmes entre les deux périodes de prise de vue, ce qui induira nécessairement des erreurs. Il y a aussi l'intervalle de trois jours dans les régions du Nord où la décorrélation temporelle est négligeable, ce qui rend possible la réalisation du MNA à partir de deux passages au dessus de la scène avec des plate-formes équipées d'un radar avec une seule antenne. La phase du signal reçu par le capteur du radar englobe plusieurs phases de différentes sources (ϕ) en général :

$$\Phi_{\text{totale}} = \Phi_{\text{trajet}} + \Phi_{\text{propre}} + \Phi_{\text{instrumentale}} + \Phi_{\text{bruit}}$$

Pour que ces informations de la phase soient exploitables, il faut éliminer les autres paramètres qui ne sont pas retenus selon l'objectif recherché. Pour cela il faut générer des interférogrammes qui traduisent la différence de phase entre deux images radar de la même scène, considérant les autres termes constants entre les deux prises de vue. Il faut d'abord supposer qu'une cible a la même phase propre sur les deux images. Pour faire la différence, la première condition est que les deux scènes soient les plus analogues possible. Il faut alors utiliser deux scènes radar, avec des conditions de prises de vues les plus similaires possible séparées par une distance (Baseline) qui introduit l'effet stéréoscopique. L'une des deux scènes étant prise pour référence dans les calculs (scène Maître), l'autre est utilisée pour calculer par comparaison la différence de phase (interférogramme) et la cohérence indicatrice du degré de fiabilité des mesures de la phase.

La configuration utilisée qui a servi à la génération du MNA (*DEM*) de Buzău est en mode multi-passe. Cela ressemble à une configuration stéréo : deux capteurs SAR sur des orbites parallèles (ERS-1 et ERS-2) regardent la surface (scène) avec deux directions légèrement différentes. La séparation de la distance est appelée la Baseline « B » (voir *figure n° 1*), sa composante perpendiculaire « $B_{\perp}$ » joue un rôle très important dans le calcul de l'interférogramme. Elle donne les distances entre le radar et la cible pour chaque pixel de surface imagée. Contrairement à la technique de la stéréo conventionnelle où les points homologues doivent être identifiés et le contraste de l'image exigé, l'interférométrie utilise l'information de la phase de chaque pixel de l'image pour mesurer les parallaxes. Ce la est faisable car le SAR est un système de prise d'images cohérent qui enregistre la phase de l'onde reçue et la conserve partout dans toutes les étapes du traitement [J. C. CURLANDER et R. N. McDONOUGH, 1991]; [R. BAMLER et B. SCHÄTTLER, 1993] ; [B. RABUS *et al.*, 2003].

Les images SAR acquises par les deux radars (antennes) sont collectées en deux dimensions, le pixel est représenté par ses composantes en indice de ligne et de colonne. La première dimension du pixel collecté est donnée par sa distance par rapport au capteur le long de l'orbite en azimuth, et l'autre dimension en distance dans la direction de la visée du satellite (radar). Les phases des données acquises sont données par la longueur d'onde utilisée par le radar (dans cette étude c'est la bande « C » : 5.56 cm). Le retard de l'onde est provoqué par la propagation dans l'atmosphère (troposphère et ionosphère) et la contribution des bruits (thermique, quantification etc.).

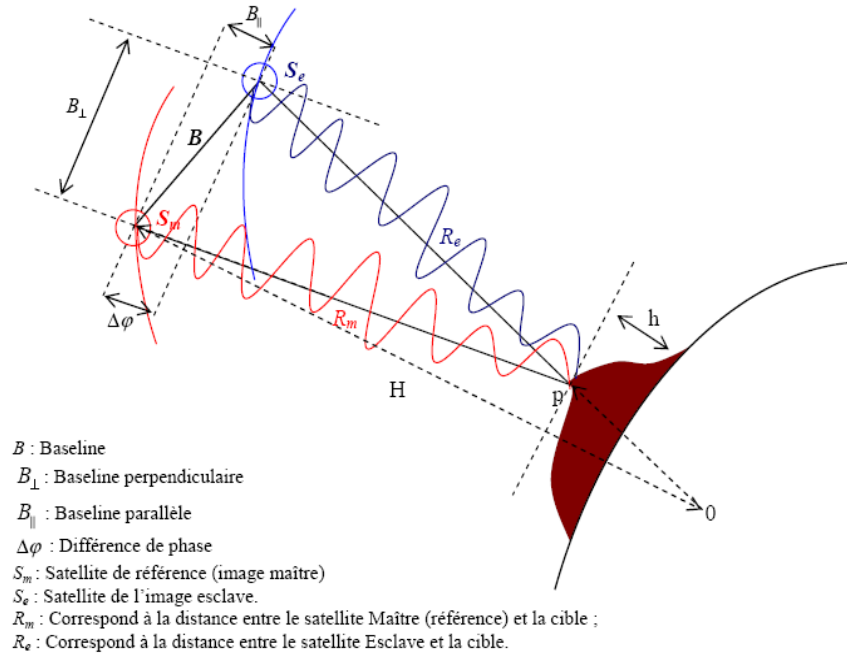


Fig. 1. Configuration et géométrie montrant l'intérêt de la Baseline perpendiculaire ($B_{\perp}$)

Les MNA produits par Interférométrie InSAR sont généralement d'une bonne précision. En effet, S. SYLVANDER et P. GIGORD (1995) ont comparé la qualité d'un MNA produit à partir d'images ERS-1 et d'un MNT IGN ; ils ont montré dans leurs travaux que la précision altimétrique peut atteindre 3 m en moyenne quadratique dans la génération d'un MNA à partir d'interférométrie radar RSO. Cette précision est cependant conditionnée par les artefacts et la variation de cohérence. Par ailleurs, dans leurs travaux sur l'Alaska et le Sud-Ouest des Etats-Unis, H. A. ZEBKER *et al.* (1994) ont montré des précisions de moins de 5 m dans quelques régions (40 km x 40 km) en utilisant également des données ERS-1. L'étude réalisée par E. RENAUDIN (2000) a montré que les MNA réalisés par l'interférométrie radar InSAR sont plus précis que les MNA obtenus par la méthode de stéréoscopie optique (images SPOT).

T. TOUTIN et L. GRAY, 2000 ont résumé les différentes précisions des MNA obtenues par interférométrie (InSAR) en utilisant les images de divers satellites radar par : une précision allant de 3 à 20 m des MNA réalisés à partir du couple tandem (ERS-1 et ERS-2) avec une résolution de 24 m pour la plupart des régions, excepter les régions avec végétation considérable ou

variabilité de l'humidité ; pour les images obtenues par JERS, une précision est de 10 à 20 m avec une résolution de 18 m ; par contre les images RADARSAT en mode standard, la précision est de 10 à 20 m avec une résolution de 20 à 29 m et avec un mode fine de résolution allant de 7 à 9 m, la précision est de 3 à 10 m.

II.2. Données utilisées

II.2.1. Le choix du couple d'image pour la réalisation du MNA

Avant de commencer les traitements d'interférométrie on a procédé à une analyse des données utilisées et cherché le meilleur couple pour la réalisation d'un MNA. Pour aboutir à un bon résultat avec cette technique, un MNA nécessite le plus court intervalle de temps possible entre les deux acquisitions et une corrélation spatiale. Il y a deux choix : un choix avant le traitement qui se fait avec le choix d'une meilleure corrélation temporelle, où il faut d'abord chercher la disponibilité des couples qui offriront l'intervalle de temps le plus court possible séparant les deux acquisitions. L'autre choix se fait après les traitements initiaux avec une Baseline spatiale. La Baseline doit être choisie parmi la gamme des bases possibles en interférométrie ; pour le satellite ERS, elle doit être inférieure à 500 m pour avoir une bonne cohérence de phase.

Pour atteindre cet objectif, nous avons réalisé des interférogrammes topographiques de tous les couples. Après de nombreux essais nous avons pu sélectionner le couple tandem ERS-1 et ERS-2 avec une cohérence optimum. Il représente le seul couple qui reflète relativement une bonne cohérence.

Les données utilisées pour la réalisation du MNA correspondent à des données radar RSO Mono-vue (SLC) des satellites ERS-1 et ERS-2 prises respectivement dans les dates suivantes 28 mai 1995 et 29 mai 1995 mode multi-passes (2 passages) avec intervalle de 24 h (voir *tableau n° 1*). Ces données sont des acquisitions descendantes acquises en jour.

Tableau 1

Les caractéristiques géométriques du couple tandem utilisé (ERS-1 et ERS-2)

Le Couple d'images ERS (ERS-1 et ERS-2)											
Orbites Maître/Esclave	B _{temp} [jours]	B [m]	B _{perp} [m]	B _{par} [m]	B _h [m]	B _v [m]	Alpha [deg]	Thêta [deg]	Inc _{angle} [deg]	Orbit _{conv} [deg]	H _{amb} [m]
20221/548	1	90,5	- 79	-43,8	-89,4	13,3	171,5	20,6	23,3	0,000818386	120,4

B_{temp} : Baseline temporelle
 B : Baseline (distance entre les deux radars)
 B_{perp} : Baseline perpendiculaire
 B_{par} : Baseline parallèle
 B_h : Baseline horizontale
 B_v : Baseline verticale

Alpha : Angle d'orientation de la Baseline
 Theta : Angle de vue
 Inc_{angle} : Angle d'incidence
 Orbit_{conv} : Angle entre orbites
 H_{amb} : Altitude d'ambiguïté [h = H_{amb}*phase/2π]

II.2.2. Choix de l'image de référence (Maitre) et de l'image auxiliaire (Esclave)

La combinaison du couple tandem (ERS-1 et ERS-2) qui ont respectivement des orbites 20021 et 548, offre une meilleure corrélation entre les deux images (meilleure cohérence par rapport à d'autres couples). Le choix de l'image Maitre est basé sur l'orbite la plus proche de la terre. On a pris comme image de référence l'image ERS-1 de l'orbite n° 20021. Ce choix a été effectué grâce au traitement réalisé avec le module IfSAR (ERDAS).

II.3. Traitement d'interférométrie radar (InSAR) pour la génération d'un MNA

La réalisation d'un MNA, passe par plusieurs étapes de traitement interférométrique que nous présentons brièvement. Toutes ces étapes de traitements sont exécutées sur les images dans la géométrie radar (non pas géométrie terrain, coordonnées système du capteur radar), jusqu'à l'étape de géocodage. Ces traitements ont été effectués grâce au logiciel DORIS spécialisé en interférométrie radar SAR. DORIS, permet à l'aide de la chaîne de traitement dont il dispose de créer un MNA ainsi qu'un Model Numérique de Déformation (MND), à l'aide de l'interférométrie (InSAR/DinSAR) avec multi-passes et il contient aussi quelques applications. DORIS n'est pas un processeur SAR, c'est-à-dire qu'il ne traite pas les données radars brutes (RAW). Il traite seulement les données ERS1/2, ENVISAT, JERS et les données RADARSAT. Les données doivent être en un seul format SLC (Single Look Complexe). Cette chaîne du traitement avec DORIS est sous la plate forme linux et Sygwin (Windows). Elle n'est pas restreinte, il y a possibilité d'introduire des changements ou adopter des modifications dans le code source des modules utilisés dans la chaîne de traitement, mais dans le cas général, la production d'un MNA suit l'enchaînement logique des traitements.

II.3.1. Traitement RSO

Cette première étape est appelée le traitement RSO (SAR), c'est le premier traitement à Synthèse d'Ouverture Radar des données brutes (RAW) qui sont enregistrés par l'antenne SAR. Une image SAR Brute (RAW) est un hologramme dans le sens que l'énergie d'une seule région de la surface imagée est éparpillée et distribuée sur une image. Comme nous disposons d'images SLC, nous n'avons pas effectué cette étape; ces données sont déjà traitées et fournies par l'ESA.

II.3.2. Corregistration

Cette étape consiste à recaler l'image Esclave sur l'image Maître. Elle vient avant la génération de l'interférogramme et est très importante. A cause de la courbure de la terre, de la différence des positions des antennes (différentes orbites), et du retard causé par les composants électroniques, les images des deux antennes sont différentes et étirées les unes par rapport aux autres. Avant les traitements d'interférométrie, une coregistration de l'image doit être réalisée avec une précision de 0,01 % du pixel [R. HANSEN et R. BAMLER, 1999]. L'étape de coregistration a été réalisée automatiquement avec le logiciel DORIS. Dans cette étape l'image Esclave sera sur-échantillonnée sur l'image Maître.

II.3.3. Génération de l'interférogramme

Après coregistration, l'interférogramme est formé à partir de la multiplication des deux images (Maître et Esclave). Ceci définit l'interférogramme complexe et donne par la suite la différence de la phase et l'image de cohérence ainsi que l'image d'amplitude (moyenne quadratique des deux images d'amplitude). L'image de cohérence produite pendant la génération de l'interférogramme correspond à une mesure du bruit et de fiabilité de la phase et peut être utilisée dans le déroulement de phase ainsi que l'image d'amplitude. La phase pour chaque pixel dans une image est définie comme [B. KAMPES, 1999] :

$$\varphi_p = -\frac{4\pi}{\lambda} r_p$$

L'interférogramme complexe en considération de la phase de la référence est défini comme :

$$Intf = M \cdot E^* \cdot R_{ef}^*$$

Avec : *Int* : Interférogramme complexe ; *M* : Image Maître complexe; *E* : Image Esclave complexe rééchantillonnée et sa conjuguée *E** ; *R_{ef}* : Phase de référence complexe.

L'image de la phase (interférogramme complexe moins phase de la référence) est définie comme:

$$\varphi = \arctan(Intf_{img}, Intf_{real}) ; \quad \varphi_{Intf} = \varphi_M - \varphi_E - \varphi_R$$

La phase de référence est définie comme la gamme du satellite maître à un point sur la surface de référence noté ($\varphi_R(p)$) :

$$\varphi_R = -\frac{4\pi}{\lambda}(R_m - R_e) = -\frac{4\pi}{\lambda} B$$

Cette étape permet à la fin d'avoir un interférogramme avec une image de cohérence qui exprime la fiabilité de cet interférogramme.

II.3.4. Filtrage

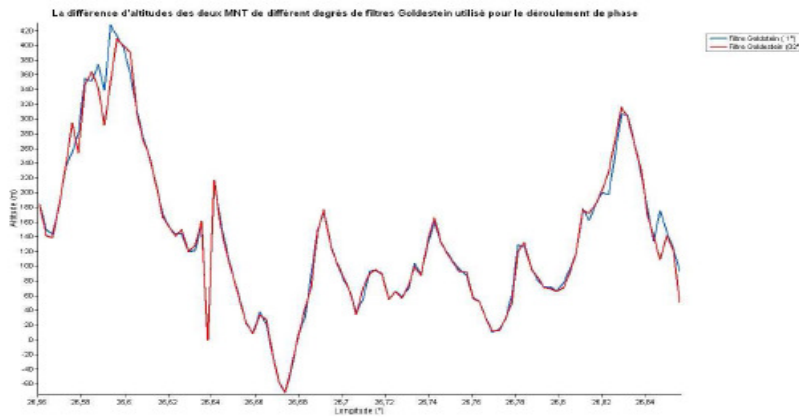
Le filtrage dans l'interférométrie est une opération facultative ; elle a comme objectif de lisser les franges des interférogrammes, pour bien mener et faciliter l'opération de déroulement de phase. Cette étape de filtrage s'effectue avant le déroulement de phase par le logiciel SNAPHU. Elle est utilisée pour réduire le bruit, pour une meilleure visualisation et pour aider à l'opération du déroulement de phase. Dans le cas de nos images et avant de procéder au déroulement, il nous est apparu nécessaire de passer par cette étape ; nous avons pour cela utilisé deux méthodes : la méthode de Goldstein et la méthode de Spatialconv (convolution spatiale).

– **Méthode de Goldstein** : La méthode de R. A. GOLDSTEIN et C. L. WERNER (1998) utilise l'image d'amplitude pour filtrer l'interférogramme. Elle est implantée par B. KAMPES dans la chaîne DORIS et permet de choisir le degré de filtrage. Elle s'exécute entre le «0°» (zéro filtrage) et le degré «1°» (filtrage maximum), elle consiste à assouplir l'interférogramme avant l'étape de déroulement de phase. Ce filtre est utilisé aussi par Altamira dans le progiciel Diapason pour filtrer les interférogrammes différentiels. Avant de procéder au déroulement de phase, nous avons anticipé par ce filtrage de l'interférogramme qui va diminuer l'information de la vraie phase mais en même temps va faciliter le déroulement de la phase.

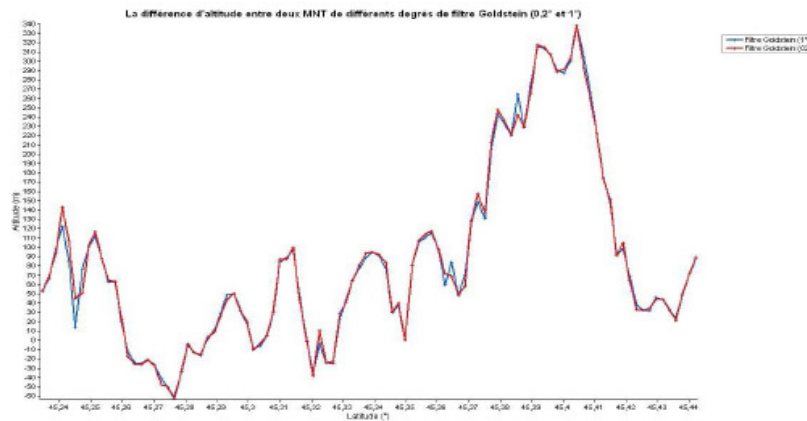
Nous avons essayé de trouver l'influence sur le résultat de l'altitude calculée en utilisant une combinaison des MNA créés avec deux degrés de filtrage différents, à partir de la méthode de Goldstein. Les *graphes* suivants (*n° 1, 2, 1 bis et 2 bis*) montrent cette comparaison. Nous constatons une différence moyenne d'altitude du même MNA de 3 m pour une différence de degré et filtrage égale à 0,8°. Dans le traitement effectué, le filtrage de Goldstein avec des degrés 0,2° et 1°, a montré une différence d'altitude entre 2 m et 4 m ; 2 m dans les zones plates et 4 m environ dans les zones de reliefs accidentés.

Les altitudes en rouge représentent les altitudes déroulées à partir des données filtrées avec la méthode de Goldstein avec un degré de $0,2^\circ$; par contre, les altitudes en bleu montrent le MNA calculé à partir du filtrage de l'interférogramme avec la méthode Goldstein de degré 1° . Ce graphe montre bien les différences d'altitude dues au degré de filtrage ; plus le degré de filtrage augmente, plus le déroulement est facile et plus l'altitude diminue.

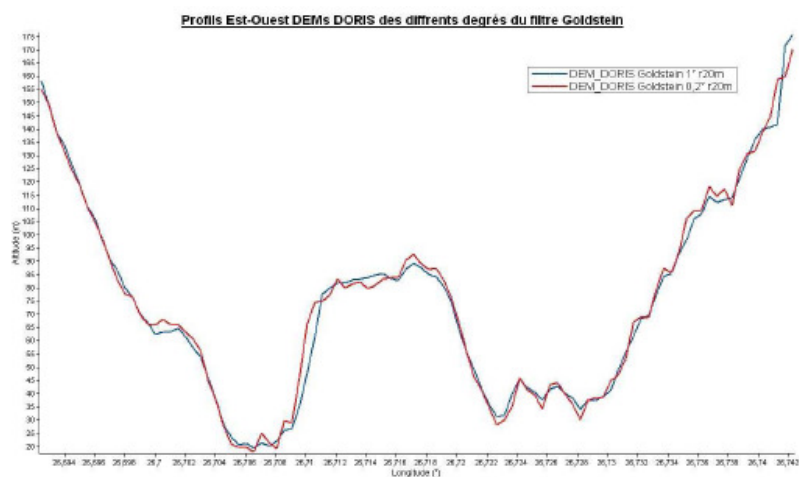
Les graphes n° 1 bis et 2 bis, montrent bien le raffinement et le lissage du degré 1 par rapport au degré 0,2 du filtre (Goldstein) dans les deux directions du MNA de la zone de l'anticlinal de Berca (volcans de boue Sud et Nord).



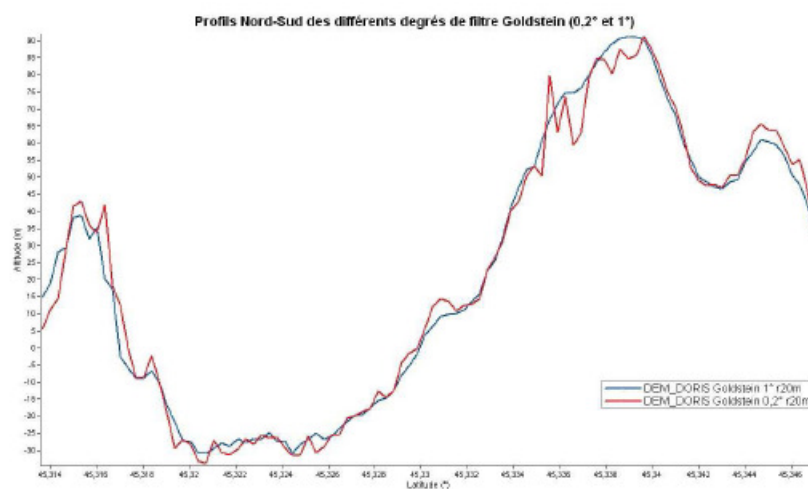
Graph 1. Deux profils en direction de longitude des deux MNA réalisés avec le filtre Goldstein ($0,2^\circ$ et 1°)



Graph 2. Deux profils en direction de latitude des deux MNA réalisés avec le filtre Goldstein ($0,2^\circ$ et 1°)



Grappe 1bis. Deux profils Est-Ouest du DEM_DORIS (MNA-ERS1/2-95) des deux degrés du filtre de Goldstein 0,2° et 1° (direction de longitude)

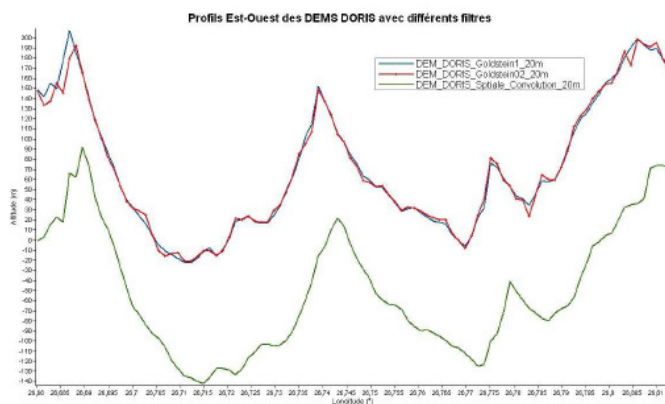


Grappe 2bis. Deux profils Nord-Sud du DEM_DORIS (MNA-ERS1/2-95) des deux degrés de filtre de Goldstein 0,2° et 1° (direction de latitude)

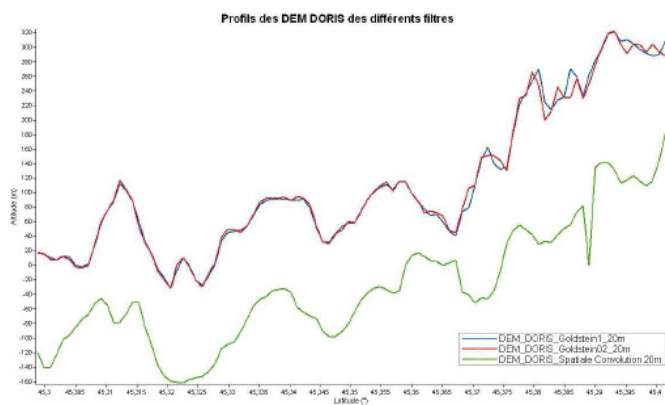
– **Méthode de Convolution Spatiale :** L'objectif de l'utilisation de la méthode Convolution Spatiale est pour illustrer l'efficacité de la méthode de Goldstein. Elle est implantée par B. KAMPES dans la chaîne DORIS. Dans ce

cas d'étude, le filtrage Goldstein a donné un bon résultat qui a facilité le déroulement. Le filtrage avec Convolution Spatiale n'est simplement qu'une circonvolution spatiale avec le choix d'une fenêtre de moyenne comme (3 x 3).

Les deux *graphes* suivants (*n*° 3 et 4), montrent la différence entre les deux filtres dans les deux directions (latitude et longitude). Les deux MNA respectent la même allure morphologique sauf que le MNA avec le filtrage Goldstein de degré 1 et plus ressemble avec le MNA Spatiale Convolution que le filtrage de Goldstein avec le degré 0,2. La différence entre les mêmes MNA du même filtre avec des différents degrés, ne dépasse pas les 5 m.



Graphe 3. Différence entre les MNA en direction de longitude



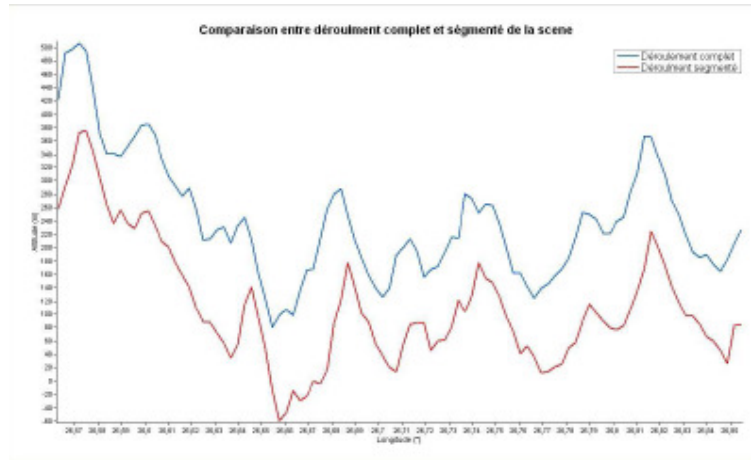
Graphe 4. Différence entre les MNA en direction de latitude

II.3.5. Déroulement de phase

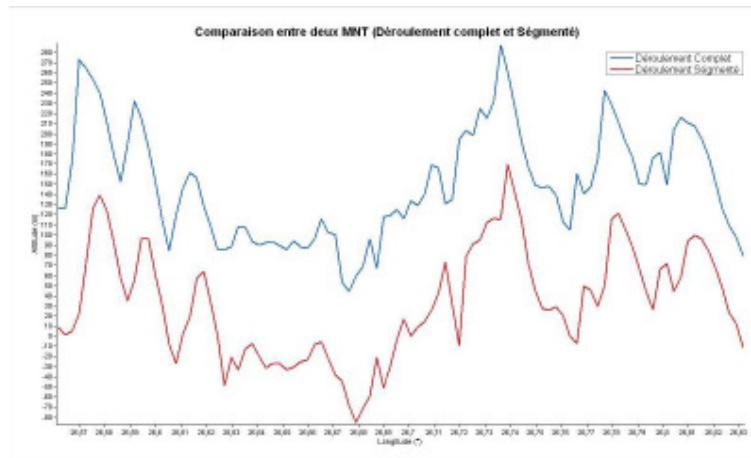
L'interférogramme produit par l'interférométrie est donné malheureusement par une valeur de phase pour chaque pixel au modulo 2π , ce qui signifie que la valeur de phase fournie est comprise entre $\varphi \in [0, 2\pi]$, alors que la vraie valeur peut dépasser 2π . La mesure de la hauteur correspondante est donc ambiguë. Ce problème doit être résolu par une étape de déroulement de phase. Cette étape du traitement est considérée la plus délicate, surtout pour des terrains accidentés et des pentes fortes ou avec des discontinuités. Par contre, le résultat est meilleur dans les terrains plats et des pentes modérés. Les régions montagneuses demandent plus de contrôle et le résultat doit être vérifié et corrigé sur le terrain.

Dans ce travail, nous avons réalisé le déroulement de phase par une méthode globale automatique à l'aide du logiciel SNAPHU [C. W. CHEN et H. A. ZEBKER, 2000], [C. W. CHEN et H. A. ZEBKER, 2001], [C. W. CHEN et H. A. ZEBKER, 2002], qui est publiquement distribué pour le domaine de la recherche. Ce logiciel est utilisé aussi par Diapason (Altamira). Cette étape a été soigneusement déroulée. L'image de cohérence de chaque interférogramme et l'image d'amplitude ont été utilisées pour vérification des données pendant le processus de déroulement. Les effets orbitaux résiduels ont été corrigés automatiquement par calcul. Afin d'éviter des erreurs dans le déroulement, un masque de cohérence est utilisé collectivement afin de ne conserver dans les calculs que les pixels les plus cohérents.

Pour montrer l'influence et l'importance du déroulement de la phase dans le calcul des altitudes, nous étions obligés de procéder à deux déroulements de deux interférogrammes de la même scène que nous avons comparés : (1) un interférogramme de toute la scène de 100 km x 100 km (interférogramme complet) ; (2) un interférogramme d'une partie de la scène de dimension 25 km x 25 km (interférogramme segmenté). Les *graphes n° 5* et *5 bis* montrent la différence d'altitude calculée entre les deux MNA avec un déroulement de toute la scène (100 km x 100 km) et un déroulement pour une segmentation (25 km x 25 km). On voit bien que le déroulement en segmentation présente un bon résultat et le MNA est bien raffiné que le déroulement complet de la scène. Cette différence ne dépasse pas les 6 m dans les deux directions.



Graphe 5. Deux profils en direction longitude montrent la comparaison entre deux MNAs déroulement complet et segmenté (Pas 20 m)



Graphe 5bis. Deux profils en direction longitude montrent la comparaison entre deux MNAs avec déroulement complet et segmenté (Pas 10 m)

II.3.6. Géocodage

Le géocodage passe par deux étapes : (1) La conversion de la phase déroulée en altitude de terrain dans une grille irrégulière c'est là qu'intervient

l'altitude d'ambiguïté. (2) La transformation de la géométrie radar en géométrie terrain ; pour chaque point de la grille (avec sa hauteur) correspond ses coordonnées en latitude et longitude qui utilise généralement l'Ellipsoïde WGS84 comme référence planimétrique (horizontale) et verticale. Dans cette étape la grille irrégulière est interpolée en une grille régulière correspondante. Le résultat obtenu correspond à deux fichiers (tableaux) en (*.dat) avec trois colonnes (X, Y et Z) de la même zone en coordonnées géographiques (Lat/Lon) et UTM, ce qui permet de choisir l'interpolation, le système de projection et la résolution adéquate comme dans ce cas 20 m pour restituer le MNA. La transformation de la phase déroulée en altitude (H) a été effectuée à l'aide de 3 méthodes : (1) Méthode d'Altitude d'Ambiguïté ; (2) Méthode de Rodriguez ; (3) Méthode de Swabitch.

– **Méthode d'Altitude d'Ambiguïté** : L'équation de transformation de la phase déroulée avec la méthode d'altitude d'ambiguïté est donnée par l'expression suivante [B. KAMPES, 1999] :

$$h(p) = -\frac{\lambda}{4\pi} \frac{R_l \sin(\theta)}{B_{\perp}} \Phi(P) \Rightarrow h(p) = \frac{\lambda}{4\pi} \frac{R_l \sin(\theta)}{B_h \cos(\theta) + B_v \sin(\theta)} \Phi(p)$$

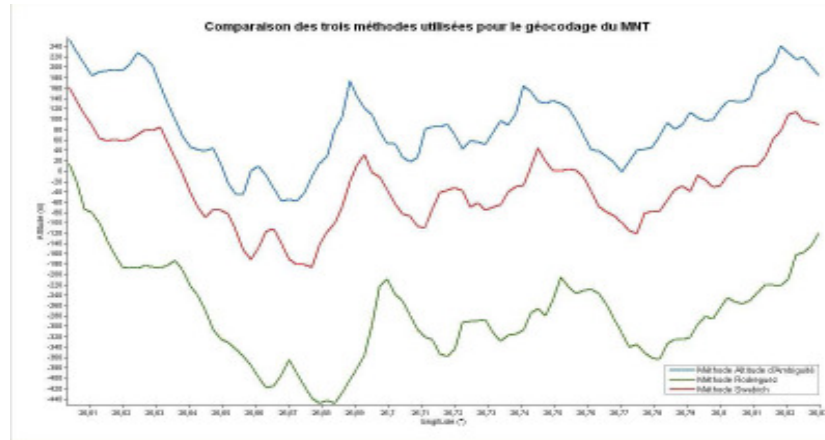
Où : $\Phi(p)$: Phase du pixel déroulée ; $h(p)$: Altitude du pixel cherchée ; B_h : Baseline horizontale du pixel centrale de la scène ; B_v : Baseline verticale du pixel centrale de la scène.

Par contre l'objectif de l'utilisation des deux autres Méthodes de Rodriguez et de Schwäbitch, voir respectivement [E. RODRIGUEZ et J. M. MARTIN, 1992] et [M. SCHWÄBISCH, 1995], est pour montrer l'efficacité et le choix de la méthode d'Altitude d'Ambiguïté.

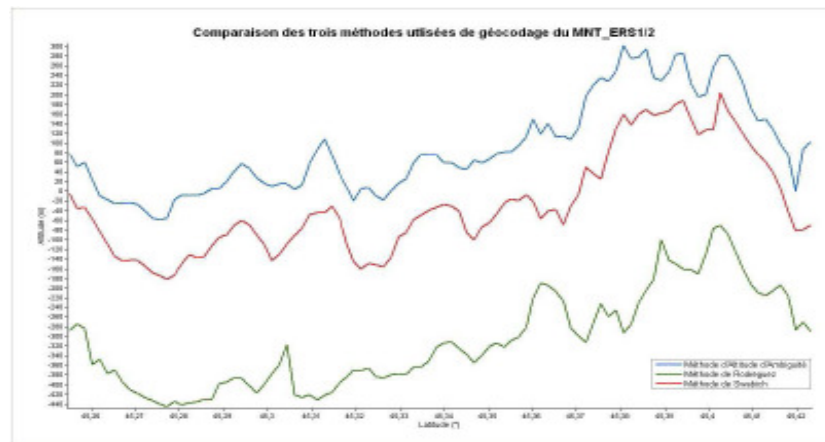
Après l'obtention de l'altitude de chaque pixel vient l'étape de conversion en coordonnées géographiques ou UTM où les équations de B. R. BOWRING, (1985) sont utilisées pour les transformer à un système d'ellipsoïde.

Nous avons effectué une comparaison à partir des profils des MNA pour montrer la différence d'altitude qui résulte entre ces trois méthodes de transformation (voir *graphes* ci-dessous). On voit bien que les trois méthodes respectent bien la morphologie du terrain, sauf que la méthode de Rodriguez (courbe verte) est plus ou moins différente des deux autres méthodes. Par contre, la méthode d'Altitude d'Ambiguïté est plus raffinée et reflète le terrain et donne moins de pic.

Après avoir testé les trois méthodes, nous avons retenu le MNA réalisé avec la méthode de l'Altitude d'Ambiguïté qui nous semble donner les résultats les plus proches des valeurs d'altitude terrain. Les *graphes* n° 6 et 7 illustrent cette comparaison dans les deux directions.



Graph 6. Trois profils en direction longitude des MNAs (3 Méthodes de conversion)



Graph 7. Trois profils en direction latitude des MNAs (3 Méthodes de conversion)

L'objectif de l'utilisation de ces méthodes de filtrage (Spatiale Convolution) ou de conversion (Rodriguez et Schwabitch) c'était pour justifier le choix des méthodes utilisées comme Goldstein (filtrage) ou Altitude d'Ambiguïté (conversion). Par contre, l'utilisation de la segmentation d'une partie de la scène pour le déroulement de phase c'était pour montrer l'erreur engendrée dans la procédure de déroulement de phase. Ces différentes méthodes peuvent introduire des incertitudes qui peuvent aller jusqu'à plus de 5 m ce qui

complique la précision du MNA réalisé surtout dans le but de l'évaluation et l'estimation des mouvements de terrain dans cette région.

II.3.7. Calibrage et qualité du MNA

Le MNA réalisé est maintenant géocodé ; pour chaque pixel on a attribué les coordonnées géographiques mais il faut savoir que chaque altitude du pixel est donnée par rapport un repère de géoïde niveau zéro. Il faut ajouter une valeur constante qui représente la plus basse valeur qui existe dans cette région avec une bonne précision pour calibrer le MNA-ERS1/2. Cette étape consiste à calibrer le MNA produit, soit avec des points de contrôle bien précis et puis corriger le MNA en le calant soit avec une carte topo ou un MNT. Dans ce cas on a utilisé le DEM-SRTM de 90 m à cause de l'impossibilité de trouver des points de calage. La seule solution qu'on a utilisée correspond à essayer de recaler le MNA-ERS1/2 sur le DEM-SRTM à partir des réseaux hydrographiques. Le résultat est encourageant car il ne montre pas un décalage planimétrique entre les deux MNA. La méthode de transformation de la géométrie radar vers la géométrie terrain et le géocodage utilisé ont bien donné de bons résultats. Reste toujours le problème de résolution car la seule différence c'est que le MNA-ERS1/2 réalisé possède 6 millions de points. Pour cela on a rééchantillonnée d'abord le SRTM à 20 m et on a effectué la comparaison après on a fait l'inverse (rééchantillonnée le MNA-ERS1/2 à 90 m) et on a fait la comparaison. Cette comparaison de résolution 20 m avec un DEM de 90 m rééchantillonnée à 20 m présente presque 5 fois la résolution du MNA réalisé ce qui traduit par une précision planimétrique de 20 m.

II.3.8. Vérification et correction avec des points GPS

Nous avons relevé des points de mesures par GPS, sur le terrain, cette quantité de plus de dizaine de points, est considérée insuffisante pour l'étendue du MNA réalisé. Cette déficience du nombre de points relevés (voir *tableau n° 2*), est due à la difficulté d'accès aux endroits, à la grandeur de la zone d'étude 100 km x 100 km et à trouver les points de référence sur les cartes topographiques. Car le premier objectif c'était le calibrage qui nous oblige à prendre des points précis et identifiables sur les cartes topographiques (points de référence), nous avons pris des points des ponts en majorité. Concernant les points de localisation des mouvements de terrain, nous avons pris que quelques uns comme exemples à cause de leur accessibilité difficile.

Nous avons utilisé un GPS prêté par le CNRS de Meudon (Labo Géographie Physique) avec des précisions différentes allant de 2 m à 10 m. Nous avons réalisé des levés dans les trois parties de la scène : au centre de la scène (où il y a les volcans de boues), dans la partie des plaines et la partie des reliefs (voir

figure n° 3). Cette procédure entre dans la vérification et la correction du MNA réalisé. A l'aide du logiciel ArcGIS, nous avons transformé les coordonnées de ces points dans le système WGS84 en coordonnées géographiques (Lat° et Long°) et en coordonnées UTM-35N (X, Y), ensuite superposés sur le MNA réalisé. Cette opération avait deux objectifs : la vérification et le calibrage des MNA réalisés.

Tableau 2

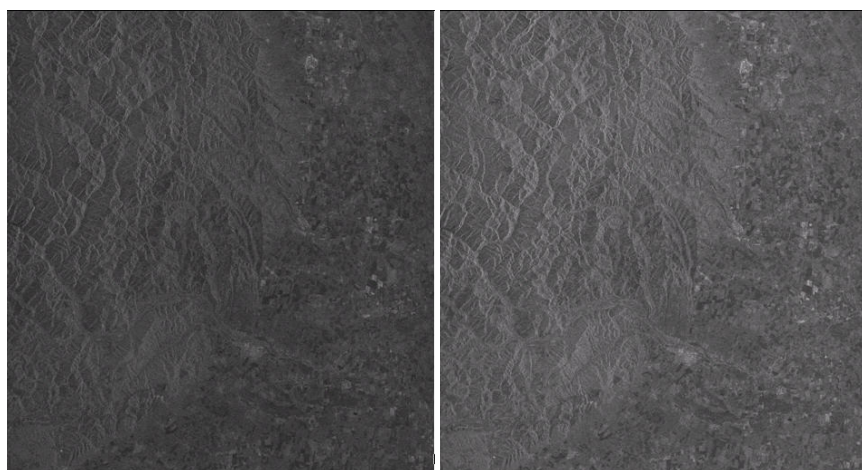
Points de mesure du terrain GPS

Pts	Nom	Lat. Nord	Long. Est	Z (m)	Carte-topo
1	Pont Caragele	44°59,200'	27°02,308'	55,1689	55,60
2	Lac de Luciu	44°58,141'	27°05,661'	53,6449618	56,3
3	Cote 1961 (village Albescu)	44°59,736'	26°54,166'	83,8202528	84,3
4	Pont Costești	45°03,348'	26°45,990'	80,7722436	80
5	Gura-Siriului	45°29,895'	26°15,153'	632,1571	500
6	Pont Mlăjet-1	45°22,922'	26°19,454'	331,9282	330
7	Pont Mlăjet-2	45°22,931'	26°19,532'	335,2810	330
8	Point Coulée de Boue	45°22,426'	26°19,336'	333,4522	330
9	Pâclele Mici	45°21,487'	26°42,743'	334,3666	334
10	Pâclele Mari	45°20,366'	26°42,424'	320,3457	320
11	Point Géodésique (entre deux volcans)	45°20,626'	26°42,688'	338,6338	338,1
12	Point Géodésique Pâclele	45°19,465'	26°42,300'	294,132887	292,4
13	Point Glissement Schela	45°19,129'	26°42,640'	322,17457	350
14	Pont Băligoasa-1	45°21,127'	26°42,230'	252,984763	250
15	Pont Băligoasa-2	45°21,112'	26°42,240'	242,926333	250
16	Pont Sibiciu-Pănătău-1	45°19,450'	26°22,043'	296,571294	285
17	Pont Sibiciu-Pănătău-2	45°19,483'	26°22,139'	284,684059	285
18	Pont Pătârlagele Sud-1	45°18,373'	26°21,824'	288,34167	260
19	Pont Pătârlagele Sud-2	45°18,388'	26°21,831'	286,817665	260
20	Pont Vallée Seacă-1	45°16,627'	26°21,356'	281,94085	267
21	Pont Vallée Seacă-2	45°16,612'	26°21,356'	283,464855	267
22	Pont Chiojd-1	45°15,215'	26°21,802'	261,214388	250
23	Pont Chiojd-2	45°15,273'	26°21,713'	265,1768	250
24	1 ^{er} Pont Berca-1	45°17,072'	26°40,541'	160,325284	160
25	1 ^{er} Pont Berca-2	45°17,166'	26°40,611'	160,325284	160
26	2 ^{ème} Pont Berca-1	45°17,206'	26°40,605'	152,40046	160
26	2 ^{ème} Pont Berca-2	45°17,221'	26°40,534'	148,742849	160
27	Pont Râmnicu Sărat-1	45°21,978'	27°05,743'	128,016386	160
28	Pont Râmnicu Sărat-2	45°21,911'	27°05,820'	98,7554978	160
29	Balta Albă Nord-Est	45°18,513'	27°18,057'	30,4800919	38
30	Balta Albă Sud-Est	45°16,529'	27°22,712'	28,6512864	32
31	R. Buzău Grădiștea	45°15,679'	27°23,660'	34,7473048	35
32	P. haut mPV-1	45°18,556'	26°22,935'	436,170115	500
33	P. haut mPV-2	45°18,563'	26°23,024'	452,019763	500
34	Glissement Pâclele-1	45°20'23,5"	26°41'8,2"	338,740563	340
35	Glissement Pâclele-2	45°20'24,4"	26°41'6,9"	337,158701	336

II.3.9. Les résultats de la réalisation du MNA à partir du logiciel DORIS

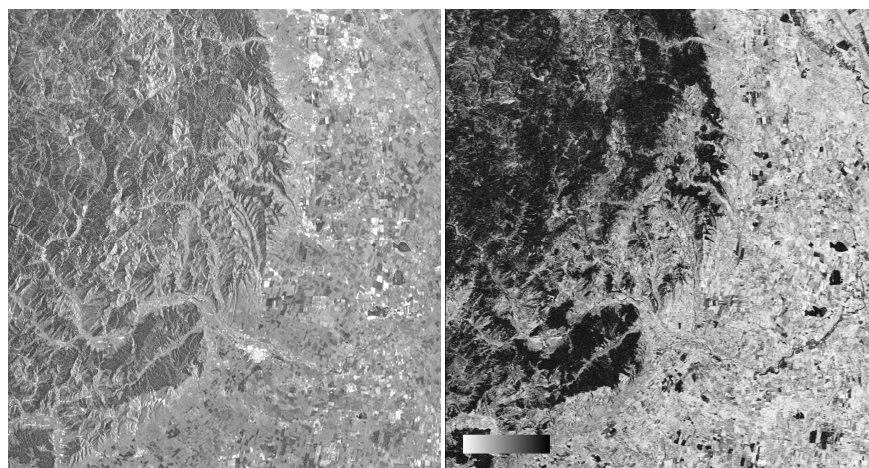
A l'aide du logiciel DORIS et à partir de deux images tandem (ERS-1 et ERS-2), on a pu réaliser un modèle numérique d'altitude (MNA) de la région du Buzău. La *figure n° 2* présente les principaux produits d'interférométrie réalisés par ce logiciel (DORIS).

Couple tandem ERS-1/ERS-2 (28-05-1995 /29-05-1995)



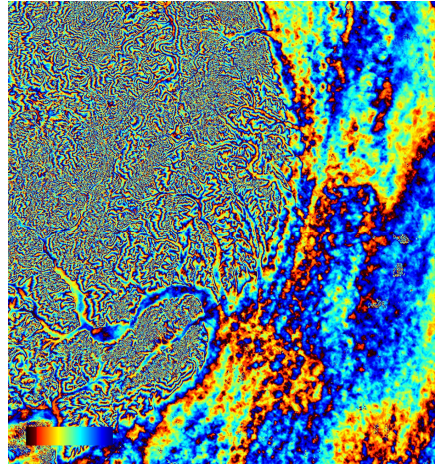
a) Image de magnitude Maitre

b) Image de magnitude Esclave

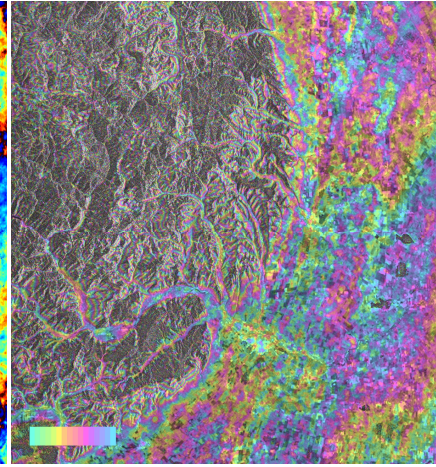


c) Image de magnitude

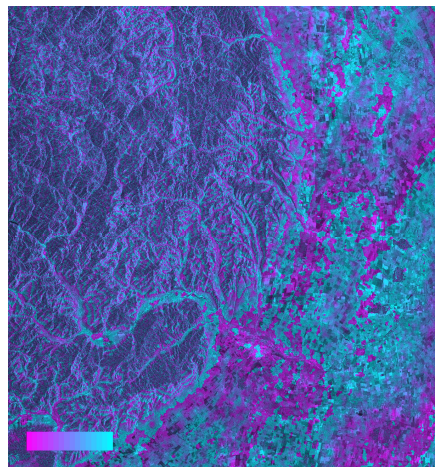
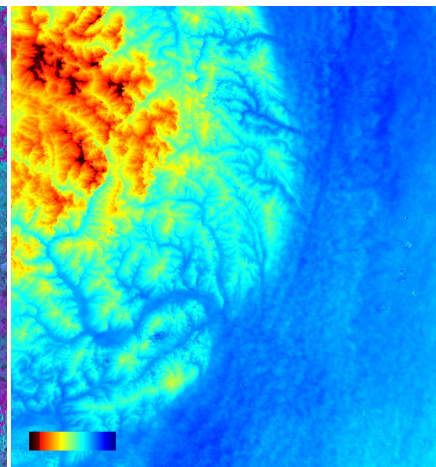
d) Image de cohérence



e) Interférogramme filtré



f) Interférogramme filtré et mixé

g) Image d'interférogramme mixée
suréchantillonnéeh) Image déroulée à partir
du logiciel Snaphu

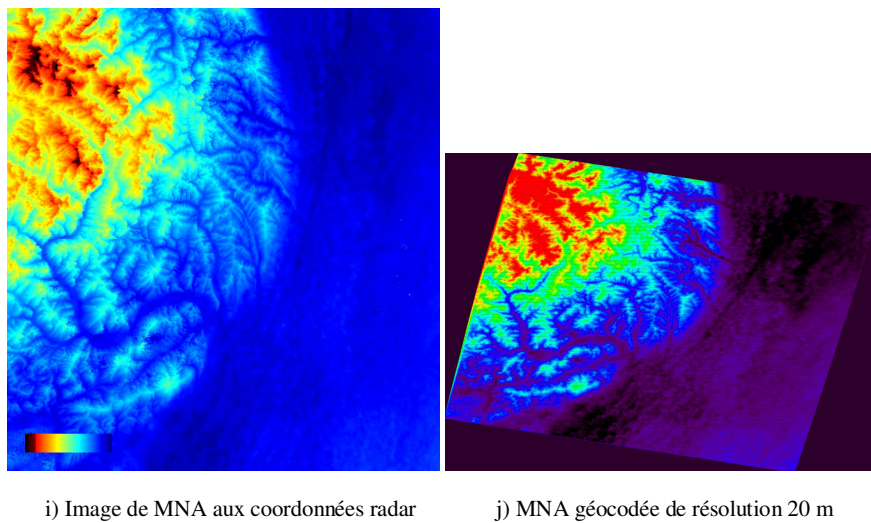


Figure 2.

Le résultat final du traitement représenté dans la *figure n° 3* avec la répartition et la localisation des points GPS.

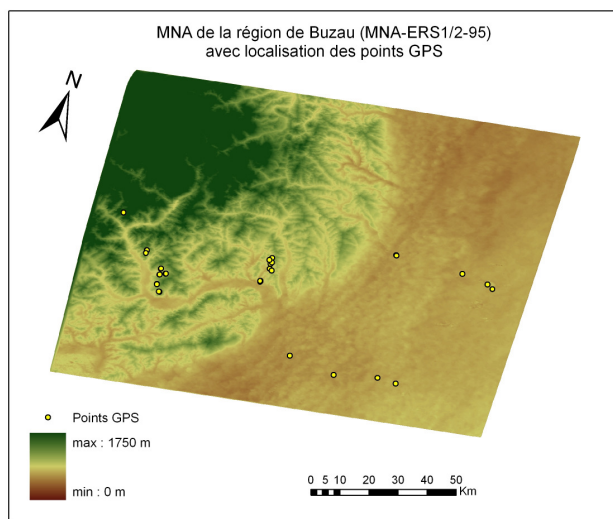


Figure 3. Résultat du MNA avec la localisation des points de GPS sur le MNA-ERS1/2-95

II.3.10. Exploration des résultats obtenus par DORIS

À la fin du processus, le résultat final du MNA généré correspond à 2 fichiers (*.dat) de 6 millions de points chacun qui correspond à un pas de 20 m x 20 m. Le premier en coordonnées géographiques en Latitude (°) et Longitude (°) et le deuxième en coordonnées UTM; dans ce cas c'est la zone 35 Nord UTM (X et Y en mètre). Nous avons choisi la méthode d'interpolation dite méthode le plus proche voisin et nous avons produit le MNA-ERS1/2-95. Suite au nombre élevé des points, nous avons eu des problèmes pour le choix de la méthode d'interpolation car l'exclusion avec d'autres méthodes d'interpolation demande beaucoup de mémoire et des machines plus puissantes.

Les figures suivantes (n° 4 et 5) montrent le MNA-ERS1/2-95 réalisé avec de vue 3D, avec ou sans effets d'ombres ainsi que la région de Berca (zone des volcans de boue (voir figure n° 6).

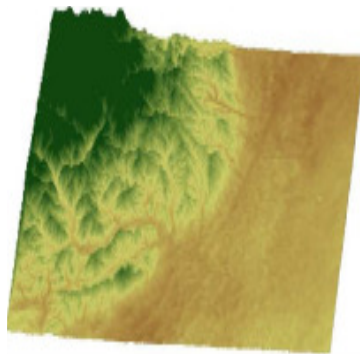


Fig. 4. MNA réalisé à partir du couple tandem ERS1/2-95 (vue en 3D, résolution 20m)

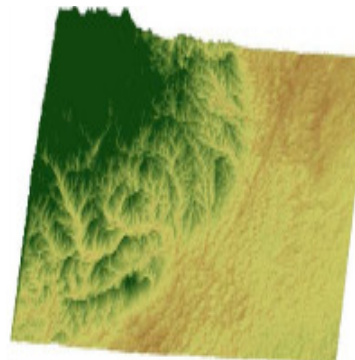


Fig. 5. MNA réalisé à partir du couple tandem ERS1/2-95 résolution 20m (vue en 3D avec utilisation d'effet d'ombre)

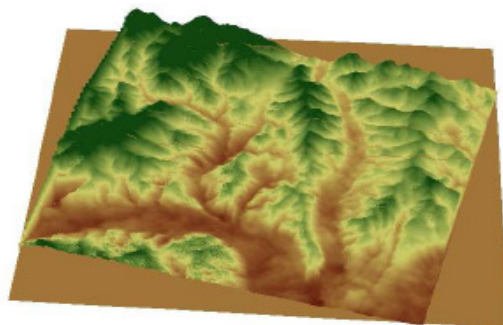
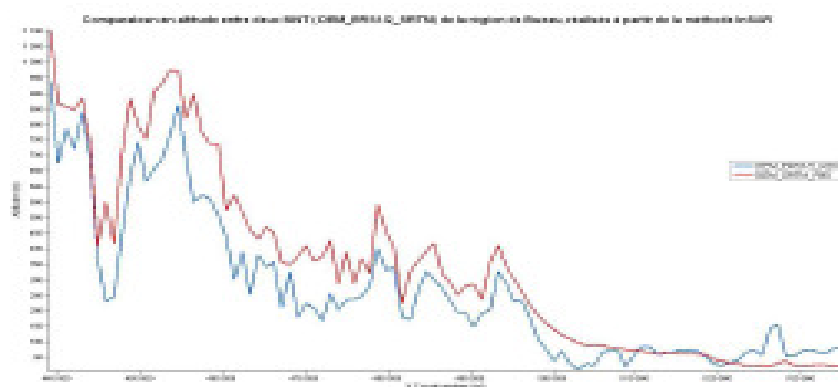


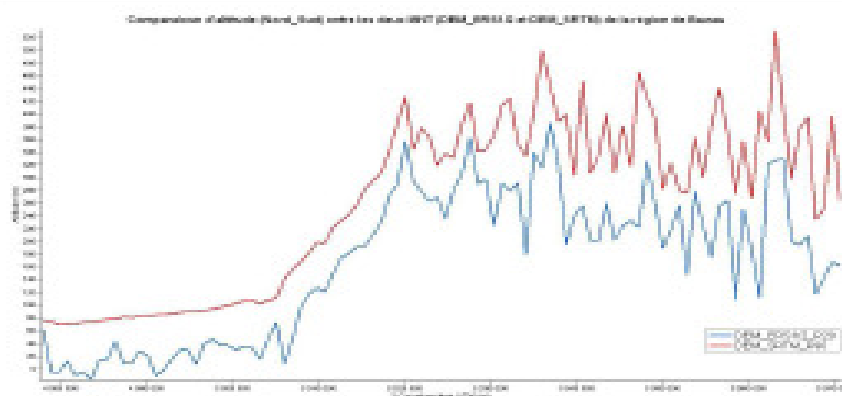
Fig. 6. MNA-ERS1/2-95 de la zone de Berca (volcans de boue) région de Buzău (résolutions 20m)

II.3.11. La comparaison du MNA-ERS1/2 avec le DEM_SRTM

Pour bien illustrer le résultat obtenu, nous avons effectué des graphes de comparaison entre des profils des altitudes du MNA-ERS1/2 réalisé et le DEM-SRTM de la même scène (voir *graphes n° 8 et 9*). Les deux graphes suivants montrent la comparaison entre un DEM-SRTM (2000) de résolution 90 m (rééchantillonnée de 20 m) avec le MNA-ERS1/2 réalisé (1995) dans les deux directions (X et Y). Cette comparaison montre une différence de quelques dizaines à quelques mètres que l'on peut considérer ici comme résultat optimal.



Graph 8. Montre la différence en altitudes entre un DEM SRTM de resolution 90 m avec le DEM ERS1/2 réalisé à partir d'un couple tandem avec une résolution 20 m dans l'axe Ouest-EST



Graph 9. Montre la différence en altitudes entre un DEM SRTM de resolution 90 m avec le DEM ERS1/2 réalisé à partir d'un couple tandem avec une résolution 20 m, dans l'axe Nord-Sud

Enfin, on peut considérer que les résultats obtenus par l'interférométrie InSAR pour les couples tandem sur la région de Buzău sont d'une bonne précision par rapport à la complexité géomorphologique de la zone d'étude et de son étendue (100 km x 100 km).

III. Analyse des résultats

III.1. Estimation de l'allongement du trajet de l'onde dû aux effets atmosphériques

Entre les deux passages du satellite, les conditions atmosphériques ne sont pas forcément identiques. Ce changement de conditions influe sur la phase qui est l'une des composantes de l'image radar. Nous avons vu que la phase peut être décomposée en trois termes principaux :

$$\varphi(p)_{re\acute{c}ue} = \varphi(p)_{propre} + \varphi(p)_{trajet} + \varphi(p)_{bruit}$$

Les conditions atmosphériques agissent surtout sur le terme $\varphi(p)_{trajet}$ et donc sur la différence de phase ; donc on peut modeler la phase liée au trajet par :

$$\varphi(p)_{trajet} = \varphi(p)_{traj-opt} + \varphi(p)_{atm}$$

Avec : $\varphi(p)_{traj-opt}$: Phase liée au trajet optique de l'onde ; $\varphi(p)_{atm}$: Phase liée au retard de l'onde par l'atmosphère.

Les effets atmosphériques qui se trouvent dans les interférogrammes ne peuvent pas être supprimés comme dans le cas des franges orbitales ou topographiques.

$$\delta\varphi_{atm1} = \frac{4\pi}{\lambda} \delta r_1, \quad \delta\varphi_{atm2} = \frac{4\pi}{\lambda} \delta r_2$$

Dans le cas multi-passes du satellite (deux acquisitions à dates différentes) la différence de phase atmosphérique n'est pas nulle à cause de la variation de l'indice de réfraction entre les deux acquisitions :

$$\Delta\delta\varphi_{atm} = \delta\varphi_{atm1} - \delta\varphi_{atm2} = \frac{4\pi}{\lambda} (\delta r_1 - \delta r_2) \neq 0$$

L'allongement peut se résumer comme l'addition d'un terme dit hydrostatique qui ne prend pas en compte la présence de vapeur d'eau dans l'atmosphère traversée et d'un terme dit humidité [D. RAUCOULES, 1997].

L'allongement **Hydrostatique** est proportionnellement lié à la pression (P):

$$\delta Al_{hyds} \approx 0,0022768 \frac{P_0}{1 - 0,00028H - 0,00266 \cos 2\varphi} \quad [\text{G. ELGERED}, 1993].$$

Où : H : Altitude du point (km) ; φ : Latitude du point.

Les zones à fortes différences d'altitudes sont sensibles à ce phénomène d'allongement ; pour les zones de haute montagne, la pression peut varier de 1/3 à cause de la topographie, l'allongement peut atteindre 75 cm.

L'allongement lié à l'**Humidité** dépend de : (i) la température moyenne ; (ii) la pression partielle en vapeur d'eau (mbar) ; (iii) la compressibilité inverse de la vapeur d'eau.

$$\delta Al_{humd} \approx (1 + 6.10^{-5} T_m).0,3754. \int \frac{e}{T^2} Z_w^{-1} ds ; \quad \text{où } T_m = \frac{\int \frac{e}{T} Z_w^{-1} ds}{\int \frac{e}{T^2} Z_w^{-1} ds} ;$$

Avec : $T_m (k)$: Température moyenne ; Z_w^{-1} : Compressibilité inverse de la vapeur d'eau ; e : Pression partielle en vapeur d'eau (mBar).

Cet allongement peut atteindre des valeurs de 1 m et il est variable en fonction des lieux et du temps, à cause de la forte inhomogénéité de la teneur en vapeur d'eau dans l'atmosphère.

La phase atmosphérique peut être exprimée en ajoutant le terme de la phase liée au volume rempli de gouttelettes d'eau ($\varphi(p)_{liquid}$) :

$$\varphi(p)_{atm} = \varphi(p)_{iono} + \varphi(p)_{hydro} + \varphi(p)_{humd} + \varphi(p)_{liquid} \quad [\text{MOISSEEV et HANSSEN, (2003)}]$$

Avec : $\varphi(p)_{trop}$: Phase liée à la troposphère ; $\varphi(p)_{hydro}$: Phase hydrostatique ; $\varphi(p)_{humd}$: Phase liée à l'humidité.

Dans l'interférométrie les allongements sont dus à la pression qui est due à la topographie (effet spatial et non pas temporel), ce qui est facilement modélisable; une correction peut être effectuée. Il est intéressant d'obtenir des informations météorologiques sur la zone de façon à écarter les jeux de données pouvant être altérées par ce phénomène. Il faut noter que la troposphère et l'ionosphère représentent une grande homogénéité la nuit que le jour en raison

de l'absence de rayonnement solaire, ce qui pousse à s'intéresser aux acquisitions ascendantes (mesures nocturnes).

Comme nous avons vu que l'atmosphère provoque un retard de l'onde radar, nous avons essayé de calculer pour chaque point ci-dessous (voir *tableau n° 4*), l'allongement dû à l'humidité et à l'hydrostatique. Nous avons pris des points dans les trois parties qui caractérisent cette zone d'étude et nous avons calculé les allongements appropriés à partir des formules décrites ci-dessus. La *figure n° 7* montre la localisation et la répartition de ces points d'échantillonnage choisis pour le calcul et l'estimation des allongements dus aux effets atmosphériques.

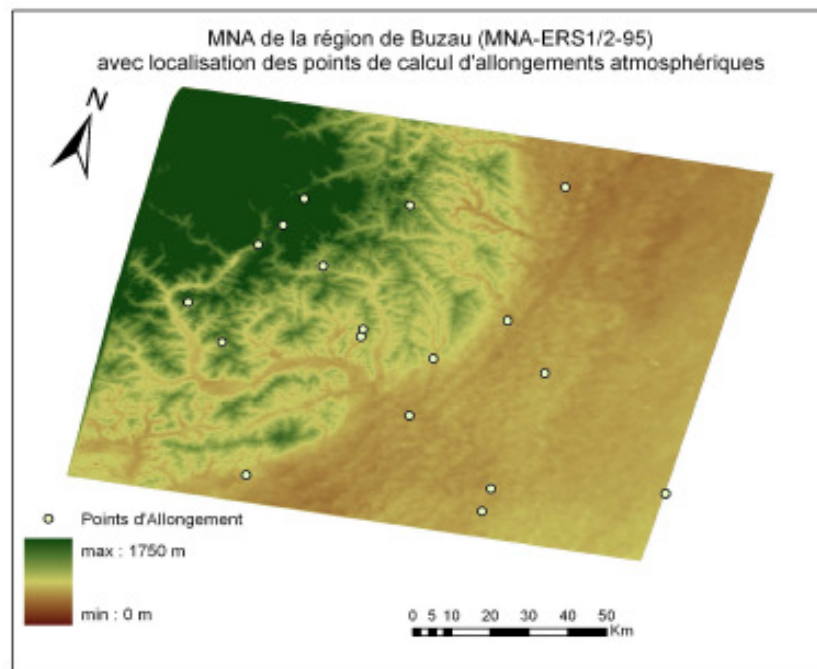


Fig. 7. Localisation des points pour le calcul de l'allongement Allongement hydrostatique (Al Hydrs) et Allongement de l'humidité (Al_Humd).

III.1.1. Allongement de l'humidité (Al-Humd)

L'allongement dû à l'humidité est le même pour toutes les acquisitions. Il est de l'ordre de 0,37m et la différence est de l'ordre du centimètre (voir *tableau n° 3*).

Tableau 3

Allongement du à l'humidité

Dates	P (mb)	T (C°)	Al Humd (m)
28/05/1995	1008,6	23,5	0,37545293
29/05/1995	1007,2	23,8	0,37545361

Al_Humd : Allongement de l'humidité.

III.1.2. Allongement hydrostatique (Al-Hydrs)

L'allongement hydrostatique est de l'ordre de 2,5 à 3 m sur les Subcarpates. Il est à peu près le même pour toutes les deux acquisitions et la différence est de l'ordre du centimètre. Au dessus des Carpates, il est de l'ordre de 2,70 à 3,50 m. Une différence d'altitude de quelques centaines de mètres est traduite par une dizaine de centimètres d'allongement hydrostatique. Au dessus des principales villes situées entre les glacis et la plaine, il est presque stable. Il est de l'ordre de 2,30 m. Par contre, au dessus des villes situées à la limite entre les Carpates et les Subcarpates, comme Nehoiu, il est estimé entre 2,30 à 2,50 m. Au dessus de la plaine, l'allongement hydrostatique est de l'ordre de 2,30 à 2,60 m (voir *tableau n° 4*).

Tableau 4

Points d'échantillonnage pour estimer l'allongement atmosphériques

N°	NOM	Lat (°)	Long (°)	Altitude (m)	Al Hydrs (m)	
					28/05/1995	29/05/1995
1	VOLCAN NORD	45,358209	26,712274	329	2,52255118	2,51904972
2	VOLCAN SUD	45,33975	26,70689	310	2,50800189	2,50452063
3	VILLE BUZĂU	45,15081	26,819824	96	2,35534777	2,3520784
4	CĂLMĂȚUI	44,963828	27,4151123	28	2,31215662	2,3089472
5	CĂLMĂȚUI SUD	44,975699	27,00972	53	2,32843149	2,32519948
6	POGOANELE	44,922005	26,988657	61	2,33436537	2,33112513
7	FOCȘANI	45,699471	27,182371	55	2,32628057	2,32305155
8	RÂMNICU-SĂRAT	45,378797	27,048659	121	2,37077538	2,3674846
9	FUNDENI	45,287987	26,87551	174	2,4081808	2,4048381
10	BĂLĂCEANU	45,252215	27,13525	66	2,33440146	2,33116116
11	MIZIL	45,008811	26,440118	121	2,3738791	2,37058401
12	NEHOIU	45,422437	26,305264	365	2,55048619	2,54694596
13	PĂNĂTĂU	45,326534	26,385325	412	2,58883738	2,58524391
14	SUBCARPAȚI-1	45,655336	26,820853	761	2,9085611	2,90452383
15	CARPAȚI-1	45,510307	26,618975	616	2,76615602	2,76231642
16	CARPAȚI-2	45,671137	26,575527	1214	3,46536527	3,46055512
17	CARPAȚI-3	45,560749	26,468435	1263	3,5382293	3,53331802
18	CARPAȚI-4	45,608783	26,52673	1125	3,33949266	3,33485723

Al Hydrs : Allongement hydrostatique.

Donc on peut dire que l'allongement hydrostatique global de toutes les acquisitions ne dépasse pas les 4 m dans toute la zone d'étude que se soit la partie du relief ou la plaine.

Une étude détaillée faite sur trois sites en Inde pour mesurer les effets atmosphériques sur les MNA générés à partir du mode multi-passes en utilisant deux paires tandems, a montré que les effets atmosphériques affectent les mesures de 0,2 l à 1 m dans la région de Bhuj (région des plaines arides). Par contre, dans les régions de Mumbai (terrain accidenté, lacs et forêts) et Kolar (terrains agricoles, douces, ondulés et terres boisées) les effets atmosphériques étaient presque négligeables [K. S. RAO *et al.*, 2006]. Dans cette étude, nous avons pu estimer un seuil d'allongement moyen causé par les effets atmosphériques (humidité et hydrostatique) pour toute la scène par 4,5 m. C'est la valeur maximale que peut engendrer cet effet (atmosphérique) sur le trajet de l'onde radar dans cette zone de Buzău et pour ces deux acquisitions.

III.2. L'exactitude et la précision d'un MNA

La qualité d'un MNA dépend de sa capacité à atteindre l'objectif tracé pour son utilisation. Il existe plusieurs objectifs pour la réalisation d'un MNA, il y a où elle nécessite un MNA précis d'autres grossier. Dans le cas où le MNA réalisé pour servir à atteindre trois objectifs : (1) Objectif géomorphologique consiste à créer une carte de pentes, associée à des images d'amplitude, composite colorée et des images de cohérence; cet objectif ne demande pas une grande précision altimétrique, mais une plus grande résolution planimétrique. (2) Utilisation pour éliminer les franges topographiques dans l'étude d'interférométrie différentielle; cet objectif demande, en préférence, une meilleure précision altimétrique, mais un MNA grossier peut être utilisé et donné des résultats. (3) Le troisième objectif c'est de faire la comparaison et la soustraction avec d'autres MNA comme le DEM-SRTM, ce qui demande une bonne précision altimétrique.

A partir de ce principe, pour qualifier un MNA, il faut distinguer entre l'exactitude et la précision d'un MNA. La différence entre les deux termes se résume sur les sources de décalage qui résultent entre le MNT de référence et le MNA réalisé. Les deux termes englobent l'erreur aléatoire imprévisible qui peut-être estimée par plusieurs répétitions de mesures. Par contre, l'exactitude inclut les erreurs systématiques, les erreurs grossières, les erreurs aléatoires, etc. Après l'élimination de ces erreurs, les termes exactitude et précision ont la même signification ce qui laisse l'utilisation du terme précision à l'écart type et à l'erreur moyenne quadratique (EMQ).

Dans le cas d'évaluation d'un MNA à partir d'un MNT de référence et si on prend la différence d'altitude (Δh_p) entre les deux pour chaque pixel :

$$\Delta h_p = h_p - H_p^{Réf}$$

L'erreur moyenne quadratique (EMQ) peut s'écrire pour un nombre de pixels (N) de la façon suivante :

$$EMQ = \sqrt{\frac{\sum_{p=(1,1)}^{p=(n,n)} \Delta h_p^2}{N}}$$

Où : Δh_p : Ecart altimétrique entre les deux altitudes ; $H_p^{Réf}$: Altitude de référence du pixel (p) ; h_p : Altitude du MNA réalisé du même pixel (p).

La précision pour une carte d'élévation est représentée par l'erreur moyenne quadratique de l'ensemble des altitudes de la base de données par rapport au DATUM et qui ne doit pas dépasser le tiers de l'équidistance ($\frac{1}{3} Equid$) pour les points de détail et le sixième de l'équidistance ($\frac{1}{6} Equid$) pour les points de cotés [A. KHALDI et A. ZAZA, 2000]. Si on prend un MNA de résolution 20 m, la précision doit être comprise entre 3 et 6 m.

III.3.1. Evaluation et précision du résultat

Afin d'évaluer nos résultats, il faut noter que nous avons travaillé sur une zone caractérisée par trois parties de morphologies différentes : (1) Zone plate (plaines) ; (2) Zone de reliefs modérés orientée vers le radar (intermédiaire) ; (3) Zone de forts reliefs.

La précision du MNA réalisé a été comparée avec un DEM SRTM de résolution 90 m et avec des points de mesures par GPS sur le terrain. Nous avons constaté qu'il n'y avait pas de décalage entre les deux MNA. Les deux MNA ont une ressemblance presque identique sauf que la résolution du SRTM est moins grande (90 m). Par contre, celle de MNA-ERS1/2 est de 20 m. Dans ce cas, un pixel du DEM-SRTM englobe 4 pixels du MNA-ERS1/2, ce qui implique que les erreurs horizontales du MNA-ERS1/2 sont les mêmes que celles du DEM-SRTM.

Le MNA-ERS1/2-95 réalisé est d'un apport important. La qualité des résultats est très bonne vu la morphologie de la zone d'étude. Il constitue une donnée pour les géomorphologues qui s'intéressent aux risques géomorphologiques comme les glissements de terrain ainsi que les coulées de boue qui dépendent des degrés d'inclinaison des pentes.

III.3.1.1. Précision horizontale

La résolution du MNA réalisé est de 20 m sachant qu'une bonne précision horizontale du radar est beaucoup plus facile à accomplir que pour les systèmes optiques [B. RABUS et al., 2003]. Le contrôle avec des points GPS et le calage avec le DEM-SRTM nous a ramené à estimer l'erreur par 20 m de l'ordre de la cellule de résolution.

III.3.1.2. Précision verticale

La précision verticale globale est estimée à 17 m pour toute la scène (100 x 100 km). Il faut noter que la précision est différente dans les trois parties de la scène (Plaine, Intermédiaire et Reliefs) : (1) zone 1 : Partie plaine (Plate), la précision est environ en moyenne entre 2 et 5 m ; (2) zone 2 : Partie intermédiaire (centre), la précision est environ en moyenne entre 5 et 15 m ; (3) zone 3 : Partie de reliefs (haute), la précision dépasse en moyenne les 35 m, étant difficile à estimer (varie beaucoup d'un pixel à un autre). Si on divise la scène imagée en trois, nous obtiendrons 1/3 Plaine, 1/3 intermédiaire et 1/3 Reliefs. La précision globale est donc de l'ordre de 17 m.

III.3.2. Les sources d'erreurs

Les erreurs de précision qui ont affecté le MNA résultant sont dues aux : (1) principalement, aux changements des conditions atmosphériques entre les deux passages des satellites. L'allongement atmosphérique pour les fréquences ERS et ENVISAT peut aller jusqu'à 5 m dans ce cas d'étude ; (2) phénomènes Overlay et Occultation qui sont : (i) sensibles aux zones montagneuses ; (ii) zone d'occultation (pente descendante; angle avec l'horizontal $\alpha > 90^\circ$) traduit une perte d'information (trou dans le MNA, pas une fausse information), phénomène moins fréquent que l'overlay ; (iii) l'overlay fournit une information fausse, sachant que dans ce cas les pentes dans la zone des glissements de terrain inférieures à 23° sont plus fréquentes que des pentes supérieures à 67° . Par contre, dans la zone de coulées de boue, les pentes les plus fréquentes sont entre 50° et 80° ; (3) sans oublier les erreurs associées au filtrage utilisé pour faciliter le déroulement de la phase qui dans ce cas sont estimées (filtre Goldstein de degré compris entre 0,2 et 1), à 2 m dans les zones plates et à 4 m environ dans les reliefs ; (4) erreurs des positions exactes des orbites pour chaque pixel de la scène imagée ; (5) erreurs dues au déroulement de phase verticalement et horizontalement (dans les deux directions X, Y) ; (6) erreurs dues à la Baseline ; (7) erreurs dues à la coregistration entre les images (Maitre et Esclave) ; (8) erreurs éventuelles de dérives instrumentales.

Il faut noter que ces erreurs peuvent affecter la précision verticale, mais pas beaucoup la morphologie.

III.3.3. Avantages

La réalisation du MNA par interférométrie radar SAR offre les avantages suivants : (1) l'étendue du MNA réalisé est de 100 km x 100 km ; (2) ce MNA a une résolution de 20 m considérée importante ; (3) le temps de la réalisation du MNA offre un gain de temps important en comparaison à d'autres méthodes ; (4) qualité du MNA ; les points GPS relevés et le DEM-SRTM nous ont permis d'estimer la précision globale pour une grande échelle (100 x 100 km); elle est de 20 m en horizontal et de 17 m en vertical ; (5) ce MNA sera amélioré au fur et à mesure sur les zones considérées intéressantes par segmentation ; (6) il sera utilisé comme un MNA de référence pour des petites zones après amélioration en qualité, dépendant de la connaissance de la zone à petite échelle; par exemple, 10 x 10 km car la bonne résolution le permet ; (7) la morphologie que représente ce MNA-ERS1/2 reflète la réalité du terrain, ce qui est intéressant pour l'étude des risques géomorphologiques comme les glissements de terrain et le suivi des coulées de boue malgré l'existence des imprécisions altimétriques.

IV. Conclusion

L'objectif principal de la présente étude était d'analyser l'apport de la technique d'interférométrie InSAR pour la réalisation du MNA de la région de Buzău. L'interférométrie radar InSAR exploite l'information de la différence de phase de l'onde radar entre deux acquisitions différentes. Elle est considérée comme la meilleure solution en termes de compromis entre couverture globale et précision. Son succès dépend beaucoup de la géométrie de prise de vue et essentiellement des caractéristiques physiques de la surface imagée qui peuvent perturber la phase entre deux périodes d'acquisitions. Nous avons testé cette technique dans une région très complexe subcarpatique de Buzău considérée comme une zone très humide et caractérisée par des terrains très accidentés avec différentes pentes ainsi qu'une végétation prépondérante. Ces trois caractéristiques ne sont pas favorables car ils introduisent une incohérence du signal électromagnétique. Cette technique donne de bons résultats dans les zones relativement plates. Nous avons réalisé un MNA à partir des images radars SAR du couple tandem des satellites ERS-1 et ERS-2. Grâce à ce traitement réalisé, nous avons pu obtenir un modèle numérique d'altitude (MNA) de la région de Buzău avec une résolution de 20 m, une étendue de 100 km x 100 km et une précision globale de moins de 17 m. La rapidité de la réalisation du MNA sur des grandes étendues, la bonne résolution et la précision (terrain plat < 3 m) représentent un acquis pour les études géomorphologiques.

Grâce aux couples tandems et l'intervalle d'1 jour, la décorrélation temporelle est réduite et se focalise sur les effets atmosphériques. Ce couple

tandem est utilisé pour la réalisation des MNA, la détection des faibles déformations produites et la modélisation des artefacts atmosphériques. L'un des problèmes rencontrés dans cette étude concernant l'interférométrie radar InSAR est relatif aux effets d'atmosphère où ils affectent la précision. Nous avons pu constater que ces effets atmosphériques sont dominants dans l'interférogramme réalisé surtout dans la partie plate qui se distingue parfaitement de la partie haute, sachant que les acquisitions diurnes sont plus affectées par les effets atmosphériques à cause des effets d'ionisation ; il faudrait donc utiliser des acquisitions nocturnes.

Bien qu'un MNA réalisé par InSAR soit moins précis que ceux réalisés à partir de Lidar ou le levé terrain, la méthode InSAR reste concurrentielle à cause notamment du grand gain de temps et la précision relative comparée aux surfaces balayées (plusieurs centaines de kilomètres avec une précision de l'ordre de quelques mètres). Cependant il peut donner une grande étendue et restitue parfaitement la géomorphologie du terrain, ce qui est utile et bénéfique pour l'étude géomorphologique. Le couple tandem représente jusqu'à présent le seul produit radar SAR exploitable pour la réalisation des MNA.

Malgré ces contraintes et les nombreuses difficultés nous avons pu utiliser l'interférométrie InSAR sur une zone complexe qui n'a pas encore été étudiée par ces outils. Nous avons pu enfin élaborer un MNA assez précis. Le retour au terrain nous a permis de conforter la plupart des résultats avancés.

V. Remerciements

Nous remercions l'AUF pour le financement du projet de recherche partagée sur l'apport de l'imagerie satellitale multi résolution dans le suivi des phénomènes de glissements de terrain en Roumanie, qui a permis d'acquérir les images utilisées dans le présent travail. Nous remercions aussi le Professeur Gh. VIȘAN pour les sorties sur le terrain et la collecte des points GPS.

BIBLIOGRAPHIE

- ASKNE, J. I. H., DAMMERT, P. B. G., ULANDER, L. M. H., SMITH, G., 1997, « C-Band Repeat Pass Interferometric SAR Observations of the Forest », *IEEE Transactions on Geoscience et Remote Sensing*, 35 (1), pp. 25-35, 1997.
- BAMLER, R., SCHÄTTLER, B., 1993, « SAR Data Acquisition and Image Formation », in Schreier, G. (ed.), *SAR Geocoding: Data and Systems*, Wichmann, Karlsruhe, pp. 53-102, 1993.
- BOWRING, B. R., 1985, « The Accuracy of Geodesic Latitude and Height Equations », *Survey Review Directorate of Overseas Surveys*, vol. 28, no 218, pp. 202-206, 1985.
- CHEN, C. W., ZEBKER, H. A., 2000, « Network Approaches to Two-Dimensional Phase

- Unwrapping: Intractability and Two New Algorithms », *Journal of the Optical Society of America A*, vol. 17, pp. 401-414 (2000).
- CHEN, C. W., ZEBKER, H. A., 2001, « Two-Dimensional Phase Unwrapping With Use of Statistical Models for Cost Functions in Nonlinear Optimization », *Journal of the Optical Society of America A*, vol. 18, pp. 338-351, 2001.
- CHEN, C. W., ZEBKER, H. A., 2002, « Phase Unwrapping for Large SAR Interferograms: Statistical Segmentation and Generalized Network Models », *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 40, pp. 1709-1719, 2002.
- CURLANDER, JOHN C., MCDONOUGH, ROBERT N., 1991, « Synthetic Aperture Radar: Systems and Signal Processing », John Wiley et Sons, Inc, New York, 1991.
- ELGERED, G., 1993, « Tropospheric Radio-Path Delay from Ground-Based Microwave Radiometry. Reprint from Atmospheric Remote Sensing by Microwave Radiometry », Chapter no 5, John et sons INC.
- GOLDESETIN, R. M., WERNER, C. L., 1998, « Radar Interferogram Filtering for Geophysical Applications », *Geophysical Research Letters*, 25(21), pp. 4035-4038, 1998.
- GRAHAM, L.C., 1974, « Synthetic Interferometry Radar for Topographic Mapping », *Proc. IEEE*, 62, pp. 763-768, 1974.
- GUARINO, C. R., 1994, « A Novel Method for Two-Dimensional Phase Estimation », *USA 0-7803-1497-2/94*, IEEE, pp. 2279-2281, 1994.
- HANSEN, R., BAMLER, R., 1999, « Evaluation of Interpolation Kernels for SAR Interferometry », *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 37 (1), pp. 318-321 (part 1), 1999.
- KAMPES, BERT, 1999, « DORIS », *Delft Object-Oriented Radar Interferometric Software, Manual and Technical Documentation*, Delft Institute for Earth-Oriented Space Research (DEOS), Delft University of Technology, 1999.
- KHALDI A., ZAZA, A. 2000, « La qualité des modèles numériques de terrain générés par corrélation automatique », *Thèse d'obtention de diplôme d'ingénieur en Topographie*, Dép. de topographie, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II (IAV), Rabat, Maroc, 2000.
- MASSONNET, DIDIER, ELACHI, CHARLES, 2006, « High-Resolution Land Topography », *B C. R. Geoscience* 338 (2006) 1029-1041, <http://france.elsevier.com/direct/CRAS2A/>, Internal Geophysics, 2006.
- MOISSEEV, D., HANSEN, R. F., 2003, « Influence of Hydrometeors on InSAR Observations », in *IGRSS 2003, IEEE, International Geoscience and Remote Sensing Symposium Proc.*, Toulouse, France, (21-25), I-D12-08, July 2003.
- RABUS, BERNHARD, EINEDER, MICHAEL, ROTH ACHIM, BAMLER, RICHARD, 2003, « The Shuttle Radar Topography Mission - a New Class of Digital Elevation Models Acquired by Spaceborne Radar », *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing* 57 (2003) 241-262, 2003.
- RAUCOULES, DANIEL, 1997, « Utilisation de l'interférométrie ROS (ERS1) pour la construction de MNT en zone montagneuse, application au Grand Caucase », *Thèse. Mémoire Géosciences-Montpellier*, no. 3, Université Montpellier II, 1998-7558, L3.31-M3-364, 1997.
- RAO, K. S., AL-JASSAR, H. K., PHALKE, S., RAO, Y. S., MULLER, J.-P., LI, D. Z., 2006 « A Study on the Applicability of Repeat-Pass SAR Interferometry for Generating DEMs Over Several Indian Test Sites », *International Journal of Remote Sensing*, vol. 27, no. 3, 10 February 2006, 595-616.
- RENAUDIN, E., 2000, « Evaluation of DEMs from SAR Interferometry and Spot Stereoscapy for Remote Sensing », *Thèse pour obtention de diplôme d'ingénieur Topographe*, Institut de Géodésie et de photogrammétrie, Institut fédéral de technologie, Zürich, Suisse, 2000.
- RODRIGUEZ, E., MARTIN, J. M., 1992, « Theory and Design of Interferometric Synthetic Aperture Radars », *IEE Proceedings-F*, 139(2):147.159, 04/1992.
- SYLVANDER, SYLVIA, GIGORD, PATRICK, 1995, « Exploitation tridimensionnelle d'images ERS1 », *Bulletin I S.F.P.T.*, no. 138, pp. 40-53, 1995-2.

- SCHWÄBISCH, MARKUS, 1995, « Die SAR-Interferometrie zur Erzeugung digitaler Geländemodelle », Forschungsbericht, 95-25, Deutsche Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt, Oberpfaffenhofen, 07/1995.
- TOUTIN, T., GRAY, L., 2000, « State-of-the-Art of Elevation Extraction from Satellite SAR Data », *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 55, no. 1, pp. 13-33, 2000.
- ZEBKER, H. A., GOLDSTEIN, R. M., 1986, « Topographic Mapping from Interferometric Synthetic Aperture Radar observations », *J. Geophysical Research.*, 91, pp. 4993-4999, 1986.
- ZEBKER, H. A., WERNER, C., L., ROSEN, P. A., HENSLEY S., 1994, « Accuracy of Topographic Maps Derived from ERS-1 Interferometric Radar », *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions*, vol. 32, pp. 823-836, Jul. 1994.
- *** « Logiciel de traitement Interférométrie DORIS (Delft Object-Oriented Radar Interferometric Software) », est un *Logiciel développé*, par Delft University of Technology, <http://www.enterprise.geo.tudelft.nl/doris/>

L'IMPACT DE L'ETALEMENT URBAIN SUR LES HYDROSYSTEMES LITTORAUX. CAS DE LA PLAINE DE COLLO (N-E ALGERIEN)

**CHABOUR NABIL*, BENABBAS CHAOUKI*,
BOUREFIS AHCENE*, KERMANDJI ADNANE**

La plaine côtière de Collo représente l'un de ces espaces naturels, composé de terres fertiles et d'importants aquifères, qui se fait grignoter par le béton. Cette plaine, à l'instar des autres plaines côtières algériennes, est appelée d'ici peu à devenir une ville reposant sur un important aquifère. Ce dernier est contenu dans une formation de sable et graviers du Quaternaire. Il a été exploité par des puits et des forages pour les besoins de l'AEP de la ville de Collo et l'irrigation. Dans les années 90, avec la réalisation du barrage de Beni Zid, l'exploitation par forage pour l'AEP a été abandonnée, peu à peu, pour d'autres ressources. La ville est alimentée, actuellement, à partir des eaux du barrage. Ceci a pour effet un délaissement du suivi et de la protection de la nappe. En plus de l'expansion de l'agglomération du village d'Ouled Mazouz, une prolifération du bâti est apparue tout le long de la route et au pied de Koudiat Telezza (en amont de la nappe). En effet, une importante population s'est fixée progressivement dans la plaine avec la création d'activités, engendrant des rejets aux effets néfastes sur le milieu. Ces activités anthropiques entraînent de forts déséquilibres au sein des écosystèmes. L'urbanisation affecte significativement le cycle naturel de l'eau, autant du point de vue, quantitatif que qualitatif. Les constructions s'accompagnent, automatiquement, par une imperméabilisation de la surface des sols, alors que leurs orientations et leurs fondations peuvent réduire partiellement ou totalement les capacités d'écoulement des eaux souterraines. Ceci s'est traduit, dans la plaine étudiée, par l'abaissement des niveaux d'eau dans l'aquifère (avec une réduction de la capacité de pompage), une forte augmentation de la salinité causée par les intrusions des eaux marines, une augmentation constante des teneurs en éléments azotés, ainsi que l'assèchement des zones humides.

Mots-clés : urbanisation, aquifères, plaines littorales, écosystème, pollution.

Introduction

L'augmentation démographique généralisée en zone littorale s'accompagne du développement des activités agricoles, économiques, touristiques et urbaines. Le plus souvent, ces activités se développent dans les zones pourvues de ressources hydriques : les plaines littorales où existent la plupart des aquifères. Ainsi, dans un premier temps, les nappes souterraines ont eu à subir des dégradations dues à une surexploitation et à une activité agricole intensive. A

* Laboratoire de Géologie et Environnement, Université Mentouri Constantine, Algérie.

ces grandes craintes, s'ajoute les conséquences défavorables dues aux changements climatiques, ce qui se traduit par l'apparition de cônes de dépression, d'une invasion par les eaux salines (forte salinité), la présence de fortes teneurs en éléments azotés et pesticides, ainsi que l'assèchement des zones humides au profit de l'agriculture.

A ce stade des décisions courageuses et judicieuses pouvaient, encore, sauver ces écosystèmes, notamment, par une optimisation des prélèvements et de leur répartition spatiale, par de bonnes pratiques agricoles (une agriculture raisonnée) et l'installation d'un réseau d'assainissement fiable pour les secteurs initialement urbanisés (qu'il faut impérativement limiter).

En revanche, l'urbanisation sauvage et effrénée des plaines alluviales côtières (cas de la plaine de Collo) peut s'avérer une mise à mort sans appel des eaux souterraines et des zones humides. Le béton ne cesse, ces dernières années, d'envahir de grandes surfaces. Des exemples de ce genre de cas, sont fréquents en Algérie. La plaine de Collo, à l'instar des autres plaines côtières, est appelée, d'ici peu, à devenir une ville construite sur un important aquifère. Ces activités anthropiques entraînent de forts déséquilibres au sein des écosystèmes. L'urbanisation affecte, significativement, le cycle naturel de l'eau, autant du point de vue quantitatif que qualitatif. Plus particulièrement, les zones de recharge et de décharge diffèrent considérablement des systèmes naturels. La plaine est grignotée quotidiennement par le béton. On assiste à un développement rapide d'un tissu urbain avec la fixation d'une importante population et la création d'activités, engendrant des rejets aux effets néfastes sur le milieu. Les constructions s'accompagnent, automatiquement, d'une imperméabilisation de la surface des sols, alors que leurs fondations peuvent réduire partiellement ou totalement les capacités d'écoulement des eaux souterraines. Une étude comparative menée sur deux sites dont l'un est situé dans une zone urbanisée et l'autre concernant un secteur strictement agricole, a montré que l'évolution des nitrates et des phosphates dans les eaux souterraines est, de loin, plus importante dans le site urbanisé.

Etat de la nappe non influencée (ou état quasi-initial)

Située dans une des régions les plus arrosées d'Algérie, la nappe de Collo, recèle d'importantes réserves d'eau. La plaine (*fig. 1*) se présente sous forme d'une vallée entaillée dans les massifs métamorphiques (gneiss et schistes). Le cycle sédimentaire débute dans la plaine par des dépôts marneux du Mio-pliocène formant le substratum de l'aquifère qui est constitué de sables et graviers d'une épaisseur variant entre 15 et 25 m (Bouillin, 1977 ; Marre, 1992).

Cette nappe est alimentée par les eaux des précipitations, les ruissellements et les apports à partir des eaux de surface et des eaux de l'inféro-flux de l'oued Guebli qui draine un important impluvium. La plaine reçoit 800 à 1000 mm/an de précipitations, alors qu'au niveau des massifs, ces précipitations peuvent atteindre les 2000 mm/an. L'oued Guebli prend naissance au pied du massif de

Sidi Dris et a un débit moyen qui varie entre 2 l/s en août et 620 l/s en Janvier (ANRH, 1974). Les transmissivités estimées à partir des essais de pompage montrent des valeurs variant entre $5.3 \cdot 10^{-2}$ et 10^{-2} m²/s (Descamps 1974), dans la zone située sur la rive gauche de l'oued Guebli, au sud-est de Koudiat Teleza. Il s'agit de la zone reconnue par la géophysique (C. G. G., 1966 et UKRGUIPROVODKHOZ, 1965) comme ayant une très bonne résistance transversale (épaisseur importante des formations graveleuses et sableuses), ce qui a justifié l'implantation, dans ce lieu, de la majorité des forages d'exploitation. La transmissivité décroît dans les autres zones pour atteindre 10^{-5} m²/s. Il s'agit d'une nappe généralement très nerveuse présentant des réponses rapides aux différentes sollicitations (recharge, pompage, contamination).

Avant les années 70, la nappe était peu exploitée et donc non influencée. Les cartes piézométriques (fig. 2) établies dans les années 60 (cartes établies par la C. G. G. et la mission UKRGUIPROVODKHOZ) montrent un sens de flux d'écoulement général orienté vers la mer avec, cependant, un infléchissement des courbes au niveau de l'oued Cherka, confirmant le drainage de la nappe par cet oued.

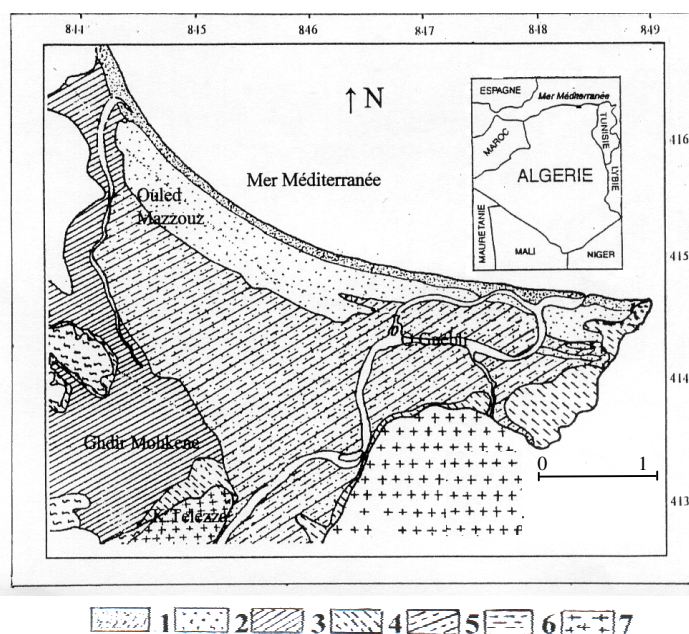


Figure 1. Carte géologique de la plaine de Collo (d'après A. Marre, 1992)

- 1 : sable fin ; 2 : dépôt éolien des dunes ; 3 : limons argileux lourds ;
 4 : limons argileux moyen ; 5 : limons argileux et sableux ; 6 : argiles ;
 7 : Gneiss et schistes cristallins.

Les cartes des conductivités (Descamp, 1974 ; Chabour, 2003) traduisant la minéralisation globale présentent des valeurs variant entre 300 et 1400 μmho . Les valeurs les plus fortes sont localisées dans la zone urbaine d'Ouled Mazouz et ont une origine principalement anthropique (activité agricole et rejet d'eau usée). Du fait du contexte géomorphologique et de la faible profondeur de la nappe, la zone nord-ouest (Ghdir mohkene) présente des zones humides avec un étalement saisonnier. Les plans d'eau sont en relation avec la surface piézométrique qui affleure en période de forte recharge.

Impact de la surexploitation et de l'agriculture

Le développement, essentiellement, d'une agriculture, très dépendante de l'irrigation, avec une superficie d'environ 1600 ha irrigables, a provoqué une intense activité de mobilisation des eaux.

Une importante population s'est fixée dans la plaine avec la création d'activités ayant des répercussions néfastes sur le milieu et en contradiction avec la gestion durable des ressources. Ces activités anthropiques ont engendré des foyers de pollution et, de ce fait, une dégradation croissante des ressources hydriques. La multiplication des forages et l'intensification de l'exploitation ont provoqué le rabattement de la nappe et l'apparition de cônes de dépression avec invasion des eaux salées marines sur toute la bande côtière (N. Chabour, 2001 et 2004). La carte piézométrique établie en 1983 (*fig. 3*) montre une perturbation dans la répartition piézométrique.

La dépression située au Sud (nord-est de Koudiat Telezza) se trouve dans une zone très exploitée (pratiquement la plupart des forages destinés à l'A.E.P. se trouvent dans cette zone).

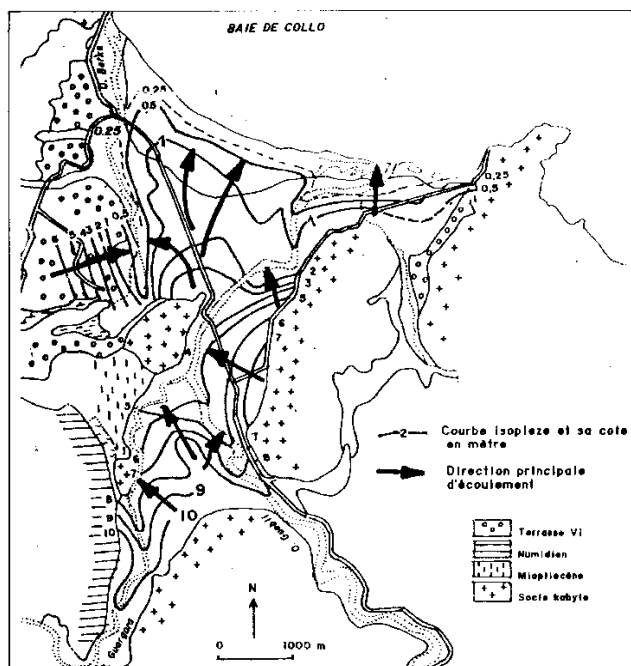


Figure 2. Carte piézométrique (Période hautes eaux ; 1965 C.G.G.)

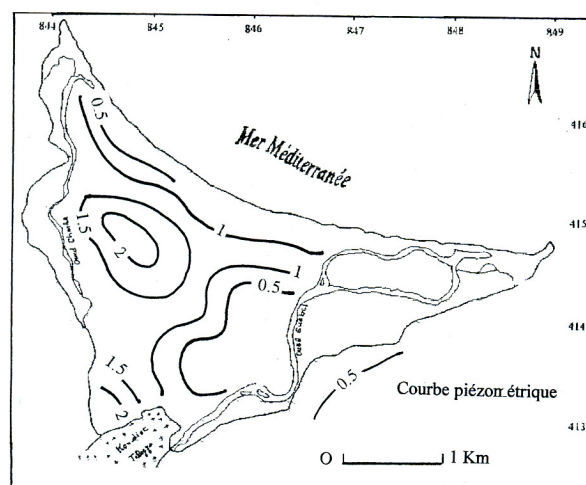


Figure 3. Carte piézométrique (période hautes eaux ; 1983)

Impact de l'urbanisation

Le premier noyau de construction (*fig. 4*) établi fut l'agglomération de Ouled Mazouz et, d'une importance moindre, le flanc nord de Koudiat Telleza. Par la suite, ces deux zones ont été intensivement urbanisées et ceci sans la réalisation de réseau d'assainissement. Longtemps, ces constructions ont été interdites, mais les contraintes géographiques (forts reliefs accidentés) et le manque de terrains à bâtir ont poussé les populations de plus en plus importantes à s'installer dans les plaines. Chaque propriétaire de parcelle de terrain, initialement à usage agricole, a bâti sa propre maison dans cette parcelle. Ceci a pour effet un mitage et un parcellement de ces terrains. Pour des raisons de commodité, la poursuite des constructions se fait, actuellement, suivant l'axe de la route nationale. L'envahissement des terres (très fertiles) par l'urbanisation, est perçu surtout comme un gaspillage des terres agricoles, oubliant par là, la dégradation irréversible des ressources hydriques et notamment celle des eaux souterraines.

L'urbanisation affecte, significativement, le cycle naturel de l'eau, autant du point de vue quantitatif que qualitatif. Elle se traduit, en général, par : une régression des zones humides; une imperméabilisation des surfaces du sol; la perturbation des systèmes d'écoulement par les fondations; des problèmes de pollution causés par des sources ponctuelles ou diffuses en milieu urbain (surtout en l'absence d'un réseau d'assainissement) et une forte augmentation de la salinité ; des problèmes d'inondation...

1. une régression des zones humides. Le défrichage, le remblaiement, l'abaissement des niveaux piézométriques et la perturbation du réseau hydrographique initial peuvent empêcher la réalimentation et l'inondation de ces zones. Paradoxalement les rejets des eaux usées (en l'absence de réseau d'assainissement) peuvent provoquer la remontée des eaux et, par conséquent, la formation de marécages. Dans la région de Collo, la zone humide (non classée) située dans la partie Sud-Ouest de la plaine, a été, pratiquement, asséchée. En premier lieu, certaines surfaces ont été drainées et asséchées par des agriculteurs, créant ainsi des surfaces cultivables. Les routes, traversant cette région et qui sont inondées pendant les fortes pluies, ont été surélevées après remblaiement. Ceci a pour conséquence une dislocation et un mitage des plans d'eau, empêchant, de ce fait, les circulations des eaux et la réalimentation des plans d'eau situés en aval.

2. une imperméabilisation des surfaces du sol qui a pour effet une réduction de la recharge directe de la nappe et donc un abaissement du niveau piézométrique (réduction de la capacité de pompage, intrusion des eaux salées marines et diminution du pouvoir de lessivage et de dilution).

3. la perturbation des systèmes d'écoulement par les fondations : tous ces soutènements constituent sur leur hauteur des barrières étanches à l'écoulement de la nappe. Leur incidence sur l'écoulement dépend de la hauteur d'interception, du pourcentage de coupure que représente le soutènement par rapport à la hauteur

d'écoulement de la nappe, de la longueur de l'ouvrage, de son orientation par rapport à l'écoulement de la nappe, etc. Ceci se traduit par une perturbation des sens d'écoulement des eaux souterraines. Avant la surexploitation et l'urbanisation de la plaine, les cartes piézométriques (*fig. 2*) montrent des courbes piézométriques parallèles au rivage et un sens d'écoulement général Sud-Nord. La surexploitation a provoqué l'apparition de cône de dépression avec inversement des écoulements dans les zones très sollicitées. Actuellement, ces cartes sont difficilement interprétables. Elles montrent une multitude de dômes et cônes de dépression. En empêchant les eaux de circuler, les fondations peuvent provoquer l'apparition d'eaux conées (très minéralisées).

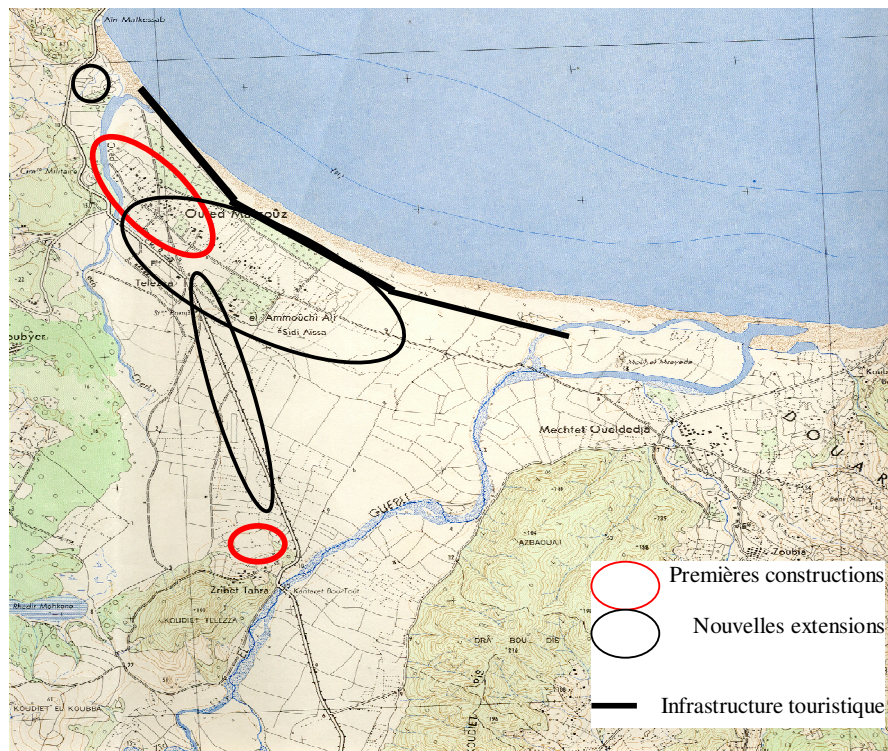
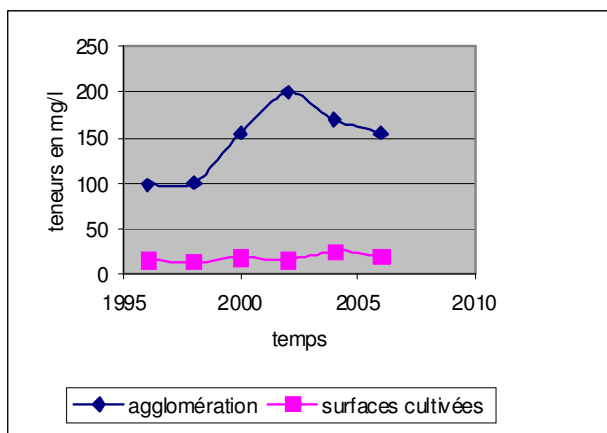
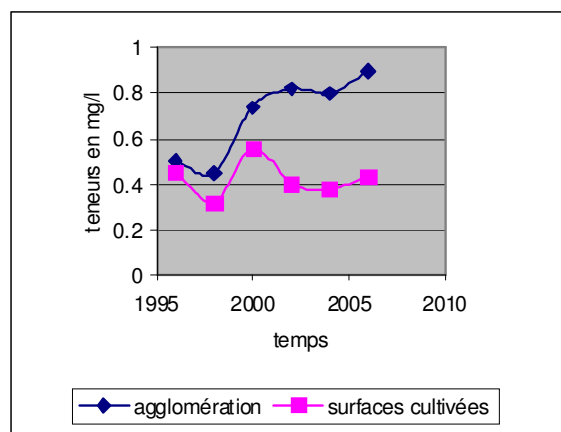


Figure 4. Localisation et évolution des zones urbanisées

4. des problèmes de pollution causés par des sources ponctuelles ou diffuses en milieu urbain (surtout en l'absence d'un réseau d'assainissement) et une forte augmentation de la salinité. Les constructions, avec leurs fondations, jouent le rôle de barrières réduisant les vitesses de circulation des eaux et augmentant leur minéralisation. En plus de la pollution bactérienne et par des

métaux lourds, les éléments révélateurs d'une pollution sont : 1) les nitrates, provenant, aussi bien, de l'utilisation des fertilisants en agriculture, que des rejets domestiques (Jordan and Weller, 1996) ; 2) les nitrites, éléments toxiques, représentant la forme de passage entre l'ammonium et les nitrates ; 3) l'ammonium, très toxique, sa présence étant liée aux rejets urbains et industriels ainsi qu'à la réduction des nitrates et des nitrites (Debieche, 2002) ; 4) le phosphate, sa présence étant liée aux rejets urbains et industriels (principalement des excréments humaines et des détergents). Le suivi de la qualité chimique des eaux souterraines montre, en outre, une augmentation constante des teneurs en éléments azotés. L'étude de l'évolution spatiale et temporelle des éléments azotés (nitrates), ainsi que du phosphate (Chabour, 2007) conclue vers une origine anthropique urbaine. Dans le but de connaître l'impact des zones urbanisées sur les eaux souterraines, un suivi des teneurs en nitrates et en phosphates sur une période de dix ans (1996-2006) a été réalisé au niveau de deux zones. La première zone se trouve au centre de l'agglomération d'Ouled Mazouz et la deuxième dans une surface agricole exclusivement réservée au maraîchage. Il s'agit, en fait, de suivre l'évolution des ces éléments, en fonction de l'augmentation de la population et des zones urbanisées qui évoluent en fonction du temps alors que les surfaces agricoles diminuaient. Dans la zone urbanisée (*fig. 5a et b*), les teneurs en nitrates augmentent considérablement jusqu'à atteindre les 200 mg/l en 2003. La tendance à la baisse, à partir de cette date, peut s'expliquer par les fortes pluies (lessivage et dilution), ainsi que par la mise en service d'une partie du réseau d'assainissement. En revanche, dans les surfaces cultivées, les teneurs en nitrates sont assez constantes dans le temps et traduisent une origine par les fertilisants. Par expérience, les agriculteurs utilisent, pratiquement, les mêmes doses chaque année. L'augmentation excessive et rapide des teneurs en phosphates en fonction du temps (*fig. 5b*), notamment, en zones urbanisées montre bien l'origine anthropique des ménages.





b

Figure 5. Evolution (a) des nitrates, (b) des phosphates

5. problèmes d'inondation : la nappe de Telezza a connu de fréquents épisodes de crues exceptionnelles et d'inondations. La plaine représente le champs d'expansion de crue de l'oued Guebli. L'accalmie qui a duré plus d'une trentaine d'année a fait oublier aux habitants le risque des fortes inondations qu'a connues cette plaine. Paradoxalement, ces constructions, en accentuant ce phénomène (en perturbant le réseau hydrographique et en réduisant les surfaces qui servaient d'exutoire aux fortes crues) sont, elles mêmes, exposées à de grands risques. En période de crue, le niveau piézométrique remonte fortement jusqu'à former des plans d'eau en surface. Ceci arrive, souvent en période de forte pluviosité, dans la partie sud-ouest (au sud de Ghdir Mohkene). Cette crue de nappe ajoutée à celle des eaux de surface a pour effet, non seulement, d'amplifier l'impact de l'inondation mais aussi d'augmenter sa durée.

Conclusion

Les faiblesses réglementaires, le choix de solutions faciles (exploitation des eaux de surfaces...), l'inconscience et l'irresponsabilité vont conduire à la dégradation irréversible des écosystèmes des plaines côtières. Les perturbations provoquées dans la plaine côtière de Collo, par l'urbanisation, se traduisent par des modifications des champs d'écoulement et une pollution des eaux souterraines par les eaux de rejet. Une planification efficace du territoire requiert de veiller à une gestion durable des eaux souterraines en engageant une

politique de restauration des hydrosystèmes dégradés et en tenant compte des outils de gestion scientifiques :

- promulguer des textes claires pour protéger les eaux souterraines,
- interdire toute urbanisation dans les zones humides et celles où se trouvent des aquifères, vulnérables : zones saturées (de la nappe) peu profondes, aquifères libres...
- prévoir des mesures coercitives envers les constructeurs.

BIBLIOGRAPHIE

- *** A.N.R.H. (1974), „Etude hydrogéologique de la plaine de Collo”, *Rapport*, Agence Nationale de la Recherche Hydrique, Constantine.
- BOUILLIN, J. P. (1977), „Géologie alpine de la petite kabylie dans les régions de Collo et d'El Milia”, *Thèse Science*, Univ. Paris, VI, 509 p.
- DESCAMPS, P. (1974), „Etude hydrogéologique de la plaine de Collo”, *Rapport*, D.E.M.R.H. Constantine.
- *** C.C.G. (1966), „Etude géophysique de la plaine de Collo”, *Rapport* pour la D.M.R.H, de Constantine.
- CHABOUR, N. (2001), „Etude du bilan hydrique de la nappe de Collo à partir d'un modèle numérique”, *1^{er} séminaire sur la géologie du „Grand constantinois”*, Univ. Constantine.
- CHABOUR, N. (2003), „La remontée des eaux dans les régions du Sud : une solution le lagunage”, *Journée d'étude sur les applications des données géologiques et géotechniques aux plans d'aménagement*, Univ. Constantine (2003).
- CHABOUR, N (2004), „Impact de la surexploitation et de l'activité agricole sur la nappe de Telezza”, *Seventh International Conference on the Géologie of the Arab World*, Le Caire (2004).
- CHABOUR, N. (2004), „La surexploitation des eaux souterraines dans les plaines littorales : la nappe de Telezza dans la plaine de Collo (Nord-Est algérien)”, *Revue Sciences et Technologie*, Univ. Constantine (2004).
- CHABOUR, N. (2007), „La priorité données aux eaux de surface au détriment des eaux souterraines : une solution à l'encontre d'une gestion durable. Exemple des nappes côtières”, *Colloque international sur la gestion durable de l'eau en méditerranée*, C.C.F., U.M.C., A.B.H.C.S.M. (2007).
- CHAUMONT, C. ET PAQUIN, C. (1971), *Carte pluviométrique de l'Algérie au 1/500 000*, Soc. Histoire Naturelle, Université d'Alger.
- Debieche, TH. (2002), „Evolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle : Application à la basse plaine de la Seybouse Nord-Est algérien”, *Thèse*, Univ. Franche Compté, p. 199.
- JORDAN, TE. and WELLER, DE. (1996), „Human Contribution to Terrestrial Nitrogen Flux: Assessing the Sources and Fates of Anthropogenic Fixed Nitrogen”, *BioScience*, 46.
- MARRE, A. (1992), „Le Tell oriental algérien, de Collo à la frontière tunisienne”, *Étude Géomorphologique*, vol. 1 et 2, Office des Publications Universitaires.
- *** UKRGUIPROVODKHOZ (1965), „Projet d'irrigation de la plaine de Collo”, *Rapport*, UKRGUIPROVODKHOZ (1965-1972).

VOCATION TOURISTIQUE DE LA PLAINE ROUMAINE

FLORINA GRECU*, CRISTINA GHIȚĂ*

En apparence, les unités naturelles de plaine en général, et la Plaine Roumaine en particulier, n'ont pas des éléments d'attraction touristique dans le sens de l'organisation du temps libre dans des espaces à esthétique spéciale. Pourtant sur le plan international, les pays développés économiquement (Belgique, Pays-Bas) offrent de nombreux exemples de valorisation du paysage anthropique dans le domaine touristique.

La Plaine Roumaine, par ses caractéristiques physico-géographiques et historiques, issues du contexte de sa position géographique, a des ressources variées qui peuvent constituer des attractions touristiques. En ce sens, le concept de tourisme a une connotation plus large qui fait référence aussi bien à la dépense du temps libre, qu'à la découverte culturelle, artistique, scientifique et religieuse.

Parmi les éléments naturels à vocation touristique il est possible de compter: le système morphologique et hydro-lacustre des rivières (Danube, Olt, Argeș, Ialomița, Buzău), les lacs piscicoles, les lacs d'agrément et balnéaires (qui sont nombreux dans la Plaine Roumaine à l'est d'Argeș et qui, selon leur genèse, se divisent en : lacs de dépression en loess, limans fluviaux, étangs), la végétation et la faune (forêts d'agrément, réserves dendrologiques, de flore et de faune).

Parmi les éléments anthropiques à vocation touristique, dans la Plaine Roumaine se trouvent des sites archéologiques, des églises et des monastères, des monuments commémoratifs, des musées et des maisons commémoratives, des villages d'intérêt ethnographique et d'art populaire, des ensembles architectoniques, des parcs, des jardins et d'autres endroits d'agréments. Ces éléments sont répartis sur toute la Plaine Roumaine, mais ont une densité plus élevée dans la zone touristique métropolitaine de Bucarest.

A présent, la vocation touristique de la Plaine Roumaine est insuffisamment exploitée.

Mots-clés : vocation touristique, éléments morphologiques, éléments hydro-lacustres, zone touristique, Plaine Roumaine

1. Introduction

Apparemment, les unités de plaine en général et la Plaine Roumaine en particulier n'ont pas des éléments d'attraction touristique dans le sens de l'organisation du temps libre dans des endroits à esthétique spéciale. Mais sur le plan international, des pays développés du point de vue économique offrent de nombreux exemples de valorisation du paysage naturel et anthropique en tourisme (exemple: Belgique – la Plaine de Flandres).

* Faculté de Géographie, Université de Bucarest, Bd. N. Bălcescu, n°1, secteur 1, 70111 Bucarest, Roumanie, grecu@geo.unibuc.ro

La Plaine Roumaine, par ses caractéristiques physico-géographiques et historiques, résultat d'un long processus évolutif dans le contexte de sa position géographique (dans la partie centrale-SE de l'Europe, avec une ouverture vers la Mer Noire par le Danube et la partie sud de Roumanie) (*fig. 1*), dispose de nombreuses ressources qui peuvent constituer des éléments d'attraction touristique. En ce sens, le concept de tourisme a une connotation plus large qui fait référence au temps libre ainsi qu'à la connaissance culturelle, artistique, scientifique et religieuse.

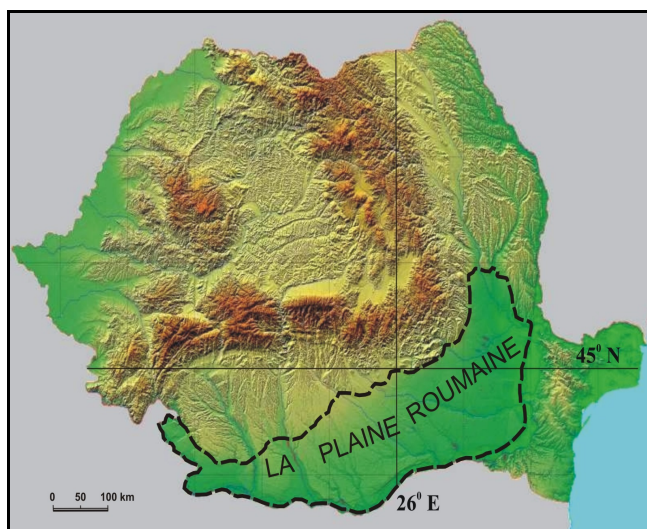


Figure 1. La position géographique de la Plaine Roumaine
 Superficie : 52 600 km² (21% du territoire de la Roumanie) ;
 Nombre d'habitants : 7 mil. ; Nombre de villes : 67 ;
 des villages : 2 300 ; Altitude maximale : 300 m ; Altitude
 minimale : 6 m ; Temp. Moyenne : 10-11⁰C/an ; Précipitations
 moyennes 450-600 mm/an ; La Plaine Roumaine correspond
 au bassin de sédimentation, situé à l'intérieur de l'arc
 carpato-balkanique ; elle constitue une plaine de type
 fluvio-lacustre quaternaire

2. Principaux systèmes à vocation touristique

2.1. Le système morphologique et hydro-lacustre des rivières

Parmi les éléments à vocation touristique du milieu naturel de la Plaine Roumaine se distinguent : **le système morphologique et hydro-lacustre des rivières** (lacs situés dans le lit des rivières Danube, Jiu, Olt, Argeș, Ialomița, Buzău) (Grecu F. *et al.*, 2006), **lacs piscicoles, d'agrément et balnéaires** (à fréquence élevée dans la Plaine Roumaine à l'est Argeș : les lacs formés en dépressions en

loess, les limans fluviaux, les étangs), **la végétation et la faune** (forêts d'agrément, réserves dendrologiques, réserves de flore et de faune, espèces protégées). Malgré leurs dimensions, les rivières ont attiré l'Homme, notamment dans la saison estivale pour la natation, le repos, la pêche ; les grandes artères fluviales sont utilisées pour la navigation et les sports nautiques.

Parmi les systèmes hydrologiques et hydro-lacustres (le long des rivières) à vocation touristique, situés dans la Plaine Roumaine, on évoque :

1. les lits des grandes rivières : Jiu, Olt, Argeş, Ialomiţa, Buzău, Danube; le système eau-relief a des valences de récréation et de loisir, en différents états d'aménagement touristique ;

2. les rivières avec des limans (fig. 2) : Bălteni (87 ha), Ciolpani, Snagov (512 ha), Căldăruşani (150 ha), Iezerul Mostiştă (2700 ha), Amara (132 ha), Jirlău etc., groupés dans le secteur oriental de la plaine qui offrent une valence touristique au paysage du système fluvio-lacustre, ainsi que la possibilité de valorisation pour la pisciculture, les sports nautiques, l'élevage des oiseaux etc. ;

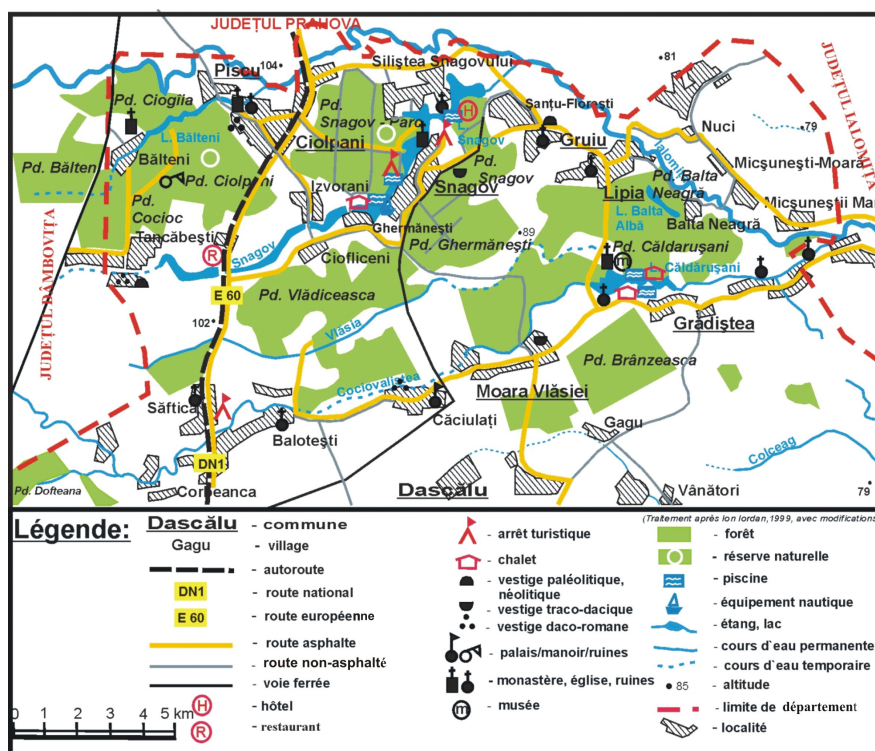


Figure 2. Complexe touristique avec les limans Snagov-Bălteni-Căldăruşani – département de Ilfov (retravaillé d'après Iordan, I., 1999)

3. les bras abandonnés, les lacs du lit des rivières (Bistreț, Suhaia, Călărași) etc., les lacs des îlots d'Ialomița et de Brăila (favorables à la pêche sportive et aux sports nautiques), ainsi que les lacs situés entre dunes (Jianu Mare, Ciuperceni-Desa) ;

4. les berges basses et sableuses des rivières et des lacs, favorables à l'héliothérapie, touristiquement aménagées (exemples : Căldărușani, Snagov, Sărat, Movila-Miresii etc.) ;

5. les lits et les terrasses, des espaces favorables pour l'aménagement touristique spécifique ;

6. les lacs de barrage, les étangs situés le long des rivières (Olt, Jiu, Mostiștea, Dâmbovița-Argeș, Colentina, Vedea-Teleorman, Ialomița, Călmățui etc.), situés soit dans le milieu rural où le potentiel est valorisé pour l'agrément local, pour la pêche et pour la chasse, soit dans le milieu urbain, avec des aménagements pour le repos, le repas et l'agrément.

Le Danube, par des caractéristiques morphohydrologiques complexes, représente un axe touristique important pour la Plaine Roumaine et à l'échelle européenne et internationale. Le component hydrologique a un rôle important pour la navigation; autres éléments à vocation touristique sont les lacs (du lit inondable – Rast, Bistreț-Nedeia, marécages – Balta Borcea, limans fluviaux – Mostiștea, Gălățui, lacs situés entre les dunes de sable – Jianu Mare, Ciuperceni-Desa, les étangs situés sur les petits affluents du Danube, construits dans un but piscicole – Zboiu, Făgădău) (*Geografia Văii Dunării românești*, 1969).

2.2. Le système morpho-hydrologique et lacustre des interfluves

Le système morpho-hydrologique et lacustre des interfluves est représenté par des lacs formés dans des dépressions en loess caractéristiques pour le secteur oriental de la Plaine Roumaine (Bărăgan) (*fig. 3*) (Grecu F. *et al.*, 2006) ; les lacs formés dans des dépressions morphologiques de suffusion en loess ; leur genèse géomorphologique se ressent dans le régime lacustre; le climat sémi-aride de la steppe se reflète dans la salinité accentuée de l'eau et dans la durée de leur existence (Gastescu P., 1963). Ceux-ci se caractérisent par des particularités thérapeutiques : boue saprophile, minérales, eau thermique. Les lacs qui peuvent être valorisés sont : Ianca, Plopu, Lutul Alb, Sărat-Movila Miresii dans le Bărăgan du Nord (Plaine de Brăila) et Colțea, Tătaru, Plascu, Chichinețu dans le Bărăgan Central.

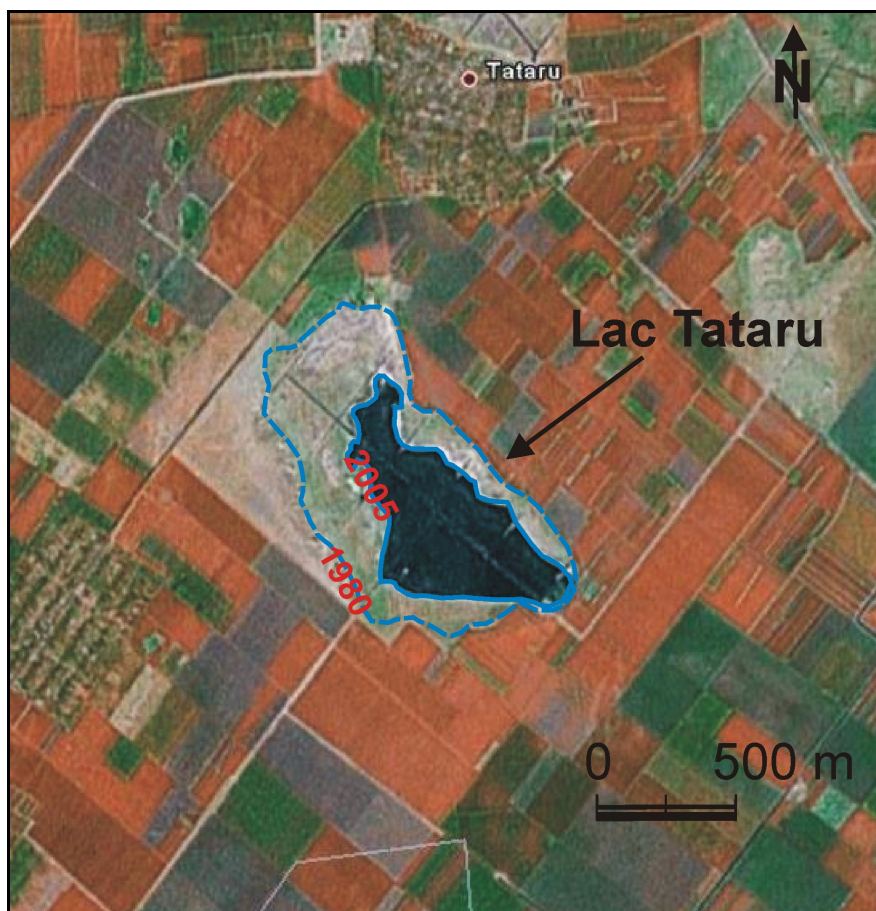


Figure 3. Le lac Tătaru, formé dans une dépression en loess caractéristique pour le secteur oriental de la Plaine Roumaine (Bărgan)

2.3. Le système d'éléments protégés concernant la végétation et la faune

Constitue un facteur actif pour l'attraction des flux touristiques. Dans cette catégorie on inclut les périmètres forestiers (arbres déclarés monuments, espèces rares de gibier, réserves forestières – Forêts Pustnicu, Cernica, Băneasa, Snagov, Căldărușani, Râioasa, Comana, Ciornuleasa etc.) ; clairières situées dans des périmètres forestiers ou des prairies situées dans le lit des rivières ; faune de forêt et de marais avec une valeur cynégétique (cerfs, sangliers,

chevrons, renards, écureuils, faisans, bécasses, alouettes de forêt, rossignols). Le grand nombre des réserves protégées pour différents éléments biogéographiques ou complexes (*fig. 4*) confère à la Plaine Roumaine ses valences touristiques et moyens de transférer les informations scientifiques vers différents domaines. On remarque les concentrations des réserves naturelles dans les trois secteurs de la plaine et une densité plus élevée dans le secteur situé entre Argeș et Ialomița, en relation avec la présence des forêts de plaine, restes des anciens Forêts de Vlasia (*Codrii Vlăsiei*) qui couvraient, jusqu'à la moitié du 19^{ème} siècle des superficies étendues.

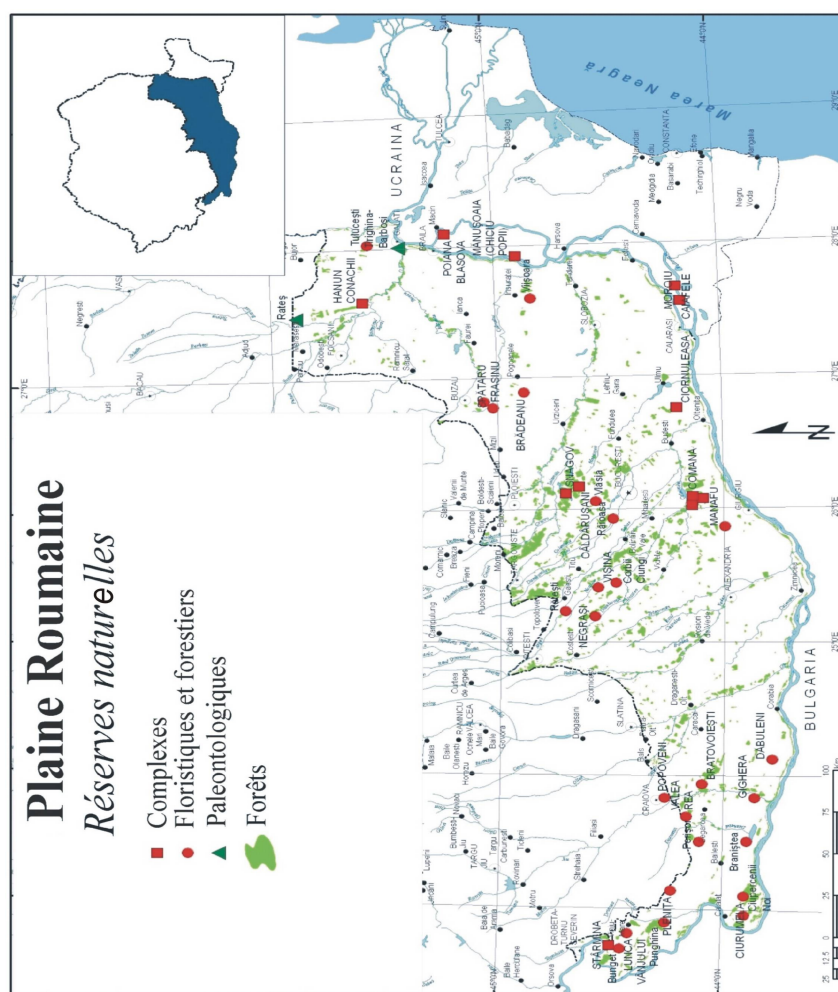


Figure 4. Réserves naturelles de la Plaine Roumaine

2.4. Le système d'éléments anthropiques

La Plaine Roumaine détient un fond riche d'**éléments anthropiques** qui attirent de nombreux visiteurs. Le groupement de ces éléments est le résultat des relations entre l'homme et la nature au cours du temps, ce qui a conduit au développement et à la délimitation des provinces et des zones touristiques (*Geografia României*, vol. V, 2005 ; Ielenicz M., Comănescu L., 2006). L'histoire du peuple roumain se reflète dans de nombreux témoignages matériels et spirituels, conservés dans le périmètres des localités (sites d'intérêt archéologique, églises et monastères, monuments commémoratifs, musées et maisons commémoratives, éléments d'intérêt ethnographique et d'art populaire etc.).

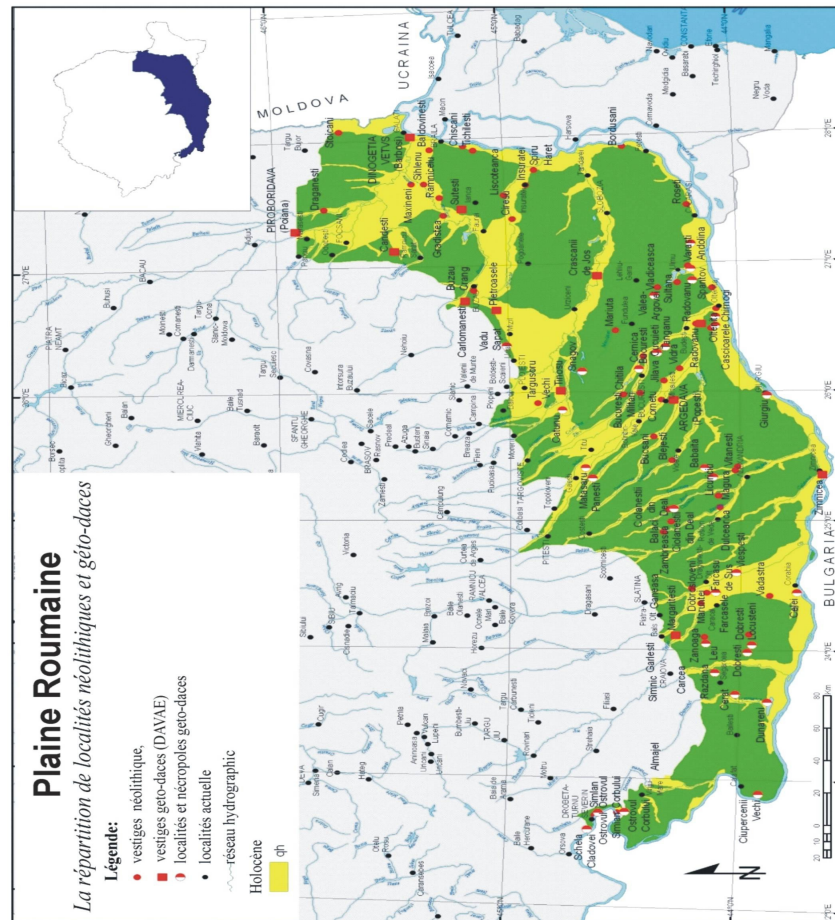


Figure 5. Localités néolithiques et gèto-daces dans la Plaine Roumaine, éléments de valorisation du potentiel culturel

On mentionne en ce sens :

- Les vestiges paléolithiques, néolithiques, traco-daces, daco-romanes (*fig. 5*). Les bénéfices de cette région de plaine ont été valorisés à partir du Paléolithique et notamment au Néolithique, témoignés par les nombreux sites archéologiques (axe danubien – Chirnogi, Giurgiu, Zimnicea, Spanțov, Ostrovu etc., axe de Mostiștea – Măriuța, Vlădiceasca, Valea Argovei, Sultana (*fig. 6*), Malu Roșu etc., axe Ialomița – Dridu, axe Argeș – Bărăgan du Nord).

- Monuments et ensembles d'architecture : églises et monastères à valeur historique et architectonique (région de la capitale – Snagov (*fig. 7*), Căldărușani, Țigănești, Bălteni, Pasărea, Cernica, Craiova, Slatina, Comana etc.), palais, manoirs, ruines (Căciulați, Bălteni, Scroviștea, Mogoșoaia), musées, maisons commémoratives, monuments d'art plastique et commémoratifs, monuments techniques (Pont de Saligny sur le Danube – *fig. 8*, Pont de l'Amitié Giurgiu-Ruse), endroits historiques, parcs et jardins etc.



Figure 6. Le vestige néolithique de Sultana – axe de Mostiștea (Gumelnița, 2500 av. J.C.)

- Endroits au caractère ethnoculturel, manifestations ethno-folkloriques.



Figure 7. Ensemble d'architecture – Snagov



Figure 8. Pont du Saligny sur le Danube (1895), 30 m altitude, 190 m longueur, le plus important en Europe à cette époque

3. Aspects régionaux

Selon les éléments à vocation touristique et les particularités physico-géographiques de la région, plusieurs secteurs se distinguent :

– **Secteur occidental (Plaine d'Oltenia)** qui se caractérise par : axes *morphohydrologique et lacustres* : Danube, Jiu, Olt ; *réserves complexes* (exemple : Starmina), *floristiques et forestières* : Lunca Vânjului, Plenița, Ciuperceni, Braniștea,

Popoveni, Valea Rea, Dăbuleni, Bratovoiești etc., *hameaux et nécropoles géto-daces* : Ostrovul Corbului, Simian, Schela Cladovei, Ciupercenii Vechi etc.

– **Secteur central (Olt-Argeș)** où les principaux éléments à vocation touristiques sont : les artères *morpho-hydro-lacustres* : Danube, Olt, Argeș, Vedea-Teleorman ; *les lacs de barrage*, les *maisons commémoratives* : Nicolae Titulescu, I. C. Visarion (Costeștii din Vale), Marin Preda (Siliștea-Gumești), Gala Galaction etc., *vestiges archéologiques* sur l'Argeș et sur le Neajlov, *monuments historiques* (Călugăreni etc), *traditions ethnographiques* etc.

– **Secteur oriental** (fig. 10), qui se caractérise par : la *zone Vlășia-Mostiștea*, les *lacs de dépressions en loess* du Bărăgan, les *limans fluviaux*, *axes des civilisation néolithique* (Gumelnița, 2500 a. Ch. – Valea Mostiștei – fig. 5 et 6), *réserves complexes* (Snagov, Căldărușani, Hanu Conachi), *floristiques et faunistiques* (Vlășia, Spătaru, Brădeanu), *paléontologiques* (Barboși, Rateș) etc.

La zone métropolitaine de Bucarest, qui inclut la capitale et une partie de la plaine limitrophe, se caractérise par des flux touristiques significatifs. Le tourisme d'agrément et de week-end sont les formes dominantes de tourisme. Selon le potentiel naturel (notamment morpho-hydro-lacustre) et anthropique (églises, monastères, musées, monuments d'architecture etc.) et en tenant compte de l'infrastructure, 6 complexes touristiques se distinguent: Bălteni-Snagov-Căldărușani, Pasărea-Mostiștea, Dâmbovița-Colentina, Argeș-Sabar, Sabar-Colentina et Argeș Sud-Neajlov (fig. 9).

Le complexe touristiques Bălteni-Snagov-Căldărușani (fig. 2 et 9), situé au nord de Bucarest, est le plus important ainsi bien pour la diversité morphologique de cette plaine de subsidence, que pour son potentiel bio-pédo-géographique et anthropique (culturel artistique et scientifique). La plupart de cette région est une réserve naturelle. Les lacs se sont formés dans des petites vallées, secondaires, autochtones. Le régime fluvial s'est transformé en régime lacustre à cause du débit réduit, de l'énergie de relief peu importante, de l'écoulement superficiel, des processus de tassement en loess. Aux confluences, les rivières ont inondé, donc les vallées des affluents sont devenues plus larges, puis ont été barrées par des alluvions en résultant des limans fluviaux. Ultérieurement, ceux-ci ont évolué indépendamment étant affectés par des processus de tassement ; ils sont nombreux dans le bassin de l'Ialomița.

Les forages des dernières années ont mis en évidence les ressources d'eau thermique et minérale, au caractère ascensionnel et artésien (Băneasa-Foradex, Otopeni).

Le potentiel anthropique réside dans : les monastères de Snagov, Căldărușani, des débarcadères, des plages aménagées sur les berges de lacs Snagov et Căldărușani, les vestiges daco-romanes de Căciulați sur la Cociovaliștea, traco-daces de Tâncăbești sur le Snagov, paléolithiques et néolithiques de Gruiu, Tâncăbești etc.

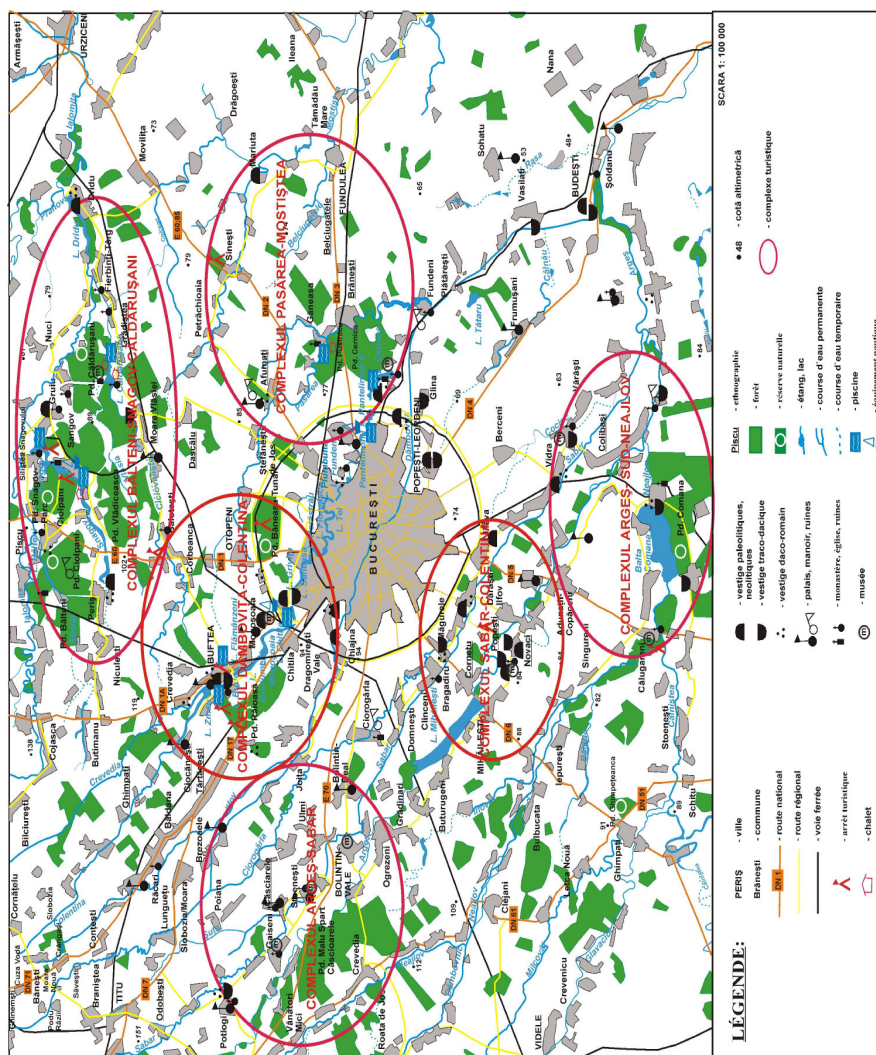


Figure 9. Principaux complexes touristiques de la microrégion située autour de la capitale Bucarest

Le périmètre Pasărea-Moștiștea, situé dans la partie orientale de la zone métropolitaine, se caractérise par le potentiel naturel des systèmes fluvio-lacustres Pasărea et Moștiștea et les périmètres forestiers séculaires Pustnicu-Cernica et par le potentiel anthropique des monastères Cernica et Pasărea, des sites archéologiques paléolithiques et néolithiques de la vallée de Moștiștea

Supérieure (Măriuța) et vallée de Pasărea, des manifestations ethnographiques de Brănești, Afumați (Fête des Coucous), des complexes touristiques de Pustnicu et Cernica etc.

Le complexe Dâmbovița-Colentina, au nord-est de la capitale, est concentré sur la vallée de Colentina, en aval de la confluence avec la vallée de Crevedia et sur les cours supérieurs de Cociovaliștea et de Pasărea. Les éléments d'attraction sont les lacs situés sur la vallée de la Colentina, les forêts de Băneasa și Râioasa, les vestiges paléolithiques, néolithiques, traco-daces, daco-romanes, les monuments architecturaux (Palais de Mogoșoaia – *fig. 10*).



Figure 10. Palais de Mogoșoaia

A l'ouest de la capitale se trouvent deux régions au potentiel touristique moins bien valorisé actuellement : **le complexe Argeș-Sabar et le complexe Sabar-Colentina**. L'attractivité naturelle fait référence aux rivières Argeș et Sabar avec des éléments naturels (bancs, secteurs marécageux) et aux forêts de Malu Spart-Căscioarele. L'attractivité anthropique fait référence au lac de barrage de Mihăilești, au canal București-Oltenița, à la concentration des vestiges archéologiques (traco-daces, paléolithiques et néolithiques, daco-romanes).

Par exemple, la cité géro-dace d'Argedava (2^{ème}-1^{er} siècles av. J.C.), résidence du roi Burebista, a été découverte à Popești, dans le lit de la rivière Argeș. Autres éléments d'attraction anthropique sont : des monuments d'architecture (Palais de

Constantin Brâncoveanu de Potlogi, églises de Ciorogârla, Potlogi, Căscioarele, Găiseni), des musées (Bolintin-Vale, Găiseni, Stoenesti), les musées ethnographiques et d'art populaire de Novaci, Popești, Cornetu, Căscioarele etc.

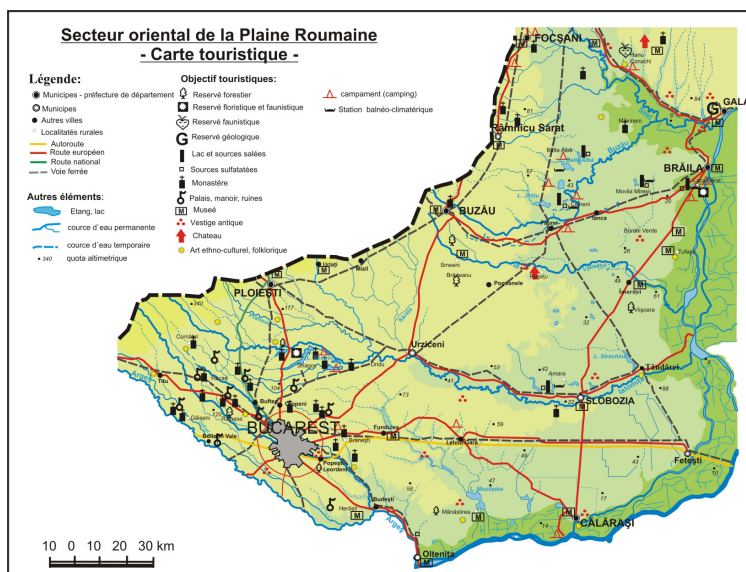


Figure 11. Secteur oriental de la Plaine Roumaine – la carte touristique

Le complexe **Argeș Sud-Neajlov** ou le «**Delta du Neajlov**», situé au sud de la capitale, constitue la plus importante réserve naturelle de la Plaine Roumaine. Celle-ci a été créée par l'unification des trois réserves naturelles plus petites : deux floristiques plus anciennes (qui protégeaient les espèces de *Ruscus aculeatus* et de *Paeonia peregrina*) et une qui protégeait la faune aquatique du Lac Comana et qui date de 2004 (fig. 11). Il est nécessaire de rappeler l'importance des vestiges archéologiques de la vallée d'Argeș et de Sabar, le musée de Călugăreni, le musée d'ethnographie et d'art populaire de Colibași et le monastère de Comana.

4. Conclusions

Actuellement, la vocation touristique de la Plaine Roumaine est insuffisamment exploitée, dans le contexte où la plaine détient des éléments d'attraction touristique et de nombreux moyens qui peuvent faciliter le développement des activités dans ce domaine.

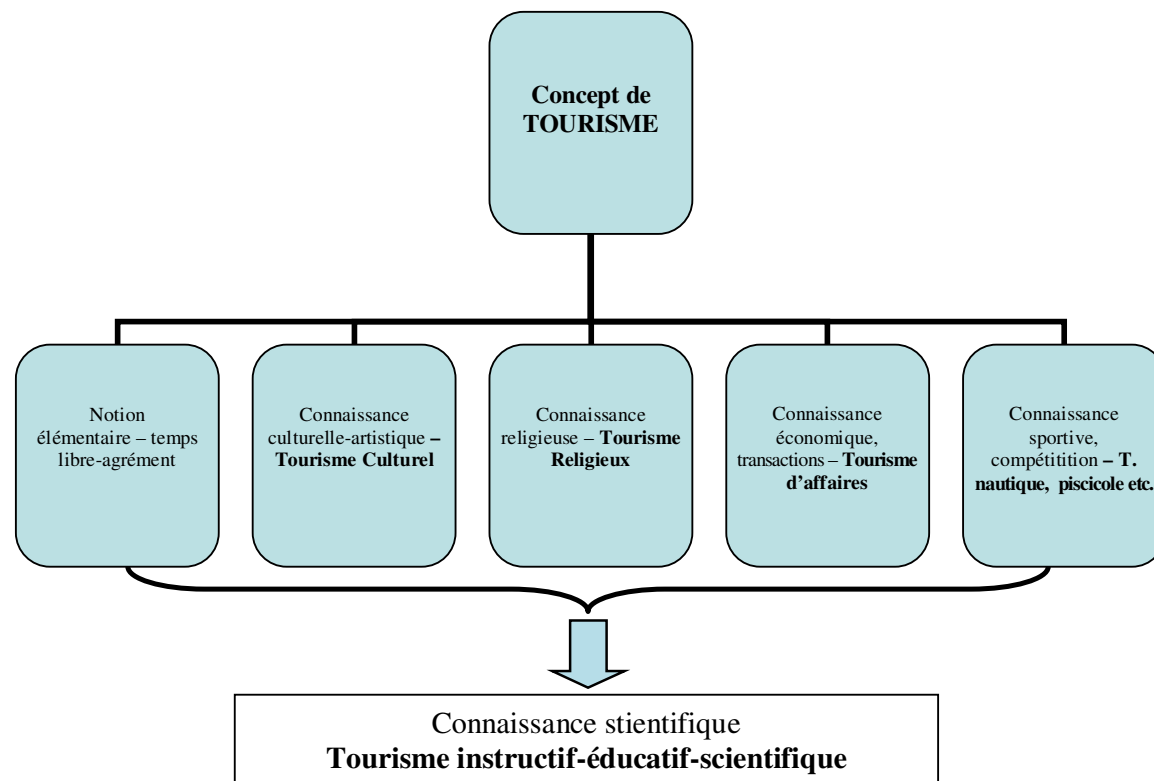


Figure 12. Catégories de tourisme, praticables dans la Plaine Roumaine

A présent, l'infrastructure favorise l'accès rapide à différents éléments naturels et anthropiques ; par son développement économique, des loisirs et des activités liées à son importance scientifique, la région de la Plaine Roumaine sortira de l'état actuel devenant une des principales attractions touristiques nationales et européennes.

La variété des types d'attractions touristiques est à la base de la diversification des catégories de tourisme, praticables dans la Plaine Roumaine : tourisme culturel-artistique, religieux, d'agrément, d'affaire, nautique, cynégétique, instructif-éducatif-scientifique (*fig. 12*).

Le tourisme urbain, le tourisme de récréation et de loisir sont prédominants. Les éléments culturels-historiques, religieux, architecturaux et ethno-folkloriques sont insuffisamment valorisés. Il est donc nécessaire d'utiliser tous les moyens pour la dissémination et l'utilisation du concept de tourisme, instrument de connaissance culturelle, artistique, religieuse, scientifique d'une région en général et de la Plaine Roumaine en particulier.

TOURISM RESOURCES OF ROMANIAN PLAIN

Summary

Generally the plain landscape and particularly Romanian Plain appears to be deprived of tourist attractions in the way of organizing leisure time in places with special aesthetics. On international level, developed countries (Belgium, Netherlands) offer a wide variety of examples on how to plan natural and anthropic landscapes for tourism.

For its natural and historical characteristics, a result of a long evolutive process due to its position, Romanian Plain has a large range of resources which may be tourist attractive. In this way, the tourism concept has a comprehensive meaning.

Between hydrological and hydro-lacustrine systems (through river beds) for Romanian Plain it is necessary to analyse some tourism characteristics: hydrological and hydro-lacustrine system of the rivers (Danube, Olt, Argeş, Buzău), piscicultural lakes, balnear and pleasure lakes (mainly spreaded in the eastern part of Romanian Plain and beeing genetically formed in micro-depressions created through subsidence and suffosion-saucers or appearing as fluvial limans and ponds in the riverb eds), the vegetation and the fauna (recreational forests, dendrologycal, floristical and faunistic reserves, protected species).

Among the touristically atractive anthropic elements, the Romanian Plain holds important resources of archaeological interest, churches and monasteries, commemorative monuments, museums and memorial houses, ethnographical areas, architectoral monuments, parks and gardens etc. These elements are distributed to the whole Romanian Plain surface, with major density in Bucharest metropolitan area.

Nowadays, the Romanian Plain's touristic vocation is insufficiently exploited.

Keywords: *touristic vocation, morphological elements, hydro-lacustrine elements, touristic zone, Romanian Plain.*

BIBLIOGRAPHIE

- COTEȚ, P. (1976), *Câmpia Română – studiu de geomorfologie integrată*, Edit. Ceres, București, 256 p.
- GÎȘTESCU, P. (1963), *Lacurile din România. Geneză și regim hidrologic*, Edit. Academiei, București, 293. p.
- GHIȚĂ, C., CÎRCIUMARU, E. (2007), „Geneza și evoluția unor râuri din Câmpia Română. Privire specială asupra bazinelor Vedea și Mostiștea”, *Comunicări de Geografie*, vol. XI, Edit. Universității din București, pp. 89-97.
- GRECU, F., CÂRCIUMARU, E., GHERGHINA A., GHIȚĂ, C. (2006), „Semnificația reliefoasă a depozitelor cuaternare din Câmpia Română la est de Olț”, *Comunicări de Geografie*, vol. X, Edit. Universității din București, pp. 21-36.
- GRECU, F., COMĂNESCU, L., IOANA-TOROIMAC, G., DOBRE, R., CÂRCIUMARU, E. (2006), „Importance des déséquilibres morpho-hydrologiques pour les sites archéologiques. Études de cas dans la Plaine Romaine”, rezumat în *Aspects geo-archéologiques des rivières et des plaines alluviales*, Gand, Belgique, en presse.
- GRECU, F., IELENICZ, M., COMĂNESCU, L., VIȘAN, M. (2006), „Le synergisme relief – environnement dans quelques geosystèmes urbains de la vallée du Danube Roumain et leurs implications dans les inondations d’avril 2006”, *Recueil des Communications du 2^{me} Séminaire International sur la Gestion des Villes*, M’Silâ, pp. 183-193.
- GRECU, F., SĂCRIERU, R., GHIȚĂ, C., VĂCARU, L. (2008), „Geomorphologic Landmarks on the Romanian Plain Holocene Evolution”, *Landscape Evolution & Geoarchaeology, 13th Belgium-France-Romania Geomorphological Meeting*, Abstract Book, Porto Heli, Greece, pp. 19-21.
- IELENICZ, M., COMĂNESCU, L., (2006), *România. Potențial turistic*, Edit. Universitară, București, 464 p.
- IORDAN, I., (1999), *Împrejurimile Bucureștilor. Harta turistică*, Edit. Societatea „R”, București.
- POSEA, GR., ȘTEFĂNESCU, IOANA (1984), *Municipiul București cu Sectorul Agricol Ilfov*, Edit. Academiei, București, 292 p.
- *** (1969), *Geografia Văii Dunării Românești*, Institutul de Geologie și Geografie al Academiei Române, București, 782 p.
- *** (2005), *Geografia României*, vol. V, Institutul de Geografie al Academiei Române, Edit. Academiei, București, 967 p.

THE SOCIO-CULTURAL DIMENSION OF URBAN PLANNING IN BOUSSAADA (ALGERIA)

KHALFALLAH BOUDJEMAA*, REDJEM ALI**

The Hodna region in Algeria is characterized by special climatic conditions with a temperature around 40 degree in the shadow. The soil is partly sandy and rocky and has little vegetation. Despite these harsh climatic conditions, people of Hodna have been designing comfortable dwellings for centuries. The settlements in this region are highly dense compact entities which reflect tribal patterns. The city is subdivided into districts that are in turn formed of neighborhoods. Lessons could be learned from this vernacular urban planning and architecture if their internal structure would be deeper examined. However, only few studies are available on this region. This research tries to emphasize the social and cultural dimensions in urban planning and follow the changing of the urban pattern through the analysis of the historical City of Boussaada, the major city of Hodna.

Keywords: Cultural and social dimension – urban design-traditional settlement – ksar-Boussaada.

Introduction

Boussaada is one of the prestigious presaharan cities in Algerian Hodna region (*fig. 1*). It contains heritage elements of national importance. The *ksar*¹ represents the heart of the city and has existed since the eleventh century (Behuroux, 1934).

In the 18th century, the first core “grew wealthy on socio-economic, cultural and urban plans” (Lesbet, 2005). The great diversity and the value of local architectural attributes remain the best witnesses of an art of building cities and of cities hard climatic conditions.

Before this period, Sidi Thameur, a notable pious person, planted palms and built a mosque in the place called before his arrival Ksar. The spatial organization of this traditional settlement shows the characteristics of a typical Muslim city where trading and transaction activities are kept out of the residential area in order to allow for more private activities to take place within the settlement.

* Associate professor University of M'sila Algeria.

** M.A.C.C University of M'sila Algeria.

¹ Traditional settlement: the initial core of the city.

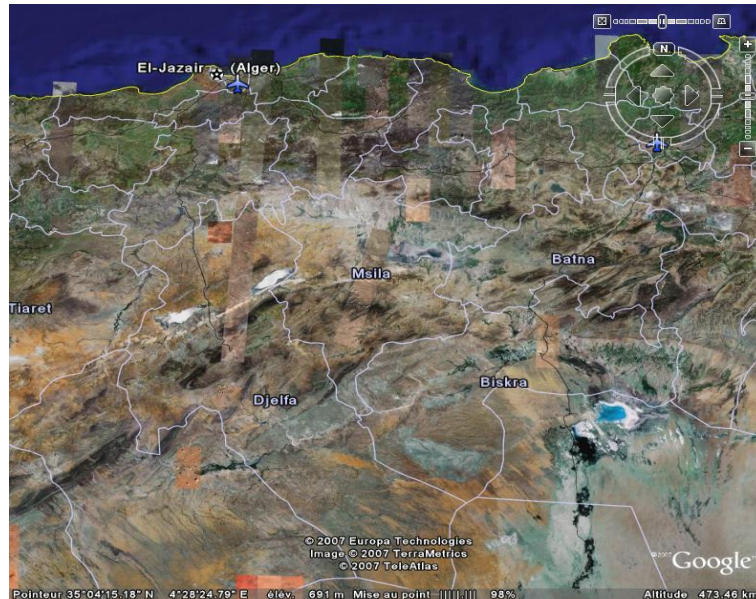


Fig. 1. Algerian Hodna region

Today, Boussaada is facing a fast urbanization associated to an architectural style that is completely opposed to the one in the traditional city. The proliferation of a Western model of urbanization, has deeply affected the original landscape and accelerated through its attractivity the devaluation and the reject of the local urban and architectural heritage.

This modern architecture and urbanism "are faced with complex of interferences between rapidly changing factors especially economic and technological, as response to multi-variant layers of changing parameters and new social needs" (M. A. Ebn Saleh, 2002)

It is true "that space is not any more evocative of memories and values that conditioned the attachment with the place, a fact that led to an incongruous relation between the people and the places" (Necib, 1986). In fact, "the cultural and social considerations are the secret and the spirit of the neighborhood and the city stem from the human touch" (Ali Osman Nejem, 2006)

1. The Ksar of Boussaada

In the Ksar, there are seven districts (*fig. 2*). Every area is generally inhabited by people of the same tribe, whereas the neighborhood is occupied by the same extended family indicating kinship ties and tribal affiliations as determinants of the social and internal structure of the city.

The traditional settlement consists of close groups of buildings, narrow foot paths, high courtyard walls and trees. Such a townscape gives maximum climatic protection for the buildings allowing people to move during the hot dry season.

Due to the same climatic reasons, the external surfaces of buildings are as small as possible. The amount of heat radiated or absorbed by the buildings is thus reduced to a minimum. Buildings are accordingly located close to each other so that each one would have many surfaces in shadow during different periods of the day.

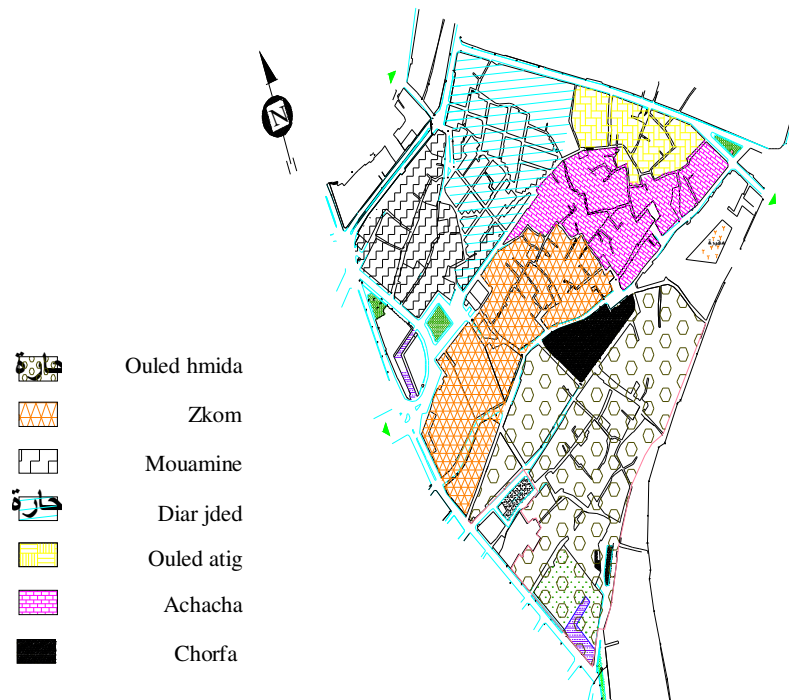


Fig. 2. Districts of ksar (Source: The author in 2007)

2. Characteristics of the organization of space

The Ksar is not designed by a town planner; it is rather a collective work of the community. It is thus reflecting concerns for the environmental, socio-cultural and economic aspects that interact altogether and characterize the global output, the organization of space and the urban structure.

The Ksar is thus entirely adapted to the daily life of the community and represents its recipient. The central sector, mostly used for commercial activities perfectly interacts with the place of worship that is the mosque.

The general plan is regular. However, the urban fabric is subdivided into districts, called *harates* that are distinct from each other and have compact forms. They are crossed by a network of alleys of different dimensions that express through their hierarchy various degrees of space privatness from the primary level that is the public space, to the most private areas that are the dead ends. If dwellings have large interior courts, some other open spaces are found between the *harates*, called **rahbates**.

3. The street design

Streets in the traditional settlement form a “tree-like” pattern while in the modern settlement they are organized in a “grid”. It is argued that the grid pattern is designed to maximize movement and accessibility, while the tree pattern aims to limit movement and control accessibility (Delaval, 1974, Rappoport, 1977). The streets width is not determined by fixed measures, but “it varies according to the traffic flow and the activities they are undertaken in that street”. (M. Benhamouche, 2003).

There is a perfect hierarchy of streets (fig N03) since they act as successive filters starting from the ksar entrance to the dead end, restricted for others except the members of the extended families. Also “the street pattern in the traditional settlement seems to reflect people’s concern for values such as climatic comfort, privacy security and recreation” (Chenaf, 2004).

4. House design

The house is the main dwelling unit of settlements and contains the main social and economic unit of the community in Boussaada: **the extended family**. It is the closed area where the family withdraws itself from society and preserves its privacy.

The typical vernacular house is inward looking. The main cells that are the rooms are arranged around the courtyard. “The whole design adopts a bipartite layout: a semi private space reception known as *sabet* is located backward, away from the male and public intrusion” (B. Khalfallah ,1993).

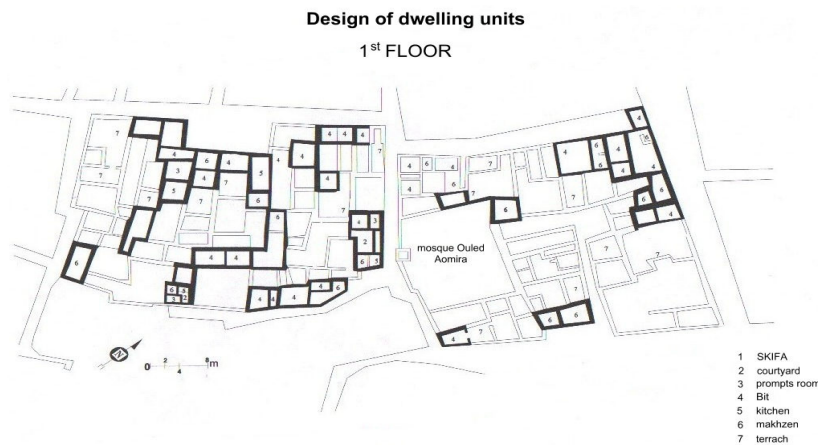
At the level of the house, the rooms open towards the courtyard reflecting the state of convergence and social cohesion among members of the family. “The social bounds between these members are regulated by the balance between the privacy requirement and the interaction with the community. The

urban fabric and assemblage of the houses are thus shaped by these social characteristics." (Kazem Kittani, 2004).

The house generally comprises one or two stores. Rooms surround the court (*fig. 3*). Some areas are reserved exclusively for women's circulation during the day, but are used by men for sleeping at night during the summer due to their coolness and refreshing air.



Source: the author 2007



Source: the author 2007

Fig. 3. Design of dwelling units

The rooms are the basic cells of the house. They are polyvalent and multifunctional spaces. Usually, they are placed in the northern and eastern wings with their doors opening to the South and West. Such an arrangement permits the rooms to be open to the warming low winter sun rays that flood them during most of the day.

The courtyard is the strictly private central space of the vernacular house in the Ksar of Boussaada (*fig. 4*). It is also the central component that organizes the traditional family life, and the most lively part of the house. It is the space where the women carry out most of their activities where the family gathers and social life takes place.

Therefore, this area is protected from the outside, either by buildings or by walls and cannot be seen from the streets or the houses nearby. The paved section of this area, is used for various daily activities and for sleeping during summer time.



Fig. 4. The courtyard (Source: The author in 2007)

5. Social interactions and built form

Social interactions and socialization play an important role in determining the shape and the design features of houses. For instance, the guest room is always conceived for male gathering and interactions. The house layout as a whole is arranged with regard to this room. Similarly, special arrangements are made for women's socialization.

This segregation is also reflected in the circulation system. While the streets are mainly used for men's movement, the flat floors are mostly used for women's circulation during the day. Women can move freely from one house to the other through the open terraces. The roofs are designed so as to allow women to interact and socialize without being viewed by men in the streets.

The woman role in society and their place in the household structure played a major impact for house design. The men socialization is another important factor in design.

Therefore, the need to allow women maximum freedom within their own quarter through the prevention of any outside intrusion led the private quarters to be inward looking and to have a little number or no external window at all. It is obvious that this spatial organization has also some climatic virtues. But this does not outweigh the primacy of the social considerations.

In contrast to the female space, the *Hodna* traditional society did not provide special places for men's socialization. Apart from the market, place for commercial activities and the mosque for worship and related activities, places like cafes are non-existent. Houses served thus as well as places for male interactions. They took place in the guest room. In other words, the areas of the house used by male visitors and guests were not viewed as an integral part of the living quarters.

Inward-looking, these houses may also mean the prohibition of the free-standing buildings that allows individuals to exhibit their wealth and social status through elevations and external appearance. Houses are thus packed against each other in compact blocks without any particular reference to individual properties.

Rarely does one refer to a house by the name of its owner, but by tribal affiliation or extended family although living in proximity. There is a permanent state of conflict resulting from disputes usually involving the whole family, a fact that reflects the concept of *assabia*, as explained by *Ibn Khaldoune*, which is a typical feature of the Arab society. In other words, tribal composition deeply marks the structure of the urban fabric of the ksar. This physical feature also regards climatic performance.

Compact building structure has some undeniable climatic properties as it reduces heat transfer from external walls to inside, and keeps many walls and streets in the shade during the major periods of the long summer days.

Streets and alleys in residential areas play the role of channels that direct air movement. Reliance on internal courts means that the orientation of building does not really matter whether it is south or north, east or west. What matters, however, is that the components of the house should be properly located in relation to the court. This is another reason for the inward orientation of vernacular houses. It is socially unacceptable to stay in and entertain friends. This is a social, a cultural and a religious necessity.

The courtyard is generally square and the sittings rooms open directly to it. For instance, gathering for social entertainment could occur at the sitting room and parts of the courtyard. It is common to use the open court in combination with spaces attached to it. In some cases the court is roofed but the function of the sitting spaces around is maintained as if the court is open.

6. The dilemma of social and cultural change

The city of Bousaada has suffered profound social and demographic changes as a result of a massive rural exodus in the 1980s. The disappearing of the extended family and of inheritance issues have facilitated the fragmentation of old houses. Ksar has been unable to resist the new situations. So the new families began to undertake transformations in their homes according to their needs.

Considering the stock of the 775 dwellings which underwent changes, we noticed that more than 90% of their occupants are out of Ksar as shown in the *table 1*.

Table 1

Average occupancy of houses and rooms

Origin of the occupants	Ksar	rural areas	Other
Number	38	608	129
percentage	05.04%	78.32%	16.64%

Source: the author 2008

These changes mark the deep social and cultural change that occurred in society, and which had a negative impact on the city as it reflects the existence of a whole process.

7. The process of change

The rapid urban growth of Boussaada (*fig. 5*) and the lack of noise control policies gradually destroyed traditional houses (*fig. 6*) and replaced them by concrete buildings.

These new buildings are far from fitting the old surroundings. Furthermore, they harm the microclimate of the settlement, and have a negative impact on the privacy of local people.

The town has witnessed many changes during the transformation process in the built environment from ksar to the modern settlement. The same idea was suggested by Nacib when he argues that: "the socio-cultural ruptures... have caused radical changes within the group" (Necib, 1986).

The local settlement cannot accommodate the rapid urban growth. Courtyard wells for instance, can no longer be used and water shortages are frequent. The majority of green spaces are degrading, a fact that made the micro-climate of the Boussaada's ksar to disappear. The need for the contribution of the researchers is best expressed by Al wakil who suggested that: "to save this identity is called has to save an identifiable art" (AL Wakil, 1987).



Fig. 5. The rapid urban growth (Source: The author in 2007)



*Fig. 6. Destruction of the traditional
houses destroyed
(Source: The author in 2007)*

Deep transformations are affecting urban fabrics and the layout of the house itself. The degradation of the urban structure in different (harates) of Ksar is not necessarily related to the effect of age being rather due to the lack of maintenance and the modernization process.

Table 2

Transformations of constructions with Ksar

Nature of the transformation	Percentage
Change of frontage	19.00%
Transformation of one or more parts	16.33%
Division of a large room in two	24.66%
Extension	28.50%
Others	11.50%

Source: the author 2007

Many houses are being renewed to suit commercial activities. Small shops and garages are introduced into the house replacing to the old ground floor rooms. Such transformations are the major signs of rupture and change in the built environment.

The old family structure is also undergoing changes. The large family fragments into smaller families because of the new social and economic patterns. The kinship ties are continuously degrading and new individualistic values are taking their place. The domestic life is therefore witnessing a profound metamorphosis and more traditional practices and activities are simply disappearing making room for a modern westernized lifestyle.

Conclusion

The end of this research proved that the Ksar of Boussada form one traditional settlement that clearly reflects the social and cultural principles operating in the city. Currently, this site is experiencing profound changes and influences especially from the outside factors. New occupants representing immigrants from rural cramped houses introduce chaotic and illegal changes, which completely distorts the original structure creating a non-uniform architecture and being poorly integrated within the site.

Therefore, it is high time to take action so as to preserve the urban heritage. The preservation must focus on socio-economic realities of the people and on the cultural value of urban and architectural elements. Among these:

- The colors derived from the environment
- The human scale
- The space hierarchy
- Benchmarks

BIBLIOGRAPHY

1. AL, WAKIL, *The Arab House Past and Present*, Durham, Great Britain 1987, p. 26.
2. ALI, OSMAN NEJEM, *Humanitarian Touch and Its Aesthetic Impact on the Physical Planning*, The Saudi Engineers, 2006, p. 4.
3. BENHAMOUCHE. M, *Standards and Norms in Old Islamic Cities King Saudi University*, no 15, Riyadh, Saudi Arabia 2003, p. 145.
4. CHENAF, N. (2004), *The Rehabilitation of The Old Medina of Boussaada-Algeria*, Dubai, pp. 59-69.
5. DELAVAL, B. (October 1974), *Urban Communities of The Algerian Sahara*, Ekistics, 227.
6. IBN, KHALDOUNE (1976), *Al Mokadima*, Maison Libanaise du Livre.
7. EBN, SALEH M. A. (2002), "Between Traditionalism and Modernism: an Anachronism in Built Form Development in a Rapidly Changing Society: The Case of Riyadh", *Journal King Saud University*, vol. 14, arch., pp. 1-23.
8. KAZEM KITTANI, "Planning of Arab and Islamic Cities, Privacy and Modernity", *Magazine Arab City*, no 117, Kuwait, 2004, p. 36.
9. KHALFALLAH, B. (1993), "Reconstruction de la vieille médina", *Seminar international*, Sétif, Algeria.
10. LEHUREAUX (CAP), (1934), *Le Sahara*, Ses Oasis Ed., Bacconier, Alger.
11. LESBET, D. (2005), "La casbah d'Alger, une cite en reste", in *Vie des villes*, no 1, Alger, p. 52.
12. NACIB, Y. (1986), *Cultures Oasiennes*, Publisud Belgique, p. 146/109.
12. RAPOPORT, A. (1977), *Human Aspects of Urban Form – Towards a Man-Environment approach to urban form and design*.

THE LANDSCAPE IMPACT OF THE CONSTRUCTION OF THE CALAFAT-VIDIN CROSS – DANUBE BRIDGE

NEDEA PETRONELA-SONIA*

Key words: Calafat-Vidin Bridge construction, landscape impact assessment.

The construction of the road and railway bridge will be performed over Danube River in the Vidin (Bulgaria) and Calafat (Romania) area situated 796 km North from the two cities. This transport infrastructure represents a component of the European system of international motorways as well as of the Southern sector of the Pan-European Fourth Corridor (Berlin-Salonic). The importance of tackling this subject mainly refers to providing a clear image of the positive and negative effects that result from the construction of this bridge over Danube, from Calafat to Vidin, taking into account the initial environmental conditions. Therefore, an assessment of the landscape characteristics is proposed, being established the current situation and being determined the types of impact resulting from the construction of the bridge.

The Landscape Characteristics

Considering the construction area of the future transport infrastructure, we can state that the Danube River is its dominant landscape element. In this respect, at the proposed chainage of the bridge at kilometer 796 one may notice that the river is 1300 m wide. In the middle of the river there is situated an island covered by poplars and willows. Currently, the small forest on the island is subject to clearing for building purposes. However before the present period the clearing action was illegally performed. The ferry harbors on both Danube shores are situated north east of Vidin and west of Calafat respectively.

* Comercial and Touristic Faculty, The Christian University „Dimitrie Cantemir”, Bucharest.

Generally speaking, the relief on both shores is plain, without well defined positive or negative forms. The Bulgarian shore's quote is 25m lower than the Romanian one, under these conditions the river forming a wider valley on the Bulgarian shore.

The holm of the river is on the Bulgarian shore where it reaches up to 1700 m width, the quotes of the soil varying between 30,0 and 31,5 m from the sea level. The first easily flooded terrace is on both Bulgarian and Romanian shores close to the river bed and the quotes of the land vary between 35,0 and 48,0 m above the sea level on the Bulgarian shore, growing toward the interior and between 53,0 and 56,0 m on the Romanian shore.

According to the Bulgarian classification (Georgiev, 1977) the site belongs to the area of moderately continental steppe, holm steppe and forest steppe; the chernozem steppe and the loess horizon having a wide agricultural use.

The access area on the Bulgarian shore is made through the old holm which has been recently protected by a dyke. The shore line is situated on a narrow area with poplars, between the river and the protection dyke. Behind the dyke there is a narrow service corridor including meadows and forest plantations. In the past, the Bulgarian side of the studied territory has been occupied by numerous humid areas with running and stagnant waters. One of these marshes, Balta Lata was situated between Antimo and Pokraina villages, on the Danube's shore. In the '50s, this marsh has been drained and it is currently used as agricultural soil. On the alignment corridor there was also located a vineyard. The Vidin commercial free zone is located South of the future bridge. The villages Antimovo and Pokraina are situated in the vicinity of the investigated corridor, both of them having a rural character.

The Bulgarian shore of the Danube is affected by erosion processes caused by the retention of the sediments in Porțile de Fier reservoirs. The Romanian shore is formed of a steep wooden slope having its upper side 30 m above the river shores and being also used for agricultural purposes. On this agricultural surface which will be crossed by the future alignment there are also small military installations (buildings, antennas). The alignment corridor (DN56 Craiova-Calafat) crosses an industrial area and a tree plantation on whose location a custom point will be installed. The railroad alignment crosses several smaller orchards and connects with the existing railroad. The connection between the landscape units is made by surface and deep waters. Under normal conditions, the deep waters run towards the Danube but during high floods the waters of the river trickle into the aquifer. The phreatic aquifer is comprised on the alluvial terrace of the Danube.

The images below present a general view on the landscape in the analyzed area on which this paper focuses on.



Fig. 1.1. The area of the future bridge west view from the dyke to the alignment
(Source: EIA Calafat-Vidin Bridge – Final Report, ERM GmbH, Neu-Isenburg, 2004)



Fig. 1.2. Area on the Bulgarian border where the bridge end will be positioned – Image from the dyke on the holm. Poplar plantation. Danube River (km 796) – situated on the spot where the tree line is interrupted (Source: EIA Calafat-Vidin Bridge – Final Report, ERM GmbH, Neu-Isenburg, 2004)



Fig. 1.3. View of the Romanian shore towards Calafat from the future alignment's location. The tall buildings belong to the hospital
(Source: EIA Calafat-Vidin Bridge – Final Report, ERM GmbH, Neu-Isenburg, 2004)



Fig. 6.34. View from the Romanian shore towards Bulgaria – The shipping channel and the island (the arrow indicates the location of the future bridge)
(Source: EIA Calafat-Vidin Bridge – Final Report, ERM GmbH, Neu-Isenburg, 2004)

The construction of the cross Danube bridge from Calafat to Vidin has the potential to generate an unfavorable impact on the environment as a result of its physical structures, of construction activities and exploitation of infrastructure. In the following lines, the effects and the impact of this infrastructure on the landscape are presented, as well as the measures for avoiding and diminishing the negative impact generated by the construction of the bridge over Danube, from Calafat to Vidin.

The impact on the landscape

The modifications of the landscape are difficult to assess since they depend on the subjective perception; they only affect a limited area on both sides of the river.

The impact on the landscape can manifest itself in two ways: the impact on the physical structure and the aesthetics of the landscape and the impact on the attractiveness of the natural environment from the receivers point of view, meaning those persons who monitor the structure and the elements of the construction.

As far as the first aspect is concerned, the most obvious impact factors are represented by the scale modifications that are generated by the structures of the future infrastructure. As far as the viewers are concerned, the inhabitants of the neighboring villages and localities are considered as the most sensitive group both in terms of the value of land but also in terms of permanent exposure once the construction works are finished.

There are included here factors as the perception of the landscape, its attractiveness from the perspective of the locals and the neighboring areas (from the perspective of dwellings, public spaces, paths, personal use of land and recreational areas).

At the same time the prospective users of the road can be considered as receivers. Despite this aspect, the temporary character of the landscape's perception qualifies this group as being less sensitive than those who are permanently exposed to the afferent structures and traffic. Moreover the perception of the landscape will have positive effects on the drivers in terms of the impressive views that can be seen from the bridge.

The impact caused by the afferent structures of the future infrastructure

The construction of the bridge produces significant modifications of the landscape mostly because of the fact that important segments of the road and railway would be at a higher level than the dominant quote of the soil (bridge, pillars, platforms). Given the topographical conditions, this aspect is more

relevant for the Bulgarian side. In some sectors with high embankments, the modifications of the topography will be significant. The access structures to the bridge on the Bulgarian shore will have a more prominent character because of their height compared to the soil's quote.

The perception of the view from the Pokraina village, situated in the area where the embankment of the road turns north-west will be significantly changed since the inhabitants of the peripheral houses will be looking directly towards this structure.

The structures of the bridge will be also visible for the inhabitants of Vidin. However, the bridge will be situated at a distance, long enough so as not to have an intrusive effect on the landscape. The bridge itself will represent a reference point in the more or less plain relief.

Measures for diminishing the impact on the landscape

The impact of these structures on the landscape can be diminished in a certain measure by forest planning or by an architectural design which would integrate them in the landscape. While forest planning will have an immediate effect by covering the exposed soil surfaces and slopes, it will not generate immediate landscape effects, a period of 10-15 years being necessary for obtaining significant shielding results.

The structure and type of the autochthonous vegetal layer must also be considered as only the typical species for the region are planted excluding the agricultural plants.

In order to diminish the types of impact described above, the implementation of the following measures is necessary:

- planting the grades on the Bulgarian shore with trees and shrubs;
- planting vegetation shields of trees and shrubs around the Vidin ware train station;
- planting trees and shrubs between the transport alignment from the grade and Antimovo village;
- replacing the poplar plantation on the Bulgarian border with riparian shrubs and trees which will also have the role of a vegetation shield for the upstream recreational area;
- planting trees and shrubs on the grades on the Romanian shore;
- planting vegetation curtains made of trees and shrubs between the road and railway infrastructure and Calafat;
- planting vegetation shields for the customs point on the Romanian shore which will play a protection role for Basarabi village.

The impact of the construction works

Besides the modifications of the landscape resulting from the new structures, there are temporary modifications caused by their construction.

During the construction phase of the infrastructure, some areas will be used for arranging the construction site. Although used temporarily, they will cause losses of significant resources like shrubs and trees, for example. The temporary deposits of the excavated material will also have a negative impact on the landscape.

A significant effect on the recreational function of the landscape can occur as a result of noise and dust emissions and as a consequence of the general perturbation generated by the presence of vehicles and of the progress of the construction activities.

Measures for diminishing the impact

The visible perturbation factors like dust clouds from the construction sites can be diminished by applying measures as wetting the asphalt areas. Vegetation will be planted on the excavated areas in order to prevent soil erosion. The measures of restoring the construction areas will equally serve to reconstitute the attractiveness of the landscape.

Impact caused by the exploitation/circulation

The circulation will produce visual changes at the level of the new structure because the flux of the vehicles will become noticeable and it will be emphasized by the vehicle headlights. The bridge and the customs point on the Romanian shore will have an illumination system.

Besides the visual aspects, the landscape's perception will be influenced by noise as well. Even though the noise level in the inhabited areas will be below the acceptable limits, the background noise of the traffic, more or less permanent, will become a constituent part influencing the manner of perception in the open spaces situated at approximately 350 m on both sides of the alignment.

A noise level that exceeds 55 db (A)₂ is usually considered a factor that decreases the recreational potential of the landscape. More than this, the emissions of noxa contribute to the diminishing of the general recreational potential.

After the construction and inauguration of the bridge, the area around the Bascov recreational perimeter will be significantly developed in order to become a recreational area both for the inhabitants and tourists of Calafat and the neighboring areas. The recreational areas on the Romanian shore including the small beaches are supposed not to be substantially affected by the construction of the bridge and of the transport infrastructure.

On the Bulgarian shore, there will be some modifications in the vicinity of the bridge. Despite all these, the summer recreational areas at chainage 796 + 200 and the temporary sand island that appears during the summer season close to the shore will probably not be affected. The island is not to disappear as a consequence of the modifications of the hydraulic regime generated by bridge's construction.

Measures for diminishing the impact

The measures that envisage the plantation of the vegetation curtains described above will also contribute to the diminishing of the effects on the landscape generated by the exploitation of the bridge.

Conclusions

The construction phase of the future infrastructure has the major potential to generate a negative impact deriving from the size of the construction installations and from the duration of the construction works. The description and evaluation of the initial conditions represent the foundation of the assessment process of the impact on the landscape factor.

In this respect, there have been identified and evaluated the anticipated effects on the landscape and in the same time there have been emphasized the measures of avoiding or reducing, repairing and/or compensating the negative impact generated by the construction of the bridge over Danube from Calafat to Vidin. Specific measures to attenuate the impact are also mentioned as well as the manner in which they have been adapted to the requirements of these constructions.

The main negative effects mainly refer to the following aspects:

- The construction phase for a structure of such dimensions has a limited duration. The clearing and construction operations on the ground and in the river will represent the main issue. The proportions of the construction and the number of workers on the construction site will require a cautious environment management.
- The impact on the flora and fauna is constituted by the destruction of the habitats. The only element of national importance both for Romania and Bulgaria that is affected by the construction of the bridge is the Danube River.
- In the areas where the structures of access to the bridge will be mounted on embankments which are significantly higher than the basis level of the ground, the landscape will suffer an obvious deterioration. The bridge itself may not represent a disturbing factor from the point of view of the landscape, adding a new structural element in the predominantly natural setting. The bridge may also be regarded as an attraction or reference point, depending on the personal perception.
- The impact on other environmental factors will be controlled by applying a suitable environmental management, especially in the construction phase.

The importance of the construction of this infrastructure refers mainly to the positive effects on the socio-economic field while all the other important environmental aspects (eg. flora, fauna, soil and water) will be more or less affected, depending on the efficiency and promptness of the implementation of the measures necessary to diminish the negative effects which will appear during the execution of works and the exploitation/circulation period.

IMPACT SUR LE PAYSAGE DU A LA CONSTRUCTION DU PONT SUR LE DANUBE À CALAFAT-VIDIN

Résumé

Le futur pont du joint de la route et de la voie ferrée sera construit sur Danube, dans la région de Vidin (Bulgarie) – Calafat (Roumanie), sur 796 km, au côté nord de ces deux villes. Cette infrastructure de transport représente à la fois une composante intégrée du système international d'autoroutes et une partie de la section sud du Quatrième Couloir Pan-européen. La construction du pont est susceptible de produire un impact défavorable sur l'environnement, principalement à cause de ses structures et de l'exploitation de l'infrastructure. L'impact sur le paysage peut être perçu de deux manières: en premier lieu, l'impact sur l'esthétique du paysage et sur les structures physiques et en deuxième lieu, l'impact sur l'attrait du paysage perçu par les gens qui ont dans leur région d'observation les structures construites ou leurs éléments composants.

BIBLIOGRAPHY

- *** (1992), "Directives 79/409/EEC" (*Birds*) and 92/43/EEC (*Habitats*).
- *** (1994), *Environment and Roads Guide*, elaborated by World Bank, Development Department, Transports Section in cooperation with SETRA (The Department of Technical Studies for Roads and Motorways), France, 1994.
- *** (1997), *The Directive Regarding the Environmental Impact Assessment Generated by Technical Designs*, modified in 1997 (97/11/EC).
- *** (1999), "Environmental Protection Romanian Law 137/1995", modified with *Law No 159*, from 20th October 1999.
- *** (2001), *Law 462/2001 For The Approval of Government Ordinance No 236/2000*, regarding the system of natural protected areas, preserverness of natural habitats.
- *** (2001), "ERM Lahmeyer", EIA Calafat-Vidin Bridge – Preliminary Study 2001.
- *** (2001), *Ghid Ecobridge – Habitat Fragmentation*.
- *** (2002), "Environmental Protection Bulgarian Law", *State Gazette No 91/25.09.2002*, modified by *State Gazette No 96/2002*.
- *** (2003), "Romania's Environmental Ministry Order No 863/26.09.2002", published in *Official Gazette No 52/30 January 2003*.
- *** (2003), "COST 341 – Wildlife and Traffic", *European Handbook*, "European Co-operation in the Field of Science and Technical Research".

- *** (2004), “ERM GmbH, Neu-Isenburg (13 October 2004)”, *EIA Calafat-Vidin Bridge – Final Report*.
- *** (2004), “Romania’s Environmental Ministry Order No 860/26.09.2002”, published in *Official Gazette No. 52/30 January 2003*, modified by “Ministry Order No 210/25 March 2004”, published in *Official Gazette No 309/7 June 2004*.
- *** “Regional or International Treatises and Conventions” (cum ar fi “Convention UN/ECE Regarding the Crossborder Environmental Impact Assessment – *Espoo Convention*”).

**PROFESSORS K. BRĂTESCU AND K. HORMUSACI:
A CONTRIBUTION TO GEOGRAPHICAL SCIENCE
DEVELOPMENT WHILE WORKING
AT THE CHERNIVTSI UNIVERSITY**

VALERIY RUDENKO*, VASYL GUTSULYAK*, MARYNA YACHNYUK*

Konstantin Brătescu was born on 30 September 1882 in Kyshla, Tulchyskiy District, Romania. He had been living and working in Chernivtsi from 1924 until 1939. On 1 September 1924 K. Brătescu was appointed a professor at the Department of Geography of the Faculty of Sciences, Chernivtsi University, and later became the Dean of Faculty (1930-1932). The Professor's field of scientific interest lays in general in geography, methodology of geography and comparative geo-morphology. K. Brătescu was also heading the Institute of Geography at the Department of Geography. During his Chernivtsi period of life, K. Brătescu was distinguished as a valuable lecturer at the Free University of the Society of Rumanian Culture and Literature in Bukovyna. He had become a lover of Bukovyna, recognizing its history, geography and culture. Prof. Bratescu founded a Romanian Geographical Society Branch in Chernivtsi. His major scientific works are as follows:

1. "Poarta de la Cernăuți". The work deals with the study of the Tsetsyno and the Berda massifs with respect to their evolution, geo-morphological structure and perspectives.

2. "Populația regiunii Cernăuți": the Chernivtsi region population is studied; differences between mountain and pre-hill population are disclosed; the population common life, customs and traditions, migration causes and density are analyzed.

3. "Câteva captări quarternare în Bucovina și Pocutia" – describes the hydrological peculiarities of the region, as well as those of the Cheremosh river valley and terrace, and the river on the whole. The author also presents the summative hydrological picture of the region and discloses new problems and reasons that lead to changes.

* Chernivtsi Yuriy Fedkovych National University, 2 Kotsyubynskogo, Chernivtsi, 58012 Ukraine, e-mail: rudenko_valeriy@ukr.net; Tel.: 0038-0372-523286.

Konstantin Hormusaci is another significant contributor to the development of geographical science while working at the Chernivtsi University. He was of Chernivtsi origin born on 3 October 1863. After graduating Chernivtsi and Vienna Universities he devoted himself to scientific activity in the fields of entomology, geo-botanic and biogeography, in particular, zoo- and phyto-therapy. His scientific merits were awarded as back as in 1919 by appropriating him an honorable membership of the Romanian Academy, whereas Chernivtsi University awarded him *Doctor Honoris Causa* in March 1931 and a month later appointed him a professor at its new Department of Entomology and Bio-Geography. K. Hormusaci founded a museum and an entomological laboratory.

Bukovyna was among his prior interests: many of K. Hormusaci's works being devoted to its description. Collecting beetles and butterflies, later he turned his attention to the study of regional flora and the factors that influence individuals in particular and Bukovynian fauna on the whole. The region is distinguished for 3 zoogeographical zones, and such versatility within a rather small territory cannot but attract his scientific curiosity making him compare butterflies of these different faunas (Pontiac, Baltic, Alps). Prof. K. Hormusaci's basic works are:

1. "Die Schmetterling der Bucovina". The work deals with description of the linkage between geology, climate, plants and animals spreading in general and on the territory of Bukovyna.
2. "Beitrage zur Kaferfauna der Bucovina und Nordrumaniens Entomol": localities description in the aspects of geography, geology and fauna.
3. "New Studies of Fauna Correlations in Bukovyna": fauna, geological, climatic factors description and the factors' influence upon the Bukovynian fauna structure.

It is therefore evident that Professors K. Brătescu and K. Hormusaci had significantly contributed to the development of geographical science while working at the Chernivtsi University thus making the world know about Bukovyna and its University.

REFERENCES

1. Anuarul universităţii din Cernăuţi 1923-1924, Cernăuţi, 1924, Editura Universităţii.
2. Anuarul universităţii din Cernăuţi 1926/27-1927/28, Cernăuţi, 1928, Editura Universităţii.
3. Anuarul universităţii din Cernăuţi 1929-1932, Cernăuţi, 1932, Editura Universităţii.

RECENZII

EMMANUEL REYNARD, PAOLA CORATZA, GERALDINE REGOLINI-BISSIG, *Geomorphosites*, Verlag Edit., München, 2009, 240 pag., 95 figures.

Geomorphosites constitute a recent topic of research for scientists, more exactly since 1993. In 2001, a research group on this field, part of the International Association of Geomorphologists was formed. It constantly had among its preoccupations to define the theoretical and methodological framework for the study of geomorphosites. Therefore several books and articles within international reviews were published and seminars were organized on this topic.

The publication to which we would like to draw your attention is the first synthesis on this theme. It appeared in 2009 and represents a collective, updated work of a great both theoretical and practical importance for the study of geomorphosites. Thus each chapter is signed by reference authors for this field who establish guiding lines for their study and for their valuing through geotourism.

The first part of the book contains the definition of geomorphosites, the evolution of the studies dedicated to them and of their integration in landscape and in the cultural geomorphology as well as the place of this domain within the system of geomorphologic sciences.

The second part is the most generous being divided in several subchapters dedicated to: the evaluation of geomorphosites, the methods for studying them and their mapping. It impresses by the great number of bibliographic references and through numerous examples of geomorphosites mapping.

The third part refers to the protection and the promotion of geomorphosites. It is exemplified thus the way in which geomorphosites are included in geoparks and the fact that many of them were inscribed on the UNESCO heritage list.

The last chapter of the book presents examples of specific types of geomorphosites (within areas sensitive to natural hazards, volcanic, karst or submergent phenomena etc.). At the same time the way in which geomorphosites subscribe the analysis of territorial paleoevolution is emphasized.

This work, of a real value, is one of the first introducing this topic in the geomorphology literature. It addresses the specialists on the field and outstands through suggestive maps and photos that accompany the text.

The book "Geomorphosites" proposed itself and managed to reach two important objectives, namely to synthesize the researches on the field (including to select definitions and to emphasize the methodology for geomorphosites study) and at the same time to be a starting point for further researches.

Prof. assist. LAURA COMĂNESCU

VIAȚĂ ȘTIINȚIFICĂ

LA III^{EME} RENCONTRE SCIENTIFIQUE ROUMAINE-ALGERIENNE-FRANÇAISE DIRECTIONS CONTEMPORAINES DANS L'ETUDE DU TERRITOIRE : LA GESTION DU TERRITOIRE, DES ALEAS ET DE LA VILLE BUCAREST, 27-31 MAI 2009

Le colloque international a débattu des problèmes actuels dans la recherche du territoire comme facteur et support des activités socio-économiques. Pendant la session de communications, nous avons échangé des points de vue de spécialistes (géologues, géomorphologues, cartographes, géographes, sociologues etc.), dont l'objet d'étude est représenté par le territoire et la population. Les différents acteurs de ce débat provenant d'Algérie (Université Mentouri de Constantine, Université de M'Sila – Institut de Gestion et des Techniques Urbaines, Faculté des Sciences Biologique d'Alger), de Roumanie (Faculté de Géographie – Université de Bucarest) et de France (Université Paris-Est/Paris 12).

Les principaux problèmes sont résumés dans les titres des communications, parmi lesquels nous mentionnons : *Dysfonctionnements dans la gestion de la zone métropolitaine de Bucarest* (I. Ianoș, Loreta Cepoiu, Daniela Zamfir), *Risques naturels et redéploiement de l'urbanisation en Algérie Orientale : Cas de la région de Skikda* (Benabbas Chaouki, Chabour Nabil, Bourefis Ahcene, Assassi Fella), *Le rôle des pôles secondaires de croissance dans l'atténuation des disparités régionales* (C. Braghină, D. Zamfir, C. Tălângă, L. Cepoiu), *L'urbanisation d'une ville oasisienne « Boussaada » face aux risques d'inondations et d'ensablement* (Hadjab Makhloufi, Ali Redjem, Khalfallah Boudjemaa, Mahamedi Abdelkrim, Ouali Dhaima), *Des phénomènes extrêmes dans les aires urbaines – Cas de Boussaada* (Florina Grecu, Abdellaouid Abdelkader, Ali Redjem, Andre Ozer, Gh. Visan, Said Bourezg, Makhloufi Hadjab, Abdelkrim Mahamedi, Robert Dobre, Mircea Visan), *L'évolution structurelle des localités rurales* (Valentina Stoica), *L'évaluation, la protection et la promotion des sites géomorphologiques* (L. Comănescu, F. Grecu, Alex. Nedelea, R. Dobre), *Gestion des eaux en milieu urbain* (L. Zaharia, F. Ghiță) etc.

Application pratique sur le terrain

- 28.05.09 : Sinaia-Brașov-Sighișoara-Agnita-Făgăraș-Râșnov-Predeal-Sinaia.
- 29.05.09 : Sinaia-Brașov-Intorsura Buzăului-Nehoiu-Buzău-București.
- 30.05.09 : București-Călărași-Adamclisi-Cobadin-Eforie-Cernavodă-București.

L'application pratique a relevé la potentialité du territoire de la Roumanie à des hasards naturels et anthropiques variés, ainsi que des aspects de l'utilisation des terrains.

La réunion a abordé des discussions concernant des problèmes du territoire dans des zones géographiques chaudes et tempérées, ceci débouchant sur un échange d'idées enrichissant et précieux.

FLORINA GRECU



Sinaia – 28.05.2009

**TEZE DE DOCTORAT SUSȚINUTE ÎN CADRUL
ȘCOLII DOCTORALE „SIMION MEHEDINȚI”
DIN FACULTATEA DE GEOGRAFIE**

Eficiența studiilor doctorale desfășurate în sistemul de învățământ Bologna, la școala doctorală de la Facultatea de Geografie a Universității din București, a fost consemnată de câteva direcții majore spre care s-a îndreptat cercetarea științifică geografică, degajându-se în același timp teme care au sesizat și stringenta lor aplicabilitate.

Tematica abordată în tezele de doctorat susținute este extrem de generoasă. Aceasta cuprinde, pe de o parte, o problemă legată de învățământul preuniversitar ce vizează planul comunicării, apoi cel al evaluărilor școlare la geografie, iar pe de altă parte descoperă dimensiunile mai puțin cunoscute ale unor componente ale cadrului natural și ale raporturilor ce se nasc între acestea cu societatea.

Avem în vedere ca preferințe: condiția climatică și hidrografică privity global și regional în modul lor de manifestare; analiza formelor, proceselor, tendințelor în evoluție sub care se prezintă relieful în vederea cunoașterii disponibilităților pe care le oferă societății; potențialul turistic al unor regiuni, dar și impedimentele existente pentru o valorificare eficientă a acestuia; mediul și peisajul rural cu privire specială asupra așezărilor, componentă cu resurse nebănuite de diferite și deseori greu de identificat.

Actualitatea celor mai multe din temele vizate s-a detașat și din faptul că au contribuit, într-un fel sau altul, la finalizarea unor contracte de cercetare și s-au regăsit în paginile unor volume sau lucrări publicate în țară și străinătate, îmbogățind în acest fel tezaurul științific al geografiei.

O concluzie se desprinde din cele de mai sus și anume, valoarea științifică autentică a tezelor de doctorat susținute în intervalul 2008-2010 la Școala doctorală „Simion Mehedinți” din Facultatea de Geografie a Universității din București.

Nr. crt.	Nume și prenume	Titlul tezei de doctorat	Data susținerii publice	Coordonator științific
1.	Niță Mirela Milena	Interacțiunea atmosferă-mare-uscat în zona litorală a Mării Negre	Decembrie 2008	Prof. univ. dr. Emil Vespremeanu
2.	Lungu Marius Laurențiu	Resurse și riscuri climatice din Dobrogea	Decembrie 2008	Prof. univ. dr. Sterie Ciulache
3.	Canciu Cătălin	Valea Dunării între Brăila și Pălăgeanca – Studiu geomorfologic	Decembrie 2008	Prof. univ. dr. Costică Brânduș

4.	Franțescu Marius	Clima orașului Arad	Decembrie 2008	Prof. univ. dr. Sterie Ciulache
5.	Bogan Elena	Munții Trascău. Studiu de geografie umană	Decembrie 2008	Prof. univ. dr. Melinda Cădea
6.	Pintilii Radu Daniel	Rolul ariilor de atracție turistică din zona de influență a municipiului București în dezvoltarea integrată a acesteia	Decembrie 2008	Prof. univ. dr. Ioan Ianoș
7.	Tătaru Alexandra	Organizarea spațiului rural în Bazinul Putnei	Decembrie 2008	Prof. univ. dr. Melinda Cădea
8.	Dincă Ana Irina	Turismul durabil în culoarul transcarpatic Gura Humorului- Câmpulung-Vatra Dornei-Bărgău	Mai 2009	Prof. univ. dr. George Erdeli
9.	Gheorghe Andra Cătălina	Versantul Nordic al Masivului Făgăraș. Studiul potențialului turistic natural și al pretabilității terenului la amenajare în perspectiva dezvoltării turismului ecologic montan	Iulie 2009	Prof. univ. dr. Mihai Ielenicz
10.	Săcrieru Răzvan Sorin	Bazinul morfohidrografic Mîlcov. Studiu geomorfologic	Iulie 2009	Prof. univ. dr. Florina Grecu
11.	Dobre Robert Răzvan	Pretabilitatea reliefului pentru căi de comunicații și transporturi în culoarul Prahovei (sectoarele montan și subcarpatic)	August 2009	Prof. univ. dr. Florina Grecu
12.	Caraman (Dan) Steluța	Comunicarea didactică – Premisă esențială pentru promovarea succesului școlar prin disciplinele geografice	Noiembrie 2009	Prof. univ. dr. Mihai Ielenicz
13.	Năpăruș Magdalena	Carstul pe sare, dinamică și fenomene de risc. Studiu comparativ între carstul natural de la Platoul Meledic și fenomenele carstice de natură antropică de la Ocnele Mari	Decembrie 2009	Prof. univ. dr. Mihai Ielenicz
14.	Pârvu Cristina	Teorie și practică în evaluarea rezultatelor școlare la geografie în învățământul preuniversitar	Decembrie 2009	Prof. univ. dr. Mihai Ielenicz
15.	Bujor Liliana	Orașul Sighișoara și aria sa periurbană în perspectiva dezvoltării durabile	Decembrie 2009	Prof. univ. dr. Ion Marin
16.	Stoica Ilinca Valentina	Organizarea spațiului geographic și dezvoltarea rurală în bazinul hidrografic Sărățel	Decembrie 2009	Prof. univ. dr. Melinda Cădea
17.	Iancu (Merciu) Florentina Cristina	Turismul ca alternativă viabilă la dezvoltarea economică a Depresiunii Petroșani	Ianuarie 2010	Prof. univ. dr. George Erdeli

18.	Vănu Gabriel Ovidiu	Interfața spațial-funcțională dintre municipiul București și teritoriul suport al acestuia	Decembrie 2009	Prof. univ. dr. Ioan Ianoș
19.	Vasile (Sândița) Mihaela Daniela	Studiu geografic al așezărilor umane din bazinul hidrografic al râului Gilort	Ianuarie 2010	Prof. univ. dr. George Erdeli
20.	Mitescu Veronica	Dinamica peisajului rural din Dobrogea de Nord	Februarie 2010	Prof. univ. dr. Ion Marin
21.	Băltescu Olga	Gestiunea durabilă a rezervațiilor naturale din spațiile montane – Studii de caz: rezervația naturală Les Hautes de Chartreuse (Munții Alpii Francezi) și rezervația naturală molidul de rezonanță Lăpușna (Munții Carpați – Grupa centrală a Orientalilor)	Februarie 2010	Prof. univ. dr. Maria Pătrosescu

OANA ANDREIA PUJA

Tiparul s-a executat sub c-da nr. 361/2010, la
Tipografia Editurii Universității din București
