

Les aléas naturels en zones urbaines semi-arides – Étude de cas de Boussaâda (Algérie)

F. GRECU¹, A. ABDELLAUI², A. REDJEM³, A. OZER⁴,
Gh. VIȘAN¹, S. BOUREZG³, M. HADJAB³, A. MAHAMEDİ³,
R. DOBRE¹, M. VIȘAN¹

Abstract. Diagnosis of Geomorphological Hazard in Semiarid Urban Areas. Case Study of Bou-Saada (Algerie). The study aims to emphasize the hazard diversity in the warm semi-arid climate areas, beginning from the concrete analyze of the Bou-Saada city (Algeria).

Bou-Saada is situated at the contact of the Hodna shot with the Presaharian Atlas in the proximity of a corridor, which allows the orientation of the air masses. The extinction of the city has lead to the partial destruction of the oasis, as well as the exposition to the different risk phenomena, being frequent the following:

- The exposition to the sand accumulation, especially of the district developed on the Southern-Western corridor, in the wind direction;
- The exposition to the rock falls from the mountain side, in the conditions of a powerful desegregation;
- The exposition to the inundations during the rare torrential rains, being also facilitated by the city development in a narrow depression, which allows quick running of water from the mountain side.

The main factors determining the quality of the geomorphological vulnerability to the hazards (geological, geomorphological, climatic, anthropogenetic, biopedogeographical) highlight the favourability of the position of the first nucleus of the settlement compared to its area of current expansion.

The research was made in many campaigns between the years of 2006-2008, within an agreement of cooperation, being in progress.

Key words: vulnerability; geomorphological hazard, semiarid, urban, Bou-Saâda, Algeria

1. Introduction

1.1 Conception

Les aléas naturels dans les aires urbaines font partie en générale dans ceux qui caractérisent la région géographique. Il n'y a pas d'aléas naturels particuliers seulement urbains. Mais ce qui personnalise l'aire urbaine, c'est la présence active du facteur anthropique, qui par ses activités, par la densité, par les constructions, etc., expose aux risques de différents éléments de risque, comprise la population. Par conséquent, le passage de l'état d'aléas à celui du risque se fait beaucoup plus rapide en temps et espace. Une autre particularité, c'est le caractère multi- et interdisciplinaire du type génétique des aléas, souvent les aléas que l'on appelle naturels ont aussi une cause anthropique (Grecu, 2009 a, b).

Dans la littérature le risque urbain est défini, tout simplement, comme le risque qui est lié au

territoire de la ville, étant classifié en (J. Dubois-Maury, C. Chaline, 2002): risques naturels, risques industriels et technogènes, risques diffus. En effet, c'est la classification générale des risques (Grecu, 2009a).

En raison de la forte composante humaine, le caractère social du risque naturel s'y développe (Pigeon, 2002), voire les risques sociaux ont dans l'environnement urbain une intensité et fréquence plus grandes que dans l'environnement rural, par exemple.

Plusieurs aléas, lorsqu'ils dépassent les seuils de certaines valeurs, deviennent critiques pour le bon déroulement des activités humaines. Dans ce contexte, l'analyse des aléas dans les aires urbaines sémiarides, telles comme Bou-Saada, est nécessaire due à la dynamique des aléas, de la vulnérabilité et l'exposition aux risques de la population urbaine en développement.

1.2. Objectifs et matériaux

Le présent travail a pour objectif d'analyser, à partir d'un point de vue interdisciplinaire et en utilisant des méthodes spécifiques du chercheur de l'environnement, la dynamique globale urbaine de la ville de Bou-Saâda et les facteurs de vulnérabilité afin d'élaborer la carte de la vulnérabilité ; celles-ci visent deux étapes - niveaux :

1. Un premier niveau global de l'ensemble des vulnérabilités à une échelle de 1/50000^{ème}, interprétation des cartes et observation terrain ; traitement des données géomorphologiques, climatiques, statistiques (démographiques, économiques)

2. Un second niveau plus ciblé à la fois sur la thématique et sur l'espace.

Traitement de l'imagerie satellitaire multi date pour appréhender la dynamique du paysage urbain (qui n'est pas le sujet de la présente étude) ;

Les principaux matériaux utilisés sont : carte topographique 1/50000, carte géologique, plan cadastral, données climatiques (2000-2009), socio-démographiques (1954-2009), observations et cartographie du terrain (2006-2009), élévations GPS, interprétations des cartes analytique élaborées SIG...

2. Position géographique – facteur de conditionnement du type d'aléas

La ville de Bou Saâda, avec une surface de 36 900 ha, est située à la limite du Sud de la Dépression du Hodna (entre l'Atlas Tellien et l'Atlas Saharien) un « golfe » de la Plaine Hodna. L'ancien centre de la ville est apparu dans l'oasis situé dans un couloir dépressionnaire, à 461-550 m d'altitude. La position mathématique situe la ville dans la zone aride et semi-aride (fig. 1a) :

$\lambda = 4^{\circ} 12'$ Long. Est ; $\varphi = 35^{\circ} 25'$ Lat. Nord.

La ville de Bou Saâda est située à proximité du cordon dunaire et, comme de nombreuses oasis de la zone présaharienne, à flanc de montagne (rempart naturel de protection). Elle a par ailleurs connu cette dernière période une phase de croissance particulièrement soutenue. Ceci a induit une extension importante de la surface urbaine sur des espaces exposés à divers aléas : inondation, ensablement, voire glissement de terrain, ruissellement. En particulier, la ville nouvelle est située à l'exutoire du cordon dunaire au sud des Zahrez Gharbi et Chergui et à proximité de l'oued Maiter (fig. 1b).



Fig. 1a. Position géographique



Fig. 1b. L'oued Maiter

3. Facteurs de vulnérabilité aux aléas géomorphologiques

3.1. Conditions géologiques et tectoniques

Bou Saâda se situe dans la zone de contact de l'étage supérieur des régions de plissement alpin et les dépressions (les bassins) internes molassiques d'âge alpin sur l'ancien socle. Du point de vue tectonique, il se superpose à un synclinal suspendu. La dépression de Hodna de la part du Nord de la ville (Rmel) représente un bassin de sédimentation de Néogène - Quaternaire avec des dépôts de calcaire et gypses couverts des couches épaisses d'argile et des sables argileuses de Quaternaire (Hadjab Makhoulfi, Ouali Dehimi, 2007).

Les roches à grande favorabilité à la désagrégation et l'altération – dolomites et marnes de Jurassique – liasiques, grès, marnes et marnocalcaires flischoïdes Crétacées-, sont exposées directement aux facteurs exogènes dans les conditions de l'absence totale de la végétation. Les roches sont très fort diaclasées, faillées et altérées, en favorisant les processus gravitationnels (détachement des blocs, croulement et chutes de masses sur des versants) et la formation d'un réseau relativement épais de ravines, torrents de pierres, cônes et bas de détritiques (fig. 2).

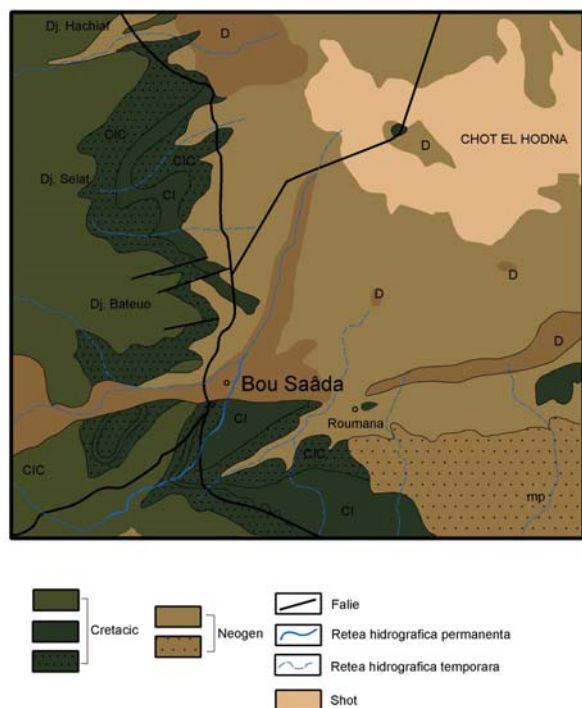


Fig. 2. La carte géologique

3.2. Conditions climatiques

L'analyse des éléments climatiques indique un climat sémi-aride, et leurs caractéristiques sont favorables aux différents types de processus (aléas) climato - géomorphologiques.

Direction, fréquence et intensité du vent sont influencées par les mouvements généraux des masses d'air de l'Ouest et se reflètent dans la direction et l'orientation des dunes (Benazzouz M. T. 1994), et aussi la grande vulnérabilité d'ensablement des constructions.

Le plus grand pourcentage est détenu par vents du Nord-Ouest (25%), suivi par les vents du Nord (23%) (fig. 3). Les accumulations de sable de la partie du Sud de la Dépression de Hodna (au Nord et Nord-Ouest de la ville), et l'orientation des dunes de Nord-Ouest vers le Sud-Est sont due au vent de ces directions. Les masses d'air de côté de l'Ouest (20%), sont canalisées sur le couloir de l'Oued Maiter entre Djebel Gorehor et Djebel Moubakhera, les accumulations de sable de la zone d'expansion de la ville couvrant pratiquement les bâtiments construits illégalement (fig. 4).

Le caractère torrentiel et irrégulier des précipitations conduit à l'entraînement des matériaux sur des versants, mais aussi à l'apparition des inondations dans le périmètre construit, où l'infiltration est diminuée par le pavage. L'analyse des données des dans l'intervalle Janvier 2000 - Décembre 2009 à l'aéroport situé près de la ville (www.weatheronline.co.uk) sont significatives en ce sens.

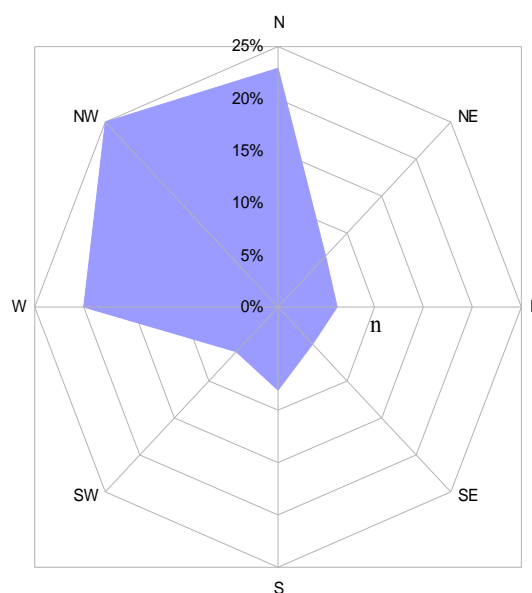


Fig. 3. Rose des vents à Bou Saâda



Fig. 4. Les accumulations de sable de la zone d'expansion de la ville

La quantité moyenne annuelle des précipitations a des valeurs réduites (338 mm), mais la distribution saisonnière et mensuelle montre de grands écarts. La plus grande quantité de précipitation est enregistrée le printemps (222 mm) dont environ 196 mm au mois d'avril, plus précisément en 4.1 jours (avec des précipitations plus grandes de 0.1mm), c'est à dire environ 50 mm /jour. En outre, les orages d'avril sont après le mois de Mars, le mois qui détient le record de sécheresse (6,2 mm), après le mois de Juin (5.0mm). Les précipitations sont associées avec les vents les plus intenses pendant tout le temps de l'année (16.6 km/h en avril).

Les grandes variations de température (fig.5), compris la présence des journées de gelée (environ 9.4 jours/an) contribuent à la désagréations des roches. La durée le long de l'année et la grande intensité du vent (tablette) amplifient la vulnérabilité des terrains à la désagréation. L'amplitude thermique moyenne annuelle est de 24,5° C, et celle

journalière absolue dépasse 35° C, pendant qu la température maximale atteint augmente à plus 40° C à l'ombre. Le degré élevé d'insolation (9-10 heures ensoleillée à partir d'avril jusqu'au Juillet), plus

l'humidité absolue (26-31% pendant les mois d'été) et, aussi, l'absence de la végétation sont les facteurs qui intensifient le processus de désertification.

Tableau 1 Nombre des heures ensoleillées à Bou Saâda (2000-2009)

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	An	Iarna	Prim.	Vara	Toamna
6	8	8	9	9	9	10	9	8	8	7	6	97	20	26	28	23

Tableau 2 Humidité relative (%) à Bou Saâda (2000-2009)

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	An.	Iarna	Prim.	Vara	Toamna
68	52	42	38	38	30	26	31	43	50	58	67	45	62	39	29	50

Tableau 3 L'intensité du vent km/h à Bou Saâda (2000-2009)

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	An	Iarna	Prim.	Vara	Toamna
10.5	11.4	14.1	16.6	13.5	11.6	9.8	8.9	8.8	7.2	9.8	10.6	11.1	10.8	14.7	10.1	8.6

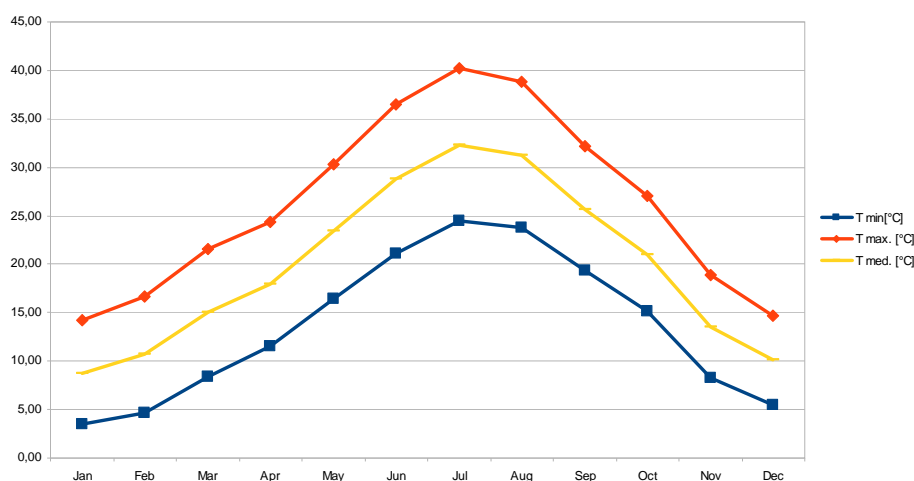


Fig. 5. Variation des températures moyennes mensuelles à Bou Saâda (2000 – 2009)

Tableau 4 Jours de gel moins 0° C Bou Saâda (2000 – 2009)

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	An	Iarna	Prim.	Vara	Toamna
5.1	2.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	1.5	9.4	8.8	0.3	0.0	0.2

L'action de déflation du vent contribue par la dégradation – corrasion (abrasion éolienne) – au processus de désertification. La mauvaise gestion de ressources d'eau, de l'utilisation des terrains et des sols qui constitue le facteur qu'on doit tenir compte dans la définition du risque de désertification (Mostephaoui et al, 2009).

3.3. Conditions anthropiques

La ville est fondée au VI^{ème} siècle, sur un chemin utilisé par les nomades, dans la plus proche oasis du littorale de la Mer Méditerranée, à 245 km Sud d'Alger et à 70 km Sud de M'Sila (ville située approximativement dans le centre de la Dépression de Hodna). Il semble que d'ici son nom est dérivé, son étymologie signifie « la ville du bonheur » (Bou = père; Saâda = paix, bonheur).

L'ancien centre (le centre-ville, le noyau) est entouré par des murs – Ksar – village fortifié, et il a constitué une ancienne foire où les nomades faisaient du commerce (bijoux, tapis, produits de l'artisanat, produits en fer) (fig. 6).



Fig. 6. Le centre ville

Le centre-ville – Ksar – s’est développé autour de la Mosquée construite par Sidi Thameur au XI^{ème} siècle. Il a 7 départements habités en général par des familles faisant partie de la même tribu, ensuite il s’est étendu aussi dans les zones limitrophes. Les bâtiments sont construits très proches les uns des autres, en créant un microclimat de protection des habitants, la surface ombragée étant assez grande pendant la journée. L’accès est en général à pied. Après l’exode rural d’après 1980, les constructions de béton ont remplacés les anciennes maisons traditionnelles. De la population totale, 78% provient des zones rurales.

La ville de Bou Saâda a par ailleurs connu cette dernière période une phase de croissance particulièrement soutenue. Le nombre des habitants a augmenté d’environ quatre fois en 50 années (26 300 habitants en 1966 et 106 100 habitants en 2009) (fig. 7). Ainsi, il est apparu le besoin d’avoir des bâtiments et, bien entendu, des constructions non autorisée dans des régions vulnérables.

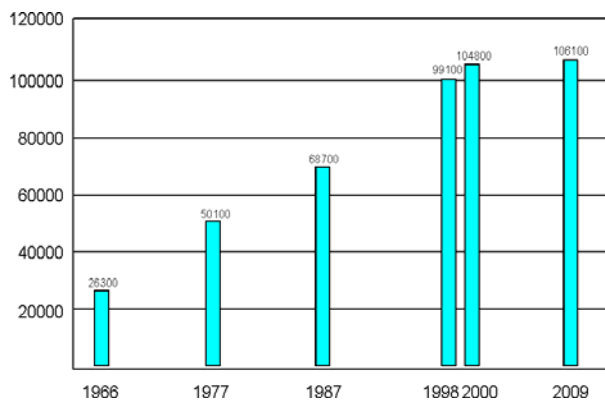


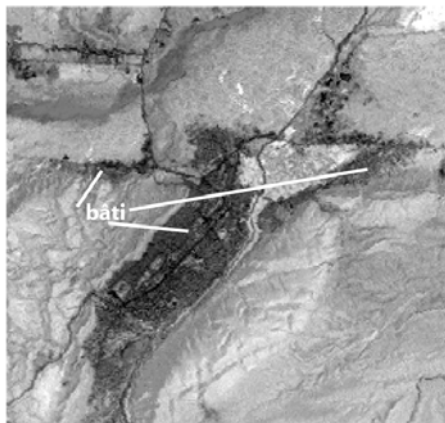
Fig. 7. L’évolution de la population de la ville de Bou Saâda 1966-2009

3.4 Analyse de l’évolution de l’étalement urbain

Nous avons analysé l’évolution de l’étalement urbain sur la période 1972-2006 à partir de l’imagerie satellitale. Pour cela nous avons utilisé quatre images Landsat respectivement de 1972 (de résolution ≈ 80 m), de 1987 (de résolution 30 m), de 2001 et 2006 (de résolution 28.5 m). Après extraction des fenêtres, nous avons procédé à un rééchantillonnage de tous les canaux à 15m afin de profiter des canaux panchromatiques (2001 et 2006). Une analyse en composante principale nous a permis de constater que certains nouveaux canaux rehaussent des thèmes particuliers ; ainsi le néo-canal ACP2 met en évidence le construit alors que le canal ACP3 rehausse la couverture végétale ; cela est montré, à titre d’exemple par la figure 8 correspondant à l’analyse en composantes principales de la scène Landsat de 2001 ; ceci est un résultat particulier qu’il n’est pas prudent de généraliser de façon automatique ; ce qu’il faut retenir par contre est que des néo-canaux avec une contribution faible (parfois jusqu’à l’ACP4) peuvent apporter une information spécifique importante qu’il n’y a pas lieu de négliger. Après avoir amélioré la dynamique des différents extraits de fenêtres, nous avons produits les compositions colorées fausses couleurs que nous avons exportées vers MapInfo puis définis les étalements urbains de chacune des années ; ceci a été possible car les images sont géoréférencées, donc superposables. Cela est montré par la figure 9.

L’analyse de la série d’images « fausses couleurs » fait apparaître que l’extension urbaine se fait désormais en direction des accumulations de sable (champ de dunes par exemple, mais également lit d’oued). Cette situation devrait être préoccupante à cause des risques multiples (inondation, risque pour la santé des populations). La figure 10 montre ce résultat.

Le canal ACP2 rehausse le construit



Le canal ACP3 rehausse la végétation

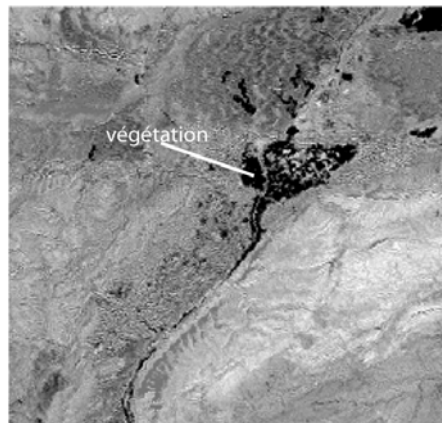


Fig. 8. Rehausser l’apparence de thèmes particuliers par l’analyse en composantes principales

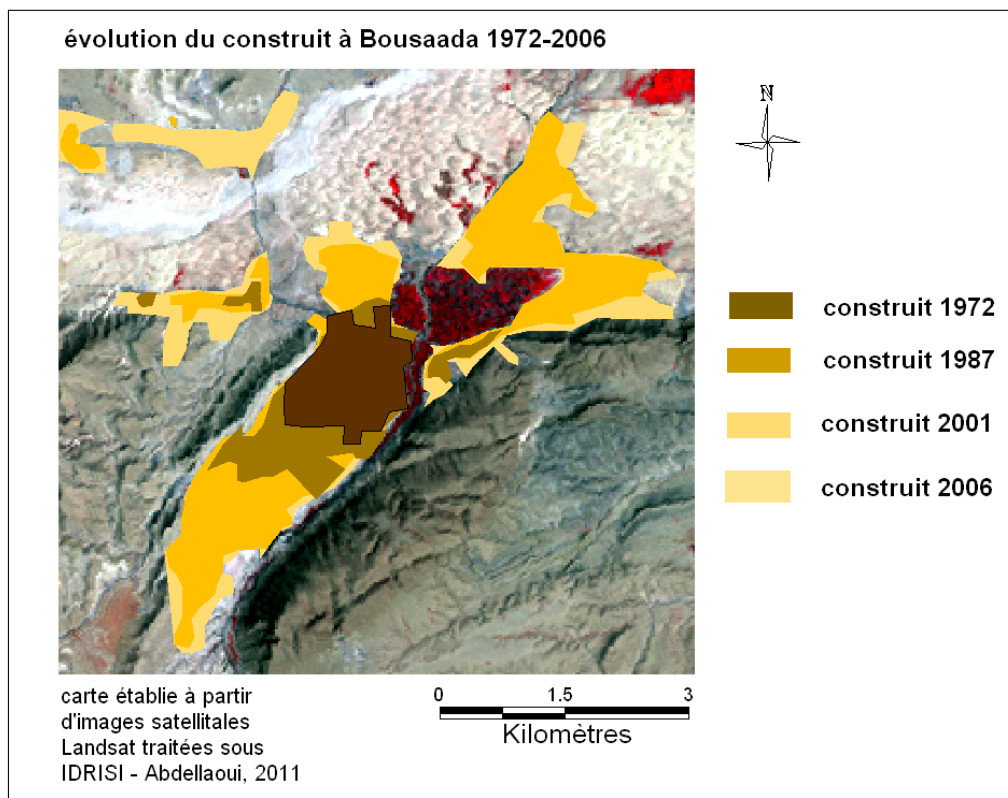


Fig. 9. évolution de l'étalement urbain de Boussaâda entre 1972 et 2006

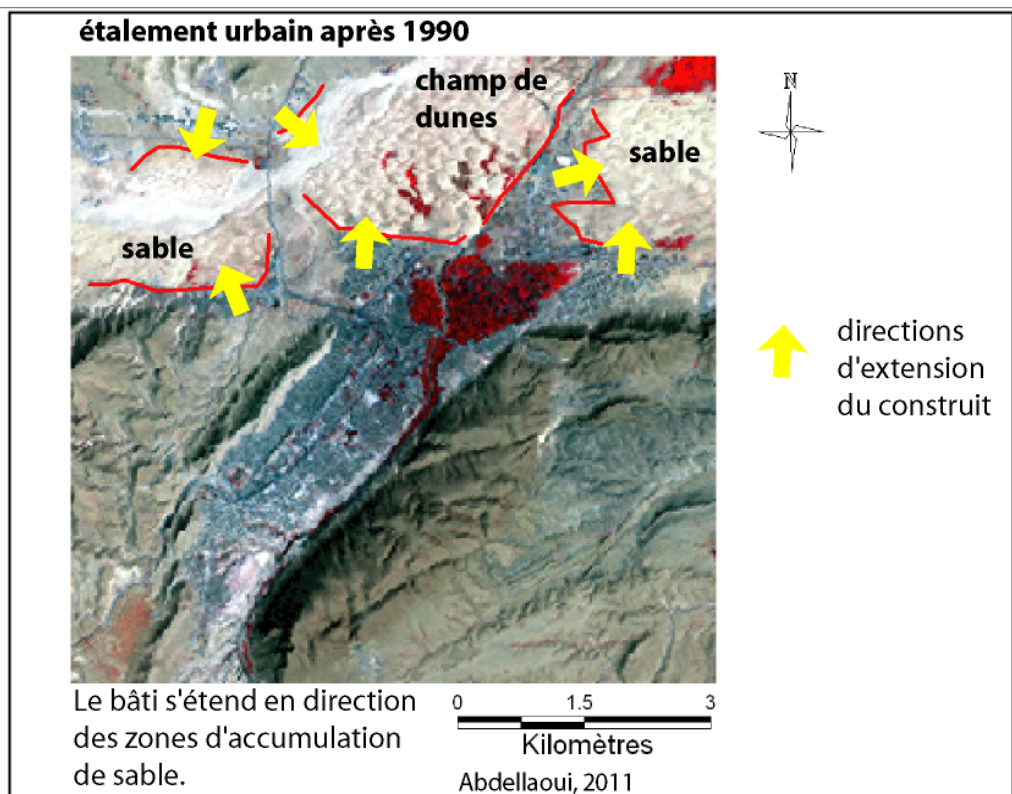


Fig. 10. Direction de l'étalement urbain

4. Résultats

4.1. Conditions géomorphologiques-vulnérabilité des aléas géomorphologiques

4.1.1. Unités géomorphologique

La ville s'est développée dans une dépression allongée d'origine tectonique – érosive, drainée par deux rivières séparées par un interfleuve dont l'altitude relative de 30-40 m. Ces caractéristiques ont favorisé le développement du premier noyau de ville.

Les deux pics qui délimitent le couloir dépressionnaire de la ville appartiennent à une surface morphologique de 700-900 m. Le pic de Djebel Kerdada (947 m), au Sud-Est de la ville, a un caractère structural. A la base du versant de cuesta de la ville il y a l'Oued de Bou-Saâda, une vallée relativement étroite, avec des gorges, qui s'alimente des sources de la base de l'abrupte. L'interfleuve de la partie centrale de la ville, un hogback, formé par les calcaires, grès et lentilles de marnes stratifiés, présente un degré avancé d'altération désagrégation; les éléments de la couche d'altération ont des dimensions de quelques centimètres à plusieurs dizaines de centimètres. La vulnérabilité la plus élevée aux écroulements, glissements de terrains, torrents de pierres n'a pas découragé les habitants pour construire des maisons tout près, en particulier sur le glacis de la base du versant. Vers l'Ouest, les grandes artères de circulations masquent un écoulement souterrain alimenté de Djebel Moubakhera (1052 m).

L'Oued de Maiter appartient à un couloir de vallée avec plus de 3 km de largeur, où le lit de l'oued peut avoir 1 km. Le couloir présente une énergie de relief d'environ 500 m entre Djebel Gorehor nord, 1029 m), Djebel Moubakhera (sud, 1052 m) et 587, 547 m dans le lit de la rivière. Celle-ci favorise canalise les masses d'air, les vents de l'ouest en créant un cordon des dunes qui ne peut pas être stabilisé.

En conclusion, sur une surface relativement réduite, on peut prendre en analyse les suivantes formes majeures de relief: la surface supérieure à 1000 m, la surface moyenne la 700-900 m, le glacis et les pédiments, le couloir de vallée Maiter, le couloir dépressionnaire de Bou-Saada, le Champ de Bou-Saada.

4.1.2. Morphométrie - effet et cause de la vulnérabilité

La densité de la fragmentation est un paramètre important pour l'indication de la potentialité des

roches à la météorisation/désagrégation, et aussi des relations d'interdépendance avec d'autres paramètres morphométriques. La densité est calculée par la méthode des cartogrammes, par rapport à la longueur du réseau de drainage à la surface (L/A). Il y a un rapport direct entre les valeurs de la densité de la fragmentation du relief et de l'exposition à la désagrégation des roches dans des conditions de l'absence totale de la végétation. Dans le cas des versants qui délimitent le couloir dépressionnaire de Bou Saâda, la fragmentation de ceux-ci est le résultat des organismes d'ordre 1,2 (dans le système Horton-Strahler), favorisés par la structure, les contacts pétrographiques (fig. 11)

L'analyse en détail est effectuée dans la zone d'expansion urbaine (a) et, aussi, dans le centre-ville et les versants limitrophes de celle-ci (b).

a. L'analyse de la carte de la densité de la fragmentation du relief (fig. 11), l'histogramme (fig. 12a) et le cyclogramme (fig. 12b) de cette carte, on constate que la valeur maximale de la fragmentation du relief est enregistrée dans les zones du Nord-Ouest et le Nord de la partie du centre. Dans la zone du *Djebel Gorehor* atteint les valeurs supérieures à 10 km/km², en occupant une surface de 5 km², d'environ 5,60% du territoire analysé. Les valeurs comprises entre 8,1-10 km/km² se remarquent aussi dans le périmètre du Djebel Gorehor, mais, isolés, dans la partie centrale et du sud du territoire analysé sur une surface de 10 km², environ 11,1% de la surface du territoire analysé. Les grandes valeurs de cet indicateur, comprises entre 6,1 et 8 km/km², sont enregistrées dans la partie centrale et du sud du territoire analysé, dans la région de *Djebel Moubakhera*, *Djebel Aouïdja* et *Djebel Kerdada*, en occupant une surface de 16 km², d'environ 17,7% du territoire étudié.

Dans ces zones la profondeur de la fragmentation a des valeurs relativement réduites, les pentes étant accentuées (fig. 11c), en favorisant l'évacuation des matériaux des versants.

Les valeurs moyennes, comprises entre 4,1-6 km/km², étendues sur une surface de 28 km², détiennent la plus grande partie de la surface du territoire, environ 31,1 % de la région étudiée. Les valeurs moins réduites comprises entre 2,1-4 km/km², se remarquent le long de la rivière, dans la zone du sud-est, mais aussi, isolées, dans la partie centrale sud du territoire analysé sur une surface de 19 km², environ 21,1% de la surface du territoire analysé.

La plus réduite valeur de la densité de la fragmentation du relief, inférieur à 2 km/km², occupe une surface de 12 km², ce qui représente environ 13,30% du totale de la surface d'étude et se

trouve en général dans la zone des *dunes* étendues dans le Nord-Est et l'Est de la région.

Sur toute la région, les valeurs de la densité de la fragmentation du relief varient entre 0 et 12,70 km/km^2 , la moyenne pour l'entière région étant 6,35 km/km^2 , valeurs relativement élevées.

Fig. 11. Des cartes morphométriques

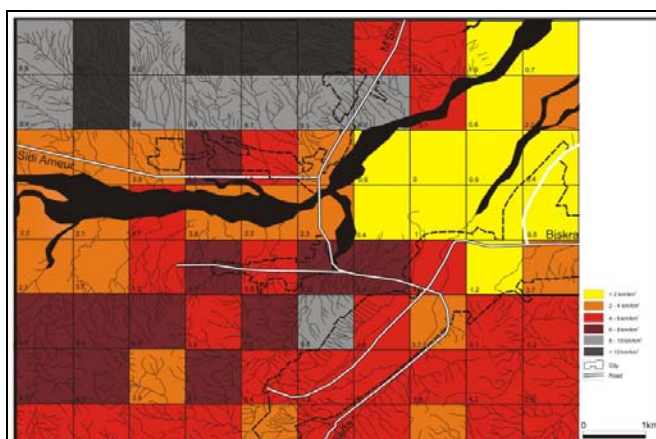


Fig. 11a. La densité de la fragmentation

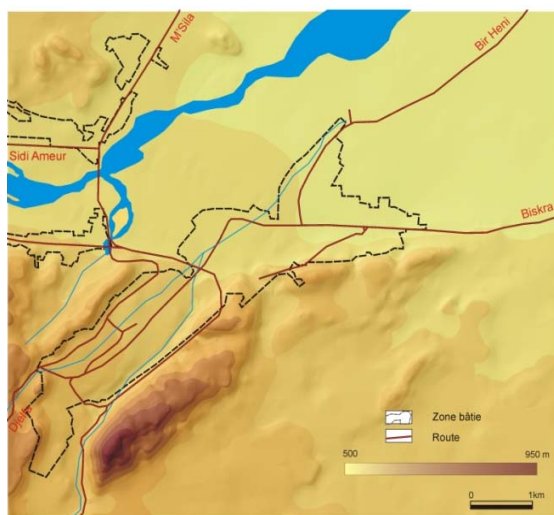


Fig. 11b La carte hypsométrique

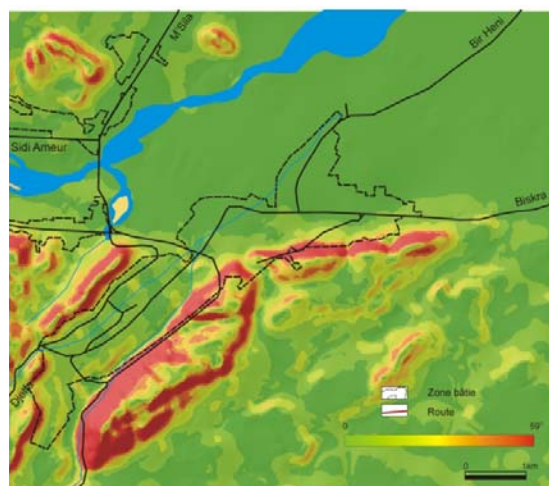


Fig. 11c La carte des pentes

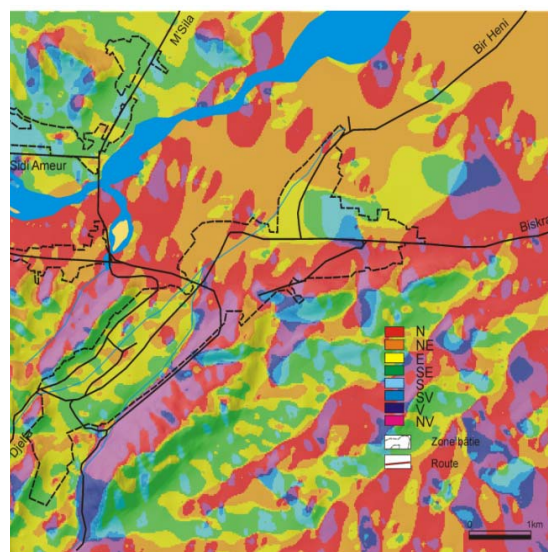


Fig. 11d. Exposition des versants

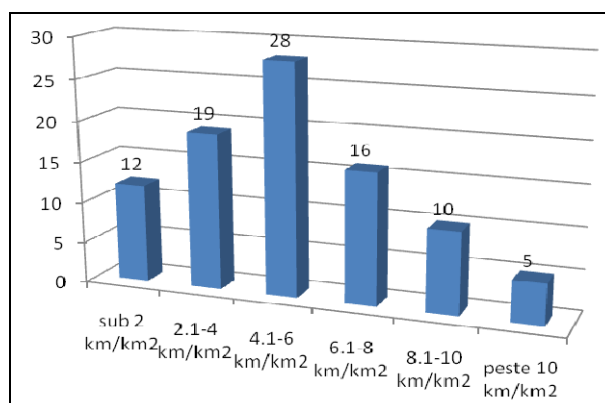


Fig. 12a. Valeurs absolues sur classes des valeurs de la densité de la fragmentation du relief dans la zone d'expansion de la ville

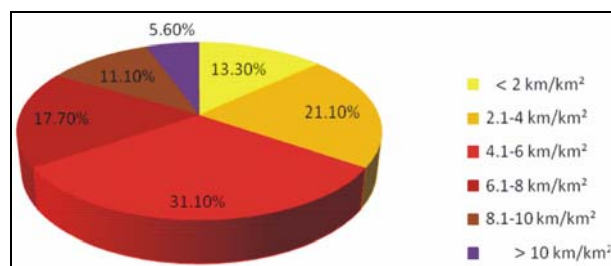


Fig. 12b. Le poids de différentes classes de valeurs de la densité de fragmentation du relief dans la zone d'expansion de la ville

b. En analysant la densité de la fragmentation du relief dans le périmètre de la localité de *Bou Saâda* et tout près de celle-ci, on observe que les valeurs les plus élevées comprises entre 8,1-10 km/km^2 sont enregistrées dans le Sud-Ouest de la surface construite, et en occupe une surface de 1 km^2 , d'environ 4% de la surface de la localité. Les valeurs élevées de la densité de la fragmentation, comprises entre 6,1 et 8 km/km^2 , sont enregistrées dans la partie centrale et en occupe une surface de 3 km^2 , d'environ 12% du territoire pris en étude.

La plus grande partie du territoire, d'environ 48 % de la région étudiée, est détenue par les surfaces dont la densité de la fragmentation est comprises entre 4,1-6 km/km², celles-ci en occupent une surface de 12 km². Les valeurs comprises entre 2,1-4 km/km², se remarquent le long de la vallée de la rivière, dans la partie du Sud et, isolé, dans la partie centrale du territoire étudié, sur une surface de 5km², d'environ 20 % de la région étudiée. Les valeurs les plus basses de la densité de la fragmentation du relief, inférieures à 2km/km², en occupent une surface de 4 km², ce qui représentent environ 16% du total de la surface prise en étude et se trouve en général dans la zone des *dunes* étendues dans le Nord-Est de la région. Les valeurs de la densité de la fragmentation du relief varient entre 0,4 et 9,60 km/km², la moyenne pour l'entière région étant de 5 km/km².

La corrélation entre les valeurs de la densité et de la profondeur de la fragmentation du relief est une corrélation inverse, à l'exception des rivières, les organismes torrentielles sur les versants avec une grande densité, qui ne présentent pas des profondeurs considérable. Leur tendance vers la profondeur est évidente, en particulier vers la base du versant.

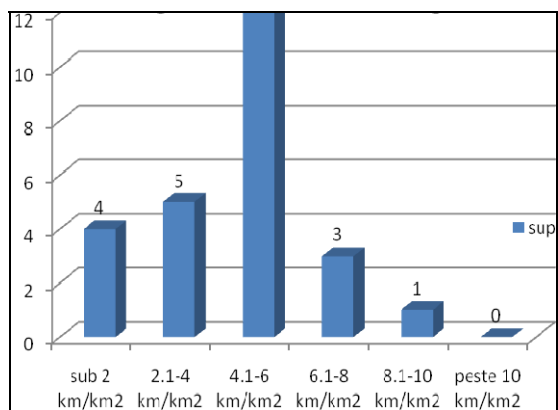


Fig.13a Valeurs absolues sur classes des valeurs de la densité de la fragmentation du relief dans le périmètre de la localité de *Bou Saâda* et tout près de celle-ci

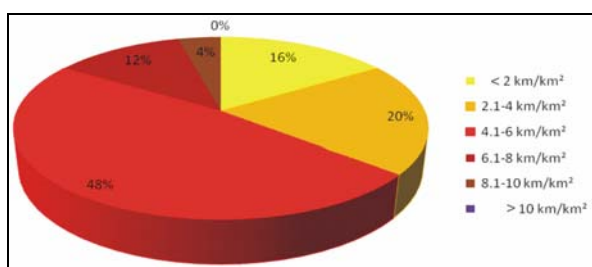


Fig.13b Le poids de différentes classes de valeurs de la densité de fragmentation du relief dans le périmètre de la localité de *Bou Saâda* et tout près de celle-ci

En faisant la comparaison des deux régions, on constate:

- les valeurs de 4.1- 6 km/km² ont le plus grand poids (48%) dans le centre-ville, comparativement à 31% dans l'extérieur ;
- les valeurs réduites inférieures à 4.1km/km² sont légèrement élevées (36%) dans le centre-ville que dans l'extérieur de celui-ci (34%) ;
- les valeurs les plus élevées, supérieures à 6 km/km², ont un poids diminué (16%) dans le centre-ville, comparativement à l'extérieur de la ville (36%) ;
- il en résulte que le premier noyau de la ville a eu une position favorable du point de vue de la dynamique du relief; pour l'expansion du territoire de la ville, la morphométrie peut avoir un caractère restrictif.

4.2. Aléas géomorphologiques

La ville est exposée aux trois principaux aléas :

- Le risque d'ensablement est particulièrement sensible pour les extensions du côté ouest; les effets ne se feront pas sentir forcément en terme de recouvrement direct par des matières solides ; mais la proximité de zones importante d'accumulation de sable et l'existence de vent violent auront un effet certain sur la qualité de vie des ménages.
- Les flancs de montagne ne sont pas aménagés ce qui induit des risques d'éboulement sur le bâti et la route, non protégés comme on peut le constater (fig. 14);
- Les risques d'écoulement d'eau, les régimes pluviométriques étant ceux du climat semi aride: pluies irrégulières mais torrentielles
- Aléa d'inondation a cause des pluies torrentielles.



Fig.14. Aléa de chute de blocs, de pierres.

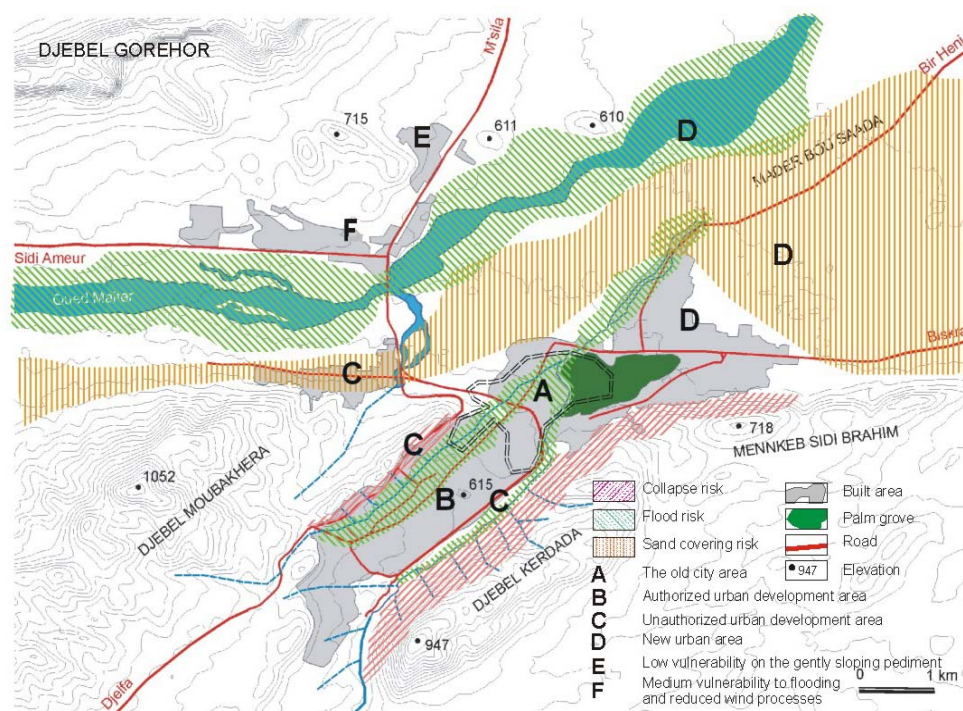


Fig. 15. La carte des vulnérabilités aux aléas géomorphologiques

4.3. La carte de vulnérabilité aux aléas géomorphologiques (fig. 15)

La vulnérabilité est la conséquence de l'impact de l'aléa sur les enjeux.

Nous décrivons ci-après les principales zones et qualité de vulnérabilité :

- A. Vulnérabilité importante des accumulations de sable (en dunes) dans le couloir de l'oued Maïter situé entre Gorehore (N) et Moubakhera (S)
 - zone illicite de constructions non autorisées à la base du versant du Mont Moubakhera
- B. Vulnérabilité importante d'écroulement et chute de blocs de pierres au contact de la dépression avec les versants montagneux (le Mont Moubakhera et le Mont Kerdada)
 - zone illicite de constructions non autorisées
- C. Vulnérabilité importante aux inondations le long des torrents qui drainent la dépression
 - écoulement sur le versant
 - risque à l'érosion hydrique à la surface déterminée par les caractéristiques géomorphologiques (des pentes grandes, défrichement, grande fragmentation)

Vulnérabilité moyenne aux inondations et accumulations éoliennes de sable (dunes) dans le lit de l'oued Maïter.

- D. Vulnérabilité faible sur le pédiment faiblement incliné à l'est des Monts Gorehore sur la route Bou Saada – M'sila.
- E. Vulnérabilité moyenne aux inondations et réduite aux processus éoliens sur le sable au Nord-ouest de la localité de Bou Saada, dans la zone d'expansion autorisée (zone résidentielle et industrielle).

5. Conclusions

Les types d'aléas naturels présents dans l'espace urbain de Boussaada, résultent du contexte géographique et climatique dans cette partie du globe (climat semi-aride). Les caractéristiques physiques locales, associées aux agents d'érosion favorisent l'exposition du tissu urbain aux aléas, qui peuvent être combinés.

Les principaux facteurs qui déterminent l'exposition des enjeux aux aléas géomorphologiques (géologiques, géomorphologiques, climatiques, technologiques) (incohérent) mettent en évidence l'essor peu contrôlé du tissu urbain contemporain. Cela se matérialise par un développement classique déjà constaté; un centre urbain dense ancien, éloigné des zones les plus exposées et des extensions urbaines concentriques dans le secteur où les aléas sont les plus forts.

Les facteurs restrictifs de l'extension spatiale de la cité sont les caractéristiques morphométriques et morphodynamiques du relief, autant que la direction, la fréquence et l'intensité du vent. Dans le cas de la ville Boussaâda, les autres éléments (flou) n'ont pas un rôle majeur dans sa dynamique spatiale, parce que ces derniers n'ont que peu d'impact dans le territoire.

Pour établir les classes qualitatives des enjeux face aux aléas géomorphologiques, comme pour élaborer la carte de la vulnérabilité qui en découle,

la recherche sur le terrain ainsi que la cartographie des aléas sont prioritaires.

Remerciements. Des recherches ont été effectuées dans le cadre de « Projet de recherche développement entre les universités de M'Sila, Bucarest et Paris Est/Paris12 » : « Carte des vulnérabilités en milieu oasien ; cas de l'oasis de Bou-Saada » 2008-2009.

BIBLIOGRAPHIE

- ABDELLAOUI A., VISAN L., PATRU-STUPARIU I. (2010) : *Etude de la viabilité du paysage par analyse de grille dans la région sous carpatique de la vallée de la prahova (Roumanie)* ; Revista de Géomorphologie ; vol. 12 – 2010 ; pp. 81-90
- BALLAIS J.-L., MARRE A., ROGNON P. (1979), *Periodes arides du Quaternaire récent et déplacement des sables éoliens dans les Zibans (Algérie)*, Rev de Geol. Dyn et Geogr. Phys., vol. 21, fasc. 2, pp. 97-108.
- BENAZZOUL M.T., (1994): *Etude des interactions relief migrations éoliennes de sable dans la région de M'doukal*, Algérie. Méditerranée, Revue Géographique des Pays Méditerranéens. Trimestriel Tome 80, 3.4 1994. pp. 51-58.
- DUBOIS-MAURY JOSELYNE, CHALINE CLAUDE (2002), *Les risques urbains*, A.Colin, Paris, 208 p.
- GRECU FLORINA (2009 a), *Hazarde și riscuri naturale*, ediția IV, Ed. Universitară, București, 302 p.
- GRECU FLORINA (2009 b), *Asupra notiunii de hazard natural urban*, Comunicari de Geografie, Edit. Universitatii din Bucuresti, pp. 7-11, 5 fig.
- HADJAB MAKHLOUFI, OUALI DEHMI (2007), *La salinisation des sols dans la cuvette centrale du Hodna (Algérie)*, Analele Universitatii Bucuresti, Geografie, anul LVI, pp. 35-46.
- HADJAB MAKHLOUFI (2012), *L'urbanisation d'une ville oasienne « Boussaâda ». Face aux risques d'inondations et d'ensablement*. Analele Universitatii Bucuresti, Geografie, anul LXI, in press.
- HORTON R.E. (1945), Erosional development of stream and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology, *Bull. Geol. Soc. Am.*, **56**.
- MOSTEPHAOUI T. a DIF A. b, (2009), *Methodology Of Cartography Of The Stranding By The Use Of The Télédétection "Case Of The Area Of Boussaâda- Algeria"* Tunis
- PIGEON PATRIK (sous la direction) (2002), *Approches géographiques des risques „naturels”*, Annales de Géographie, N°627- 628, A.Colin ; *Réflexion sur les notions et les méthodes en géographie des risques dits naturels*, pp. 452-470.
- *** (1963), Carte géologique de L'Afrique, 1 : 5 000 000, Association de Services Géologiques Africains, Paris
- *** (1994), *Croissance urbaine et risques naturels dans les montagnes des pays en développement*, Revue de Géographie Alpine, N°4, Tome LXXXII, 192 p.
- *** Carte tectonique de L'Europe, 1:2 500 000, Feuille 14, Congrès Géologique International Commission de la Carte Géologique du Monde, Sous - Commission de la Carte Tectonique du Monde
- *** Carte topographique, Feuille Bou Saâda, 1 : 50 000, Projection Lambert, Nord Algérie
- *** UNCCD., *Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification dans les pays gravement touchés par la sécheresse et ou la désertification, en Afrique*, texte avec les annexes, pp. 5-78.

¹ University of Bucarest, Romania,

² University Paris12, France,

³ University of M'Sila, Algeria,

⁴ University of Liège, Belgium