AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search
http://ageconsearch.umn.edu
aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

الجمعية المغربية للاقتصاد الزراعي

AMAECO

The Moroccan Association of Agricultural Economics (AMAECO)

in partnership with

International Association of Agricultural Economics (IAAE) **&** **United Nations University-World Institute for Development Economics Research (UNU WIDER)**

Climatic constraints play a predominant role in the performance of national agricultures and their capacity to support economic growth and assure food security for the population. With the climate changes and projected inter and intra annual fluctuations, management of the agricultural sector takes a particular dimension including management of risks inherent in the sector and searching for sustainable growth for the sector. Agricultural policies must permit a continual adaption of the processes of agricultural production and a reduction of negative effects of climate change in order to assure food security for the population.

In the face of climate change, the adaptation strategies can generate important development opportunities. Also, governments have need for pertinent evaluations of the impacts of climate change.

Considering the importance of this problem; to permit an exchange of ideas among professional staff, researchers, and specialists in the domain of development; to contribute to a richer understanding of methods and analytical tools ; and to contribute to better preparation of decision making in this domain – the Moroccan Association of Agricultural Economics (AMAEco) in collaboration with the International Association of Agricultural Economics (IAAE) and the World Institute For Development Economics Research of the United Nations University (UNU-WIDER) are organizing an international conference 6-7 December in Rabat, Morocco under the theme:

« Impacts of climate change on agriculture »

Rabat, Morocco December 6-7, 2011

The principal themes proposed are the following::

1. Analysis of the impacts of climate change on agriculture: simulations and projections
2. **Climate change and sustainability of agricultural production systems**
3. **Adaption strategies for agriculture in the face of climate change: systems of production, risks in agriculture, and policies for food security**
4. **Water management in the context of climate change**

http://www.wider.unu.edu/events/past-conferences/2011-conferences-/en_GB/06-12-2011/

Vulnérabilité et Adaptation aux évènements climatiques extrêmes Cas de la commune rurale de Boudinar

Bouchaib SALLAK[1], Abdellatif KHATTABI[2] et Bakhayi BELGHAZI[3].

[1]*Haut Commissariat aux Eaux et Forêt et à la Lutte Contre La Désertification, n°1 Bd Moulay Hafid BP16 Meknès, sallak.bouchaib@gmail.com*

[2 et 3]*Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs,ENFI Bp 511 Tabriquet Salé ab_khattabi@yahoo.com*

Problématiques

Les changements climatiques constituent l'un des plus graves problèmes environnementaux auxquels le monde est confronté durant les trois dernières décennies. Selon certaines prévisions, le réchauffement climatique déclencherait plusieurs problèmes climatiques qui pourraient avoir des répercussions considérables sur l'environnement, la santé et l'économie (Schwartz et Randall, 2003).
Les effets du changement climatique, non encore évalués avec une grande précision, notamment pour les pays du Maghreb, pourraient nécessiter d'adopter des pratiques alternatives à des techniques traditionnelles d'adaptation, qui peuvent être dépassées en cas d'évolution forte du climat (variétés résistantes à la sécheresse et à cycle court, agriculture de conservation, irrigation de complément) (PNUD, 2001).

Les études récentes sur la vulnérabilité aux changements climatiques dans la région méditerranéenne indiquent une tendance à un accroissement de l'aridité qui accélère les processus de dégradation des terres et de désertification (Shaban et Khawlie, 1998). D'autant plus, la croissance du couvert végétal dans la région montagneuse du Rif oriental marocain est déjà limitée par l'action conjointe des températures élevées et du déficit hydrique. Cette situation engendre des écosystèmes vulnérables aux processus de dégradation des sols, de glissement de terrain et de désertification (MAEF, 2001).

L'une des conséquences de ces processus de dégradation sur les terres agricoles et forestières est la détérioration de la structure et la modification de la texture du sol. Cette dégradation pourra se traduire par une diminution de la capacité de rétention de l'eau du sol en le rendant sensible aux évènements climatiques extrêmes tels la sécheresse, les orages dont la fréquence élevée est devenue un trait caractéristique du climat marocain (Ben-Souda, 1997).

Le littoral méditerranéen oriental (LMO), dont fait partie la zone d'étude, compte parmi les premières zones du Maroc les plus touchées par les aléas d'érosion hydrique et d'inondation. Le dernier évènement pluvieux survenu au mois d'octobre 2008 a causé de nombreux dégâts matériels et humains par la charge solide, emportée par les oueds traversant la province de Nador. Cet évènement dévastateur a contribué à la prise de conscience publique des risques que présentent les évènements climatiques extrêmes.

Il faut donc apporter d'urgence des corrections aux aires où la dégradation des sols et les risques d'érosion et d'inondation sont les plus intenses. Cependant, il est difficile d'identifier les aires à risque et de prévoir des scénarios d'intervention quand l'information sur le territoire fait défaut. L'identification et l'analyse des processus de dégradation des milieux (végétation et sol) est donc une nécessité sinon une priorité dans la zone.

Les techniques géomatiques et les Systèmes d'Information Géographique (SIG) sont de plus en plus utilisées pour l'étude des phénomènes de surface. Ils constituent des outils essentiels dans les systèmes interactifs d'aide à la décision et opérationnels pour des opérations de gestion du risque (Bou Kheir et al., 2006). L'exécution des mesures efficaces de conservation de sol et de prévention de risque doit d'abord être précédée par une évaluation dans l'espace du risque d'érosion et d'inondation (Moussa et al., 2002 ; Souchère et al., 2005).

C'est dans cette optique que la présente étude, menée dans le cadre du projet ACCMA « Adaptation aux Changements Climatiques au Maroc » s'inscrit. Son objet porte spécifiquement sur l'identification,

l'évaluation et la cartographie des risques de dégradation du milieu naturel et socio-économique suite aux effets des aléas climatiques et aux inondations survenues dans le territoire communal de Boudinar.

Méthodes et Matériels

L'étude de sensibilité à l'érosion et aux inondations dans la commune rurale de Boudinar constitue la base essentielle de l'évaluation de la sensibilité du milieu naturel aux évènements climatiques extrêmes, ainsi que la base de toute tentative d'adaptation planifiée aux effets des CC.

La première étape de ce travail a été consacrée à la composante « cartographie » de l'érosion grâce à la méthode de cartographie de l'érosion hydrique PAP/CAR, basée sur les facteurs naturels (pente, couvert végétal, lithofaciès…), la photo-interprétation et sur l'observation sur le terrain des processus érosifs (PAP/CAR, 1998). Le choix de ce modèle de cartographie, adapté principalement au contexte méditerranéen, se justifie par sa simplicité et sa facilité d'application.

Cette démarche fondamentale comprend deux phases clairement définies dans le guide PAP-CAR :

- **la phase prédictive** du risque d'érosion qui consiste à identifier, évaluer et intégrer, selon le modèle ci après tous les paramètres fondamentaux, tels que la physiographie (pentes), la lithologie et/ou les sols, le couvert végétal, dans le but de déterminer des hypothèses préliminaires concernant le risque d'érosion;

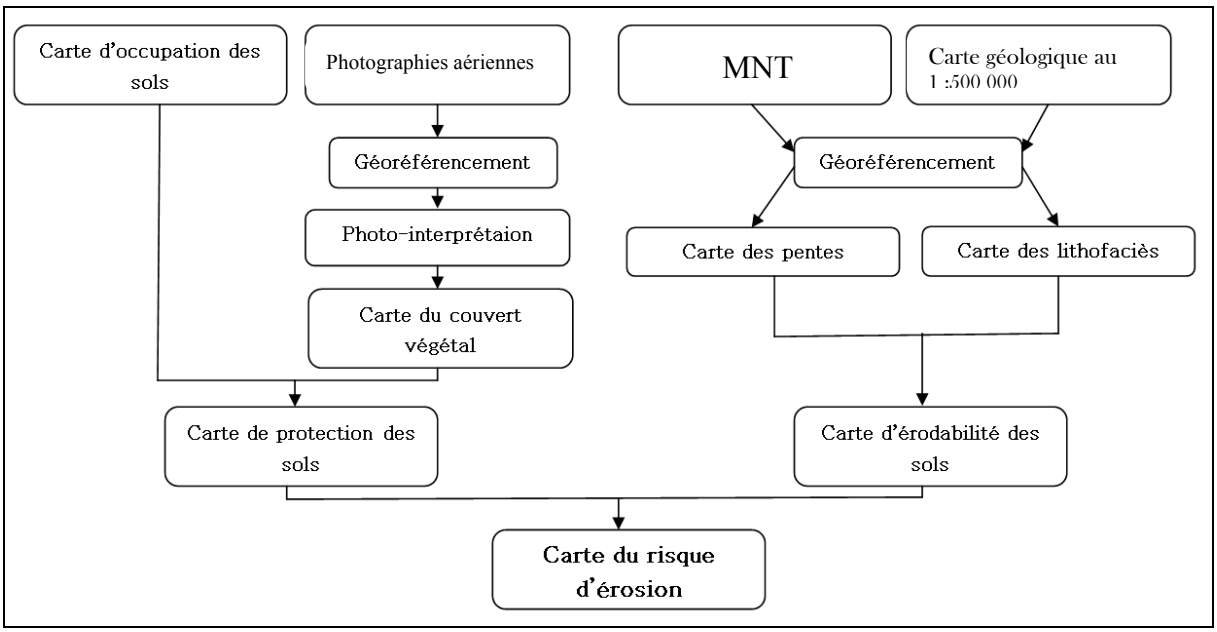


Figure : Principales séquences opérationnelles de cartographie du risque d'érosion

- **la phase descriptive** des processus érosifs qui consiste à identifier et évaluer les processus actuels d'érosion sur le site, ainsi que les différents degrés du risque d'érosion et les tendances évolutives (photo-interprétation et vérification sur le terrain);

Le résultat de cette étape est traduit par un ensemble de cartes dont deux constituent la synthèse, la carte de sensibilité à l'érosion qui exprime le risque potentiel et la carte descriptive des processus érosifs qui exprime l'érosion réelle.

La deuxième étape porte sur l'analyse du risque d'inondation par débordement de l'oued Amekrane et ses affluents par simulation sous le logiciel HECRAS en utilisant des débits de crue décennale et centennale, calculés à partir des données pluviométriques locales et de la méthode de Crupédix (Crue de période de retour de dix ans) (Cemagref, 2007).
La construction du modèle de simulation nécessite l'entrée de deux types d'informations : des données géométriques et des données de conditions (Mandras, 2006).

- **Les données géométriques** sont représentées, en utilisant un SIG et le MNT de la zone, par des profils en travers (numérotés par ordre croissant de l'aval vers l'amont), la distance entre chaque profil, le coefficient de Manning (rugosité de surface) du lit mineur (n2=0,035) et des lits majeurs droit et gauche (n1= n3= 0,069). A cela, il faut rajouter les ouvrages spécifiques : pont, buse, déversoirs latéraux. Ensuite, ces données géométriques sont exportées vers le logiciel HEC-RAS pour continuer la modélisation hydraulique de l'oued Amekrane.

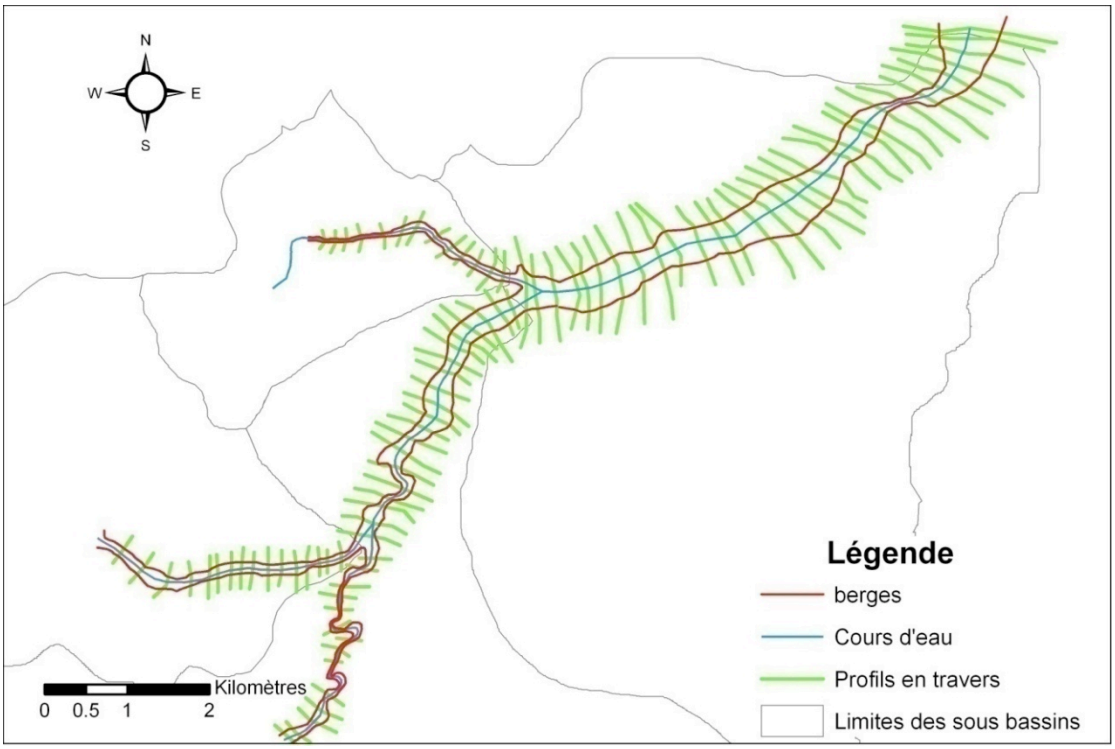


Figure Représentation de l'Oued Amekrane, ses affluents, ses berges et les profils correspondants.

- Les conditions initiales sont de deux types : les débits entrants dans chaque cours d'eau modélisé et les conditions aux limites. Selon le type d'écoulement (fluvial ou torrentiel), ces conditions ne sont pas les mêmes :

La simulation a permis d'élaborer une carte de l'aléa d'inondation qui met en évidence les zones sur lesquelles des inondations sont susceptibles de se produire, de façon plus ou moins étendue et fréquente, à cause des débordements des cours d'eau de la commune rurale de Boudinar.

Ensuite, cette carte a été confrontée à la carte d'occupations du sol pour évaluer le degrés de risque que cours l'infrastructures et les activités humaines suite aux orages et crues éventuelles.

Dans la dernière étape de ce travail, nous avons identifié les différents problèmes, potentialités et contraintes socio-économiques en vue de formuler les mesures d'adaptation optimales aux effets néfastes des évènements climatiques extrêmes, par une mise en évidence de l'interaction des facteurs biophysiques et humains dans une optique simultanée de prévention contre le risque et de développement local durable.

Des mesures d'adaptation aux effets des CC et des évènements climatiques extrêmes ont été proposées et sont constituées de mesures antiérosives et de mesures de développement durable.

Résultats de Discussions

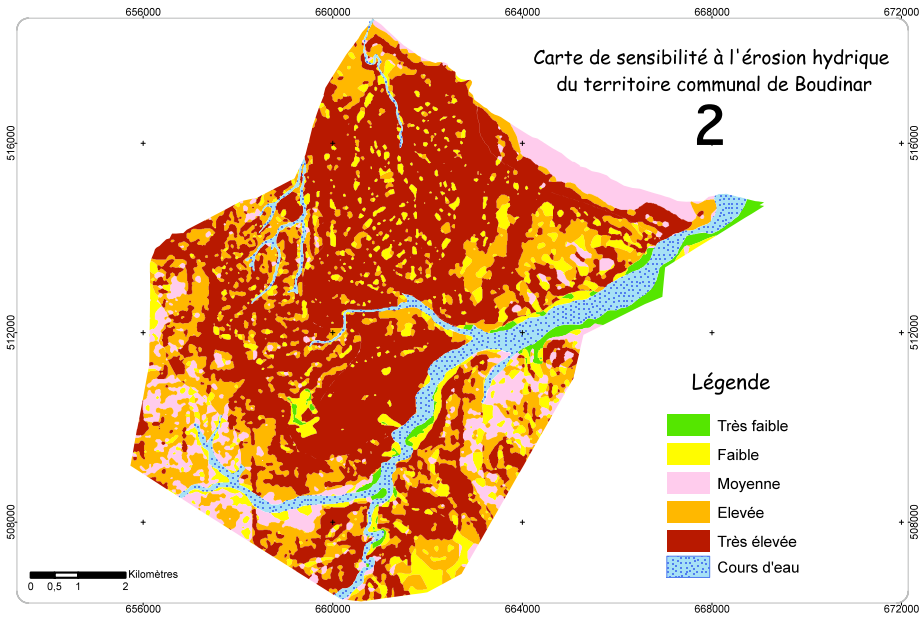
Vulnérabilité du milieu naturel à l'agressivité climatique

La carte de sensibilité à l'érosion, obtenue par application de la phase prédictive de la méthode PAP/CAR fait ressortir cinq classes de risque d'érosion hydrique. L'extension de la classe de risque

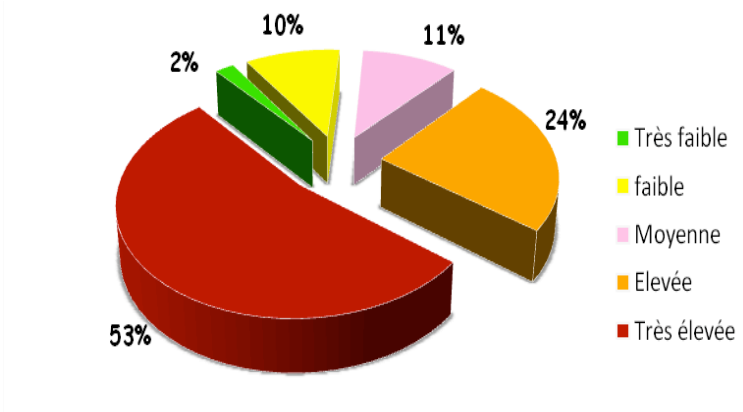
élevé à très élevé traduit l'état très avancé de l'érosion résultant de la prédominance à la fois des formations meubles, marneuses et limono-argileuses, des pentes fortes et des pratiques culturales inadaptées. La combinaison de tous les facteurs accélèrent ou ralentissent les formes de dégradation, ce qui permet de définir des classes potentielles d'érosion.

Les zones les plus menacées appartiennent aux classes à risque élevé et très élevé, soit 77,5% de la superficie totale du site. Elles occupent les terres qui possèdent soit un couvert végétal herbacé ou dégradé, soit sont labourées sur des terres en pente forte et à formation superficielle meuble marneuse et limono-argileuse. Ces zones menacées, malheureusement prédominantes, pourraient déboucher sur une situation complètement irréversible comme c'est le cas des « badlands » très représentés dans cette commune.

Certaines unités correspondant à un indice de risque moyen à très faible, affleurent aux milieux des unités menacées. Elles correspondent aux affleurements de pente modérée à faible et sont occupées par un couvert végétal favorable.



Carte de sensibilité à l'érosion hydrique du territoire Communal de Boudinar

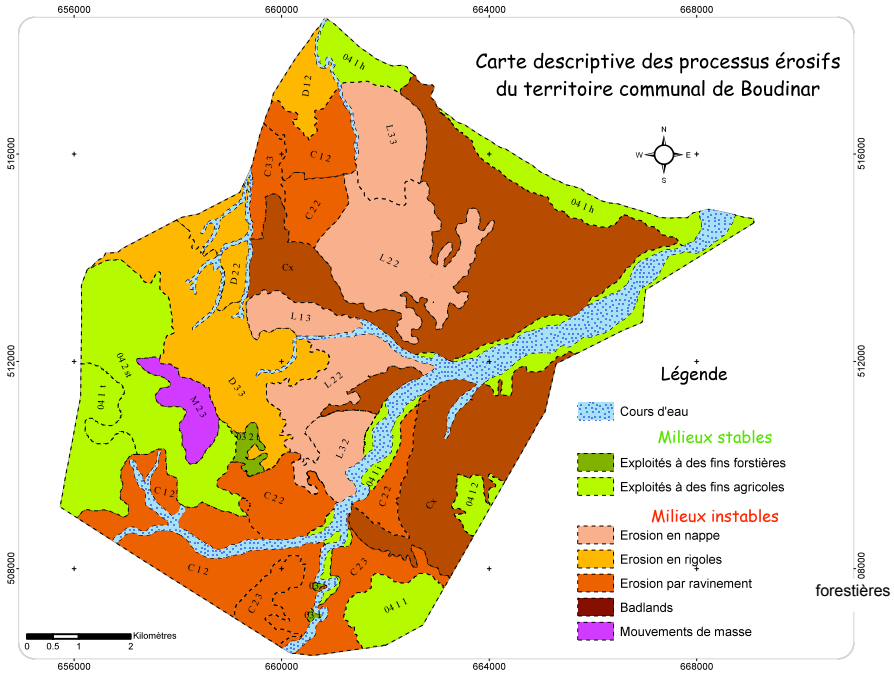


Classes de risques d'érosion des sols de la CR de Boudinar

L'érosion réelle est celle qui est observable sur le terrain à travers ses manifestations. Selon la méthodologie utilisée, cinq formes d'érosion ont été distinguées pour les milieux instables ; il s'agit de l'érosion en nappe (L), l'érosion en rigoles (D), l'érosion par ravinement (C), Mouvement en masse (M)

et des Badlands (Cx & Lx). Quant aux milieux stables, deux types de mieux ont été identifiés, il s'agit de milieux stables exploités soit à des fins agricoles soit à des fins forestières.

Un autre type d'érosion a été identifié, il s'agit du sapement de berges des cours d'eau. Cette forme d'érosion, qui est due à la dissipation de l'énergie de l'eau dans les lits des cours d'eau, est capable de manière accidentelle, lors des crues et inondations, d'emporter une partie des berges et d'élargir davantage le lit de l'oued Amekrane et ses affluents en provoquant d'énormes dégâts matériels.



Carte descriptive des processus érosifs du territoire communal de Boudinar

A cause de la faible variation de l'agressivité climatique à travers le territoire de la commune, le phénomène de la variation spatiale des processus érosifs s'explique surtout par la combinaison des facteurs de la topographie (pente), la nature des substrats et le degré du couvert végétal.

Sur les sols nus, les phénomènes érosifs sont très fortement corrélés avec les pentes du terrain sur un même substrat. Sur les sols protégés par des couvertures végétales relativement denses, les processus érosifs sont quasiment absents et les sols sont stables. Les zones couvertes par une culture annuelle, par un maquis ou par un parcours dégradé à faible degré du couvert, sur les substrats friables comme les marnes ou les sols limono-argileux sont classées comme zone instable.

Quelque formes de dégradation des sols (ravinement avancé, érosion en nappe et badlands)

D'après les résultats de la carte des processus érosifs, les zones stables n'occupent qu'une superficie réduite de 1714,4 ha soit 20,3% de la superficie totale de la commune, alors que les milieux instables s'étendent sur une superficie d'environ 6089,7 ha ; soit 79,7% de cette superficie.

Tableau de la Répartition des processus érosifs dans la CR de Boudinar

(Superficie des cours d'eaux non comprise)

Types de processus	Superficie en ha	%
Milieux stables		
Exploités à des fins	42,4	0,5
Exploités à des fins	1672,0	19,8
Total	**1714,4**	**20,3**
Milieux instables		
Erosion en nappe	1379,0	16,4
Erosion en rigoles	934,1	11,1
Erosion par ravinement	1603,4	19,0
Mouvements en masse	132,3	1,6
Badlands	2040,9	24,2
Total	**6089,7**	**79,7**

Les résultats de la phase descriptive montrent également que les pentes commandent en grande partie le fonctionnement de l'érosion dans ce site. Aussi, l'existence de matériaux meubles à pente raide entraîne l'incision de ravins par les eaux de ruissellement. La forme de l'érosion la plus répandue est l'érosion ravinaire suivie par l'érosion en nappe et ensuite l'érosion en rigoles. Les marnes grises sur les formes d'érosion évoluent vers un stade avancé de dégradation des sols pour former des immenses « badlands» qui occupent 24% de la superficie totale du site.

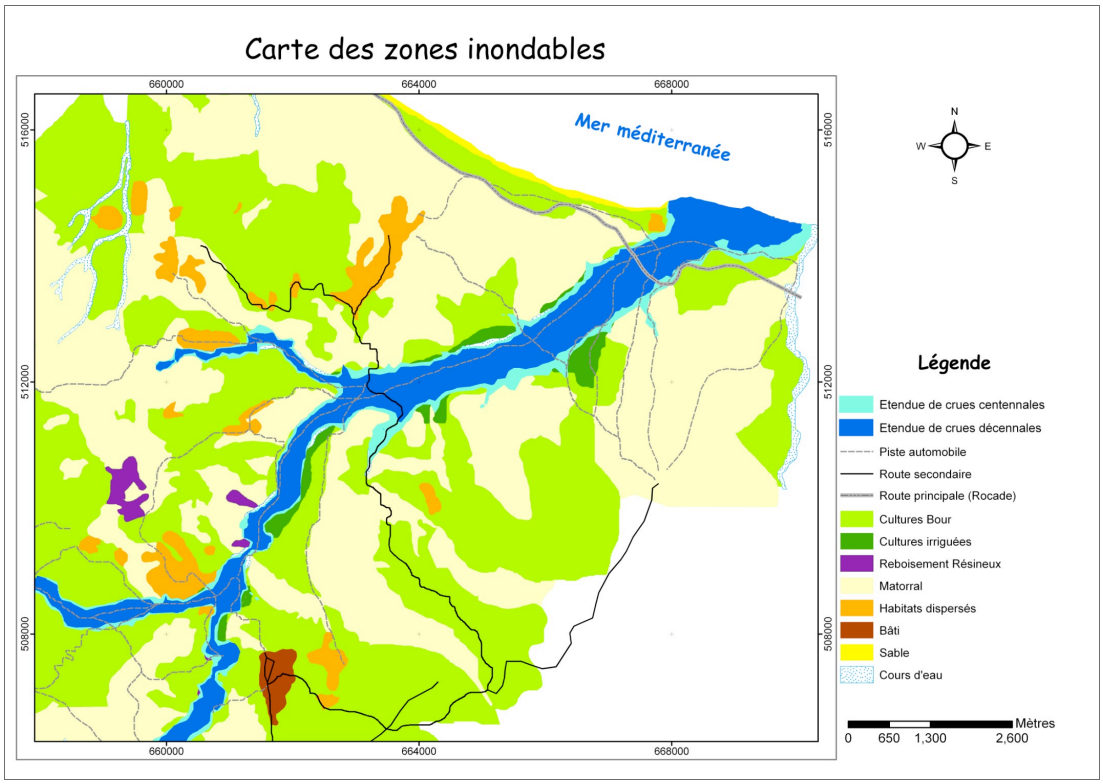
L'éboulement en masse existe également sous forme de glissements de terrains localisés au niveau de la partie ouest de la montagne de Dhar Oubarrene.

Vulnérabilité aux crues et inondations

Dans la région semi-montagneuse de Boudinar, les crues et inondations constituent une des manifestations les plus dramatiques de la variabilité hydroclimatique. En effet, la tendance à l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des évènements pluvieux extrêmes constatée (DMN, 2007) ont entraîné des catastrophes d'une gravité exceptionnelle dont, des pertes en vie humaines, des éboulements de terrains, des sapements de berges, des crues et des inondations dans de nombreuses zones situées le long de l'oued Amekrane et de ses affluents tels que les inondations et crues qui ont eu lieu les 26 et 27 octobre 2008.

La carte des zones inondables, résultante de la superposition de la carte d'occupation du sol et celle de l'aléa inondation, de l'aval du bassin versant de Boudinar a permis d'évaluer quantitativement la sensibilité aux inondations et crues décennale et centennale aussi bien des activités socioéconomiques que de l'infrastructure de la partie avale du bassin.

Photos de Oued Amekrane, Piste traversant le lit de l'oued et habitations situées sur ses berges



Carte des zones inondables de l'aval du Bassin Versant de Boudinar

En totalité, avec un débit maximum de crue d'une période de retour de 10 ans, la superficie de l'emprise inondable par débordement de l'oued Amekrane et ses affluents est d'environ 792 ha, alors que pour une période de retour centennale (100ans) cette superficie serait plus importante et atteindrait 1070 ha.

Vulnérabilité des terres de cultures

L'évaluation de la sensibilité de l'agriculture aux aléas inondations se base essentiellement sur l'étendue des terrains agricoles exposés audit aléa et sur le type de cultures pratiquées.

Dans la partie avale du bassin versant de Boudinar, les terres « Bour » couvrent une surface d'environ 7070 ha et les cultures irriguées, localisées étroitement le long de l'oued Amekrane, 426 ha.

Les crues décennales et centennales éventuelles, inonderaient les terres cultivées de la partie avale du bassin, surtout celles voisines du lit majeur irrigué du cours d'eau. Elles provoqueraient des dommages aux cultures céréalières, légumineuses et maraichères : 28,1 % de la superficie des terres irriguées du site, soit environ 120 ha, serait inondée par des débits maximum d'une période de retour de 10 ans. Pour ce même scénario, 1,9 % des terrains « Bour » seraient submergés (135,4 ha). En cas de crues d'une période de retour de 100 ans (crues centennales), les surfaces irriguées et « Bour » atteindront respectivement 170,7 et 246,3 ha soient des pourcentages, respectifs, de 40,1 et 3,5 % de la surface totale correspondante à chaque type de culture (Tableau 26).

Vulnérabilité du réseau routier

Avec les risques d'inondation prévus par débordement de cours d'eau, les infrastructures routères pourraient être endommagées. En outre, compte tenu de l'effet d'entraînement qu'exerce le transport sur les autres secteurs économiques (agriculture, commerce, éducation, tourisme…), ces derniers seront également touchés de façon indirecte par les effets des évènements hydroclimatiques extrêmes.

Le réseau routier de la zone, déjà souffrant d'un grand déficit d'accessibilité, ainsi que son efficacité de transport seront négativement touchées par les effets des crues et inondations. La prise en compte de ces effets dans les plans d'aménagement communaux futurs demeure donc une nécessité pour les décideurs.

La carte des zones inondables montre que, pour des scénarii de crues décennale et centennale, des longueurs respectives de 0,7 et 1,3 km de la rocade pourraient être menacées par la submersion temporaire, ce qui pourrait mettre en péril le trafic routier galopant de toute la région économique du Rif oriental.

Pour les routes secondaires, pistes carrossables et sentiers, qui constituent un nerf vital pour la mobilité et les activités socioéconomiques de la population riveraine, les longueurs des tronçons routiers à risque d'inondation seront respectivement de 1,3 et 11,1 Km pour les éventuelles crues décennales, et de 2,6 et 15,3 km pour les crues centennales (tableau 27).

Vulnérabilité de la population locale

L'impact sur la population constitue le résultat logique de toutes les conséquences étudiées précédemment. Dans le bassin de Boudinar, la population semble être la plus menacée compte tenu de la situation défavorisée et de l'enclavement très prononcé que connait la zone.

De ce fait, les risques d'inondations pourraient entraîner des effets néfastes sur le bien être des populations à travers :

- pertes en vies humaines, population blessée, sinistrée, concernée.
- pertes d'habitats, de revenu et de productivité ;
- pertes indirectes par la rupture des services et des échanges,
- perturbation sociale ;
- atteinte à la qualité de vie ;
- augmentation des coûts des soins sanitaires ;
- perte de capital foncier, infrastructures, biens,
- augmentation de la pauvreté vu les effets négatifs sur de nombreuses activités économiques telles que l'agriculture et l'élevage.
- effets négatifs sur les ressources en eau en quantité et en qualité

Tout ceci se traduira par des effets négatifs sur le bien être et la qualité de vie des communautés locales.

Enfin, il est essentiel de signaler que Le cours d'eau Amekrane et ses affluents sont naturellement susceptibles de déborder dans leurs lits majeurs mais les dégâts engendrés par ces crues sont dus à des facteurs aggravants :

- Construction en zones inondables mal contrôlées ;
- Dégradation et défrichements des forêts naturelles dont le rôle de régulateur des eaux est extrêmement important ;
- Développement de pratiques agricoles génératrices de ruissellements ;
- Absence de maîtrise des eaux pluviales aussi bien d'origine agricole que périurbaines;
- Absence d'ouvrages hydrauliques d'accumulation des eaux fluviales.

Contraintes et opportunités d'adaptation

L'analyse de la situation actuelle de la zone d'étude a permis de mettre en évidence qu'elle se prête à une exploitation rationnelle en matière de cultures pérennes, notamment les plantations fruitières. Mais, ceci ne peut se réaliser que moyennant le dépassement d'un certain nombre de difficultés ou contraintes de développement de la zone. En effet, on distingue deux principales contraintes, physiques et socio-économiques.

En raison de la dominance de la nature montagneuse et accidentée des terrains de culture, ces derniers se trouvent exposés à une forte érosion, ce qui diminue leur fertilité et affecte directement les rendements des différentes cultures exercées sur ces terrains.

De part leur position et leur nature, la plupart des terrains cultivés nécessitent des interventions pour les travaux d'aménagement en vue de réduire les effets de l'érosion forte qui caractérise la zone et augmenter la rétention en eau des sols. L'aménagement des terrains en terrasses s'avère nécessaire.

Pour le site de Boudinar, les contraintes liées à la production agricole peuvent être résumées comme suit:

i. La répartition de l'assiette foncière est non seulement inégalitaire, mais aussi le parcellaire est très morcelé.
ii. L'extension démesurée de la céréaliculture aux dépens des cultures arboricoles et fourragères, surtout sur les versants et en zones forestières, constitue une spéculation moins rentable et inadaptée au contexte agricole de la zone.
iii. Les pratiques culturales sont peu développées (Boubekraoui, 2008 et Ez-zaher, 2008). En effet:

- les semences locales sont encore utilisées pour la plupart des cultures;
- la fertilisation n'est pas encore généralisée;
- le manque des eaux d'irrigation ;
- les traitements phytosanitaires sont quasi-absents et appliqués d'une manière traditionnelle et anarchique ;
- les rendements des cultures sont faibles à cause des moyens et facteurs de production utilisés, de la nature accidentée des terrains et des techniques culturales de conduite des cultures.

A cela s'ajoutent des contraintes d'ordre social. Les efforts de diversification des sources de production agricole et non agricole sont limités. Ils se contentent des revenus procurés à moindre frais par la céréaliculture. L'exode de la population rurale et l'émigration intensive vers l'étranger font que la main d'œuvre est très sollicitée dans la zone. Concernant la mécanisation, les agriculteurs de la zone ne sont pas suffisamment bien équipés en tracteurs, semoirs et autres. La majorité a recours à la location. Il importe de signaler que le travail du sol continue à se faire à la traction animale sur les terrains accidentés. Enfin, l'indivision des terres et l'absence du foncier ne permettent pas l'accès au crédit et défavorisent tout investissement à moyen ou long terme.

D'un autre côté, la dégradation du milieu se trouve amplifiée par des pratiques culturales irrationnelles, par l'extension des superficies mises en culture sur des versants fortement en pente, le labour souvent suivant le sens de la pente, l'assolement inadapté laissant de grande surfaces labourées exposées aux fortes pluies d'automne et du début de l'hiver, et, enfin, par le surpâturage et l'utilisation et l'exploitation des ressources forestières.

De plus, certaines contraintes sont liées au manque d'encadrement des agriculteurs par les services sur place. D'ailleurs, le manque d'organisation responsable des populations usagères pour faciliter tous les projets de réhabilitation des terres de cultures et de parcours et freiner l'utilisation abusive aggrave la situation.

A la lumière des connaissances acquises sur la vulnérabilité aux évènements climatiques extrêmes du site étudié, il s'avère indispensable de proposer quelques mesures d'adaptation adéquates, afin d'atténuer les impacts physiques et socio-économiques prévisibles et faire face aux effets néfastes des changements climatiques.

Les mesures d'adaptation auront pour objectifs :

- la lutte contre l'érosion et la conservation des eaux et des sols dans le but de réduire la vulnérabilité du milieu naturel à l'aléa hydroclimatique ;

- l'atténuation de l'ampleur des crues et la lutte contre les effets des inondations à l'aval du bassin versant de boudinar, des agglomérations, des habitations, des équipements de base et des infrastructures socio-économiques ;

- la restauration des écosystèmes dégradés par les effets de l'érosion dans un souci de préservation de la biodiversité pour une gestion durable des espaces aménagés ;

- la création d'emplois et l'amélioration du niveau de vie des populations.

On distingue alors trois grands types de mesures d'adaptation qui sont en relation avec la problématique de l'érosion hydrique, des inondations et des crues,

Mesures d'aménagement hydraulique.

En principe, les interventions hydrauliques consistent en la construction de digues, des lacs collinaires, des seuils, la canalisation des eaux, l'édification des épis de détournement et des chenaux. Elles sont conçues pour atténuer les fortes crues. Toutefois, l'efficacité de ces ouvrages dépendra de la capacité globale des réservoirs comparés à celle de la plus forte crue. Dans le cas où la capacité d'emmagasinement n'arrive pas à dissiper le volume de la plus grande crue, le risque des inondations reste posé.

La vitesse de l'érosion dans l'aire d'étude est très rapide et par conséquent la vitesse de sédimentation des ouvrages hydrauliques sera très élevée. Après atterrissement des débris solides, la durée de vie des ouvrages et leur efficacité contre les grandes crues seront très limitées, d'où la nécessité de contrôle des eaux de ruissellement sur les versants par traitements biologiques et mécaniques qui visent la reconstitution du couvert végétal pour limiter de façon significative les impacts liés à l'érosion des sols. Il s'agit en fait de reconstituer les écosystèmes de base, bien adaptés aux conditions locales et susceptibles de répondre aux objectifs escomptés à savoir l'adaptation aux évènements climatiques extrêmes et la gestion durable des ressources naturelles conjuguée à l'usage actuel des populations.

Mesures de Conservation des Eaux et des sols

La dégradation du couvert végétal et des sols dans les deux sites ont perturbé fortement le profil des pentes et ont activé intensément l'érosion hydrique au moment de fortes pluies. En effet, l'agressivité climatique, la nature lithologique des terres et les fortes pentes sont des facteurs responsables de la dégradation des milieux.

Les interventions hydrologiques, basées généralement sur l'écologie de restauration des milieux naturels dégradés par le ruissellement des eaux comprennent les traitements biologiques et mécaniques au niveau des versants et du réseau hydrographique. Ce type de traitement reste le seul remède pour corriger les effets des ruissellements et de l'érosion.

Aussi, ces mesures hydrologiques constituent un moyen efficace pour décréter les crues de faible et moyenne importance, et à long terme, elles permettront une gestion rationnelle et durable des ressources naturelles et joueront un rôle substantiel sur le plan socio-économique par la création de l'emploi et l'amélioration du niveau de vie des populations. Techniquement, les deux types de mesures d'adaptation sont complémentaires et chacune d'eux n'exclue pas l'autre.

Mesures d'accompagnement et d'auto-développement.

Les actions d'auto-développement visent essentiellement à renforcer l'adhésion de la population aux mesures de conservation des eaux et des sols et à améliorer leurs conditions de vie. Ces actions consistent en :

- l'aménagement de points d'eau et l'adduction d'eau potable ;
- l'exécution et l'entretien des petits équipements collectifs locaux ;
- l'intensification de l'agriculture et l'élevage (modernisation) ;
- la promotion des activités féminines (petit élevage…) ;
- le développement de l'apiculture ;
- l'organisation de la population en coopératives ou groupements multiservices ;
- la distribution de plants forestiers, fruitiers et pastoraux ;
- la fourniture d'un appui technique aux villageois ;
- la promotion de l'utilisation d'autres sources d'énergie pour atténuer la pression sur les ressources naturelles.

Ces actions auront pour but de faire adhérer la population concernée aux différentes mesures d'adaptation afin de réduire la vulnérabilité sociale aux effets des évènements climatiques extrêmes.