

Axe 1:

Risques hydroclimatiques et géomorphologiques au NE marocain

Réflexions préliminaires sur les risques hydroclimatiques et géomorphologiques au Nord-Est Marocain

Abderrahmane EL HARRADJI

FLSH, Université Mohammed Premier, Oujda, Maroc

elharradji@yahoo.fr ; a.elharradji@ump.ac.ma

La géomorphologie est souvent confondue avec la géologie, d'où une ambiguïté de la perception des risques géomorphologiques : un géologue n'est pas forcément un géomorphologue pour se substituer à celui-ci dans l'étude des phénomènes en question. Perçue sur une échelle temporelle géologique, la géodynamique externe est souvent située tout simplement en amont de la production des matériaux qui alimentent les bassins sédimentaires, la géotechnique se limite souvent à la nature et à l'état des matériaux rocheux et à leur capacité à supporter tel ou tel ouvrage, alors que les menaces de la morphodynamique sont toutes autres.

Les phénomènes hydroclimatiques à risque ne sont ni nouveaux ni réellement amplifiés, alors qu'implicitement, on laisse souvent entendre qu'ils le sont par le biais du « changement climatique » en cours depuis l'avènement de la révolution industrielle, voire depuis seulement quelques décennies. Les occurrences des catastrophes qui y sont liées ne seraient en fait que des récurrences d'événements similaires connus durant la période historique et n'ont donc rien de nouveau. La mémoire des gens et de la nature enregistre des cas représentatifs et expressifs, avec une répétitivité aléatoire et irrégulière.

Les aléas hydroclimatiques sont donc structurels, faisant partie de la variabilité naturelle du climat qui se traduit par des sécheresses et par des crues comme phénomènes extrêmes, qu'ils soient habituels ou inhabituels. La « *lutte contre le changement climatique* » doit donc se calquer sur *la lutte contre les effets de la sécheresse*, au lieu de lutter contre celle-ci. Ainsi, il faut donc se focaliser sur l'adaptation, non pas aux changements climatiques, mais au climat lui-même que peu de ceux qui en parlent connaissent suffisamment la réalité des fluctuations.

Les aléas hydroclimatiques ne sont pas réellement climatiques, mais d'ordre météorologique, en tant qu'événements isolés dans le temps et dans l'espace. Leur dimension climatique ne s'exprime pas par leur occurrence en elle-même, mais par une fréquence significative qui en détermine un « état moyen » à travers lequel les types de climats sont caractérisés. Au niveau du risque, c'est l'occurrence et l'ampleur des phénomènes, surtout extrêmes, qui comptent beaucoup plus que la fréquence. Ainsi, ce sont les événements isolés dans le temps qui causent les problèmes, et non pas les situations courantes.

Les différentes dimensions potentielles des risques hydroclimatiques doivent être perçues à travers leurs systèmes complexes qui produisent des événements aléatoires difficilement prédictibles avec fiabilité. La multiplicité des scénarios en est une démonstration très expressive. Dans l'état actuel des connaissances, le Nord-Est Marocain n'affiche pas une tendance nette et homogène en ce qui concerne le climat, même si on note une légère hausse des températures et une tendance générale à une baisse sensible des précipitations. Il s'agit là, d'une résultante de tendances fluctuantes, générées par une évolution non linéaire. Effectivement, des tendances opposées se succèdent dans des cycles de quelques décennies, et

nul ne sait quand une tendance peut s'inverser. La cyclicité des tendances opposées est une composante de la variabilité naturelle, toutefois sans aucune régularité ou homogénéité.

Les risques géomorphologiques sont en grande partie encadrés par les facteurs climatiques et hydrologiques (l'érosion hydrique et éolienne, les mouvements de masse sur les versants, tels que les glissements et les éboulements, les coulées boueuses et les laves torrentielles) ; les aléas hydrologiques sont eux-mêmes partiellement générés par l'orographie (la torrentialité, les crues, les inondations). Les principaux sites urbains menacés par les inondations souffrent à cause de leur contexte orographique qui n'était pas consciemment pris en considération lors de la première implantation : Nador, Zaïo, Berkane, Oujda, Saïdia, voire Béni Drar Bouarfa, Aïn Béni Mathar et Figuig... Ces sites de piémont et/ou de plaine côtière déprimée, représentant le niveau de base constituent le réceptacle final des épandages ou de transit difficile des écoulements et de leur charge solide.

Certains risques géomorphologiques sont principalement générés par la gravité, mais l'empreinte du climat n'y est pas totalement absente. Ainsi, les mouvements de masse sur les versants sont généralement occasionnés soit par les secousses telluriques, notamment dans le Rif oriental, soit par les pluies diluviennes déterminées par des situations météorologiques particulières et non pas par les caractéristiques climatiques définies par des moyennes du « temps ». Il va de soi qu'il faut entendre par risques climatiques, ceux liés aux aléas qui s'expriment par des événements météorologiques extrêmes. De même, les sécheresses persistantes et fréquentes anéantissent la couverture végétale protectrice du sol pour favoriser l'érosion éolienne et hydrique. Au Nord-Est Marocain, la végétation est structurellement fragile par son appartenance surtout aux étages bioclimatiques arides.

Au Nord-Est Marocain, l'eau et le vent sont les agents morphodynamiques majeurs, dont l'action peut avoir des conséquences graves : la dégradation des terres, la perte de terres productrices (de végétation naturelle et cultivée, de services), l'envasement des barrages et la réduction de leur capacité de stockage d'eau, la déstabilisation des côtes, l'ensablement. Il s'agit là de problèmes liés à la dynamique de l'environnement, mais la grande problématique réside dans le fait que les processus morphodynamiques sont souvent réactivés, déclenchés ou accélérés par les actions anthropogènes. Il est donc crucial d'identifier et de repérer, non seulement les processus d'érosion en eux-mêmes, mais d'évaluer leur ampleur et d'interpréter leurs causes.

L'une des sources d'inefficacité de la protection contre les risques réside dans la prédominance des aspects techniques dans la gestion des territoires. L'absence de l'approche intégrée dans la gestion des risques entrave la réduction des conséquences dommageables sur la santé humaine, les biens, les équipements, les activités économiques et l'environnement. Nonobstant la multiplicité et la diversité des acteurs intervenants, plusieurs projets sont exempts d'audit pour en vérifier la pertinence et la faisabilité, avant leur réalisation. En outre, les traitements ponctuels des risques sont insuffisants, car il s'agit souvent de réparations plus ou moins urgentes, qui s'avèrent ensuite comme des fuites en avant. Beaucoup de réalisations souffrent de l'absence de l'interdisciplinarité et de la négligence ou la méconnaissance des

savoir-faire locaux, riches en expériences. Par ailleurs, les facteurs stationnels localisés sont souvent ignorés dans la prévention des risques et la correction des ouvrages

Les géosciences ne sont pas les seules disciplines concernées par les risques hydroclimatiques et géomorphologiques. Il faut promouvoir la place des sciences de la société (aménagement, urbanisme, gestion, législation...). Il est clair que l'étude de la vulnérabilité des sociétés humaines face aux risques ne relève pas des géosciences : il faut évaluer les différents comportements socio-économiques, voire culturels, dispenser une « éducation aux risques » aux sociétés humaines, aussi bien urbaines que rurales. L'augmentation du niveau de sécurité des ouvrages, des équipements, des biens et des personnes, passe d'abord par les diagnostics pertinents et bien ciblés.

Liste (non exhaustive) des risques hydroclimatiques et géomorphologiques, et leurs enjeux au Nord-Est marocain :

Les risques :

- Les inondations, les débordements, les submersions...
- Les sécheresses et le stress hydrique (les incendies de forêt en sont exclus, car ils n'en sont pas la conséquence directe) ;
- Les vagues de froid, les canicules ;
- Les crues : menaces sur les équipements et coupure de voies de communication non équipées (radiers, passages de traversée entre deux rives), laves torrentielles, et coulées boueuses ;
- L'érosion des sols (décapage, déflation), sapement et éboulement des berges, des ouvrages d'art, des littoraux (instabilité naturelle et déstabilisation d'origine anthropique), ensablement...
- Les mouvements des versants (glissements, reptations, éboulements, éboulisation, solifluxions)
- Les séismes (en rapport avec les systèmes hydrologiques et hydrogéologiques)

Les enjeux :

- Les populations humaines (et animales) ;
- les biens privés et publics (habitat, immeubles, établissements, monuments...) ;
- les ressources en eau (pénurie, contaminations, difficultés de stockage et de gestion...) ;
- infrastructures (ponts, chaussées, buses, radiers, équipements portuaires, aéroports, voiries urbaine et rurale, canalisations, câblages...) ;
- les espaces, ruraux (surexploitation des terres, usage abusif, concentrations humaines et animales excessives, déprise rurale et abandon des terres), urbains, industriels, récréatifs, touristiques...
- les activités industrielles, agricoles, commerciales, et de services ;

Colloque national sur les risques hydroclimatiques et géomorphologiques au NE Marocain: aléas, vulnérabilités et aménagements. Oujda le 26 décembre 2017.

- les réseaux de transport et de communications.

LES PREVISIONS ET LES ALERTES METEOROLOGIQUES AU MAROC

Jaouad BELHAJ Ingénieur Météorologiste - Adjoint Chef du Centre Provincial de la Météorologie
Oujda, Direction de la Météorologie Naionale (DMN) Maroc.
jaouadbel@gmail.com

RESUME: Les situations météorologiques sont souvent favorables au développement de notre pays. Mais elles peuvent être parfois néfastes et catastrophiques. Afin de minimiser les dégâts humains et matériels liés aux phénomènes météorologiques, il est primordial de développer et de maîtriser au mieux les prévisions météorologiques.

Les outils de prévision et d'alerte englobent les observations et les modèles numériques. La prévision ne peut pas se faire sans un réseau d'observation fiable, un système de traitement des données efficace et rapide, des modèles de prévisions numériques et des moyens humains qualifiés.

On distingue six types de prévisions: la prévision immédiate, la prévision à très courte échéance, la prévision à courte échéance, la prévision à moyenne échéance, la prévision à échéance prolongée et la prévision à longue échéance. La prévision immédiate et à très courte échéance se fait à l'aide des moyens de télédétection tels que les radars et les images satellites ou d'indices météorologiques calculés. L'élaboration de la prévision météorologique à courte et moyenne échéance nécessite l'interprétation de la télédétection et les sorties de modèles de simulation de l'atmosphère. La prévision à longue échéance se fait à l'aide des méthodes statistico-dynamiques. Les phénomènes dangereux suscitant l'envoi d'une alerte sont principalement les fortes précipitations, les vents forts, le temps froid et les canicules. Ces alertes sont élaborées et diffusées une fois que ces paramètres prévus dépassent des seuils d'alertes. Des cartes de vigilance sont élaborées quotidiennement par la DMN dans le but d'améliorer le système d'alerte.

Mots-clés: Observations météorologiques – modèles numériques – prévisions météorologiques – alertes météorologiques, Maroc.

FORCASTS AND WEATHER WARNING SYSTEMS IN MOROCCO

ABSTRACT: The meteorological situations are often favorable to the development of our country. But can be sometimes fatal and catastrophic. To minimize the human and material damages bound to the meteorological phenomena, it is essential to develop and to master at best weather forecasts.

The tools of forecast and alert are the observations and the digital models. The forecast cannot be made without a network of reliable observation, a system of effective and fast data processing, models of digital forecasts and the qualified human resources.

We distinguish six types of forecasts: immediate forecast, the forecast with very short term, the short-dated forecast, the forecast with average term and the long-dated forecast. Immediate and forecast with very short term is made by means of remote sensing such as radars and satellite pictures or by calculated meteorological indications. The elaboration of the weather forecast with short and average term requires the interpretation of the remote sensing and the models of the atmosphere. The long-dated forecast is made by means of the statistico-dynamic methods. The dangerous phenomena arousing the sending of an alert are mainly heavy rainfall, strong winds, cold weather and scorching heats. These alerts are developed and spread when these parameters exceed warning levels. Vigilance maps are daily developed by the DMN with the aim of improving the alert system.

Keywords: The weather observations - the digital models - weather forecasts - the meteorological alerts.

INTRODUCTION

Le temps a depuis toujours été au centre d'intérêt de l'homme. En effet, les situations météorologiques peuvent être bénéfiques comme elles peuvent être néfastes pour l'activité économique. On peut citer dans ce contexte, d'une part les situations favorables comme les pluies frontales et les orages faibles à modérés et éventuellement la neige (invasion polaire), et d'autre part les situations défavorables comme les inondations (ex : orages forts), la sécheresse (condition anticyclonique), les tempêtes (dépression assez creuse), situation de Chergui ou Sirocco (flux d'Est ou de Sud), les gelées (condition Anticyclonique en hiver).

C'est ainsi que la connaissance des informations météorologiques et particulièrement les prévisions météorologiques contribuera certainement d'une part à tirer le meilleur profit des conditions météorologiques et d'autre part à atténuer les effets des fléaux atmosphériques.

1. OUTILS DE PREVISION ET D'ALERTE

Ces outils sont les observations météorologiques et les modèles numériques. La Direction de la Météorologie Nationale (Maroc Météo) a pour mission de surveiller l'atmosphère et l'océan superficiel sur le Royaume (MDCE, 2015) . Elle est aussi responsable de la mise en œuvre d'un système d'observation météorologique national fiable, de sa gestion et de sa maintenance. L'observation est considérée par la DMN comme l'un de ses 3 métiers de base.

Il existe trois types d'observations (OMM N°544, 2015):

- **L'observation et la mesure en surface** : il s'agit de mesures en surface des paramètres météorologiques comme la température, l'humidité, la vitesse du vent, la direction du vent, les quantités de précipitations (figure 1)... et aussi d'observations de paramètres météorologiques en surface comme les nuages, la visibilité...
Pour se faire, la DMN dispose de plus d'une quarantaine de stations météorologiques synoptiques dotées de personnel qualifié. Elle dispose aussi de 156 stations météorologiques automatiques.



Figure 1. Pluviomètre Automatique

- **L'observation et la mesure en altitude** : Ce type de mesures se fait soit à l'aide d'avions équipés par des capteurs météorologiques, soit à l'aide de stations de radiosondage. La DMN est équipée de trois stations de radiosondage (figure 2). Ces stations mesurent, sur un profil vertical, la température de l'air, l'humidité, la direction et la force du vent, la pression et la position du ballon-sonde.



Figure 2. Station de radiosondage

- **La télédétection :** Appelée aussi mesures à distance. Elle se fait à l'aide des radars météorologiques, des images satellites météorologiques et des capteurs foudres. Le radar météorologique permet de repérer les précipitations et suivre leur déplacement pour des besoins de prévision à très courte échéance. Le réseau de Maroc Météo comprend 7 Radar (figure 3).

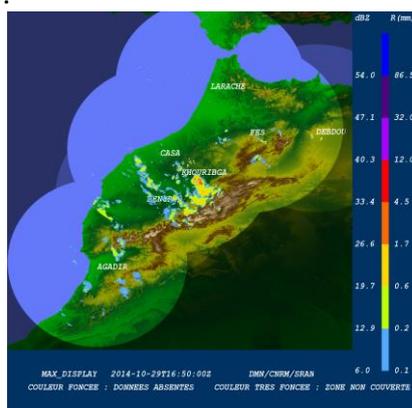


Figure 3. Réseau Radars du Royaume

Maroc Météo dispose d'un système de réception des données de haute résolution des satellites météorologiques de seconde génération MSG (site DMN, 2018). L'image satellite est disponible sur 12 canaux avec une résolution de 3km et une fréquence de 15 min. Le réseau foudre est un réseau de détection et de suivi des phénomènes orageux. La DMN dispose de 5 capteurs foudre.

Les modèles numériques : Les prévisionnistes de la DMN disposent de plusieurs modèles numériques comme le modèle numérique régional à taille très fine AROME¹ (échéance 2 jours, résolution spatiale 2,5km), le modèle numérique marocain à air limité ALBACHIR (échéance 3 jours, résolution spatiale 10km), le modèle global Français ARPEGE² (échéance 5 jours, résolution spatiale 25/35km) et le modèle global Européen à moyen terme ECMWF³ (CEPMT) (échéance 10 jours, résolution spatiale 25km).

¹ Applications de la Recherche à l'Opérationnel à Méso-Echelle (site DMN, 2018)

² Action de Recherche Petite Echelle Grande Echelle (site Météo France, 2018)

³ European Center for Medium-Range Weather Forecast (CEP Centre Européen des Prévisions) (site CEP, 2018).

2. PREVISIONS METEOROLOGIQUES

La prévision météorologique est la description de l'état futur de l'atmosphère à partir des conditions initiales en utilisant des moyens scientifiques et technologiques appropriés.

Au niveau central, la prévision est organisée en 3 services :

- Prévision Générale : s'occupe du segment de l'assistance météorologique au Grand public (Média, Protection civile...) et aux activités déployées sur tout le territoire national (Agriculture, Transport, Hydraulique, Tourisme, etc.).
- Prévision Aéronautique : assure l'assistance au secteur de la Navigation aérienne.
- Météorologie Maritime : fournit l'assistance météorologique aux activités maritimes sous la zone de responsabilité maritime marocaine.

Au niveau régional : Dans le cadre du projet national de régionalisation avancée, la DMN a créé 6 directions régionales (chaque région météorologique s'occupe de 2 régions administratives). Le rôle de chaque Direction Régionale est de représenter Maroc Météo dans son territoire ; elle est aussi responsable de l'adaptation de la prévision aux spécificités régionales et à la satisfaction des usagers locaux.

Il existe six types de prévisions (OMM N°485, 2012): la prévision immédiate, la prévision à très courte échéance, la prévision à courte échéance, la prévision à moyenne échéance, la prévision à échéance prolongée et la prévision à longue échéance. En effet, La prévision immédiate est la description des paramètres du temps présent et des paramètres prévus à échéance de 0 à 2 heures. Pour la prévision à très courte échéance qui ne dépasse pas 12H, le prévisionniste se base essentiellement sur les moyens de télédétection (radars, satellite, foudre) car il s'agit de prédire des phénomènes météorologiques très localisés dans l'espace et très rapides dans leur développement et leur déplacement. La prévision courte échéance (12H à 72H) est très utile pour la conduite des activités socio-économiques. Pour effectuer la prévision à moyenne échéance (3jours à 10 jours), on se base essentiellement sur les sorties du modèle du centre européen de prévision météorologique à moyen terme CEPMT. Ces prévisions sont surtout utilisées pour la planification des activités socio-économiques. Pour ce qui est de la prévision à échéance prolongée, c'est la description des paramètres météorologiques prévus au-delà de 10 jours et jusqu'à 30 jours d'échéance, il s'agit habituellement d'une moyenne exprimée par rapport aux valeurs climatiques calculées pour cette période. Ce type de prévision n'est pas encore utilisé à la DMN. Enfin, la prévision à l'échelle saisonnière : (un mois à 2ans) elle se base sur des approches statistiques et dynamiques. A la DMN on se limite actuellement à 3mois d'échéance et elle est utilisée, à titre expérimental, comme moyen d'aide à la prise de décision par les responsables dans la planification à moyen et long terme.

3. LE SYSTEME D'ALERTE DE LA DMN

Le but principal d'une alerte météorologique est la sauvegarde des vies humaines et des biens matériels en atténuant le plus possible les effets des catastrophes météorologiques (inondation, grêle, sécheresse, tempête, ...) (MDCE, 2015). Les phénomènes météorologiques dangereux suscitant l'envoi des alertes sont les fortes précipitations, les vents forts, les vagues de froid et de chaleur. Des critères (figure 4) ont été adoptés par la DMN pour l'élaboration des alertes.

Phénomène	Seuil d'alerte
Fortes pluies	30mm/12
Vents forts	60km/h
Houle dangereuse	4m
Vague de chaleur	Température > de 6°C par rapport à la normale pendant 3 jours
vague de froid	Température < de 6°C par rapport à la normale pendant 3 jours

Figure 4. Critères des alertes météorologiques à la DMN

Afin d'élaborer une « bonne » alerte, le prévisionniste doit suivre la méthodologie développée par la DMN (figure 5)

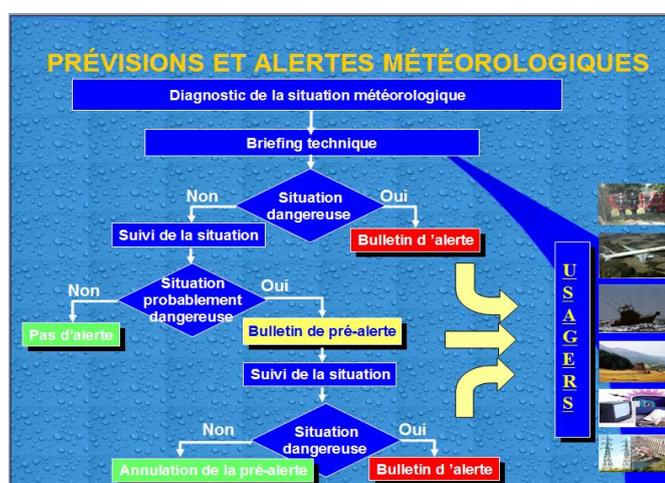


Figure 5. Méthodologie à suivre pour générer une alerte

En cas d'alerte météorologique, la DMN prend les dispositions suivantes:

- Renforcement de la veille au niveau des services de prévision.
- Collaboration avec la protection civile et les sociétés gestionnaires d'eau, d'électricité et d'assainissement.
- Diffusion de communiqués de presse.
- Participation aux réunions du centre de Veille et de Coordination (Ministère de l'Intérieur) au niveau centrale et au niveau régional.
- Coordination et échange d'informations avec les services concernés du Secrétariat d'Etat chargé de l'Eau par l'élaboration de prévisions spécifiques.
- Information du grand public à travers les médias.

4. LA VIGILANCE

La DMN a développé la carte vigilance dans le but d'améliorer le système d'alerte météorologique. Pour réussir ce pari, la DMN a fixé plusieurs objectifs (MDCE, 2015) à atteindre grâce au nouveau système de carte vigilance :

- Augmenter les délais d'alerte.
- Augmenter le taux de réussite des alertes.
- Introduire la notion de probabilité.
- Mieux communiquer et diffuser les alertes.
- Utiliser les nouvelles technologies pour alerter le grand public.

- Cibler les usagers concernés et spécifiques.
- S'assurer de la compréhension des alertes et des actions prises en conséquence.

Ainsi, la DMN a fixé 4 niveaux de vigilance, la couleur rouge pour décrire les phénomènes météorologiques dangereux, d'une intensité exceptionnelle et qui demandent une vigilance absolue ; la couleur orange pour les phénomènes météorologiques dangereux demandant d'être très vigilant, puis la couleur jaune pour décrire les phénomènes habituels à la région en question mais qui peuvent présenter un danger; enfin, la couleur verte pour les phénomènes qui ne présentent aucun danger.

Les seuils d'élaboration qui définissent les couleurs dans la carte de vigilance ont été choisis minutieusement et en prenant compte de la climatologie de chaque région du royaume. Ainsi ces seuils (figure 6) ne sont pas les mêmes pour tout le pays.

Régions		Chiadma, Abda, Doukkala, Chaouia, Plateaux des Phosphates et Oulmes, Seraghna, Saiss, Haouz, Rhamna, Tadla, Chichaoua et Nord de l'Oriental	Souss, Anti-Atlas et Nord du Sahara	Moyen et Haut Atlas	Sahara et le Sud-Est
Vigilance: Forte pluie	Nord-Ouest, Méditerranée et Rif				
Jaune	30-60mm/12 h	20-50mm/12 h	20-40mm/12 h	30-60mm/12 h	20-30mm/12 h
	25-35mm/03 h	15-25mm/03 h	15-30mm/03 h	20-30mm/03 h	15-20mm/03 h
Orange	60-100mm/12 h	50-80mm/12 h	40-100mm/12 h	30-110mm/12 h	30-80mm/12h
	35-60mm/03 h	25-45mm/03 h	30-50mm/03 h	30-50 mm/03 h	20-40mm/03 h
Rouge	\geq 100mm/12h \geq 60mm/03 h	\geq 80mm/12h \geq 45mm/03 h	\geq 100mm/12 h \geq 50mm/03 h	\geq 110mm/12h \geq 50mm/03 h	\geq 80mm/12 h \geq 40mm/03 h

Figure 6. Seuils de la carte vigilance pour les pluies

La carte vigilance détaille également des consignes de comportements (figure 7) permettant au grand public de ne pas s'exposer au danger.

Vigilance orange	vigilance rouge
Vague de froid	
<ul style="list-style-type: none"> • Évitez l'exposition prolongée au froid et au vent et les sorties aux heures les plus froides. • Veillez à un habillement adéquat (plusieurs couches, imperméable au vent et à la pluie, couvrant la tête et les mains). • Évitez les efforts brusques. • Veillez à la qualité de l'air et au bon fonctionnement des systèmes de chauffage dans les espaces habités. • Pas de boissons alcoolisées. 	<ul style="list-style-type: none"> • Évitez toute sortie au froid. • Si vous êtes obligé de sortir, évitez les heures les plus froides et l'exposition prolongée au froid et au vent, veillez à un habillement adéquat (plusieurs couches, imperméable au vent et à la pluie, couvrant la tête et les mains). • Évitez les efforts brusques. • Veillez à la qualité de l'air et au bon fonctionnement des systèmes de chauffage dans les espaces habités. • Pas de boissons alcoolisées.
Vague de chaleur	
<ul style="list-style-type: none"> • Passez au moins deux ou trois heures par jour dans un endroit frais. • Rafraîchissez-vous, mouillez-vous le corps plusieurs fois par jour. • Adultes et enfants : buvez beaucoup d'eau, personnes âgées : buvez 1,5L d'eau par jour et mangez normalement. • Evitez de sortir aux heures les plus chaudes (11h-21h). 	<ul style="list-style-type: none"> • N'hésitez pas à aider ou à vous faire aider. • Passez au moins deux ou trois heures par jour dans un endroit frais. • Rafraîchissez-vous, mouillez-vous le corps plusieurs fois par jour. • Adultes et enfants : buvez beaucoup d'eau, personnes âgées : buvez 1,5L d'eau par jour et mangez normalement. • Évitez de sortir aux heures les plus chaudes (11h-21h).

Figure 7. Exemples de consignes de comportements en cas de vague de froid ou de chaleur

La carte de vigilance est mise à jour deux fois par jours (à 10h00 et à 16h00) et peut être actualisée chaque fois que le prévisionniste constate un changement de scénario de prévision (nouvelles observations ou nouvelles sorties des modèles numériques).

Voici un exemple de carte vigilance (figure 8):

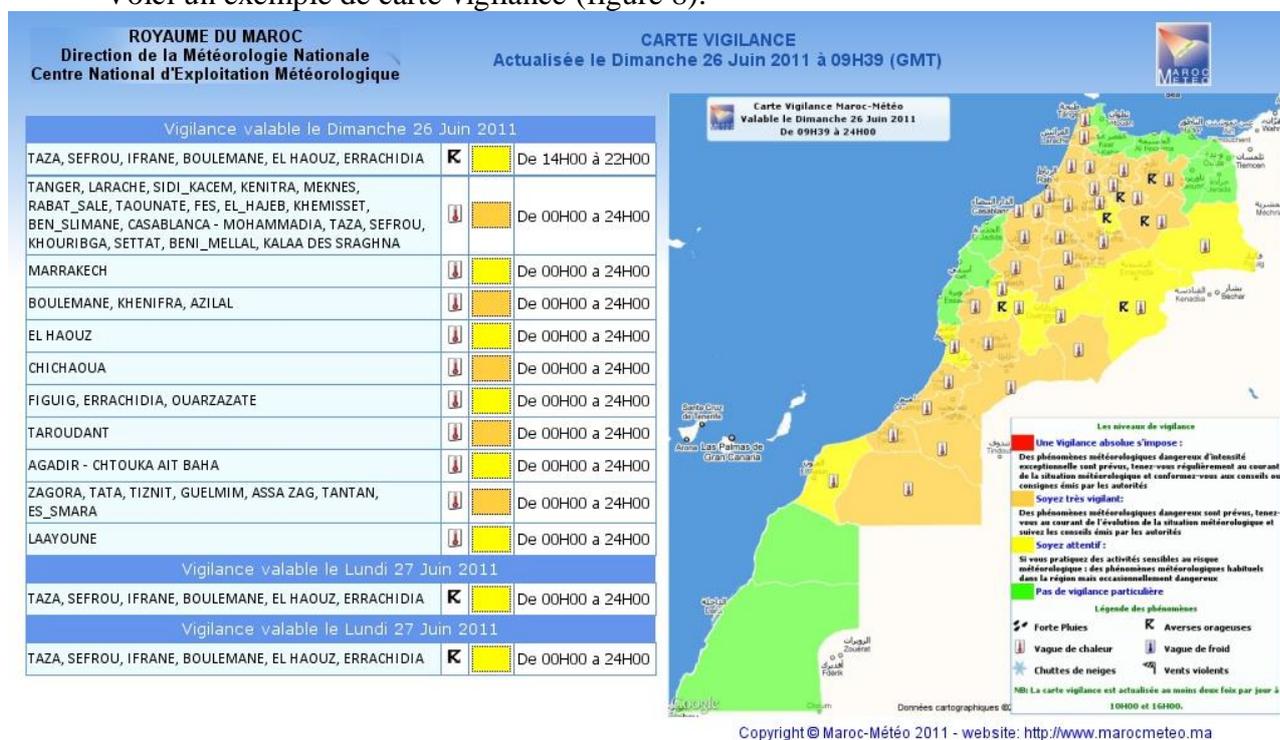


Figure 8. Exemple d'une carte vigilance

CONCLUSION

La prévision météorologique est un domaine en constante évolution et la fiabilité des prévisions connaît des améliorations d'un jour à l'autre en fonction du développement technologique et de l'approfondissement des connaissances des météorologistes sur l'atmosphère. La DMN demeure le principal producteur des prévisions météorologiques dans le pays. Maroc Météo ne cesse d'améliorer son système de prévision sur les plans qualité et délai afin de satisfaire les usagers et partenaires pour une meilleure adaptation aux situations météorologiques extrêmes et aux changements climatiques.

REFERENCES

- OMM N°485, Organisation Météorologique Mondiale, Manuel du Système Mondial de traitement des données et de prévision, Volume 1, Aspects Mondiaux, Annexe IV du Règlement Technique de l'OMM, Genève, Suisse, Edition 2012.
- OMM N°544, Organisation Météorologique Mondiale, Manuel du Système Mondial d'Observation, Volume 1, Aspects Mondiaux, Annexe V du Règlement Technique de l'OMM, Genève, Suisse, Edition 2015.
- MDCE Ministère Délégué chargée de l'Eau, Projet de performance de l'année budgétaire 2016, Rabat, Novembre 2015.
- Maroc Météo 2018, site officiel de la Direction de la Météorologie Nationale du Royaume du Maroc : www.marocmeteo.ma.
- Météo France 2018, site officiel de Météo France : www.meteofrance.com.
- CEPMT 2018, site officiel du Centre Européen des Prévisions à Moyen Terme CEPMT-European Center for Medium-Range Weather Forecast : <https://www.ecmwf.int/fr>

DETERMINATION DES CRUES DE PROJET AU NIVEAU DU CENTRE DE HAD MSILA, BASSIN VERSANT DE L'OUED LAHDAR (HAUT INAOUENE, MAROC)

Hamid FATTASSE¹, Jaouad GARTET², Said EL BOUTE¹

Mohamed BENAÏSSA¹, Salah Dine EL MANSOURI¹

1 – Laboratoire DEP2D, FLSH Sais Fès, USMBA Fès

2 – Laboratoire DEP2D, FP Taza, USMBA Fès

RESUME: L'estimation des crues pose un souci majeur aux aménageurs chargés de dimensionner les ouvrages hydrauliques. Nous avons étudié l'extension des crues et le dimensionnement des ouvrages. Nous avons appliqué certaines méthodes usuelles d'estimation des crues (Gradex et Rationnelle). L'étude s'est basée sur les pluies journalières maximales annuelles pour une série d'observation longue de 20 ans, les courbes d'intensité-durée-fréquence (IDF) et les paramètres de Montana de la station pluviométrique de Taza.

Mots-clés: Méthode du Gradex, Rationnelle, Débit de pointe, crue, Oued Lahdar.

ABSTRACT: The estimation of the floods puts a major concern to the developers responsible for sizing the hydraulic structures. We studied the extension of the floods and the size of the works. We applied certain usual methods of estimation of the floods (Gradex and Rational). The study was based on the annual maximal daily rains for a series of long observation of 20 years, the curves of intensity-duration-frequency (IDF) of Taza rainfall station located in the watershed the Oued lahdar.

Keywords: Gradex method, Rational method, peak flow, flood, Oued Lahdar.

INTRODUCTION

Le Maroc, à l'instar de nombreux pays, souffre des problèmes de gestion des ressources en eau ; ce qui nécessite d'avoir une meilleure connaissance en terme de la variabilité spatio-temporelle des régimes hydrologiques à l'échelle des BV (crues et étiages). De plus, le risque d'inondation lors des périodes d'excès engendre des dégâts de plus en plus importants. Ces dégâts humains et matériels compromettant la pérennité des infrastructures et des biens des habitants et entravent tous efforts de développement durable local.

Dans notre étude, nous sommes intéressés au phénomène d'écoulement extrême des crues de l'Oued Lahdar au Centre Territorial Had Msila. Ses crues constituent un risque qui menace l'ensemble des composantes spatiales : les habitations et les infrastructures. Ces débordements qui ont lieu les dernières années, ont causé des pertes humaines et des dégâts matériels considérables.

1. Description de la zone d'étude

Le BV de l'oued Lahdar couvre une superficie d'environ 610 km². Il appartient au découpage administratif de la région de Fès-Meknas, province de Taza et s'étend sur le territoire des sept groupes de villages (Taineste; Beni Frassene; Bab el Mrouj; Ain Boukellal; Gouzate; Meknassa El Gharbia ; Larbaâ Bni Lent)

L'assemblage des cartes topographiques 1/50 000° qui couvre du BV de l'oued Lahdar est formé des feuilles suivantes: Taza, Ain Boukellal, Bab El Mrouj, Taineste, Beni Frassene et Aknoul.

Le BV de l'Oued Lahdar se situe dans le Prérif oriental au Nord-Est du Maroc entre les coordonnées cartésiennes X (604000m W et 630000m E) et Y (446000m N et 404000 S). Il se caractérise par la dominance des roches tendres (marnes, calcaires marneux, marnes gréseuses).

Les précipitations moyennes annuelles avoisinent 660mm. La variation saisonnière : Hiver 44% et Printemps 31%, Automne 23%, l'Eté 2%.

La forêt se réfugie en altitude (07%) au dépend de l'arboriculture (38%) et des cultures (31%) et des Terrains incultes (24%).

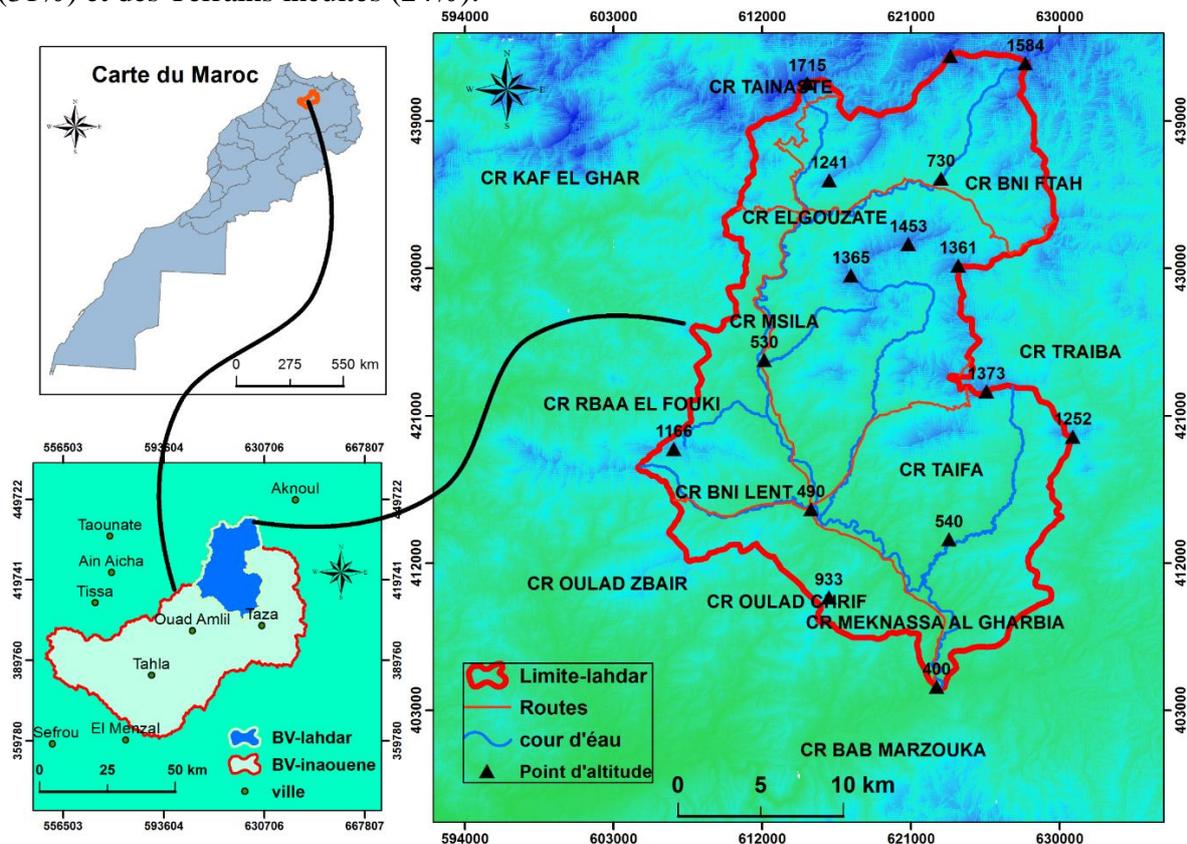


Figure 1. Localisation de la zone d'étude

2. Objectifs et Méthodologie :

L'objectif de cette étude est la définition des crues de projet par la détermination des débits de pointe et de l'hydrogramme de crue.

L'étude des crues, deux méthodes jugées très satisfaisantes ont été choisies pour le présent travail. Il s'agit des méthodes de Gradex et de la méthode rationnelle.

Une analyse hydrologique permettra d'estimer les débits caractéristiques de crue ainsi que la formation des écoulements.

L'étude hydraulique sera complétée par une analyse géomorphologique qui identifiera les différentes unités morphologiques du bassin versant ainsi que les talwegs, cuvettes topographiques et couloirs d'écoulement

Le Gradex est une méthode simplifiée qui permet d'estimer les débits de crues extrêmes. Elle est applicable aux bassins versants de 0 à 5000 km² dont le temps de concentration, de ruissellement ou d'écoulement rapide est de 1 heure à 4 jours.

Cette méthode s'appuie sur les hypothèses suivantes :

- les débits maximum recherchés sont provoqués uniquement par des pluies maximales, uniformément réparties sur le bassin. Il n'y a donc pas diverses origines de formation des crues.
- les pluies maximales et les débits correspondants suivent une même loi de distribution statistique, dite des extrêmes en raison de la nature du phénomène recherché (crues rares).

Pour l'application de la méthode du Gradex, on a procédé aux étapes suivantes :

- Ajustement par la loi de Gumbel des pluies maximales journalières et détermination, des $P_{jmax}(T)$ pour une période « T » allant de 10 à 100ans ;
- Détermination du Gradex journalier ($G_p(24)$). Le passage des valeurs journalières aux valeurs en 24h se fait en majorant les valeurs journalières de 15% pour tenir compte de la coulissante de la pluie;
- Calcul du Gradex des pluies sur le temps de concentration $G_p(T_c)$ à partir du Gradex des pluies en 24 heures;
- Calcul du débit de pointe de référence $Q_p(T^*)$ (pivot du Gradex) en utilisant la formule empirique de Caquot;
- Calcul des débits de pointe et des lames d'eau ruisselées pour chaque période de retour par la méthode du Gradex classique.

- Notion de période de retour

Le caractère aléatoire des crues et des pluies impose une analyse de leur probabilité d'occurrence (ou de fréquence d'apparition).

A chaque débit de projet est associé une fréquence d'apparition f ou une période de retour T , définie comme l'inverse de la fréquence $t=1/f$

La période de retour permet d'apprécier le caractère plus ou moins exceptionnel d'un événement.

Un débit de crue qui a une occurrence (une chance) sur 10 d'être atteint ou dépassé une année donnée est, par définition, ce que les hydrologues appellent "débit décennal". En effet, un tel débit est dépassé en moyenne une fois tous les 10 ans sur une longue période. Pour le riverain d'un cours d'eau, il s'agit d'un débit qu'il verra dépassé 5 à 10 fois dans sa vie en moyenne.

Répondant à une définition analogue, le débit centennal (période de retour $T=100$ ans) est un débit qui a une chance sur cent d'être atteint ou dépassé une année donnée donc en moyenne une fois tous les 100 ans sur une très longue période. En simplifiant, on peut dire que la crue centennale est la crue qui a marqué les mémoires d'une génération de riverains.

Cette notion de "période de retour" est primordiale en hydrologie et il faut bien noter qu'elle correspond à une durée moyenne, c'est à dire une durée statistique ou théorique sans jamais et en aucun cas faire référence à un quelconque cycle.

En effet, une pluie ou une crue décennale peut se produire plusieurs fois au cours d'une décennie comme il peut ne pas s'en produire pendant plusieurs décennies.

Par ailleurs, le fait qu'il vienne de se produire une crue décennale ne modifie en rien la probabilité d'en observer une autre dans la même année ; les deux événements sont dits « Indépendants ».

3. Données disponibles

L'étude s'est basée sur les pluies journalières maximales annuelles pour une série d'observation longue de 20 ans, les courbes d'intensité-durée-fréquence (IDF) et les paramètres de Montana de la station pluviométrique de Taza.

- Pluies journalières maximales annuelles

Les données pluviométriques du poste de Bab chhoub sont représentées dans le Tableau (3) :

-Courbes IDF pour la station de Taza

La détermination des débits des eaux pluviales est directement liée à la connaissance de l'intensité des fortes précipitations.

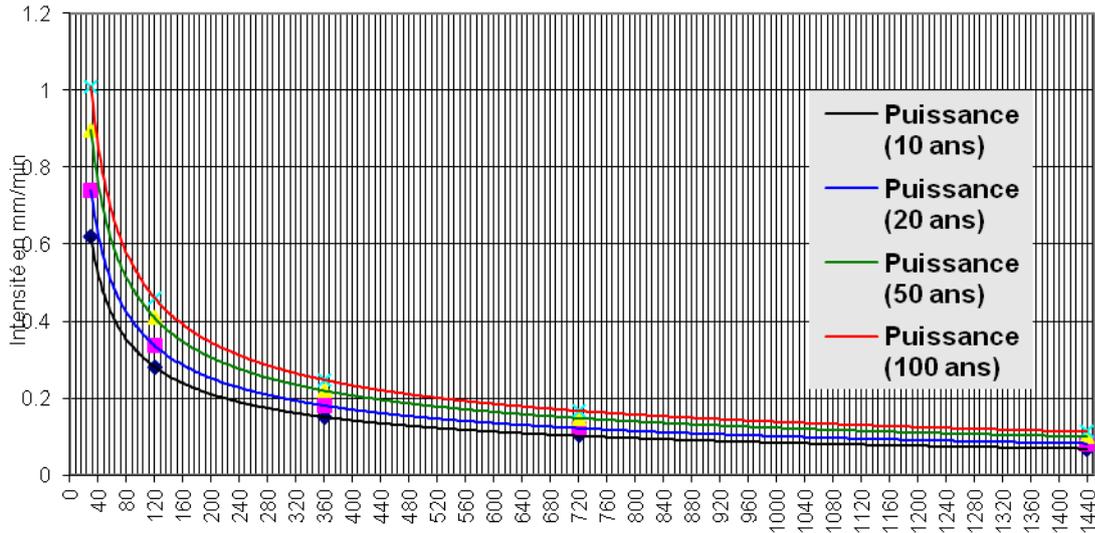


Figure.2. Courbes IDF pour la station de Taza

-Les paramètres de Montana relatifs à la station de Taza

La modélisation des pluies réelles par la direction de météorologie nationale a permis de calculer les intensités des pluies. Le modèle de Montana a été jugé comme formule la plus adéquate pour le cas marocain, il permet d'obtenir une bonne prévision des débits de période de retour donnée.

Les paramètres **a** et **b** de ce modèle, nécessaires pour les calculs qui viendront après, sont déterminés par une analyse statistique des séries de pluies enregistrées par des pluviographes. Les données suivant présente les valeurs des paramètres **a** et **b** par récurrence de la ville de Taza fournis par la direction de météorologie nationale :

10 ans : a = 4.285 ; b = -0.568
 20 ans : a = 5.096 ; b = -0.567
 50 ans : a = 6.147 ; b = -0.566
 100 ans : a = 6.934 ; b = 0.566

-Caractéristiques géométriques du secteur d'étude :

Le bassin versant concerné par la présente étude a été délimité sur une carte topographique de 1/50000. Les caractéristiques géométriques (superficie, longueur du talweg, dénivelée maximale...) de la partie amont du bassin versant de l'Oued Larbaâ sont représentées dans le tableau ci-dessous (Tab.1).

Tableau.1. Caractéristiques géométriques du secteur d'étude

	S_{BV} Km ²	L Talweg (Km)	H max (m)	H min (m)	D max (m)	Périmètre (Km)	Indice de forme	I : la pente moyenne du talweg en (m/m)
BV (Had Msila)	217	37	1710	484	1226	84.6	1.6	0.033

- Temps de concentration

Le calcul du temps de concentration par les différentes formules empiriques citées ci-dessus au niveau des sous bassins versants donne les résultats suivants :

Tableau.2. Temps de concentration en heures pour le BV (Had mssila)

	Turrazza	Kirplich	Giondotti	Valeurs adoptées
Tc en h	4.08	3.97	4.08	4.08

4. Application et discussion

- Estimation du Gradex

Le Gradex est une méthode simplifiée qui permet d'estimer les débits de crues extrêmes, elle est applicable aux bassins versants de 0 à 5000 km² dont le temps de concentration, de ruissellement ou d'écoulement rapide est de 1 heure à 4 jours.

La première étape à faire est l'ajustement statistique et graphique des pluies journalières de la station de Bab Chhoub à la loi de Gumbel. Le but de cette opération est d'en tirer les valeurs des précipitations aux fréquences rares.

-Ajustement des pluies max journalières par la loi de GUMBEL

L'ajustement des pluies max journalières peut se faire par plusieurs lois d'ajustement. La loi de Gumbel est une loi très utilisée en hydrologie et en climatologie (Makhlouf, 1994, Miquel, 1984).

On signale ici que la fonction de répartition de la loi de Gumbell s'exprime de la manière suivante :

$$F(x) = \exp \left[-\exp \left(-\frac{x-a}{b} \right) \right]$$

$$u = \frac{x-a}{b}$$

$$u = -\ln[-\ln(f(x))]$$

U : étant la variable de Gumbell

Il s'agit donc essentiellement d'estimer la probabilité de non dépassement $F_i(x)$ qu'il convient d'attribuer à chaque valeur x . Il existe plusieurs formules d'estimation de la fonction de répartition $F(x)$. Dans le présent travail on a utilisé la distribution empirique de Hazen

défini par $F_i = \frac{r-0.5}{n}$ où r est le rang et n la taille de l'échantillon.

Les données et les résultats de l'application de la loi de Gumbel sur la série des débits qui s'étale de l'année 1999 à 2011 (20 ans d'enregistrement) de la station de jaugeage de Bab Chhoub est regroupé dans le tableau suivant:

Tableau.3. Pluies maximales journalières (station Bab Chhoub)

Années d'observation	P jmax	rang des années	des pluies Probabilité	Variables de Gumbel
2000/1999	31	1	0,025	-1,305323
1994/1993	35	2	0,075	-0,951761
1995/1994	39	3	0,125	-0,732099
2005/2006	39	4	0,175	-0,55559
1999/1998	41	5	0,225	-0,399886
2006/1007	46	6	0,275	-0,255405
1996/1995	49	7	0,325	-0,116832
2004/2005	49	8	0,375	0,0193569
2001/2002	54	9	0,425	0,155875
1997/1996	55	10	0,475	0,2951224
2012/2013	55	11	0,525	0,4395023
2008/2009	63	12	0,575	0,5917009
1998/1997	64	13	0,625	0,7550149
2003/2004	65	14	0,675	0,9338373
2009/2010	70	15	0,725	1,1344977
2007/2008	80	16	0,775	1,3669144
2000/2001	81	17	0,825	1,6483248
2011/2012	85	18	0,875	2,0134187
2002/2003	86	19	0,925	2,5515396
2010/2011	100	20	0,975	3,6762473

L'ajustement graphique des débits maximaux annuels selon la loi de Gumbell est représenté sur le graphique suivant :

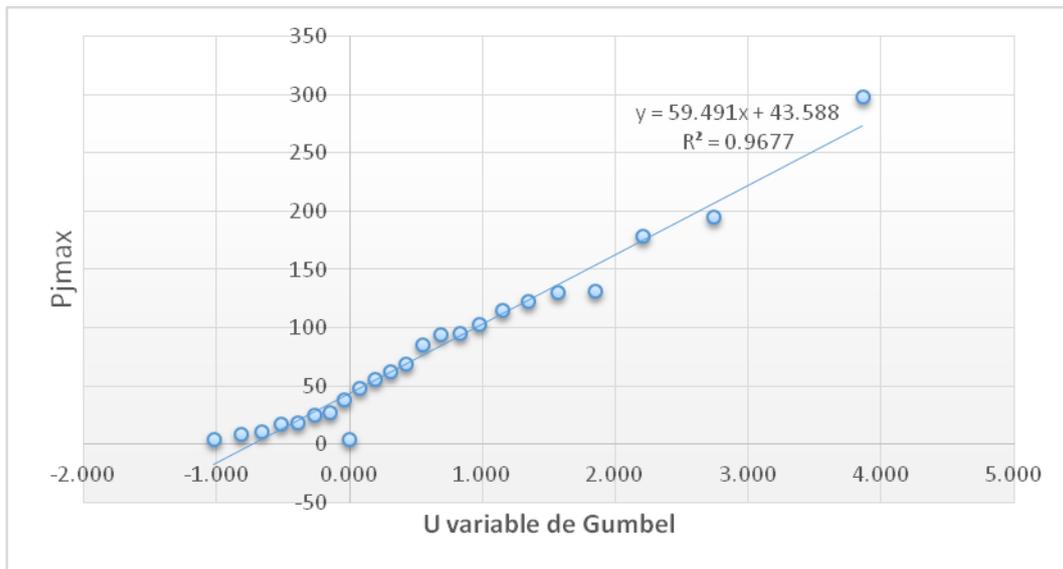


Figure.3. Ajustement des pluies maximales journalières de la station de bab chhoub par la loi de Gumbel

A partir de l'ajustement graphique des débits maximums par la loi de Gumbell on peut en tirer les débits maximums annuels pour différentes périodes de retour.

Les résultats ainsi obtenus sont groupés dans le tableau suivant :

Tableau.4. Pluies maximales journalières par période de retour

station de bab chhoub	Gradex	P2 (mm)	P5 (mm)	P10 (mm)	P20 (mm)	P50 (mm)	P100 (mm)	P1000 (mm)
	15,31	56,34	73,69	85,18	96,21	110,47	121,16	156,49

Les valeurs représentées dans le tableau suivant (Tab.5) correspondent à des valeurs journalières. Le passage aux pluies en 24 heures se fera en multipliant les valeurs par un coefficient égal à 1,15.

Tableau.5. Pluies maximales journalières en 24 heures

station de bab Chhoub	P(24)	Gradex	P2 (mm)	P (mm)	P10 (mm)	P20 (mm)	P50 (mm)	P100 (mm)	P1000 (mm)
		17,61	64,79	84,75	97,96	110,64	127,04	139,34	179,96

Estimation du débit de référence (T 10 ans)

La méthode du Gradex repose sur le fait qu'au-delà d'une certaine fréquence dite de référence T*. (Makhlouf, 1994, Miquel, 1984) Cette valeur est généralement comprise entre la fréquence décennale et vingtennale (selon la perméabilité des sols). Pour le cas du bassin versant de Lahdar, nous allons considérer comme fréquence de référence la fréquence décennale (T* = 10 ans). Le débit de référence Qp (T*=10) est calculé par la formule empirique de Caquot :

$$Q_p (T^* = 10) = K^{1/U} \times I^{V/U} \times C^{1/U} \times A^{W/U}$$

I : la pente moyenne du Talweg.

C : coefficient du ruissellement pris égal à 20%.

A : la superficie du bassin versant (en hectares).

Les coefficients d'expression (K , U , V et W) sont calculés par les formules suivantes :

$$K = 0.5^{b(T)} \frac{a(T)}{6.6}$$

$$U = 1 + 0.287b(T)$$

$$V = -0.41b(T)$$

$$W = 0.95 + 0.507b(T)$$

Les valeurs des paramètres $a(T)$ et $b(T)$ sont obtenus par la formule de Montana

La formule devient alors par période de retour (10 ans) comme suit :

$$Q_p(T^* = 10) = 0.9987 \times I^{0.2783} \times C^{1.195} \times A^{0.791}$$

Le débit de référence Q_p ($T = 10$ ans) calculé par la formule empirique de Caquot égale :

$$Q(T^*=10) = 151.97 \text{ m}^3/\text{s}$$

Signalant enfin que le débit obtenu par la méthode de Caquot doit être corrigé par un coefficient d'influence « m ».

Tout d'abord on calcule le coefficient d'allongement « M » : $M = \frac{L}{\sqrt{A}}$

M : Coefficient d'allongement

L : longueur du talweg en hm.

A : surface du bassin versant en ha.

- Coefficient d'influence

$$mm = \left(\frac{M}{2} \right)^{0.7.b} :$$

Le débit décennal corrigé est :

$$Q_p(T^*=10) = 166.33 \text{ m}^3/\text{s}$$

-Calcul de la lame d'eau ruisselée et du volume d'eau pour la fréquence 10 ans

Calcul du volume V ($T^*=10$)

Le volume V ($T^*=10$) correspondant au débit de référence ($T^*=10$) peut être calculé par multiplication de débit de pointe de référence fois le temps de concentration.

$$V(T^* = 10) = \frac{Q \times 2Tc}{2}$$

Calcul de la lame d'eau ruisselée L_r ($T^*=10$)

L_r ($T^*=10$) est la lame d'eau ruisselée de référence. Elle est déduite du volume de référence $V(T^*=10)$ en divisant ce dernier par la superficie du bassin versant.

$$L_r(T^* = 10) = \frac{V}{S_{bv}}$$

Les résultats sont groupés dans le tableau ci-après (Tab.6):

Tableau.6. Débit, lame d'eau ruisselée et volume d'eau pour ($T=10$ ans)

Bv	Q_p (m ³ /s)	V (Mm ³)	L_r (mm)
(had mssila)	166.33	2.44	11.24

Calcul des lames d'eau ruisselées et des débits de pointe pour différentes fréquences

La détermination de la lame d'eau ruisselée par la méthode du Gradex repose sur le principe que la crue est d'autant plus importante en terme de débit de pointe que si la durée de l'événement pluvieux au niveau du bassin versant coïncide avec le temps de concentration du bassin. Cependant on supposera que le bassin versant de l'Oued Lahdar est soumis à une pluie ayant une durée égale au temps de concentration.

Pour cela nous allons passer des pluies en 24 heures aux pluies sur le temps de concentration et du Gradex en 24 heures au Gradex sur le temps de concentration pour chaque fréquence en utilisant respectivement les formules suivantes :

$$P(Tc) = P(24) * \left(\frac{Tc}{24}\right)^{1b}$$

b est le coefficient de Montana pris égal à 0.568.

Par conséquent, les lames d'eau ruisselées Lr (T, Tc) au bassin étudié, sur le temps de concentration et pour différentes périodes de retour, sont obtenues en utilisant l'équation ci-dessous :

$$Lr(T, Tc) = Lr(T^*, Tc) + Gp(Tc) \times [U(T) - U(T^*)]$$

$$U(T) = -\ln\left(-1\left(1 - \frac{1}{T}\right)\right)$$

est la variable de Gumbel.

Gp(Tc) est le Gradex sur le temps de concentration calculé à partir du Gradex en 24 heures par la formule suivante :

$$Gp(Tc) = Gp(24) \times \left(\frac{Tc}{24}\right)^{(1-b)}$$

On peut déduire le volume de la crue en multipliant la lame d'eau par la superficie totale du bassin versant. On calcule le débit de pointe en divisant le volume par le temps de concentration du bassin versant.

Tableau.7. Débits, lames d'eau ruisselées et volumes d'eaux pour différentes périodes de retour

T	U(T)	P(Tc)	Lr(Tc) mm	V Mm3	Qp m ³ /s
10	2,25	45,56	11,24	2,44	166,33
20	2,97	51,46	17,14	3,72	253,17
50	3,9	59,09	24,75	5,37	365,68
100	4,6	64,81	30,48	6,61	450,36
1000	6,91	83,7	49,4	10,72	729,83

Méthode Rationnelle

C'est la méthode la plus ancienne, elle utilise un modèle simple de transformation de la pluie de projet (décrite par son intensité I), supposée uniforme et constante dans le temps, en un débit instantané maximal lorsque l'ensemble de son bassin contribue à ce débit. Elle repose sur un principe suivant : le débit à l'exutoire d'un bassin soumis à une averse homogène dans le temps et dans l'espace d'intensité I, atteint son maximum lorsque la durée de l'averse est égale au temps de concentration du bassin.

Le débit max est donné par la formule suivante: $Q = C \times I \times A$

Q : débit en m³/s.

C : coefficient de ruissellement.

I : intensité de l'averse en m/s de durée égale au temps de concentration du bassin et de fréquence égale de celle du débit recherché.

A : superficie total du bassin versant en m²

Tab.8. Débit calculé par la méthode rationnelle pour différentes périodes de retour.

	Fréquence de Retour			
	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
I mm/min	0,18	0,23	0,28	0,32
Op m³/s	162,8	274,5	425,3	543,9

Conclusions

L'estimation des débits de projet dans le BV de Lahdar montre des valeurs différentes selon la méthode d'étude adoptée. La méthode de Gradex donne une valeur (730 m³/s, T=1000) plus importante par rapport à la méthode rationnelle (544 m³/s, T=100). Plusieurs facteurs entrent en jeu quant au choix de la méthode d'estimation des débits de pointe (climatiques, physiques du bassin, disponibilité des données, la fiabilité des données, etc.). Ces résultats constituent un document utile à la modélisation hydraulique. Elles permettent le calcul des profils d'écoulement et de la propagation des crues.

Références bibliographiques

- CTGREF (1972). L'application de la méthode du Gradex à l'estimation des crues de faible fréquence. Division hydrologie, France.
- El Alaoui El Fels A. (2014). Simulation et spatialisation du risque d'inondation dans une vallée anthropisée. Le cas de la vallée de l'Ourika (Haut Atlas, Maroc), pp 223-236.
- Gumbel E.J. (1935). Les valeurs extrêmes des distributions statistiques. Ann. Inst. H. Poincaré 5(2): 115–158. Retrieved 2009-04-01.
- Kreis N. (2004), Modélisation des crues des rivières de moyenne montagne pour la gestion intégrée du risque inondation: Application à la vallée de Thur (Haut-Rhin). Thèse de doctorat, spécialité Science de l'eau, ENGREF, CEVH/ENGEES, 268 p. + annexes.
- Layan B. (2014). Détermination des crues de projet, Modélisation hydraulique et gestion du risque d'inondation dans le bassin versant de l'Oued Larbaa. Cas de la ville de Taza (Maroc). Thèse doctorat, FSDM Université Sidi Mohamed Ben Abdallah. Dhar Mahrez-Fès.174 p.
- Nabil R. (2012). Modélisation des crues des rivières pour la gestion intégrée du risque d'inondation : cas du bassin versant de Tahaddart (nord-ouest du Maroc). P.58-69.

LE RISQUE D'INONDATION EN MILIEU URBAIN. CAS DE LA VILLE DE DRIOUCH

Imane BOUTAHRI. Agence du bassin hydraulique de la Moulouya
Abdelkader SBAI. Faculté des lettres et sciences humaines- Oujda
Université Mohamed I^{er}, Département de Géographie. 60000, Oujda, Maroc.

RESUME: Parmi toutes les catastrophes naturelles qui frappent le monde chaque année, les inondations demeurent les plus dommageables et les plus mortelles. Elles sont responsables de près du tiers des pertes économiques au niveau mondial. Le Maroc ayant un climat aride à semi-aride, est souvent confronté à des épisodes pluvieux importants qui peuvent générer des crues mortelles. Les inondations de l'année 2008 nous rappellent les enjeux des risques hydrologiques. Les pluies ont été d'une violence exceptionnelle pour atteindre une valeur historique de 2400 m³ par seconde. Cette violence inhabituelle a provoqué l'effondrement de plusieurs maisons dans la Région de l'Oriental notamment à Driouch. Il s'avère que les précipitations demeurent le facteur clé des inondations de la ville de Driouch. Cependant, d'autres facteurs peuvent causer les inondations comme l'état de saturation du sol, la géomorphologie du bassin versant du Kert. La perspective pour la gestion des inondations est de construire une méthodologie qui se base sur le traitement multicritère des facteurs cités. Il s'agit d'une analyse complète du bassin versant du point de vue géographique et climatologique. Dans le présent travail, et afin de cartographier et gérer le risque d'inondation dans la ville de Driouch, on étudiera le fonctionnement hydrologique du bassin versant de Oued Kert, en se basant sur l'analyse de ses caractéristiques physiographiques et climatiques.

Mots-clés: Inondations, hydrologie, Bassin versant, Climat, Cartographie, Oued Kert, Rif oriental.

FLOODING RISK STUDY IN THE DRIOUCH URBAN AREA HYDROLOGICAL STUDY OF THE OUED KERT BASIN

ABSTRACT: Floods are among the most dangerous and damaging natural disasters that strike the world every year. In fact, almost one third of the world economic damages are attributed to Floods. Morocco, despite its arid to semi-arid climate, is often confronted to heavy rain that can cause deadly flooding. As an example, in 2008 exceptionally strong rain fell in the Eastern region of Morocco It reached an historic value of 2,400 m³ per second. This event reminds us of the issues of hydrological risks. This unusual violence of rain caused the collapse of several houses in the Eastern region of Morocco notably in Driouch city. Rainfall was the main factor in Driouch's flooding. However, other factors may contribute to flooding such as soil saturation and geomorphology of the Kert watershed. So, the methodology for implanting a better floods management strategy should be based on a multi-criteria analysis of all factors already mentioned. The entire watershed should be analyzed in geographical and climatological terms. In the present work, we will focus on the hydrological functioning of the Oued Kert watershed based on its natural physiographic and climatic specifications in order to map and manage flood risks in the city of Driouch.

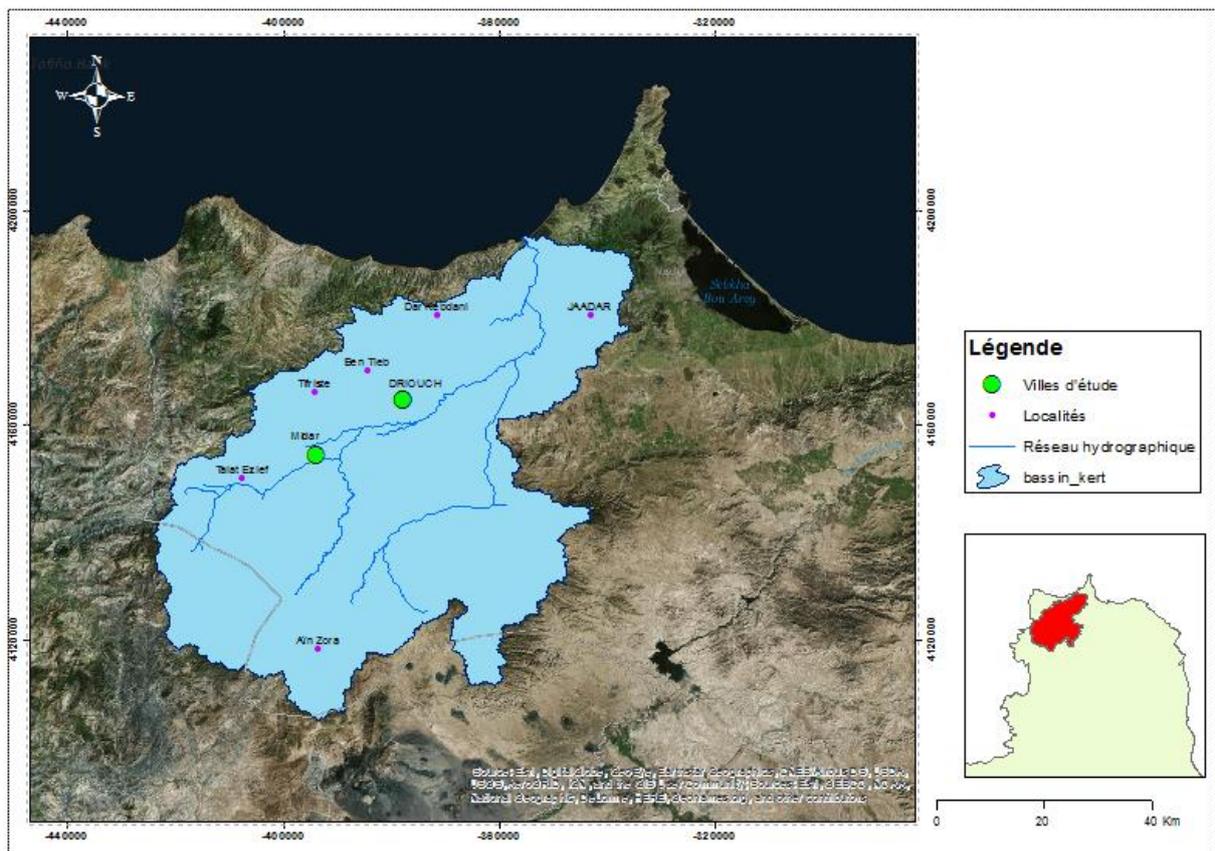
Keywords: Floods, hydrology, Watershed, Climate, Cartography, Oued Kert, Eastern Rif.

INTRODUCTION

Le Maroc, ayant un climat aride à semi-aride, est souvent confronté à des épisodes pluvieux importants qui génèrent des inondations mortelles et dommageables. Dans cette directive, cet article est inscrit dans le cadre de la gestion et la cartographie des risques d'inondation dans les milieux urbains de Driouch et Midar. Son objectif est d'étudier les différentes caractéristiques physiographiques et climatiques du bassin versant de Kert et son fonctionnement hydrologique.

DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

Le bassin versant de Oued Kert se situe dans la région nord-oriental du Maroc (Rif) ; il couvre presque 80% de la province de Driouch. Il s'étend entre les parallèles 34°33' et 35°14'N et les méridiens 3°00' et 3°49'W. Il est limité au nord par la Méditerranée, au sud et à l'est par le bassin versant de la Moulouya et à l'ouest par les bassins côtiers de l'oued Nekor. Ce bassin a une superficie de 3015 km².



PROBLEMATIQUE

Les inondations de l'année 2008 nous rappellent les enjeux des risques hydrologiques, les pluies ont été d'une violence exceptionnelle pour atteindre une valeur historique de 2.400 m³ par seconde. Cette violence inhabituelle a provoqué l'effondrement de plusieurs maisons dans la Région de l'Oriental notamment à Driouch.

MATERIEL ET METHODES

1. La physiographie du bassin versant

L'analyse du bassin versant de Kert, en premier lieu, est basée sur les caractéristiques géomorphologiques du bassin. L'examen de la topographie du bassin avec le logiciel ArcGIS a permis de délimiter les lignes de partage des eaux, identifier le plus long cours d'eau, les cotes extrêmes ainsi que la pente moyenne.

2. Le temps de concentration

Le calcul des volumes et des hydrogrammes des crues et des débits des petits bassins versants, par les formules empiriques, fait intervenir le concept du temps de concentration. Le temps de concentration t_c du ruissellement des eaux d'un bassin versant se définit comme le maximum de durée nécessaire à une goutte d'eau pour parcourir le chemin hydrologique entre un point du bassin et l'exutoire de ce dernier. Théoriquement, t_c est estimé comme la durée comprise entre la fin de la pluie nette et la fin du ruissellement.

Ce paramètre est déterminé par des formules empiriques largement utilisées au Maroc et qui sont présentées et expliquées ci-après:

Tableau 1. Formules empiriques utilisées au Maroc

Nom de la formule	Expression	Unité des paramètres
<i>Kirpich</i>	$t_c = 0,0195 L^{0,77} \cdot P^{-0,385}$	t_c en minute; L en m ;P en m/m
<i>Espagnole</i>	$t_c = 0,3 L^{0,76} \cdot P^{-0,19}$	t_c en heure; L en km ;P en m/m
<i>Californienne</i>	$t_c = 8,712 \left(\frac{L}{P^{0,5}} \right)^{0,77}$	t_c en minute; L en km ;P en m/m
<i>Ventura</i>	$t_c = 76 \sqrt{\frac{A}{I}}$	t_c en minute; S en km ² ;P en %
<i>US Corps of Engineers</i>	$t_c = 16,632 \left(\frac{L}{P^{0,25}} \right)^{0,76}$	t_c en minute ;L en km ;P en m/m
<i>Turazza</i>	$t_c = 0,108 \cdot (A \cdot L)^{(1/3)} \cdot P^{-0,5}$	t_c en minute ;S en km ² ;L en km P en m/m
<i>Van Te Chow</i>	$t_c = 0,123 \left(\frac{L}{\sqrt{P}} \right)^{0,64}$	t_c en heure ;L en km ;P en m/m
<i>Bransby-Williams</i>	$t_c = 14,56 \cdot L \cdot P^{0,2} \cdot A^{-0,01}$	t_c en minute; S en km ² ;L en km P en m/m
<i>Giandotti</i>	$t_c = \frac{4 \cdot \sqrt{S} + 1,5 \cdot L}{0,8 \cdot \sqrt{h_{\text{moy}} - h_{\text{min}}}}$	t_c en heure; S en km ² ; L en km; Hmoy : altitude moyenne Hmin : altitude minimale à l'exutoire

3. Estimation des débits de pointe (par les formules empiriques usuelles)

Les méthodes de calcul recensées en utilisant différentes formules empiriques tiennent compte de deux facteurs essentiels: la taille du bassin versant, par le biais de sa surface et/ou de sa longueur.

Les débits retenus sont ceux calculés par ces formules dont les limites de validités dépendent essentiellement de la taille des bassins. Suivant ce critère, on distingue deux classes de bassin, à chacun on applique les formules convenables. La formule rationnelle n'ayant pas de limitations spécifiques.

Tabl.2. Application des méthodes selon la taille du bassin versant

Petits bassins versants (<100 ha)	Grands bassins versants (>100 ha)
Mac Math Rationnelle	Maillet Gauthier Fuller II Hazan Lazarevic

La formule de "Mac Math" ne sera utilisée pour notre étude du fait que le bassin versant de l'étude dépasse les 100 Ha.

Ces méthodes largement utilisées en ingénierie, élaborées ailleurs, et utilisées au Maroc sur la base des données hydrologiques locales, sont présentées ci-après :

- **Formule de Mallet-Gautier :**

Cette formule a été appliquée avec succès pour les petits bassins versants d'Afrique du Nord. Elle se présente sous la forme suivante:

$$Q(T) = 2 \times k \times \log_{10}(1 + aH) \times \frac{A}{\sqrt{L}} \times \sqrt{1 + 4 \times \log_{10}T - \log_{10}A}$$

Avec : Q(T) = débit de pointe pour la période de retour T (m³/s).

L = longueur du drain principal en km.

T = période de retour en an.

A = superficie du BV en km².

H= pluviométrie annuelle moyenne en mm

a = coefficient variant de 20 à 30 (égal à 20 pour le Maroc).

k = coefficient variant de 0.50 à 6,00

- **Formule de Fuller II :**

Elle donne le débit de pointe. Q(T) pour la période de retour T par la relation :

$$Q(T) = (1 + a \times \log(T)) \times \left(A^{0.8} + \frac{8}{3} \sqrt{A} \right) \times \frac{4}{3} \times \frac{N}{100}$$

Avec: Q(T) = débit de pointe pour la période de retour T (m³/s).

T = période de retour en an.

A = superficie du BV en km².

a = Coefficient dépendant de la pluviosité de la région et varie de 0,8 à 3,5 et de 0.7 à 0.8 au Maroc

N= coefficient pris égale à 80 en plaine, 85 en région accidentée et 100 en montagne.

- **Méthode rationnelle**

Cette méthode repose sur le principe suivant: le débit à l'exutoire d'un bassin soumis à une averse homogène dans le temps et dans l'espace d'intensité I, atteint son maximum lorsque la durée de l'averse est égale au temps de concentration du bassin. La méthode rationnelle, décrite dans les Recommandations pour l'Assainissement Routier SETRA de 1982, s'énonce comme suit :

$$Q_t = \frac{C * I(T, T_c) * A}{3,6}$$

Où : Q_t : Débit de pointe en m³/s pour la période de retour T.
 I : Intensité de la pluie en mm/h.
 T : Période de retour (ans)
 T_c : Temps de concentration en min
 A : Superficie du bassin versant en km².
 C : Coefficient de Ruissellement

L'intensité est calculée par la formule de Montana qui s'exprime : $I = 60 * a * t^{-b}$
 A défaut de courbes IDF représentatives de la zone de l'étude, les paramètres a et b de MONTANA sont extraits de l'étude du Schéma Directeur National d'Assainissement Liquide (Juin 1998).

Le coefficient de ruissellement C est estimé à partir des données relatives au relief, aux perméabilités et aux surfaces.

• **Formule de Hazan-Lazarvic :**

$$Q(1000) = k_1 A^{k_2}$$

Où : Q(1000) débit de pointe de période de retour 1000 ans
 A = superficie du BV en km².

Les valeurs des paramètres k1 et k2 dépendent de la situation géographique de la zone et de sa pluviométrie moyenne annuelle. Ils sont donnés dans le tableau suivant:

Tabl.3. Paramètre k1 et k2

	Province du Nord			Moyen Atlas			Haut Atlas
	Rif central	Rif occidental	Rif oriental				
k1	15.55	9.78	7.58	14.94	13.51	13.47	9.38
k2	0.776	0.793	0.808	0.636	0.613	0.587	0.742
Pluviométrie (mm)	1000-1300	800-1000	600-800	700-900	500-700	400-500	200-400

La transposition des débits des crues milléniales aux débits de récurrence T se fera par la

$$Q(T) = Q(1000) \times \frac{1 + a \log(T)}{1 + a \log(1000)}$$

formule du Fuller I qui s'écrit comme suit :

Avec: Q(T) = débit de pointe pour la période de retour T (m³/s).

a = Coefficient régional variant de 0.8 à 2 pour la partie du nord du Maroc, 2 à 3.5 pour le Rif.

RESULTATS ET DISCUSSION

1. La physiographie du bassin versant

La détermination des caractéristiques physiques d'un bassin versant est nécessaire pour déterminer et analyser son comportement hydrologique.

L'analyse du Modèle Numérique du Terrain (MNT) a permis d'identifier les caractéristiques morphologiques récapitulées dans le tableau suivant :

Tabl.4. Caractéristiques morphométriques du bassin versant de Oued Kert

Superficie (Km ²)	Longueur (Km)	Pente moyenne	Hmax	Hmin
3014.58	127.238	0.0114	1446	0

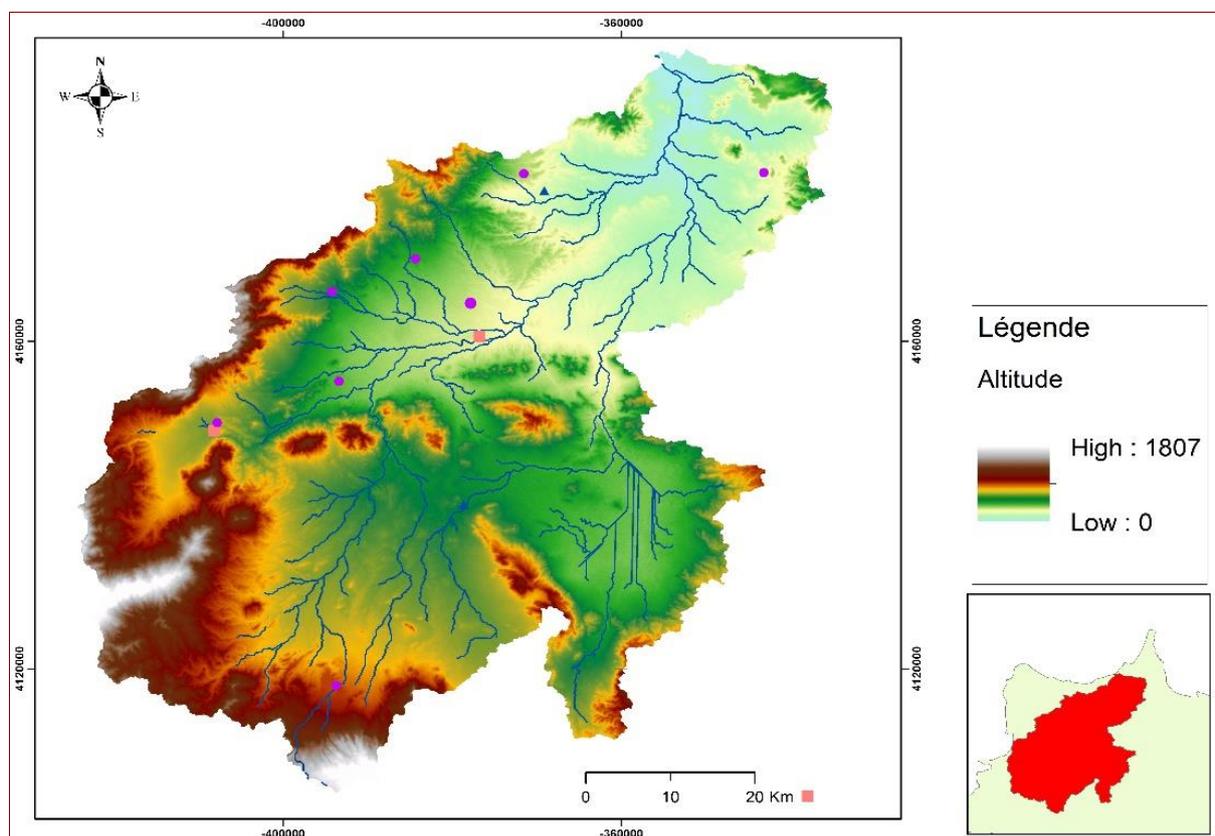


Fig.2. Carte des altitudes du bassin versant de Kert

La forme du bassin versant a une grande influence sur l'écoulement global et surtout sur la forme de l'hydrogramme résultant d'une pluie donnée. Les caractéristiques de forme permettent de déterminer la configuration géométrique et la forme du bassin telle que projetée sur un plan horizontal. On a utilisé les indices suivants (Tabl.5):

- Indice de compacité de Gravellius (Kc)
- Indice de forme de Horton
- Rectangle équivalent

Tabl.5. Calcul de quelques indices du bassin versant de Oued Kert

Indice de compacité de Gravellius	Indice de forme de Horton	Longueur équivalente (Km)	largeur équivalente (Km)
2.00	0.19	178.84	16.86

D'après le tableau ci-dessus, nous constatons que le bassin versant de Oued Kert se caractérise par une forme allongée ($K_c > 2$ et $K_H < 1$) ; par conséquent, nous pouvons estimer que sa réponse hydrologique tendra à être lente. Mais en réalité, il est très difficile de

confirmer cette hypothèse, tant que nous n'avons pas encore analysé l'impact des autres caractéristiques physiographiques du bassin versant étudié.

La plupart des facteurs météorologiques et hydrologiques sont fonction de l'altitude. La courbe hypsométrique traduit la répartition des altitudes à l'intérieur du bassin versant et permet, en outre de déterminer les altitudes caractéristiques.

La courbe hypsométrique fournit une vue synthétique de la pente du bassin, donc du relief. Cette courbe représente la répartition de la surface du bassin versant en fonction de son altitude.

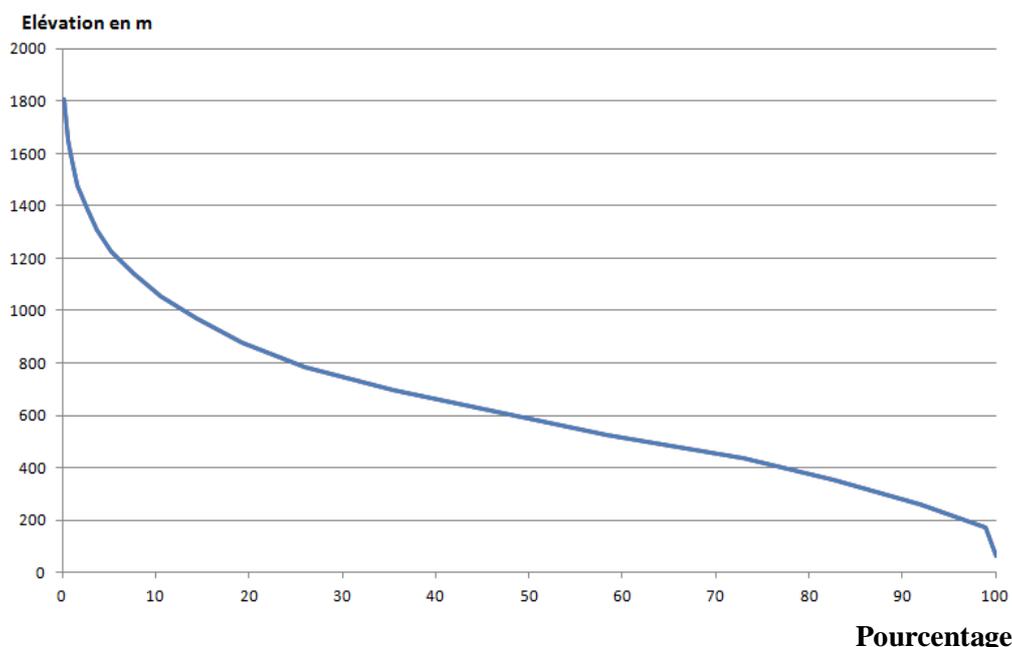


Fig.3. Courbe hypsométrique du bassin versant de Kert

La tranche altitudinale de 1200-1800 représente moins de 10% de la surface globale donc le bassin est quasiment plat et l'énergie du relief est faible. L'altitude médiane, $h(50\%)$, de cette courbe est égale à 600m.

2. Le temps de concentration

Le temps de concentration TC des eaux sur un bassin versant se définit comme le maximum de durée nécessaire à une goutte d'eau pour parcourir le chemin hydrologique entre un point du bassin et l'exutoire de ce dernier.

L'application des différentes méthodes présentées plus haut pour le calcul du temps de concentration a donné les résultats suivants (Tabl.6):

Tabl.6. Temps de concentration du bassin versant de Kert (h)

Giondotti	Turrazza & Passini	Ventura	Kirpich	Espagnole	Van Te Chow	Californienne	US Corps	Tc retenu
13.493	73.294	65.495	15.502	29.647	15.506	33.973	27.476	14.834

Le temps de concentration retenu est la moyenne des temps de concentrations des valeurs comparables et assez voisines. Pour les grands bassins versants et les bassins versant à grande pente le temps de concentration retenu est la moyenne des temps de concentration calculés par les formules de Giandotti, Kirpich et Van Te Chow. Pour les petits bassins versants ayant de faibles pentes, le temps de concentration retenu est la moyenne de ceux

calculés par toutes les formules à l'exception de Giandotti qui donne un temps de concentration plus grand.

D'ailleurs, l'article paru dans la revue marocaine du Génie Civil n°: 62 de mars 1996 confirme que la méthode de Giandotti surestime largement les temps de concentration et que la formule de Kirpich est plus appropriée pour les bassins montagneux et donc donne des temps de concentration assez courts.

3. Estimation des débits de pointe

Pour l'application des formules empiriques, nous avons retenu les paramètres suivants:

Tabl.7. Application de quelques formules empiriques du bassin versant de Kert

K (Formule de Mallet Gauthier)	N (Formule de Fuller)	Coefficient de ruissellement	K1 (Formule Hazan Lazarvic)	K2 (Formule Hazan Lazarvic)
2.00	85.00	0.60	7.58	0.808

Le calcul des débits de pointes adonné les résultats présentés dans le tableau suivant:

Tabl.8. Estimation des débits (m³/s)

Méthodes	10	20	50	100	1000
Mallet Gauthier	5145.47	6887.60	8668.95	9803.77	12874.46
Fuller II	1537.51	1743.22	2015.15	2220.85	2904.19
Rationnelle	2719.68	3400.86	4349.19	5065.60	
Hazan Lazarvick	2103.33	2525.44	3083.44	3505.55	4907.77

Dans cette étude, nous nous sommes limités aux quatre méthodes présentées plus haut. Toutefois, il convient de signaler que d'après l'examen des débits de pointe, les débits calculés de période de retour supérieure à 10 ans ne sont pas comparables. Donc, nous allons appliquer la méthode du Gradex postérieurement pour extrapoler le débit centennal.

Afin de calculer les débits des crues pour différentes fréquences de retours, par la méthode du Gradex, il est nécessaire au préalable de figer le débit décennal (pivot de la méthode du Gradex). Pour la période de retour décennale, les débits calculés par les deux méthodes rationnelles et Hazan Lazarevick restent comparables. La formule de Fuller a donné un débit trop faible et Fuller Gauthier a surestimé le débit. Ainsi, le pivot de la méthode sera la moyenne des débits calculés par les deux méthodes rationnelles et Hazan Lazarvic:

$$Q(10) = 2411 \text{ m}^3/\text{s}$$

En tout état de cause, la forme logarithmique de la formule de Gradex, fait que l'influence du débit décennal sur le débit de fréquences plus rare est assez faible.

CONCLUSION

Bien que l'étude et le traitement du bassin versant permettent d'avoir une idée générale sur l'hydrologie de la zone à savoir le temps de concentration et les débits de pointe, ils demeurent insuffisants pour comprendre le comportement exact des eaux en cas de crues. Ce qui oblige le traitement des données statistiques des précipitations et du climat.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Fekkir A (2016). Étude de protection contre les inondations du centre rural de Mestferki (Préfecture Oujda-Angad).
- Guide hydrologique et hydraulique pour le dimensionnement des franchissements routiers, DRCR 1997.
- Lasri M. (2014). Les inondations menaçant l'agglomération de Fès: Caractérisation du bassin versant, étude du risque et cartographie des dangers
- Qadem A. (2015). Quantification, modélisation et gestion de la ressource en eau dans le bassin versant de Haut Sebou (Maroc).
- Schéma Directeur National d'Assainissement Liquide (Juin 1998).

EVALUATION QUANTITATIVE DE L'ÉROSION HYDRIQUE DANS LE BASSIN VERSANT DE L'OUED EL HARRAR (PRERIF ORIENTAL, MAROC), UTILISATION COMBINÉE D'UN SIG ET DE LA TELEDETECTION.

Zakariae AMHANI¹, Abdelatif TRIBAK¹, Khalid ARARI¹, Mohamed ABAHROUR²

1 - LAGEA-DD, FLSH - Sais, Route d'Imouzzer, BP.59, Université Sidi Mohamed ben Abdellah Fès, Maroc.

2- Laboratoire DEP2D, Faculté poly-disciplinaire de Taza, Maroc.

Email: zakariae.amhani@usmba.ac.ma - tribakabdellatif@gmail.com.

RESUME: Le présent travail expose les résultats de notre étude concernant l'évaluation quantitative de l'érosion hydrique, dans le bassin versant de l'Oued El Harrar (89 km²) situé dans les collines marneuses au Nord-Ouest de Taza, est sujet à une dynamique érosive intense dont les processus et les modalités montrent des aspects bien distincts. Les pertes en terre enregistrées annuellement sont impressionnantes ; elles dépassent nettement le seuil de tolérance. L'intégration des cartes thématiques des différents facteurs de l'équation de Gavrilovic (EPM) dans le système d'information géographique SIG avec leurs bases de données a permis d'une manière rapide de montrer la complexité et l'interdépendance des facteurs dans l'analyse des risques d'érosion, de mieux cerner l'impact de chaque facteur et d'évaluer sa contribution en pertes de sol. L'intégration des formules de Gavrilovic a permis de hiérarchiser les différentes zones du bassin versant en produisant une carte synthétique de répartition de degré de sensibilité à l'érosion. Les résultats obtenus permettent l'identification des secteurs à l'échelle du bassin où les interventions sont nécessaires pour limiter les processus de dégradation des sols.

Mots-clés: Maroc, Rif, érosion hydrique, SIG, Equation de Gavrilovic (EPM).

QUANTITATIVE ASSESSMENT OF HYDRIC EROSION IN THE WATERSHED OF WADI EL HARRAR (PRERIF ORIENTAL, MOROCCO), COMBINED USE OF GIS AND REMOTE SENSING.

ABSTRACT: The present work presents the results of our study concerning the quantitative evaluation of water erosion, in the watershed of Oued El Harrar (89 km²) located in the marly hills northwest of Taza. It is subject to an intense erosive dynamic whose processes and modalities show very distinct aspects. The earth losses recorded annually are impressive; they are well above the tolerance threshold. The integration of the thematic maps of the different factors of the Gavrilovic equation (EPM) in the geographic information system GIS with their databases has allowed a quick and efficient way to unravel the complexity and interdependence of factors in erosion risk analysis, to better understand the impact of each factor and to assess its contribution to soil loss. The integration of Gavrilovic's formulas has made it possible to prioritize the different areas of the watershed by producing a synthetic map of the distribution of the degree of sensitivity to erosion. The results obtained allow for the identification of basin-wide sectors where interventions are necessary to limit the processes of soil degradation.

Keywords: Morocco, Rif, Hydric erosion, GIS, Gavrilovic equation (EPM).

INTRODUCTION

Le bassin versant de l'oued El Harrar, situé dans le Prérif Oriental (Maroc), constitue un milieu vulnérable où l'érosion hydrique est à l'origine d'énormes pertes en terres. Ce site est caractérisé par une grande fragilité du milieu naturel et connaît continuellement une grande sensibilité aux agents de l'érosion, Cela est lié à l'interaction de plusieurs facteurs naturels tels que l'agressivité des violentes précipitations concentrées dans le temps et dans l'espace, la présence des pentes fortes, la diminution de la densité de la végétation et surtout la dominance des roches tendres essentiellement marneuses. La zone d'étude n'a pas échappé à l'intervention humaine, qui rend le milieu très vulnérable à l'érosion par la dégradation du couvert végétal, le surpâturage et par les techniques agricoles utilisées qui sont souvent inadéquates. Cette situation contribue à la dégradation des milieux dont souffrent les montagnes rifaines en général et le Prérif oriental en particulier.

Le but de l'étude est de mettre en confrontation le comportement des facteurs qui contrôlent l'érosion hydrique du sol avec l'état de dégradation actuel pour prédire les tendances évolutives et pouvoir apporter les corrections nécessaires afin de lutter efficacement contre ce fléau.

1. DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

Le bassin versant de l'oued El Harrar est façonné dans le Prérif oriental sur une superficie d'environ 89 km². Il s'inscrit dans un contexte morphostructural marqué par la prédominance d'un substrat essentiellement marneux et marno-gréseux du Crétacé et de la fin du Tertiaire, tendre et friable qui constitue un terrain de prédilection pour l'érosion hydrique (Tribak, 2000).

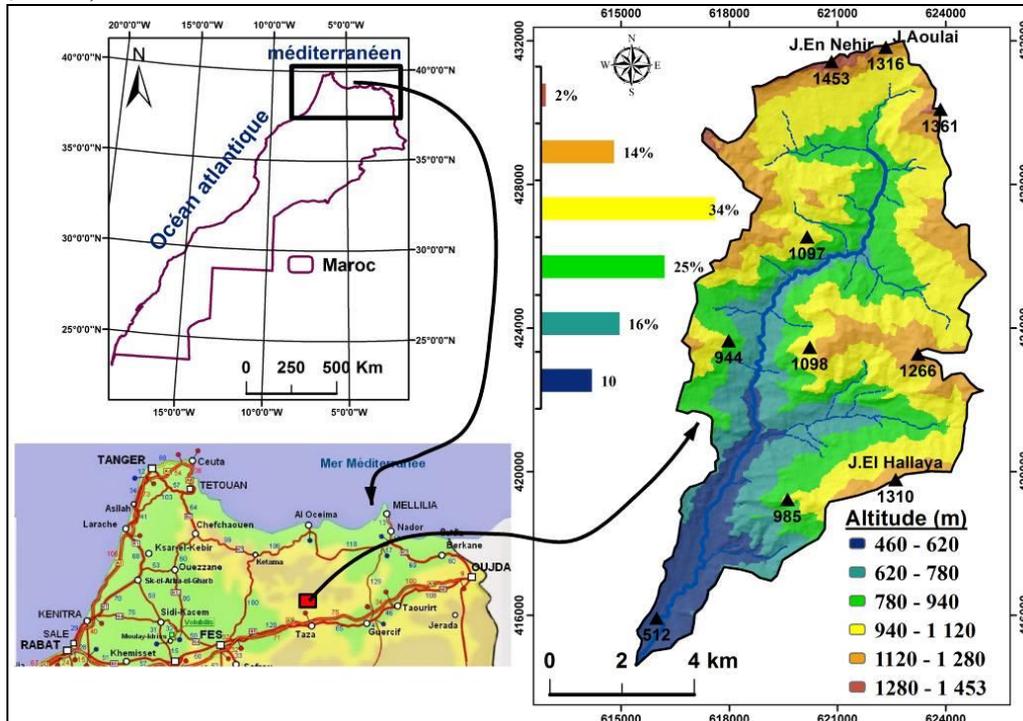


Figure 1. Localisation et hypsométrie du bassin versant de l'oued El Harrar.

Morphologiquement, les parties amont du bassin montrent des crêtes montagneuses dont l'altitude atteint 1453 m, les pentes y sont fortes et dépassent souvent 25%. Vers le Sud

dominant des basses montagnes ainsi que des collines offrant un relief aéré et des pentes moins accusées. L'exutoire du bassin versant de l'oued El Harrar est à 460 m.

Le bassin El Harrar évolue dans un contexte climatique méditerranéen semi-aride, de pluviométrie très variable dans le temps et dans l'espace. Les versants exposés aux perturbations océaniques d'ouest sont bien arrosés, tandis que ceux faisant face à l'est sont plus secs.

La moyenne annuelle des précipitations à la station de Bab El mrouj est de 750 mm au Nord-est du bassin versant. Elle n'est que de 600 mm à la station de Taza, située au Sud du bassin. Les grosses averses peuvent se manifester en hiver, comme en automne ou au printemps. Elles sont souvent concentrées en quelques jours, voire en quelques heures seulement. Leurs valeurs quotidiennes peuvent dépasser 80 mm. La série pluviométrique obtenue à la station de Taza montre que les averses quotidiennes situées entre 33 et 76 mm correspondent à des périodes de retour allant respectivement de 2 à 5 ans. De même, des quantités situées entre 65 et 89 mm sont assez fréquentes, avec une récurrence de l'ordre de 10 ans (Tribak, 2000).

L'occupation des sols est représentée essentiellement par la céréaliculture, très peu d'arboriculture et une végétation naturelle sous forme de matorrals dense sur des surfaces restreintes.

2. MATERIEL ET METHODES

La méthodologie adoptée en vue d'atteindre les objectifs fixés a pour but final l'élaboration d'une carte synthétique sur les pertes en sol de l'érosion hydrique. Le modèle EPM « Erosion Potential Method » (Gavrilovic et al 2006) a été conçu dans les années 50 par Gavrilovic pour les bassins versants d'ex-Yougoslavie. La méthode a été développée pour la prédiction des taux d'érosion annuel des sols d'un ensemble de type d'érosion (érosion en nappe, érosion en rigoles et en ravins et sapement des berges) pour la gestion des pratiques de lutte contre l'érosion. Ils se basent sur la cartographie et la combinaison de six paramètres qui sont la pente, la sensibilité des sols à l'érosion, l'état érosif, la protection des sols, la température et les précipitations. L'application du modèle nécessite la cartographie et l'intégration dans un SIG de tous les paramètres nécessaires à l'application du modèle empirique et l'utilisation des techniques d'analyse spatiale pour évaluer les pertes en sol et estimer le poids de chaque facteur et de leur effet combiné d'une part et de démêler leur interdépendance d'autre part.

Le volume annuel moyen des sédiments érodés désignés par la lettre (W) est déterminé de la manière suivante :

$$EPM(W) = T \times H \times \pi \times (\sqrt{Z^3})$$

Où: $T = (0.1 \times tc^\circ) + 0.1$

Et : $Z = Xa \times Y \times (\varphi + (\sqrt{Ja}))$

T : le coefficient de température

tc : Température (C°)

H : La moyenne annuelle des précipitations (mm/an-1)

Z : Erosion potentielle

Xa : Le coefficient de la couverture du sol (0.01=<Xa=<1)

Y : Sensibilité des sols à l'érosion (0.1=<Y=<1)

Φ : Le coefficient de type d'érosion (0.1=< Φ =<1)

Ja : La pente en (%)

Ces facteurs sont calculés à partir des images satellitaires, des cartes pédologiques et des cartes topographiques. Le facteur (Ja) de la pente est calculé à partir du module numérique de terrain d'une résolution de 30m, le facteur de la sensibilité des sols à l'érosion (Y) est réalisé à partir de la carte pédologique 1/50000 par la codification des types des sols selon les normes proposées par Gravičovic, le facteur (H) moyenne annuelle des précipitation est généralisé par le model d'analyse spatiale IDW (Inverse distance weighted) à partir des données des précipitations disponible (8stations) entre 1970 et 2015.

Les trois facteurs dynamiques qui restent sont extraits à partir des images satellitaire de Landsat TM, dont le facteur (T) de la température est calculé après une correction radiométrique dans la bande d'infrarouge thermique TM6, le coefficient de la couverture du sol (Xa) est réalisé par l'ajustement de l'indice de végétation normalisé (NDVI) pour l'adapter à la norme de ce coefficient, le facteur (φ) de l'état érosif est calculé selon Milevski et al. (2008) :

$$\varphi = \sqrt{\frac{TM3}{Q_{\max}}}$$

On a par ailleurs : $Q_{\max} = \frac{(\pi(L_{\max} - L_{\min})) + L_{\min} \times d^2}{ESUN \times \cos(\text{sunelevation})}$

Ou L max : la valeur maximale de la luminance, L min : la valeur minimale de la luminance, d : distance du soleil (en unité astronomique), ESUN : TM3= 1536 (valeur constante matérialisent une partie du rayonnement solaire absorbé par l'espace extra-atmosphérique), sunelevation : angle d'élévation du soleil.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1- L'état érosif potentiel :

Le facteur Z est l'un des indicateurs le plus important dans le module de Gavrilovic car un ensemble de variables est utilisé pour calculer ce paramètre, il permet de suivre dans le temps et dans l'espace l'évolution de l'érosion et les changements au niveau de l'occupation du sol. Les stades de l'érosion selon Z sont classés par (Gavrilovic Z. et al.2006) en cinq catégories (Tableau.1).

Tableau 1. Classe des états érosifs potentiels.

Valeur (Z)	Etat érosif
1.01- (>1.51)	Très élevé
0.81-1.0	élevé
0.41-0.80	Modérée
0.20-0.40	Faible
0.01-0.19	Très Faible

Le Facteur Z réunit les facteurs ayant une incidence sur l'importance de l'érosion et se présente comme suit: $Z = Xa \times Y \times (\varphi + (\sqrt{Ja}))$

- L'indice (Xa) facteur de protection du sol par la couverture végétale, est le plus important, il contrôle le risque d'érosion des sols. La protection du sol par le couvert végétal dépend de la nature de l'occupation des sols et de la densité de recouvrement. L'élaboration du facteur Xa du bassin versant de l'oued El Harrar (Figure. 2) est faite par l'analyse des images satellitaires Landsat, par des observations de terrain et à la base des critères spécifiés par Gavrilovic et un

groupe de chercheurs (Tableau.2). Les valeurs du facteur Xa de la zone d'étude se situent entre 0.1 pour les zones à forte densité de végétation et 1 pour les zones des Badlands.

Tableau 2. Type d'occupation et leurs valeurs selon Gavrilovic.

Type d'occupation	(Xa)
Forêts mixtes denses et matorrals	0.05 - 0.2
Forêts de conifères	0.2 - 0.4
Pâturage et matorrals dégradés	0.4 - 0.6
Pâturage et terrain cultivés	0.6 - 0.8
Terrain Inculte/Badlands	0.8 - 1

- L'indice (ϕ) de l'état érosif est calculé à partir des images satellitaires Landsat selon la formule de Milevski, en divisant la racine carrée de la bande 3 (TM3) par la valeur maximale du rayonnement (Qmax). L'analyse des résultats de cette formule montre que les valeurs maximales ont été enregistrées dans les zones des Badlands. Par contre, les valeurs minimale sont enregistrées dans les zones forestières.

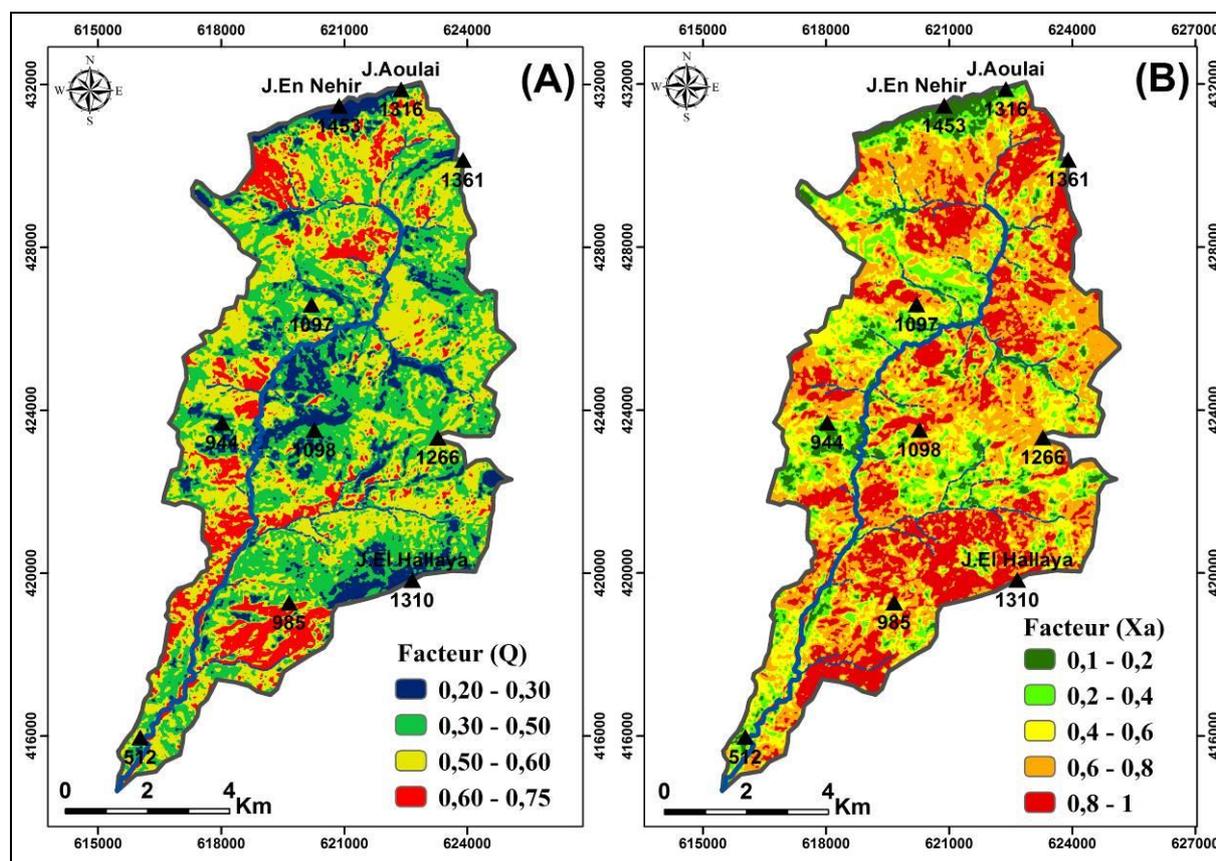


Figure 2. (A)-carte des états érosifs. (B)-carte de protection du sol.

- L'indice (Y) est fonction des matières organiques et de la texture des sols, de la perméabilité et de la structure du profil. Il varie de 0.46 pour les sols les plus fragiles à 0.25 sur les sols les plus stables (Tableau.3). Nous avons évalué l'indice Y des différents types de sols à l'aide du Nomogramme de Wischmeier en utilisant la carte pédologique du bassin, les analyses de sols et les données d'infiltrabilité des sols obtenues par la méthode de simulation des pluies (Tribak et al. 2006).

Tableau 3. Erodibilité des différentes unités pédologiques.

Type du Sol	(Y) métrique t/ha
Sol Fersialitique	0,25
Sol Calcimagnésique	0,27
vertisol	0,36
Sols Peu évolué d'apport alluvial	0,39
Sols Peu évolué d'érosion	0,44
Sol calcimagnésique ou peu évolué d'érosion	0,44
Sols isohumiques	0,46

-L'indice (Ja) de pente l'un des facteurs principale dans les processus morphogénique sur les versants. Elle contrôle la capacité du ruissellement au détachement et du transport de particules, (Tribak, 2000). La carte des pentes (Figure.3) montre la dominance des pentes très fortes (>25%) qui couvrent 70%, la classe des pentes fortes (15% - 25%) touchent 18%, la classe des pentes moyennes (5% - 15%) affectent 9%, par contre la classe des pentes faibles (<5%) ne dépasse pas 3% de la superficie totale de la zone d'étude.

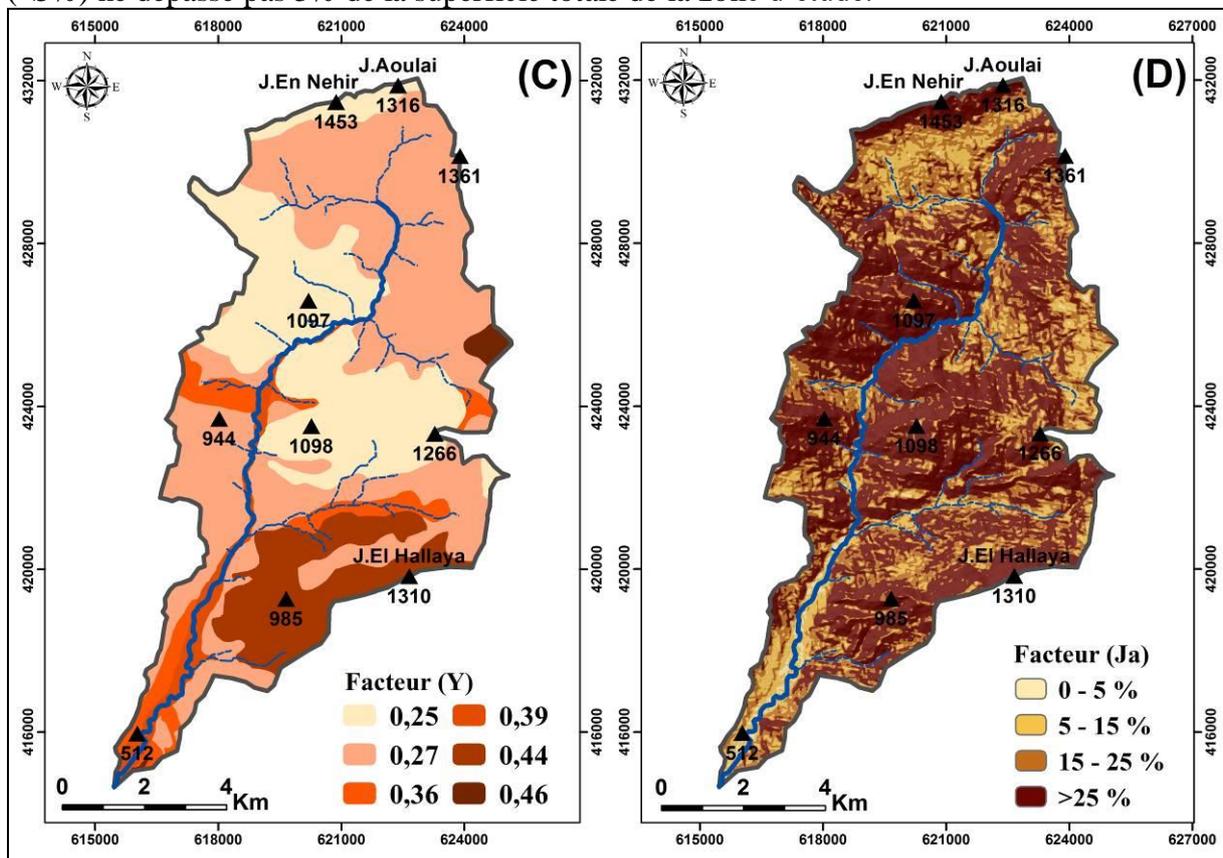
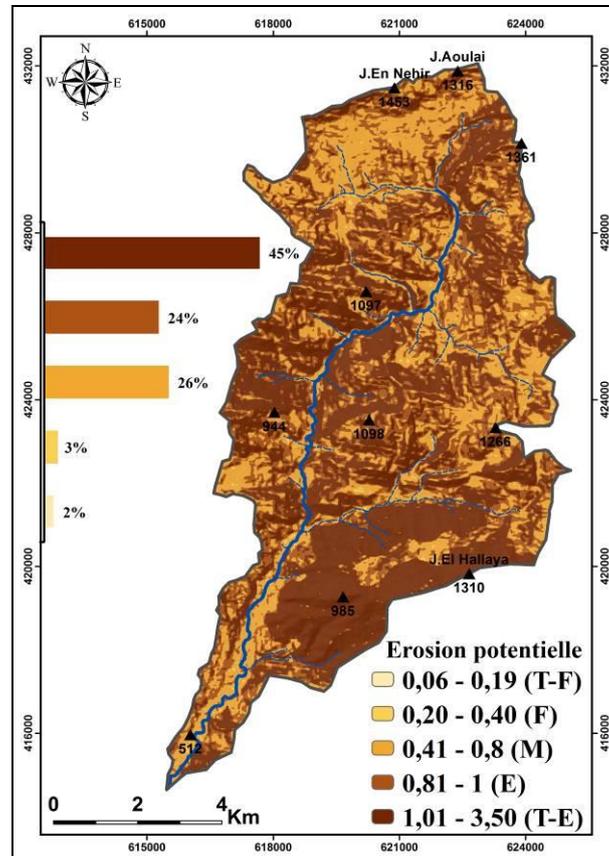


Figure 3. (C)-carte de sensibilité des sols à l'érosion. (D)-carte des classes de pente.

L'intégration des facteurs d'érosion (degré de pente, sensibilité des sols a l'érosion, densité de couverture végétale...) dans un SIG, nous a permis de réaliser la carte des états érosifs potentiels (Z) (Figure.4), afin d'hiérarchiser le bassin versant de l'oued El Harrar en unités selon le degré d'état érosif.

L'analyse spatiale de la carte d'érosion potentielle (Figure.4) permet de montrer la répartition des états érosifs dans le bassin versant de l'oued El Harrar. Elle montre que les

classes des états érosifs (très élevé et élevé) occupent 69% de la superficie totale, la classe d'érosion modérée couvre une superficie qui représente 26% de la superficie totale, par contre les classes des états faibles et très faible sont moyennement représentées avec des pourcentages qui ne dépassent pas 5% de la superficie totale du bassin versant de l'oued El Harrar.



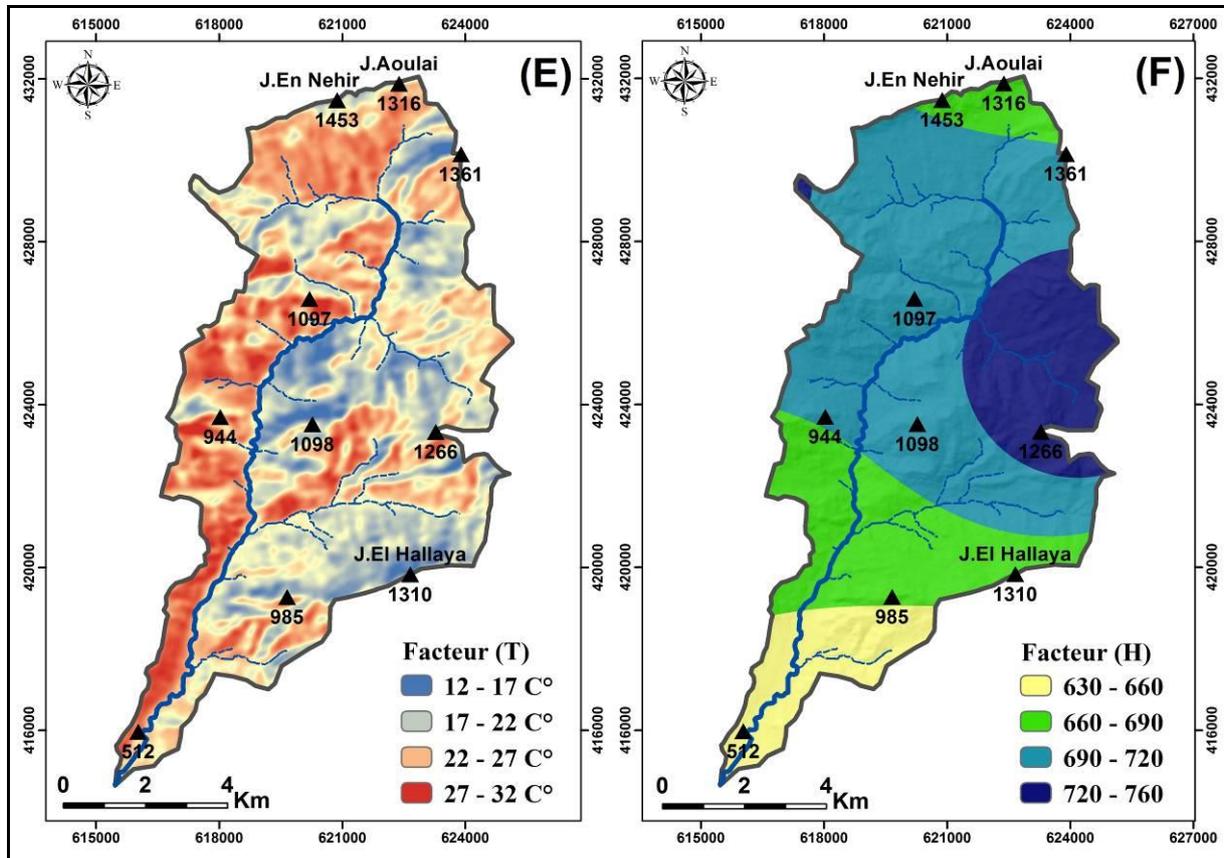
3.2- les volumes des pertes selon le module (EPM) :

Le produit de la phase d'intégration des facteurs (H, T et Z) dans un SIG selon la formule de Gavrilovic est la carte finale des volumes annuels des sédiments érodés (Figure.6). L'application du modèle nécessite la cartographie et la réalisation des facteurs des précipitations et de la température.

-L'indice (T) de la température est l'un des facteurs important dans le module de Gavrilovic en raison de son influence sur les sols. Les hautes températures d'été influent sur les sols. Ceux-ci deviennent fragiles et très sensibles au choc des gouttes de pluie qui provoquent les processus d'érosion hydrique et les pertes des sols (Comité Français des Géo-synthétiques) Alors que pendant la saison d'automne, la première pluie forme sur les surfaces, qui se caractérisent par la vulnérabilité des sols, une couche imperméable (la croûte de battance) qui favorise des ruissellements importants qui peuvent donner des formes élémentaires d'érosion. L'analyse de la carte (Figure.5) des températures moyennes montre que la température diminue avec l'altitude, il y a aussi un contraste clair entre les versants ensoleillés et les versants ombragés.

-L'indice (H) des précipitations est le facteur moteur de l'érosion hydrique. La quantité et l'intensité d'une pluie déterminent et influencent l'érosion en surface du sol. L'averse d'une

intensité donnée agit comme source d'énergie pour la séparation des particules du sol et l'écoulement généré par la pluie comme moyen de leur transport (Comité Français des Géosynthétiques).



Les résultats des pertes en sol extraits à partir du modèle (EPM) pour l'ensemble du bassin versant sont de $12300 \text{ m}^3/\text{Km}^2/\text{an}$ en moyenne. Les pertes maximales et minimales sont respectivement de $24588 \text{ m}^3/\text{Km}^2/\text{an}$ et de $28 \text{ m}^3/\text{Km}^2/\text{an}$. La comparaison de nos résultats avec la classification de (ZACHAR D.1982), dans son ouvrage (soil erosion) où il classe les taux d'érosion en 6 stades (tableau.4). En se basant sur cette classification, les pertes en sol établies par le modèle de Gavrilovic sont inégalement réparties dans le bassin versant (Figure.6). Environ 5 % des terrains présentent une faible prédisposition à l'érosion hydrique, l'érosion modérée touche 20 %. Par contre, 26 % de la surface sont des terrains à érosion forte. Les états d'érosion très forte et catastrophique affectent 48% de la surface totale du bassin versant de l'oued El Harrar.

Tableau 4. Répartition des classes des pertes dans le bassin El Harrar.

Code	Classe ($\text{m}^3/\text{km}^3/\text{an}$)	Type d'érosion	Superficie (Km^2)	Superficie (%)
1	<50	insignifiante	0,74	1
2	50 -500	Faible	4,66	5
3	500-1500	Modérée	18,39	20
4	1500-5000	Forte	22,40	26
5	5000-20000	Très Forte	35,39	40
6	>20000	Catastrophique	6,94	8

L'analyse de corrélation au moyen de coefficient de Pearson (r) (Tableau.5), a permis la mesure de la force de la relation linière entre les facteurs causaux et les résultats des pertes en sol, la matrice de corrélation montre que les pentes avec un coefficient de corrélation ($r=0,62$) est le facteur dominant. Les autres facteurs qui contrôlent l'érosion hydrique dans le bassin versant de l'oued El Harrar sont par ordre d'importance, la sensibilité des sols ($r=0,55$), la protection du sol ($r=0,51$), les précipitations ($r=0,23$) et la température ($r=0,21$).

Tableau 5. Coefficient de corrélation de Pearson (r) entre les pertes en sol et les facteurs causaux.

	EPM	Z	Q	H	Ja	T	Xa	Y
(EPM)	1	0,89	0,10	0,23	0,62	0,21	0,51	0,55
(Z)	0,89	1	-0,027	-0,26	0,63	-0,26	0,67	0,54
(Q)	0,10	-0,027	1	-0,11	-0,075	0,66	0,2	0,56
(H)	0,23	-0,26	-0,11	1	-0,006	-0,15	-0,26	-0,007
(Ja)	0,62	0,63	-0,075	-0,006	1	-0,21	-0,18	-0,48
(T)	0,21	-0,26	0,66	-0,15	-0,21	1	0,32	-0,14
(Xa)	0,51	0,67	0,2	-0,26	-0,18	0,32	1	-0,13
(Y)	0,55	0,54	0,56	-0,007	-0,48	-0,14	-0,13	1

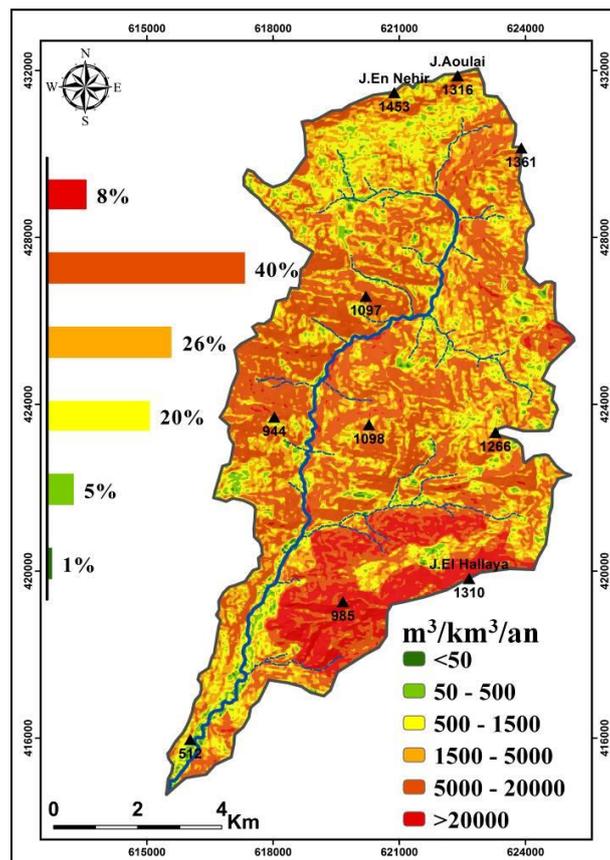


Figure 6. Carte des classes des pertes en sols dans le bassin El Harrar.

La superposition de la carte des formes d'érosion et la carte des pertes en sols établie par le module de Gavrilovic a permis de montrer que la classe d'érosion insignifiante a faible correspond à des zones où la dégradation des terres est moins prononcée. Les manifestations de l'érosion dans ces zones se traduisent par un lent décapage superficiel des sols résultant d'un ruissellement diffus ou d'une érosion en nappe. La classe d'érosion modérée à forte correspondant au stade avancé de l'érosion. Elle est caractérisée par l'apparition des rigoles

sous formes des sillons peu profonds. Les eaux de ruissellement creusent d'avantage en donnant naissance à des ravines. Par contre la classe d'érosion très forte à catastrophique correspond à un stade très évolué de l'érosion, est caractérisée par une perturbation totale de la surface des sols.

CONCLUSION

L'intégration dans le SIG du modèle de Gavrilovic a permis d'hierarchiser les différentes zones du bassin versant en produisant une carte synthétique de répartition des degrés de sensibilité à l'érosion et de déterminer le taux d'érosion ($12300 \text{ m}^3/\text{Km}^2/\text{an}$ en moyenne).

La carte des pertes en sols fournit des informations sur l'état actuel de la dégradation des sols en se basant sur les degrés d'influence des différents facteurs qui contrôlent l'érosion hydrique. La carte fait ressortir six états érosifs. Environ 5 % des terrains présentent une faible prédisposition à l'érosion hydrique, l'érosion modérée touche 20 %, 26 % de la surface sont des terrains à érosion forte, Les états d'érosion très forte et catastrophique affectent 48% de la surface totale du bassin versant de l'oued El Harrar. Cela montre que le bassin versant de l'oued El Harrar présente des terrains à superficie importante vulnérable à l'érosion. Ces conditions ont des répercussions négatives sur la productivité des sols et par conséquent sur la qualité de la vie de la population locale.

Références bibliographiques

- Chaaoua J., Faleh A., Sadik, A., Mesrar H. (2013). Télédétection, SIG et modélisation de l'érosion hydrique dans le bassin versant de l'oued Amzaz. Rif Central. Revue française de photogrammétrie et de télédétection .July 2013, pp. 19-25.
- Comité Français des Géo-synthétiques (2003). Recommandations pour l'utilisation des géosynthétiques dans la lutte contre l'érosion, 128 p.
- Gavrilovic Z., Stefanovic M., Melojivec M. and Cotric J. (2006). Erosion Potential Method. An Important Support For Integrated Water Resource Management. Balwois Conference 2006. Ohrid. Macedonia, 14 p.
- Leblanc D. (1979). Etude géologique du Rif externe oriental au Nord de Taza (Maroc). N.M.S.G.M. n°281, Rabat, 159p.
- Milevsi L. (2008). Estimation of soil erosion Risk in the Upper part of Bregalnica Watershed- Republic of Macedonia, based on Digital elevation Model And Satellite Imagery. In: 5th ICGIS 2008, Istanbul, Turkey, pp. 351-358.
- Sabir M. (1986). L'érosion hydrique et sa quantification. Mémoire de DEA, Univ. De paris, département de d'hydrologie et de géochimie isotopique, 172 p.
- Tribak A. (2000). L'érosion hydrique en moyenne montagne du Prérif oriental (Maroc): étude des agents et des processus d'érosion dans une zone de marnes tertiaires. Thèse de Doctorat d'Etat, Univ. Chouaïb Doukkali, El Jadida, 351 p.
- Tribak A., Arari K., Abahrour M., El Garouani A. and Amhani, Z. (2015). Quantitative Assessment of the Hydric Erosion and the Deposition in a Marly Catchment of Eastern Rif (Case of Wadi Tarmast-Morocco). Annals of Valahia University of Targoviste. Geographical Series Tome 15/2015 Issues 2, pp. 101-111.
- Wischmeier W.H. (1976): Use and misuse of the universal soil loss equation, Journal of Soil and Water Conservation, 31:1, pp. 5-9.
- Zachar D. (1982). Soil Erosion. Elsevier, Amsterdam, the Nederland, 547 p.

L'UTILISATION DU MODELE ENPIRIQUE GARVILOVIC POUR L'EVALUATION QUANTITATIVE DE L'EROSION HYDRIQUE DANS LE PRERIF ORIENTAL : CAS DU BASSIN VERSANT DE L'OUED LARBAA, TAZA-MAROC

Khalid ARARI¹, Abdelatif TRIBAK¹, Zakariae AMHANI¹, Mohamed ABAHROUR² et Mohssin El Ommal¹.

1- LAGEA-DD, FLSH - Sais, Route d'Imouzzer, BP.59, Université Sidi Mohamed ben Abdellah Fès, Maroc.

Email : Khalid.arari.ge@gmail.com - tribakabdellatif@gmail.com

2-Laboratoire DEPF2D, Taza, Faculté polydisciplinaire de Taza, Maroc.

RESUME: La région concernée fait partie du PréRif oriental ; elle est sujette à une dynamique érosive très intense liée à une imbrication de facteurs naturels et anthropiques. La complexité de la structure, caractérisée par la prédominance des charriages, marque la région par un relief disséqué et par des pentes fortes. Le bassin versant de l'oued Larbaâ avec sa superficie de 280 km² est soumis à des conditions climatiques contraignantes marquées par de forts contrastes saisonniers et des abats d'eau brutaux et concentrés dans le temps. La combinaison de ces facteurs entraîne la dégradation du sol et l'érosion hydrique qui provoquent la régression des terres agricoles et par conséquent l'exode rurale vers les villes ou bien l'étranger. Dans le présent travail, nous faisons usage d'un système d'information géographique (SIG) pour la cartographie et l'évaluation quantitative de l'érosion hydrique en utilisant le modèle Gavrilovic (EPM) a permis d'une manière rapide et efficace de démêler la complexité et l'interdépendance des facteurs dans l'analyse des risques d'érosion, de mieux cerner l'impact de chaque facteur et d'évaluer sa contribution aux pertes en sol. L'intégration des formules de Gavrilovic a permis de hiérarchiser les différents zones du bassin versant en produisant une carte synthétique de répartition de degré de sensibilité à l'érosion, de déterminer le taux d'érosion par le ruissellement en nappe et d'établir les facteurs décisifs qui contrôlent l'érosion hydrique qui sont par ordre d'importance la pente, l'érodibilité des sols et la couverture végétale. Cette approche nous a permis de spatialiser un modèle ponctuel d'évaluation de l'érosion et de localiser des zones prioritaires pour d'éventuelles interventions d'aménagement.

Mots clés : cartographie, érosion hydrique, EPM, Maroc, SIG.

ABSTRACT: The Eastern Pre-Rrif is prone to very intense erosion related to an overlap of natural and human factors. The complexity of the structure, characterized by the prevalence of overthrust, marks the area by a dissected relief and steep slopes. Tender lithological families prevail. Almost all of the region is occupied by tertiary marly series. The area is subjected to constraining climatic conditions marked by strong seasonal contrasts with aggressive and concentrated rain. Old and strong human influences are at the origin of a quasi-total eradication of the natural vegetation to the advantage of agrarian conquest. Annual crops cover both the weak and strong slopes. The erosional processes are very varied and the soil losses remain, consequently, enormous and alarming. In this work, we used a geographical information system (GIS) for the cartography and quantitative evaluation of water erosion by model Garvilovich (EPM) soil losses equation under its adapted version to Moroccan conditions. This approach enabled us to spatialize a specific model of erosion evaluation and to locate priority zones for possible management intervention.

Key words: cartography, GIS, Morocco, water erosion, EPM.

Introduction

Les bassins pré-rifains situés au Nord de Taza constituent un milieu fragile et vulnérable intensément affecté par les processus d'érosion. Le contexte structural est marqué par la prédominance de matériaux tendres, essentiellement marneux, dans une structure tourmentée affectée de charriages. La fragilité des matériaux et leur sensibilité à l'érosion

revêtent d'autant plus d'importance que la plupart des terrains sont dénudés et directement exposés aux effets morphogéniques des événements pluviométriques. La forte emprise humaine, à laquelle sont liées différentes modalités d'occupation des sols, explique pour une bonne part, la grande variabilité des phénomènes de dégradation des milieux ayant pour corollaire l'accélération et la diversification des phénomènes érosifs. Dans le présent travail, nous faisons usage d'un système d'information géographique (SIG) pour la cartographie et l'évaluation quantitative de l'érosion hydrique en utilisant le modèle Garvilovic (EPM) des pertes en sols sous sa version adaptée aux conditions marocaines. L'objectif principal est de spatialiser un modèle ponctuel d'évaluation de l'érosion et de localiser des zones prioritaires pour d'éventuelles interventions d'aménagement.

1. DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

Le bassin-versant de l'oued Larbaâ d'une superficie d'environ 280 km², est situé dans le Pré Rif oriental au nord du Maroc (Figure 1), il est caractérisé par une topographie accidentée dont les altitudes varient de 433 m au point le plus bas au niveau de l'exutoire à 1370 m (J.Azdem) au point le plus élevé. Le contexte géologique montre une nette prédominance des terrains marneux tertiaires dans une structure marquée par les charriages. Le climat de la région est caractérisé par de forts contrastes saisonniers avec des pluies brutales et concentrées.

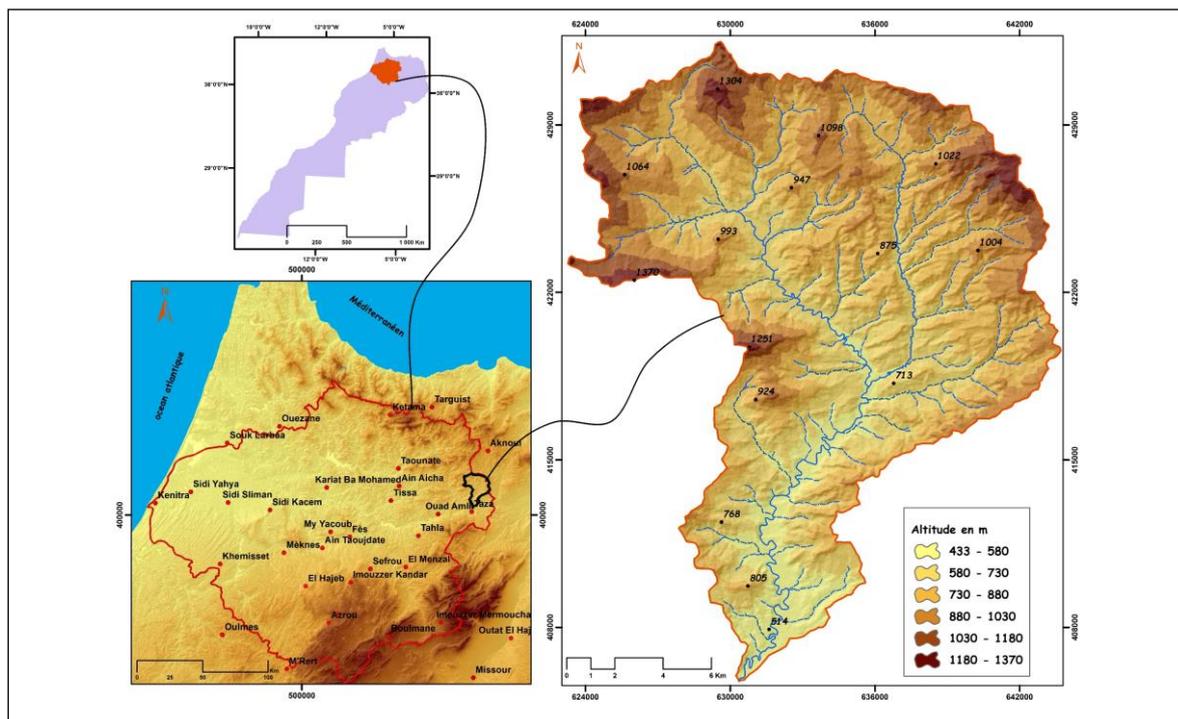


Figure 1. Situation géographique du bassin versant de l'oued Larbaâ (PréRif oriental, Maroc).

2. MATERIEL ET METHODES

La méthodologie du travail consiste en l'intégration et la représentation des informations cartographiques et descriptives des différents facteurs et paramètres de l'érosion dans une plateforme des systèmes d'information géographique. Une base de données à références spatiales contenant toutes les informations quantitatives concernant la zone d'étude a été créée. Le modèle quantitatif d'érosion à base empirique (EPM) permet ainsi de fournir une estimation des pertes en sol, en m³/km²/an, par unité de surface, qui correspond dans le

cas d'utilisation de superposition cartographique sous SIG, au pixel de base du MNT. La méthode a été développée pour la prédiction des taux d'érosion annuel des sols d'un ensemble de type d'érosion (érosion en nappe, érosion en rigoles et en ravines et sapement de berges) pour la gestion des pratiques de lutte contre l'érosion. Il se base sur la cartographie et la combinaison de six paramètres qui sont : la pente, la sensibilité des sols à l'érosion 3, l'état érosif, la protection des sols5, la température, les précipitations.

Le modèle de Garvilovic a nécessité la cartographie et l'intégration dans un SIG de tous les paramètres nécessaires à l'application du modèle empirique et l'utilisation des techniques d'analyse spatiale pour évaluer les pertes en sols et estimer le poids de chaque facteur et de leurs effets combinés d'une part et de démêler leur interdépendance d'autre part. Les facteurs causaux qui contrôlent l'érosion hydrique dans le bassin versant de l'oued Larbaâ ont été étudiés grâce à la télédétection ou bien par la collection des données sur le terrain et nous avons intégré ces paramètres dans le système d'information géographique pour le but d'obtenir une carte final des pertes en sol (w) qui se déterminer par l'équation suivant.

$$EPM(W) = T \times H \times \pi \times (\sqrt{Z^3})$$

$$Z = Xa \times Y \times (\varphi + (\sqrt{Ja}))$$

$$T = \sqrt{\left(\frac{t}{10}\right) + 0.1}$$

Avec T est le coefficient de la température ; H est la moyenne annuelle des précipitations ; t est la température (C °) ; Xa est la couverture du sol ; Y est la sensibilité des sols à l'érosion ; Q est l'état érosif ; Ja est la pente en %, et Z est l'érosion potentielle.

Pour la méthodologie adoptée on a basée sur le schéma suivant qui se montrent les étapes de la réalisation de la carte final de volume de terres érodées.

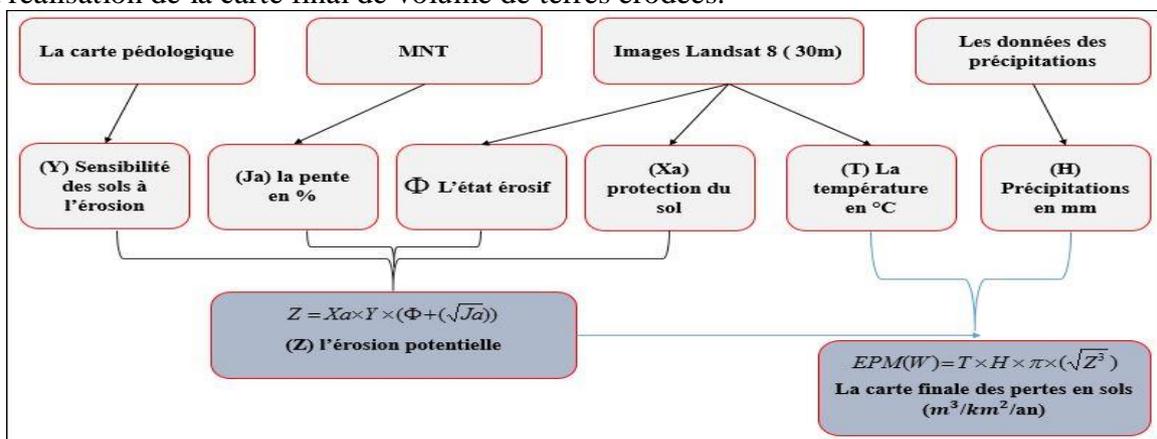


Figure 2. Schéma de la méthodologie adoptée.

Les paramètres de l'équation de Garvilovic sont calculés à partir des images satellitaires, des cartes géologiques et pédologiques : pour le facteur de la pente (Ja), il est calculé à partir de MNT d'une résolution de 30m. Quant au facteur de sensibilité des sols à l'érosion (Xa), il est calculé à partir de la carte pédologique et les analyses granulométriques de chaque type du sol (source: Abahrour Mohamed.2009). Le facteur de précipitations, à son tour, se base sur les stations pluviométriques se trouvant à l'intérieur et à l'extérieur du bv.

Les trois facteurs dynamiques qui restent sont extraits à partir des images satellite de landsat TM et ETM dont le facteur (T) de la température est calculé après une correction radiométrique dans la bande d'infrarouge thermique TM6, le coefficient de la couverture du sol (Xa) est réalisé par l'ajustement de l'indice de végétation normalisé (NDVI) pour l'adapter à la norme de ce coefficient, le facteur (φ) de l'état érosif est calculé selon Milevski et al. (2008) :

$$\varphi = \sqrt{\frac{TM3}{Q_{\max}}}$$

On a par ailleurs :

$$Q_{\max} = \frac{(\pi(L_{\max} - L_{\min})) + L_{\min} \times d^2}{ESUN \times \cos(\text{sunelevation})}$$

Ou L_{\max} : la valeur maximale de la luminance, L_{\min} : la valeur minimale de la luminance, d : distance du soleil (en unité astronomique), $ESUN$: $TM3 = 1536$ (valeur constante matérialisent une partie du rayonnement solaire absorbé par l'espace extra-atmosphérique), sunelevation : angle d'élévation du soleil.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

La région est sujette à une dynamique érosive très intense. La plupart des terrains, dénudés en quasi-totalité, subissent de plein fouet l'effet des événements pluviométriques. Sur la plupart des terrains en pente, la morphogénèse se manifeste par un ruissellement diffus et un décapage intense qui nettoient les surfaces et concentrent un peu partout les plages rocheuses (Tribak A, 2000). Les incisions linéaires s'installent préférentiellement sur les pentes mises en culture ; elles s'encaissent davantage dans les sections où les formations superficielles sont très épaisses (Tribak et al, 2012). Elles varient d'ampleur et d'intensité en fonction des caractéristiques texturales, minéralogiques et chimiques des matériaux affectés (Tribak A, 2000). Les processus de ravinement permettent de soustraire annuellement à la couche arable des quantités importantes de terres.

Les badlands constituent des paysages caractéristiques largement répandus dans la région ; ils se développent sur les marnes et les marnes gréseuses miocènes. Par leur évolution rapide, ils représentent une source importante de sédiments évacués vers les collecteurs principaux. L'intensité de ces manifestations érosives dans la région cause des dégâts effroyables et pose par conséquent des problèmes sociaux et vitaux par les nuisances qui lui sont associées (Tribak A, 2000).

Nous avons concentré notre travail, d'abord, sur une période d'observation des images satellitaires de 33 ans (1984 – 2017) pour calculer le facteur de protection du sol afin de définir les terrains protégés contre le ruissellement (reboisements, forêts...) et les terrains menacés par les processus d'érosion hydrique (terrains incultes), température et l'état érosif. Ensuite, nous avons traité et calculé les bandes des images satellitaires responsables du facteur T selon les saisons pour déterminer la moyenne saisonnière de la température, car ce facteur joue un rôle très important dans la dégradation du sol.

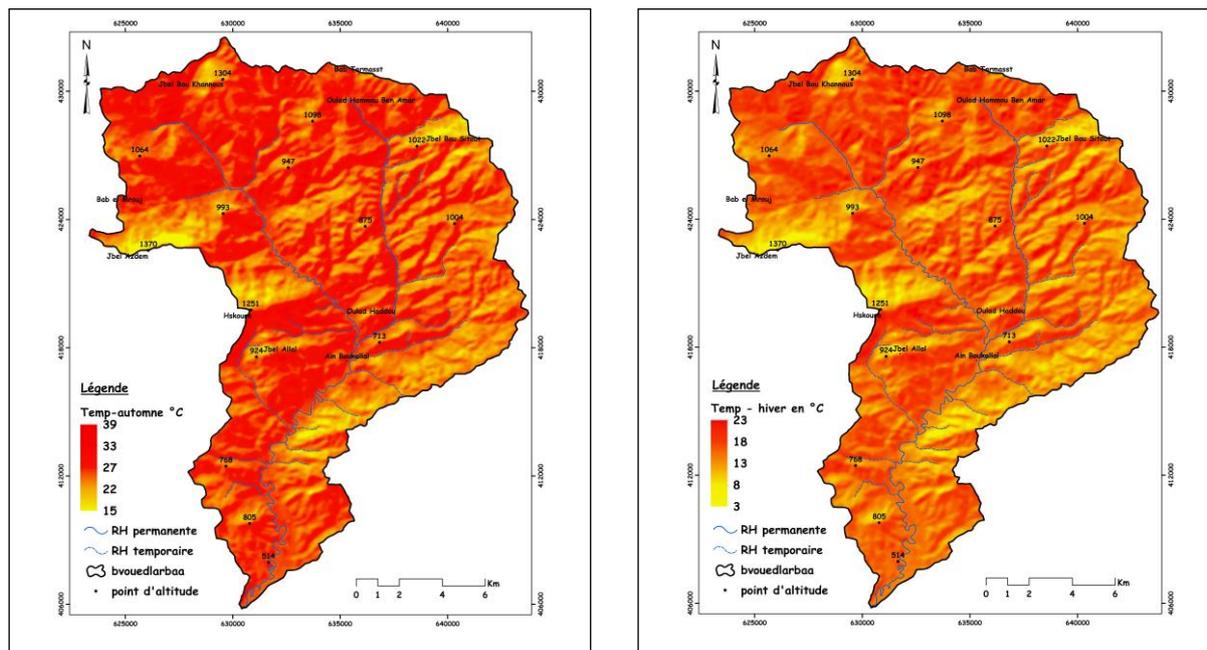


Figure 3. La température du sol des saisons d’automne et hiver du bv de l’oued Larbaâ (1984 – 2017).

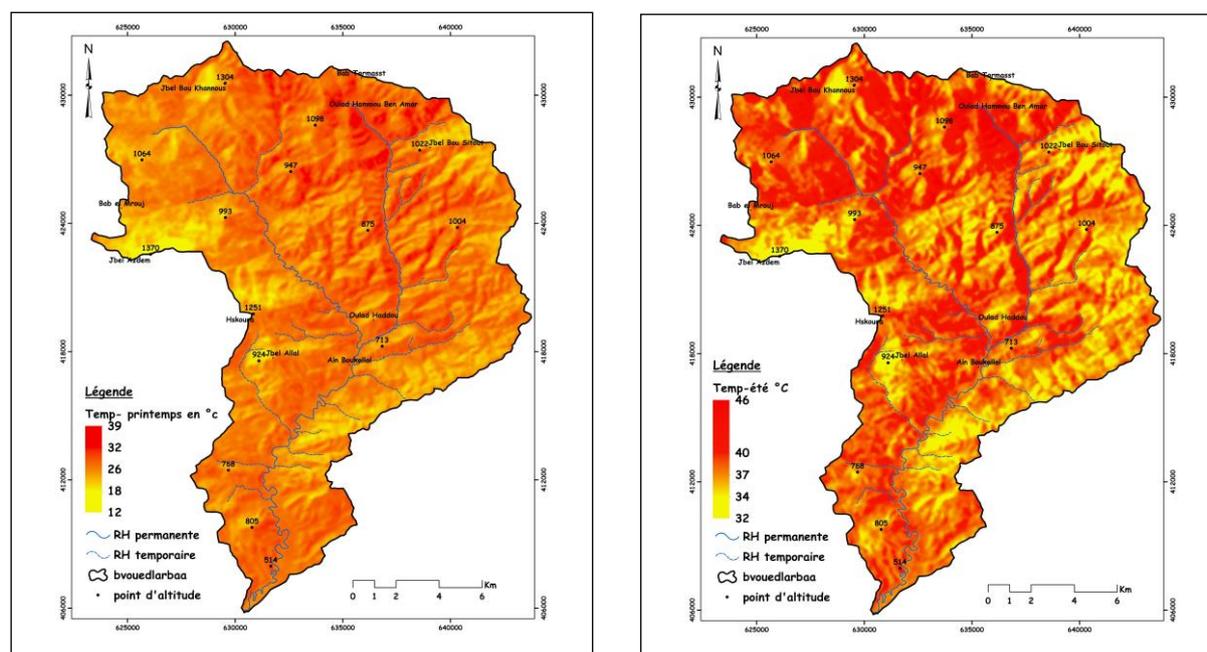


Figure 3. La température du sol des saisons d’été et printemps du bv de l’oued Larbaâ (1984 – 2017).

La comparaison entre les quatre cartes des saisons (1984 – 2017) montre que la température varie d’une saison à l’autre. Ces variations au niveau de la température influencent sur les sols surtout en été et en automne où le sol est plus sec et ouvert se ferme progressivement sous l’effet de splash. Le sol se compacte superficiellement et la vitesse d’infiltration diminue. Ensuite, une fois la rapidité des précipitations dépasse celle d’infiltrations, des flaques peuvent se former. Les particules détachées par la pluie vont se déposer formant une croûte sédimentaire bien nette qui tend à réduire encore plus la capacité

d'infiltration. Ce qui favorise le ruissellement de surface et par conséquent la genèse des sillons linéaires (griffes, rigoles...). Après la détermination de chacun des paramètres qui contrôlent l'érosion hydrique, nous avons superposés et intégré ces paramètres dans le SIG selon le schéma de l'équation des pertes du sol Garvilovich afin d'extraire la carte finale des pertes du sol dans la zone d'étude.

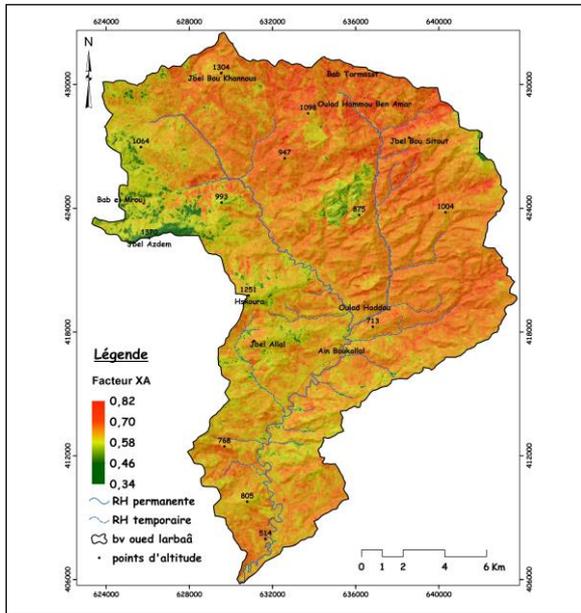


Figure 4. La carte de protection du sol (Xa). sol (Y).

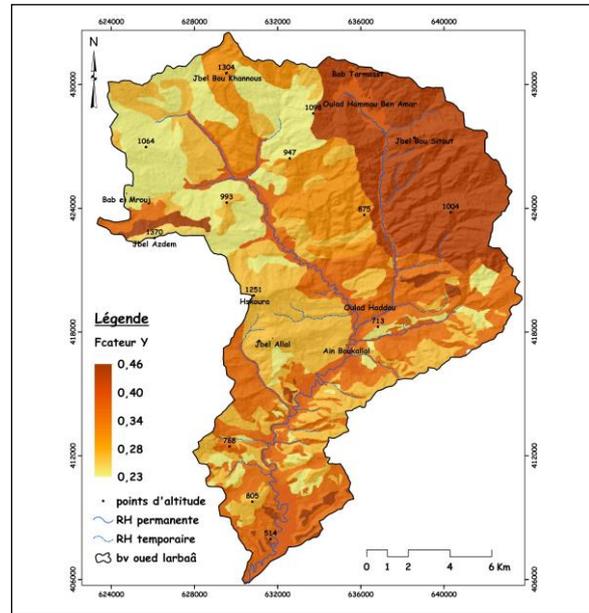


Figure 5. La carte de la sensibilité du

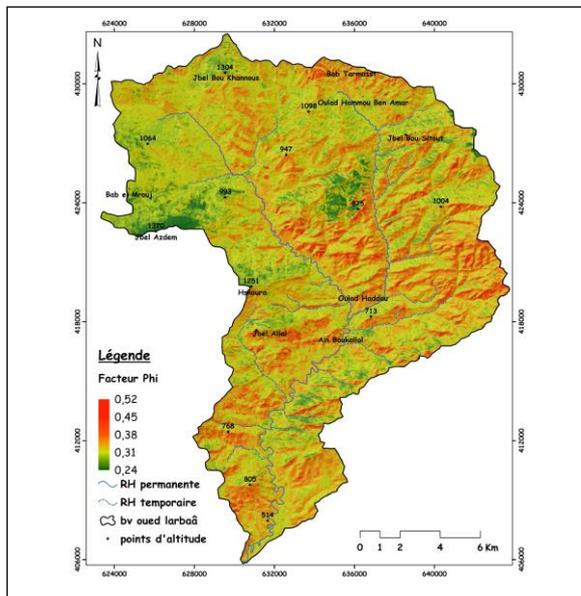


Figure 6. la carte de l'état érosif (Q)

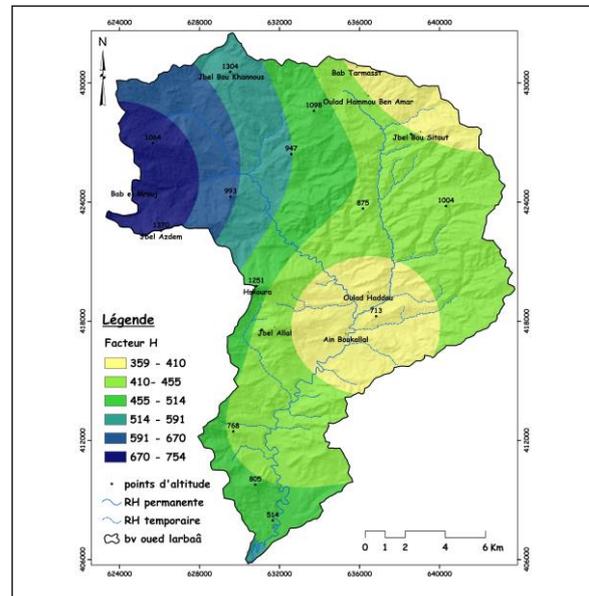


Figure 7. La carte des précipitations (H)

La classification des pertes en sol selon les règles de l'équation de Garvilovich (Figure 8) montrent que 74% et 13% de la superficie du bassin versant de l'oued Larbaâ sont affectés par une érosion hydrique forte et très forte, et 13%, en revanche l'érosion modérée et faible représentent 14% et 0.5% de la surface totale de bv.

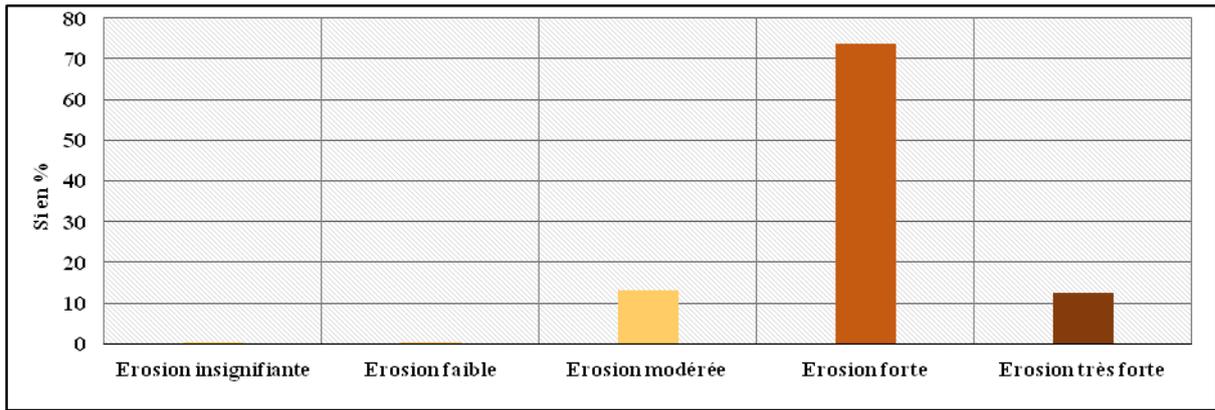


Figure 8. Les classes des pertes en sol du bv de l'oued Larbaâ.

La carte des pertes en sol a été établie en multipliant les différents paramètres (T, H, Y, Xa, Q et Z) qui constituent l'équation de perte en sols de Garvilovic. Cette opération est réalisée à l'aide du logiciel Arc Gis. Cette carte montre, à la fois l'ampleur des pertes en terres dans le bassin versant de l'oued Larbaâ ainsi que leur grande variabilité d'un secteur à l'autre.

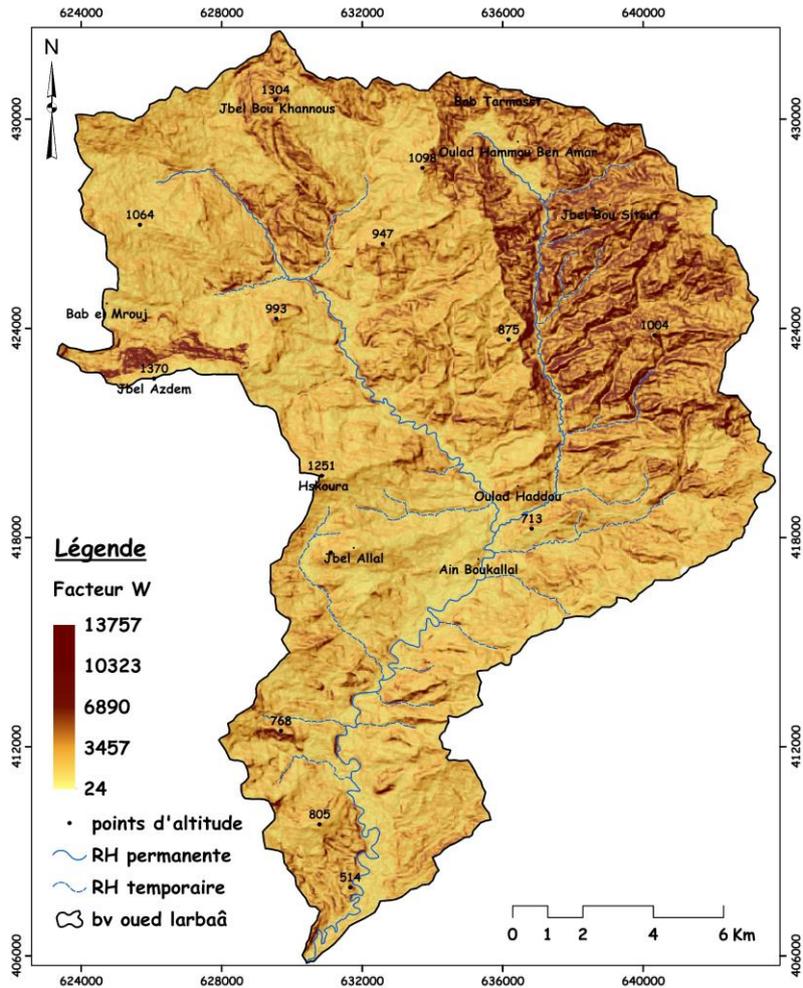
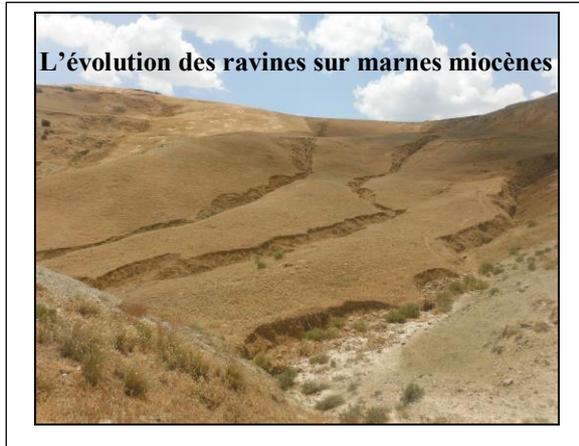


Figure 9 .Carte des pertes en sol selon le modèle Garvilovic dans le bv du l'oued Larbaâ

D'après la carte des pertes en sols et des plusieurs sorties des terrains ; les pertes varient entre 24 m³/km²/an comme valeur minimale mesurée dans les terrains reboisées et

matorrals, par contre la valeur maximale enregistrée 13757 m³/km²/an au niveau des parcours et terrains incultes. Ces derniers correspondent généralement à des régosols ou à des sols peu évolués d'érosion qui sont peu protégés et situés sur de fortes pentes.

La différenciation des pertes de sol observées d'une zone à l'autre du bassin versant de l'oued Larbaâ est liée à l'influence des facteurs physiques et humains différents (Température, pluies, la lithologie, la pente, l'occupation du sol, pâturage...) qui contrôlent l'érosion hydrique.



A partir de la classification et de la numérisation de la carte des pertes en sol Garvolovic pour le but de faire une corrélation entre les facteurs causaux responsables d'érosion hydrique et le volume des pertes (Tabl.1) on observe que la pente avec un coefficient de corrélation de 0,66 est le facteur dominant, les autres facteurs qui contrôlent l'érosion hydrique dans le bassin versant Larbaâ. Les autres sont par ordre d'importance, la sensibilité des sols (0,54), protection du sol (0,3), précipitations (0,10).

Tableau 1. Matrice de corrélation entre les pertes en sol et les paramètres contrôlent.

	EPM	Z	Q	H	JA	T	XA	Y
EPM	1	0,95	0,14	0,1	0,66	0,03	0,3	0,54
Z	0,95	1	0,17	0,36	0,65	-0,05	0,37	0,62
Q	0,14	0,17	1	-0,29	0,03	0,5	0,32	0,13
H	0,1	-0,36	-0,29	1	-0,08	0	-0,35	-0,45
JA	0,66	0,65	0,03	-0,08	1	-0,17	0,06	-0,02
T	0,03	-0,05	0,5	0	-0,17	1	0,18	0
XA	0,3	0,37	0,32	0,35	0,06	0,18	1	0,24
Y	0,54	0,62	0,13	-0,45	-0,02	0	0,24	1

La carte des classes des pertes en sols moyennes annuelles atteste d'une grande fragilité de la partie Est et Nord-Est du bassin taillé essentiellement dans les marnes et les marnes gréseuses miocènes où les valeurs situées entre 6890 et 13757 m³/km²/an et correspondant à d'érosion forte et très forte sont dominantes. Ces dernières s'étendent sur à peu près 242 km², soit 82% de la superficie totale du bassin. Les faibles pertes dominent surtout sur les versants de la rive droite du bassin où sur des zones qui sont caractérisées par des pentes plus ou moins faibles et les zones qui connaissent le reboisement et le matorral. Les pertes en sol

fournies par le bassin versant de l'oued Larbaâ s'élève à 13757 m³ de sédiments annuellement dont une partie est piégée avant la confluence avec l'oued Lahdar et une partie importante de cette quantité contribue à l'envasement du barrage Idriss premier.

Le modèle ne tient pas en compte le facteur anthropique. Cela est dû à la présence d'une population dans le bassin versant. Cette population aurait provoqué des pressions sur les ressources naturelles notamment par le pâturage. Une partie du terrain est un pâturage avec un cheptel assez important qui a des actions sur le tassement des sols et le piétinement qui se favorise la compaction du sol et par conséquent le déclenchement et l'augmentation de la vitesse du ruissellement sur un terrain très sensible (marnes du miocène...) à la dégradation du sol.

CONCLUSION

L'analyse des différents paramètres ainsi que l'évaluation quantitative de l'érosion hydrique dans cette région du Prérif montrent une grande fragilité de ces milieux. Les sols et les formations superficielles issus de terrains essentiellement marneux manifestent une grande susceptibilité à l'érosion aréolaire ceci est d'autant plus important que les terrains sont quasi-totalement nus et mis en culture. L'énorme perte en terre enregistrée annuellement montre une imbrication de facteurs d'ordre naturel et anthropique. Les pertes moyennes en sols susmentionnées dépassent nettement les seuils de tolérances bien qu'elles avoisinent les taux d'ablation enregistrés dans certaines régions du Rif marocain. Ceci reflète l'importance du rythme accéléré de l'érosion dans l'ensemble du bassin et la contribution des différents facteurs précédemment analysés. Néanmoins, il reste à signaler que ces pertes sont inégalement réparties sur le plan spatial; les zones fortement touchées correspondent surtout aux terrains dénudés en pente où s'étendent des régosols ou des sols peu évolués d'érosion.

Références bibliographiques

- Abahrour M., Tribak A. et El Garouani A. (2010) Facteurs de vulnérabilité et l'aggravation des risques d'érosion hydrique dans les basses montagnes pré-rifaines Orientales : Cas du bassin versant de l'Oued Tlata. 7ème Rencontre Nationale des Géomorphologues Marocains, 05-06 Mai 2010, Beni Mellal, Maroc
- Aarari K. (2015). Cartographie et la quantification de l'érosion hydrique dans le bassin versant de l'oued Tarmast (Prérif, Maroc). mémoire master. Faculté de lettres et sciences humaines Fès-Sais.
- Chaaouan J., Faleh A., Sadiki A., Mesrar H. (2013). Télédétection, SIG et modélisation de l'érosion hydrique dans le bassin versant de l'oued Amzaz, Rif Central. Revue française de photogrammétrie et de télédétection. July 2013.
- El Garouani A., Merzouk A., Jabrane R. et Boussema M. R. (2003). Cartographie de l'érosion des sols dans le bassin versant de l'Oued Jemâa (Prérif, Maroc) Revue Géomaghreb 1 pp : 39-46.
- El Garouani A, Chen H, Lewis L, Tribak A et Abahrour M. (2009). Cartographie de l'utilisation du sol et de l'érosion nette à partir d'images satellitaires et du SIG Idrissi au nord-est du Maroc Revue Télédétection, vol. 8, n° 3, p. 193-201
- Heusch B. (1970). L'érosion du Prérif : une étude quantitative de l'érosion hydraulique dans les collines marneuses du Prérif occidental. Annales de recherche forestière au Maroc (Rabat) 1970; 12 (NS) 9-172.
- Leblanc D. (1979). Etude géologique du Rif externe oriental au Nord de Taza (Maroc). N.M.S.G.M. n°281, Rabat, 159p.

- Naimi M, Tayaa M et Ouzizi S. (2004). Cartographie des formes d'érosion dans le bassin-versant de Nakhla (Rif occidental, Maroc) Sécheresse 1E N° 2 2004
- Tribak A. (2000). L'érosion hydrique en moyenne montagne du Prérif oriental (Maroc). Etude des agents et des processus d'érosion dans une zone de marnes tertiaires. Thèse Doctorat d'Etat. 351 p
- Tribak A. (2002). Contraintes du milieu et fragilité d'un espace montagnard marocain : les montagnes du Prérif oriental. Annales de géographie, n° 625, Armand colin, Paris, pp. 227 – 245
- Tribak A. (2005). L'utilisation des terres et le ravinement dans les moyennes montagnes du Prérif oriental (Maroc). Bull Réseau Erosion 23, pp : 236-247.
- Tribak A., El Garouani A., Abahrour M. (2012). Hydrous erosion in the catchment area of the wadi larbaa (rif mountains, morocco): agents, processes and modeling, PRESENT ENVIRONMENT AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT, VOL. 6, no. 2,
- Tribak A, Arari K, Abahrour M, Elgarouani A and Amhani Z. (2015). Quantitative Assessment of the Hydric Erosion and the Deposition in a Marly Catchment of Eastern Rif (Case od Wadi Tarmast-Morocco. Annals of Valahia University of Targoviste. Geographical Series Tome 15/2015 Issues 2: 101-24

Axe 2:

Vulnérabilité et adaptation aux risques naturels.

VULNERABILITE DU LITTORAL DE SAIDIA – NADOR A L'ELEVATION DU NIVEAU DE LA MER: IMPACTS PHYSIQUES ET SOCIO-ECONOMIQUES (MAROC NORD-EST)

Abdelkader SBAI, Omar MOUADILI, Hicham LASGAA, Khadija BENRBIA, Abdelouahid SAIDI, Mimoun BAHKAN, Mohamed EL YADIMI, Mostafa BOUABDALLAH et Mohamed HLAL
(Université Mohamed premier, Oujda).

(Université Mohamed Ier, Oujda) -

Université Mohamed I^{er}, Laboratoire de Géomatique et Gestion des Territoires,
60000, Oujda, Maroc. *Sbai_abdelkader@yahoo.fr*

RESUME: Le littoral nord-est du Maroc est l'une des régions de la côte méditerranéenne du Maroc les plus vulnérables à une montée probable du niveau de la mer. L'analyse des zones d'inondation potentielle et les estimations de la vulnérabilité sont basées sur une approche empirique à partir des évaluations faites par l'IPCC sur l'élévation du niveau de la mer et les scénarios extrêmes de la marée astronomique. Les résultats indiquent que pour une montée de 1 m du niveau de la mer (scénario optimiste), une partie du cordon dunaire de la lagune de Nador (30%) et de la plaine littorale de Saidia (11%) serait submergée. Dans un scénario de remontée du niveau de la mer critique (3 m), ce chiffre monte à 65% à Marchica et à 56% à Saidia et peut entraîner des conséquences catastrophiques. L'analyse de la côte entière indique que toutes les constructions urbaines situées en dessous d'une altitude de 3 m seraient affectées sévèrement par les changements dans le niveau de la mer. Actuellement, la plaine littorale de Saidia – Cap de l'Eau et tout le cordon dunaire de la Marchica sont considérés comme région à haute vulnérabilité. Vu les pertes sévères prédites par les scénarios simulés, les stratégies de la réponse qui identifient les options de l'adaptation les plus appropriées doivent être développées.

Mots-clés : Elévation du niveau de la mer, Risque d'inondation, montée du niveau de la mer, Maroc nord-est.

VULNERABILITY OF THE COAST OF SAIDIA - NADOR AND EXPOSED ISSUES (MOROCCO NORTHEAST).

Abstract: The northeastern coast of Morocco is one of the most vulnerable parts of the Mediterranean coast of Morocco to a probable rise in sea level. Analysis of potential flood zones and vulnerability estimates are based on an empirical approach based on IPCC assessments of sea-level rise and the extreme scenarios of the astronomical tide. The results indicate that for a rise of 1 m sea level (optimistic scenario), part of the sand dune of the Nador lagoon (30%) and the Saidia littoral plain (11%) would be submerged. In a critical sea level rise scenario (3m), this figure rises to 65% in Marchica and 56% in Saidia and can lead to catastrophic consequences. The entire coastline analysis indicates that all urban constructions below 3m would be severely affected by changes in sea level. Currently, the coastal plain of Saidia – Cap de l'Eau and all the Marchica sand dunes are considered to be high vulnerability areas. Given the severe losses predicted by the simulated scenarios, response strategies that identify the most appropriate adaptation options need to be developed.

Keywords: Sea level rise, risk of flooding, sea level rise, northeastern Morocco.

Introduction

Le dernier rapport du Groupe Intergouvernemental sur le Changement Climatique conclut que le climat de la planète connaît indubitablement un réchauffement rapide dû partiellement aux activités humaines (IPCC, 2007, 2008, 2009). D'après ce rapport, les scénarios de l'élévation du niveau de la mer sont de grande inquiétude. L'accélération du taux de l'élévation du niveau de la mer rend non seulement la possibilité d'impacts plus intenses, mais pourrait aussi provoquer une disparition complète des plages sableuses et des marécages.

Au Maroc, les tendances de l'élévation du niveau de la mer varient d'un secteur à l'autre. WARRICK *et al.* (1996) avancent des valeurs à caractère global de 4,9 à 8,6 mm/an. L'objectif de cette étude est d'évaluer la vulnérabilité de la Marchica face à la submersion simulée à partir des scénarios possibles de l'IPCC (2007). Après avoir identifié les enjeux liés à l'élévation du niveau de la mer, nous avons dressé une cartographie prévisionnelle des risques de submersion et analysé les impacts potentiels de ce phénomène.

I. Présentation de la zone d'étude

Le littoral de Saïdia – Marchica fait partie du littoral méditerranéen oriental du Maroc (Fig.1) et s'étend sur 60 km. Il combine des topographies basses, une urbanisation intense et un intérêt écologique, touristique et économique important (Melhaoui et Sbai, 2008, 2009). En outre, il présente plusieurs conflits d'usage des ressources côtières qui sont une des raisons de devenir une des premières régions au Maroc pour faire l'objet de création d'une cellule du littoral à Nador et d'études intégrées sur les problèmes d'érosion côtière, et de gestion intégrée avec la collaboration de plusieurs sphères des pouvoirs publics (Sbai et Bouazza, 2002, MedWetCoast, 2005, Melhaoui et Sbai, 2008).

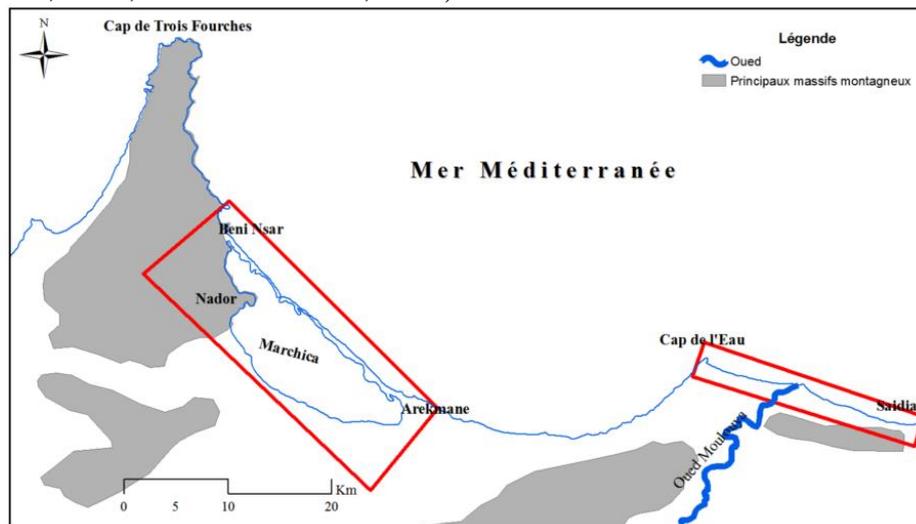


Figure 1. Localisation de la zone d'étude sur le littoral méditerranéen du Maroc

La région concentre de fortes densités de population. Les villes de Nador, Bni Nsar et Arekmane totalisent 223695 habitants. Saïdia et Cap de l'Eau enregistrent 16360 habitants. Cette littoralisation des hommes et des activités s'est accentuée depuis les années 90: attractivité résidentielle, pressions démographiques, artificialisation du territoire, dégradation des espaces et dynamiques naturelles ...

La ville de Saïdia est depuis longtemps un lieu de tourisme national. Depuis 2001, son statut a été renforcé par l'adoption par le Gouvernement marocain du plan Azur qui avait pour objectif de tripler le nombre de touristes accueillis chaque année pour le porter à dix millions

en 2010. Ce plan prévoyait, à l'échelle du Maroc, la création de six stations touristiques : Saïdia, Mogador, Lixus, Mazagan, Taghazout et Plage-Blanche.

La Nouvelle Station Touristique de Saïdia (NSTS), intitulée *Mediterrania-Saïdia* s'étend sur une superficie de 713 ha. C'est le plus grand chantier touristique jamais réalisé au Maroc. Il comporte une marina, des hôtels de hauts standings, des villas, des appartements, des résidences touristiques, des villages touristiques, trois parcours de golf avec 18 trous chacun, un aquapark, un centre de thalassothérapie, un palais des congrès, une clinique et des équipements sportifs.

Au niveau de la Marchica, depuis 2009, de grands projets d'aménagement ont été lancés: la Cité d'Atalayoun, la Cité des Deux Mers, la ville nouvelle de Nador, la Baie des Flamants, Marchica sport, les Vergers de Marchica et le village des pêcheurs (des projets d'hébergement résidentiel: 13,63 milliards DH; d'hébergement hôtelier: 3,34 milliards DH; d'équipements et services: 3,12 milliards DH et d'infrastructures: 8,26 milliards DH). A ce titre, il est prévu la réalisation de golfs, d'espaces dédiés aux sports nautiques et équestres, d'unités hôtelières, de zones résidentielles et de ports de pêche et de plaisance.

Par ailleurs, les villes satellitaires d'Arekman et de Beni Nsar bénéficient également de ce projet de réhabilitation avec, respectivement, des sommes de l'ordre de 30 MDH et 20 MDH. Tous ces projets généreront environ 80.000 emplois, dont 15.000 durant les phases de réalisation et 65.000 à leur entrée en activité. Sans oublier les investissements indirects projetés pour les années à venir, estimés à quelque 17,58 milliards de DH.

Ces zones côtières sont des espaces soumis aux éléments naturels: marées, houles et surcôtes de tempête, mouvements sédimentaires et verticaux... mais aussi des espaces très convoités soumis aux pressions anthropiques. Surviennent alors les catastrophes naturelles ! Les processus déterminant les aléas « érosion et submersion » sont les mouvements relatifs du niveau marin par rapport au littoral et les vents et vagues de tempêtes.

II. Matériel et Méthodes

L'approche empirique utilisée pour déterminer les niveaux d'inondation dans les régions côtière et d'estuaire est basée sur la formule de HOOZEMANS *et al.* (1993).

$$D_{ft} : MHW + S_t + W_f + P_f$$

Avec:

MHW : Niveau moyen des hautes eaux ;

S_t : élévation relative du niveau marin ;

W_f : Hauteur des houles de tempêtes responsables des inondations ;

P_f : élévation du niveau marin sous l'effet d'une baisse de pression.

Les contributions des phénomènes induits par le niveau d'eau extrême ont été simulées: haute ligne d'eau maximale au cours des 20 dernières années; montée du niveau de la mer due aux tempêtes: surcotes et haute vague (<http://www.puertos.es>); montée du niveau de la mer projeté pour le prochain siècle. Au niveau mondial, l'augmentation moyenne en 2100, suivant les scénarios est de 0.18 à 0.59 m (GIEC 2007) à 0.8 à 2 m (estimations 2008, 2009). Le plus probable est 0.8 m

La méthode utilisée ne tient pas compte de la subsidence et des mouvements tectoniques, alors que le littoral étudié appartient à une marge active. Cette activité tectonique se poursuit encore de nos jours comme cela est attesté par les nombreux séismes qui ont affecté la région.

Les données de l'élévation ont été extraites de la restitution aérienne de 2007. Un modèle numérique d'élévation (DEM) a été produit de l'interpolation des données de l'élévation par réseau triangulaire irrégulier (TIN), et une base de données de points de contrôle au sol a été mesurée par un système de positionnement global (Station GPS).

La résolution horizontale du DEM est de quelques centimètres; l'exactitude verticale est de 0.4 m. Ces données ont été intégrées dans un SIG (ArcGIS 9.1) pour classer et dresser une carte de la typologie des terres menacées par les inondations potentielles. Les photographies aériennes ont été rectifiées et traitées pour numériser les lignes du niveau d'inondation.

III. Résultats et discussions

Au niveau de la plaine littorale de Saidia – Cap de l'Eau, les types d'utilisation du sol et les régions susceptibles d'être affectées par la submersion marine sont représentés dans les figures 2, 3 et 4.

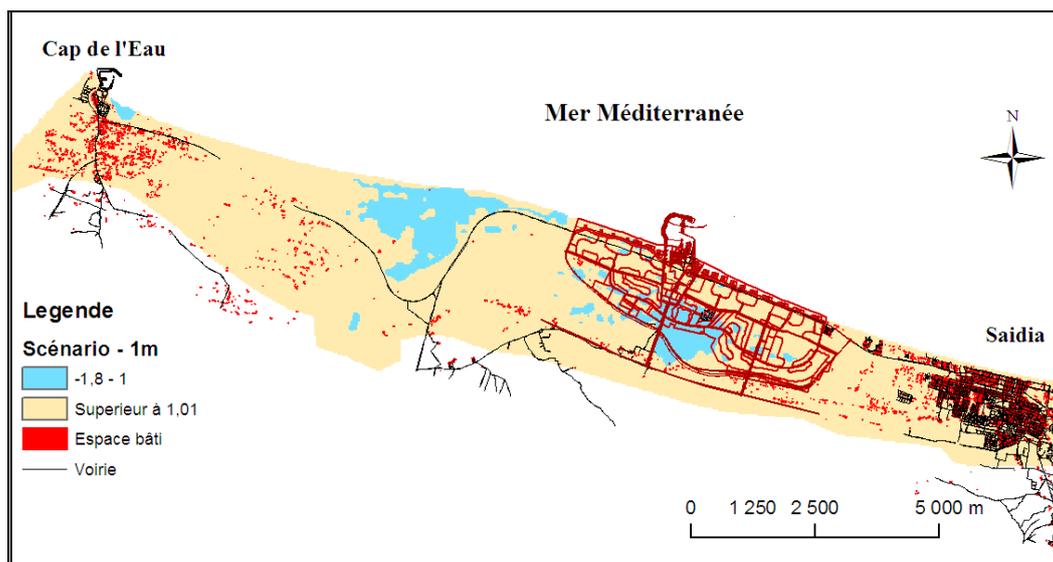


Figure 2. Zone à risque de submersion : scénario minimum de 1 m

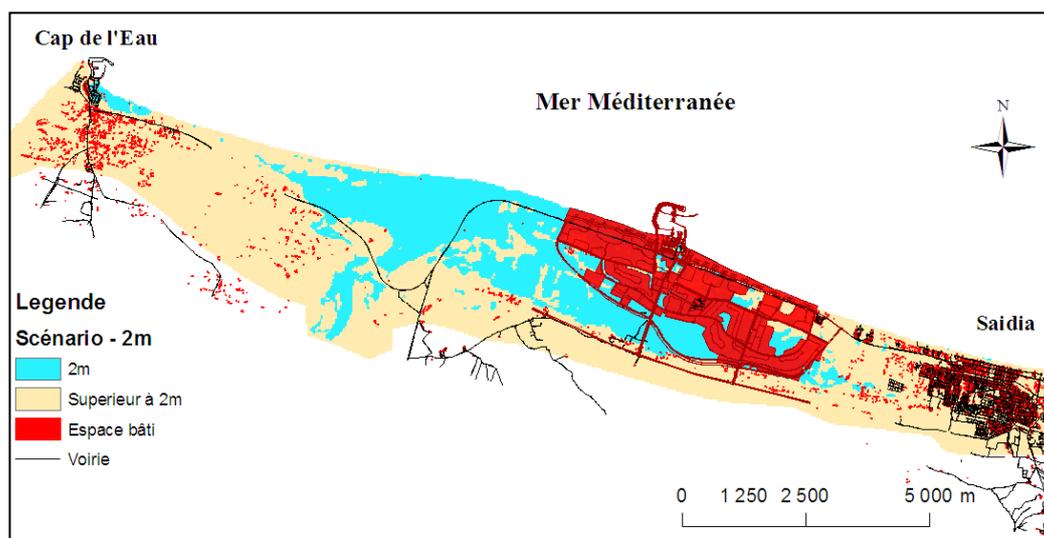


Figure 3. Zone à risque de submersion : scénario minimum de 2 m

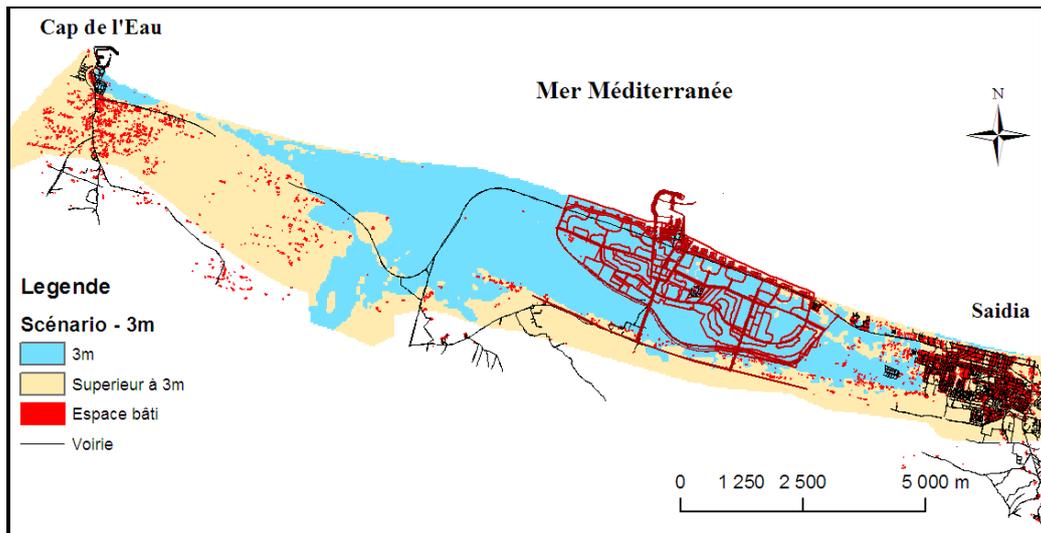


Figure 4. Zone à risque de submersion : scénario minimum de 3 m

Parmi les régions vulnérables du SIBE de la Moulouya, les marais attirent l'attention depuis qu'ils sont classés site de grande importance écologique.

Pour la station touristique Saidia Méditerranée, dans un scénario optimiste, les régions relativement primitives - régions inoccupées et de plage - souffriraient du plus grand impact. En revanche, les régions avec bâtiments monteraient à 90% des zones affectées dans un scénario critique.

À Saidia, la grande région avec bâtiments de moins de trois niveaux est très vulnérable à une augmentation du niveau de la mer. D'une perspective historique, nous mettons en valeur l'inondation potentielle de l'ancienne ville et de tout l'espace interdunaire. Ce patrimoine est vulnérable dans les deux scénarios.

Quant aux zones côtières mises en danger par les inondations à Ras El Ma, ce sont principalement les constructions basses qui se trouvent dans les zones à risque (Port de pêche et ancien centre).

Au niveau de la lagune de Marchica, le cordon dunaire est le site avec l'altitude la plus basse dans la zone d'étude, (0-4 m). Dans ce secteur, on peut observer que partout la côte entière est sujette à inondation, sauf une portion de la dune légèrement sauvegardée (Mouhandis). Les changements les plus importants des différents scénarios apparaissent dans la partie nord-ouest de la flèche littorale et au niveau d'Arekmane.

Les types d'utilisation du sol et les régions susceptibles d'être affectées par la submersion marine sont représentés dans les figures 5, 6 et 7.

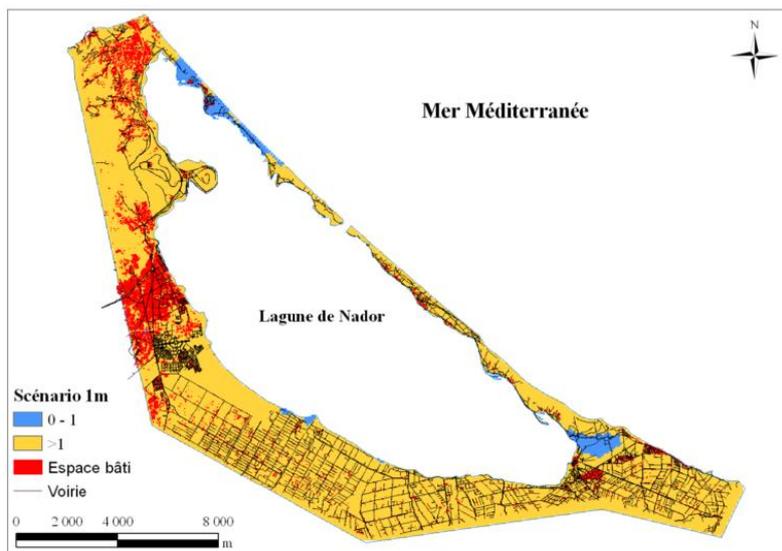


Figure 5. Zone à risque de submersion : scénario de 1 m

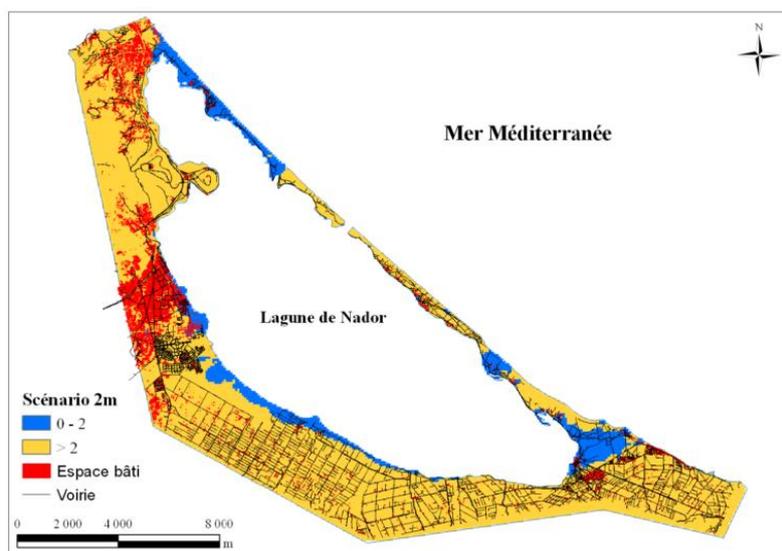


Figure 6. Zone à risque de submersion : scénario de 2 m

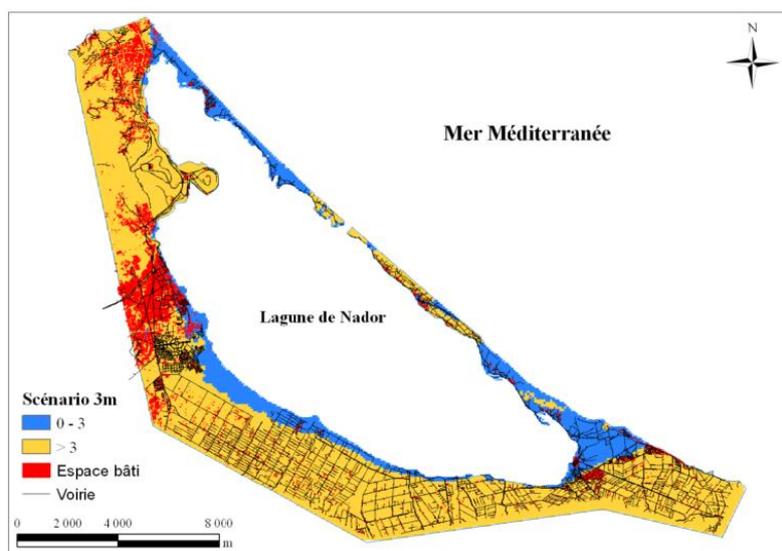


Figure 7. Zone à risque de submersion : scénario de 3 m

L'analyse a été limitée aux abords de la Marchica qui sont plus affectés par une élévation du niveau de la mer. Pour cette raison, il est clair que les chiffres et les discussions présentés sont sous-estimés et que les zones d'inondation potentielle dans la région étudiée sont plus grandes du fait du développement socio-économique futur et de l'évolution morphodynamique actuelle. Quant à l'impact sur l'environnement, des pertes écologiques importantes peuvent se produire. Dans la perspective de l'élévation future du niveau marin, une grande partie des marécages subirait les conséquences d'une submersion par les eaux libres et/ou d'un engorgement par les eaux phréatiques à salinité accentuée.

Sur le cordon dunaire (trois projets programmés: la Baie des Flamants, la Cité des Deux Mers et le village des pêcheurs), la perte de plages et les dommages seront importants. Il n'y a actuellement aucune construction de défense côtière placée le long du rivage.

Pour la ville d'Arekmane, parmi les régions sujettes à inondation dans les deux scénarios, l'attention est attirée au nord-est qui représente une zone très basse.

L'intensification du processus érosif est notable, ce qui expose les constructions basses aux processus morphodynamiques. Ce rivage présente un haut degré de verticalisation, à une telle ampleur que la perte de plage, ou le danger par érosion, impliquerait de grandes pertes économiques et une désorganisation sociale.

La mise en œuvre de politiques publiques pour la protection des zones côtières et d'inondation est suggérée dans deux optiques: (1) expansion et consolidation de connaissance scientifique du phénomène de submersion marine, et (2) gestion et établissement de mesures adaptatives pour minimiser son impact.

IV. Effets actuels et futurs sur les écosystèmes côtiers et la pêche

Les augmentations du niveau de la mer conduiront à amplifier les inondations des zones côtières basses, l'intrusion d'eau salée et l'érosion côtière. La montée du niveau de la mer a pour effets directs la submersion et l'érosion côtière et ses corollaires à savoir l'augmentation des surfaces inondables et de la salinité dans les embouchures et les nappes phréatiques côtières. C'est ainsi que sur le littoral de Saidia – Cap de l'Eau, la plupart des côtes sableuses sont érodées à un rythme entraînant un taux important de recul de la ligne de rivage. A Arekmane, les données relatives à l'érosion côtière dans les conditions actuelles indiquent également un taux élevé. Le recul du trait de côte, dans la perspective des changements climatiques, augmentera progressivement dans les années à venir.

La montée du niveau de la mer, envisagée dans le cadre du réchauffement global de la planète menacerait leurs espaces côtiers, en particulier les zones deltaïques, les estuaires et les zones basses. L'intérêt pour les zones côtières se justifie par le fait qu'elles renferment une très grande diversité d'écosystèmes, de biotopes ou encore d'habitats. On y rencontre des deltas, des cordons et des lagunes, des milieux humides, des plantations à haute valeur agricole, des forêts...

Les écosystèmes lagunaires, biotopes intermédiaires entre le continent et la mer, attirent l'attention de la communauté internationale. Dans la lagune de Marchica, la faune aquatique (invertébrés et Poissons) représente environ 7 % de la faune marine marocaine, en référence à l'inventaire réalisé par Ménioui (1997). Elle présente plusieurs espèces endémiques et rares (la flore compte 6 espèces endémiques et 5 rares et la faune 20 espèces endémique et 48 rares) ; c'est aussi un site d'hivernage et de migration pour plus de 150 espèces d'oiseaux (MWC, 2003). L'étude de la diversité de l'ichtyofaune de la lagune a permis de recenser 14 espèces appartenant à 12 familles avec une nette dominance de l'espèce *Pomatoschistus marmoratus* (Aafour, 2015).

Ces milieux extrêmement riches écologiquement à cause de l'influence alternée des eaux marines et des eaux douces, sont fréquentés périodiquement par des espèces dulçaquicoles (d'eau douce) et marines. L'intrusion saline dans les eaux douces modifiera de façon permanente les caractéristiques hyalines de ces eaux, ce qui pourrait faire disparaître la faune ichthyologique (poissons) dulçaquicole.

Compte tenu des impacts liés aux changements climatiques, les zones basses, essentiellement les zones estuariennes seraient inondées. Ceci impliquerait notamment une disparition de la totalité des marécages actuels. La distribution et les quantités de poissons et fruits de mer pourraient changer, perturbant les activités de pêches régionales. Dès lors, la base de l'alimentation des animaux marins, le plancton sera affecté par les changements de température, ce qui constitue une menace pour l'ensemble de la chaîne alimentaire. Pour le cas des côtes méditerranéennes réputées poissonneuses, les impacts du changement climatique conjugués à une surexploitation des ressources halieutiques menaceront sérieusement les pêcheries. L'agriculture des zones côtières est également particulièrement menacée.

Le recul du littoral en raison de l'érosion côtière et l'intrusion des eaux salées constituent des menaces pour l'agriculture. La bande côtière verra une partie non négligeable des plantations détruites.

V. Moyens actuels de gestion des risques côtiers encore insuffisants

L'appréciation de la vulnérabilité des territoires prend en compte:

- Les aléas: érosion, submersion marine, crue, élévation du niveau des lagunes, remontée des nappes phréatiques...
- Les enjeux : enjeux économiques (Mediterranea-Saidia, bais des flamants, village des pêcheurs, cité des deux mers...), enjeux liés à l'environnement (SIBE de la Moulouya, Marchica)...

Elle permet d'identifier les secteurs sur le littoral particulièrement vulnérables, de structurer les orientations de gestion et de prioriser les interventions futures.

Les moyens actuels de gestion des risques côtiers sont encore insuffisants :

- A l'échelle globale et nationale, une doctrine générale assez claire :
- Des textes juridiques et des outils bien développés (Loi n° 81-12 relative au littoral: 16 juillet 2015), mais de nombreuses difficultés d'application sur le terrain...

Pour progresser dans la connaissance et la gestion des risques littoraux, il faut prendre en compte la vulnérabilité globale: approche multidimensionnelle des risques côtiers (temporelle et spatiale) au travers de leurs quatre composantes:

- **Aléas:** phénomènes naturels et/ou anthropiques (processus d'érosion et submersion, prédisposition des sites, événements actuels et passés
- **Enjeux:** personnes et biens exposés aux aléas
- **Gestion:** politiques et outils de prévention, mesures de protection et de réparation
- **Perception:** représentations, vision des habitants usagers, élus, gestionnaires (conscience du risque, attachement au territoire, capacité d'adaptation).

Les augmentations du niveau de la mer conduiront à amplifier les inondations des zones côtières basses, l'intrusion d'eau salée et l'érosion côtière. La montée du niveau de la mer a pour effets directs la submersion et l'érosion côtière et ses corollaires à savoir l'augmentation des surfaces inondables et de la salinité dans les embouchures et les nappes phréatiques côtières. C'est ainsi que sur le littoral de Saidia – Cap de l'Eau, la plupart des côtes sableuses sont érodées à un rythme entraînant un taux important de recul de la ligne de rivage. A Arekmane, les données relatives à l'érosion côtière dans les conditions actuelles

indiquent également un taux élevé. Le recul du trait de côte, dans la perspective des changements climatiques, augmentera progressivement dans les années à venir.

La montée du niveau de la mer, envisagée dans le cadre du réchauffement global de la planète menacerait leurs espaces côtiers, en particulier les zones deltaïques, les estuaires et les zones basses. L'intérêt pour les zones côtières se justifie par le fait qu'elles renferment une très grande diversité d'écosystèmes, de biotopes ou encore d'habitats. On y rencontre des deltas, des cordons et des lagunes, des milieux humides, des plantations à haute valeur agricole, des forêts...

Compte tenu des impacts liés aux changements climatiques, les zones basses, essentiellement les zones estuariennes seraient inondées. Ceci impliquerait notamment une disparition de la totalité des marécages actuels. La distribution et les quantités de poissons et fruits de mer pourraient changer, perturbant les activités de pêches régionales.

Le recul du littoral en raison de l'érosion côtière et l'intrusion des eaux salées constituent des menaces pour l'agriculture. La bande côtière verra une partie non négligeable des plantations détruites.

Conclusion

Le littoral de Saïdia - Arekmane se présente comme une région très vulnérable à une élévation du niveau de la mer à cause de ses caractéristiques topographiques et socio-économiques. La submersion marine aura probablement des impacts sur les plaines littorales et les dunes basses tant sur les plans économiques qu'environnementaux et morphologiques. Le plus important est la base de la connaissance et le meilleur est la prédiction des impacts qui résultent du changement climatique. Il faudra donc réaliser des plans de prévention des risques. Une fois les zones les plus vulnérables définies, les décideurs pourront ainsi établir les stratégies possibles et les priorités à mener pour minimiser les impacts potentiels de la montée du niveau de la mer et gérer au mieux le site à long terme.

Références bibliographiques

- Aafour S. (2015). Étude de la diversité ichtyologique de la lagune de Nador (Marchica-Maroc). Thèse de doctorat. Université Mohamed V, Rabat.
- Hoozemans F.M.J., Stive M.J.F., Bijlsma L. (1993). A global vulnerability assessment: vulnerability of coastal areas to sea-level rise. 8th Symposium on Coastal and Ocean Management - Coastal Zone'93, 8, New Orleans, pp 390-404.
- IPCC -Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change- (2007). *The Physical Science Basis*. Accessible at: <http://www.ipcc.un.org>.
- Med Wet Coast (2003) - Med-Wet-Coest Maroc. Phase diagnostic : rapport de synthèse : site lagune de Nador, Rapp. Inédit, 102p.
- Med Wet Coast (2005). (<http://www.medwet-coast.com>).
- Melhaoui M. et Sbai A. (2008). Expertise nationale en socio économie et développement local appliquée à la gestion intégrée des zones côtières : Cas de la zone Saïdia - Moulouya - Cap de l'eau. Rapport intermédiaire au Secrétariat d'Etat auprès du Ministère de l'Energie, des Mines de l'Eau et de l'Environnement, chargé de l'Eau et de l'Environnement. Département de l'Environnement. Juin 2008. 204 p.
- Sbai A. & Bouazza A. (2002). Evolution géomorphologique et dynamique récente de la plaine littorale de Saïdia (Maroc Nord-est). In : Le littoral méditerranéen oriental : Diagnostic et choix de développement et d'aménagement. Colloque national, 13-14 février 2002, Oujda, pp 3-30.

- Sbai A. & Melhaoui M. (2009). Etude socioéconomique de la zone côtière Saïdia – Ras El Ma (MAROC) pour une gestion intégrée. Atelier international sur la gestion intégrée des zones côtières. Izmir-TURKEY, 20-22 October 2009.
- Sbai A., Benata M., Lasgaa H., Saidi A. et Benrbia K. (2011). Etude de l'érosion des côtes meubles du Maroc Nord-Est. Conférence Méditerranéenne Côtière et Maritime. Edition 2, Tanger, Maroc (2011). Coastal and Maritime Mediterranean Conference. Disponible en ligne – <http://www.paralia.fr> – Available online.
- Sbai A. et Lasgaa H. (2012). Vulnérabilité et impacts des risques associés à l'élévation du niveau de la mer dans la plaine littorale de Saïdia – Cap de l'Eau (Maroc nord-est). XIèmes Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil Les Sables d'Olonne, 22-25 juin 2010. DOI:10.5150/jngcgc.2010.070-M © Editions Paralia CFL. disponible en ligne – <http://www.paralia.fr> – available online.
- Sbai A., Lasgaa H., Bahkan M., Oukada M. et Mouadili O. (2014). Vulnérabilité et impacts des risques associés à l'élévation du niveau de la mer sur la Marchica (Maroc nord-est). 2^{ème} Edition du Colloque International des utilisateurs du SIG. The 2nd International conference of GIS User. Meknès 20-21 novembre 2014. P 183-187.
- Warrick R.A, Le Provost C, Meier M.F, Oerlemans J, Woodworth P.L (1996). Changes in sea level. In HOUGHTON J.T et al. (Eds). Climate Change 1995. The Science of Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge (1996), pp 365–406.

VULNERABILITE ET EVOLUTION DU LITTORAL DE SAÏDIA ENTRE 2006 ET 2016

BENATA Mohamed, SBAI Abdelkader, BENRBIA Khadija, MOUADILI Omar &
BOUABDALLAH Mostafa

Université Mohamed premier, Faculté des lettres et Sciences humaines, Oujda

Résumé: Cette étude vient dans la continuité des travaux qui ont décrit l'évolution du trait de côte de Saïdia – Cap de l'Eau depuis 1958 à 2009. Nous avons mis l'accent dans cet article sur l'impact des actions qui ont été entreprises ou les aménagements nouveaux qui ont été réalisés tel que la digue de protection et d'extension du port de Saïdia qui a été construite pendant un laps de temps très court de treize mois entre 2008 et 2009 et l'aménagement de la corniche avec le prélèvement de grande quantité du sable aussi bien au niveau de la station balnéaire que de la ville de Saïdia.

Pour cela, nous avons utilisé les photos aériennes de 2006 et l'image satellitale datant de 2009. Nous avons utilisé également les images satellitales récentes de Google Map. Leur exploitation a été faite dans le cadre d'un SIG grâce au logiciel ArcGis 9.3. Nous avons suivi l'évolution de ce littoral en deux phases, la première de 2006 à 2009 et la seconde de 2009 à 2016. Nous avons calculé également l'indice de vulnérabilité côtière correspondant à cette période.

Mots-clés : Vulnérabilité, évolution, littoral, Saïdia, Maroc oriental.

هشاشة وتطور ساحل السعيدية بين عامي 2006 و 2016

ملخص: هذه الدراسة هي استمرار للأعمال التي وصفت تطور ساحل السعيدية – رأس الماء من 1958 إلى 2009. لقد ركزنا في هذه المقالة على تأثير العمليات التي تم اتخاذها أو التهيئة الحديثة التي تم إجراؤها مثل حاجز حماية وتوسيع ميناء السعيدية الذي تم بناؤه خلال فترة قصيرة جداً من ثلاثة عشر شهراً بين عامي 2008 و 2009، وتهيئة الكورنيش مع أخذ كمية كبيرة من الرمال سواء من المنتجع الساحلي أو من مدينة السعيدية.

لهذا تم الاعتماد على الصور الجوية لعام 2006 وصورة القمر الصناعي لعام 2009. كما تم استعمال صور الأقمار الصناعية الحديثة لكوكل ماب. وقد تم استغلالها بواسطة نظام المعلومات الجغرافية (ArcGis 9.3)، وتابعنا تطور هذا الخط الساحلي على مرحلتين: الأولى من 2006 إلى 2009، والثانية من 2009 إلى 2016؛ وحسبنا أيضاً مؤشر الهشاشة الساحلية لهذه المنطقة.
الكلمات المحورية: هشاشة، تطور، خط الساحل، السعيدية، المغرب الشرقي.

Introduction

L'évolution du trait de côte du littoral de Saïdia et de l'embouchure de la Moulouya a fait l'objet d'étude par plusieurs auteurs (Sbaï et Bouazza, 2002; Boumeaza, 2002 ; Irzi, 2002; Al Moubtahij et Sbaï, 2008; Bouabdallah, 2008; Salmon et al., 2010; Mouzouri, 2012; Lasgaa, 2015). Ces études ont été réalisées à l'aide des photos aériennes disponibles de plusieurs missions (1949, 1958, 1963, 1980, 1988, 1994, 2004 et 2006) et des images satellitales.

Cette étude vient dans la continuité de ces travaux qui ont décrit l'évolution du trait de côte de Saïdia – Cap de l'Eau depuis 1958 à 2009. Nous mettrons l'accent dans cet article sur les actions qui ont été entreprises ou les aménagements nouveaux qui ont été réalisés ces derniers temps tel que la digue de protection et d'extension du port de Saïdia qui a été construite pendant un laps de temps très court de treize mois entre 2008 et 2009 et l'aménagement de la corniche aussi bien au niveau de la station balnéaire de Saïdia que de la

ville de Saïdia. Pour cela, nous avons utilisé les photos aériennes de 2006 et l'image satellitale datant de 2009. Nous avons utilisé également les images satellitales récentes de Google Map. Leur exploitation a été faite dans le cadre d'un SIG grâce au logiciel ArcGis 9.3. Nous avons suivi l'évolution de ce littoral en deux phases: la première de 2006 à 2009 et la seconde de 2009 à 2016. Nous avons calculé également l'indice de vulnérabilité côtier correspondant à cette période.

1. Evolution du trait de côte de 2006 à 2009

Bien que la période entre 2006 et 2009 ne soit pas très longue et ne dépasse pas trois années, le littoral de Saïdia a connu des événements importants qui ont marqué son évolution dans certaines sections entre l'embouchure de la Moulouya et l'embouchure d'Oued Kiss. En effet, cette période a été marquée par la construction d'une nouvelle digue de la marina et des travaux de décapage des dunes bordières et de déplacement de grandes quantités de sable en dehors de la zone côtière au niveau de la plage municipale de Saïdia et au niveau de la NSTS.

En plus de ces actions anthropiques, d'autres événements naturels ont eu lieu comme les crues importantes de la Moulouya allant du mois d'octobre 2008 au mois de mars 2009 et qui se sont soldées par un apport très significatif de sédiments. En effet, le débit annuel moyen de la Moulouya a atteint cette année 128,0 m³/s contre un débit moyen de 16.38 m³/s enregistré depuis 1970 à 2013 (Tabl. 1).

Tableau n° 1 : Comparaison du débit mensuel moyen de la Moulouya enregistré en 2008-2009 avec le débit moyen enregistré de 1970 à 2013 (Station Saf-Saf)

Mois	Débit mensuel moyen depuis 1970 à 2013 (m ³ /s)	Débit mensuel moyen de 2008/2009 (m ³ /s)
Octobre	25.5	984.7
Novembre	23.4	207.2
Décembre	13.8	117.36
Janvier	14.7	163.04
Février	21.5	211.22
Mars	23.5	217.3

(Source ABHM, Oujda)

Cette masse importante d'eau qui a été déversée par la Moulouya sur le littoral de Saïdia a été accompagnée par une charge sédimentaire importante qui est venue engraisser la côte des deux rives de la Moulouya.

Pour vérifier cette thèse nous avons comparé les traits de côte des années 2006 et 2009 en superposant la photo aérienne du 08 mars 2006 et l'image satellitale du 28 avril 2009. L'étude comparative de la ligne de côte et des 35 transects depuis l'embouchure de la Moulouya à celle d'Oued Kiss, montre une tendance générale du littoral à l'engraissement avec des zones à engraissement fort au niveau de l'embouchure de la Moulouya et de la marina. En revanche, malgré cet apport très important des sédiments, nous pouvons constater un démaigrissement au niveau de la plage municipale et au voisinage de l'embouchure d'Oued Kiss, aussi bien sur sa rive droite que sur sa rive gauche. Ceci peut être lié au prélèvement des grandes quantités de sable lors de la mise à niveau de la plage municipale opérée par la Direction Régionale de l'Équipement, du Transport et de la Logistique de Berkane en cette période. Ce sable devait être stocké en un lieu sûr pour être utilisé

éventuellement pour réalimenter la plage au cas de besoin selon la déclaration du responsable de cet établissement. (Fig. 1 ; 2 ; 3 ; 4 et 5).

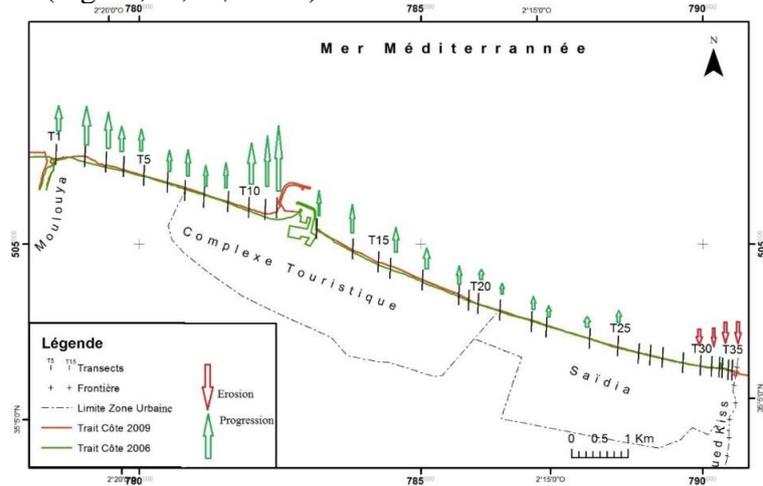


Fig. 1: Situation des transects avec traits de côte de 2006 et 2009 (Benata, 2016)

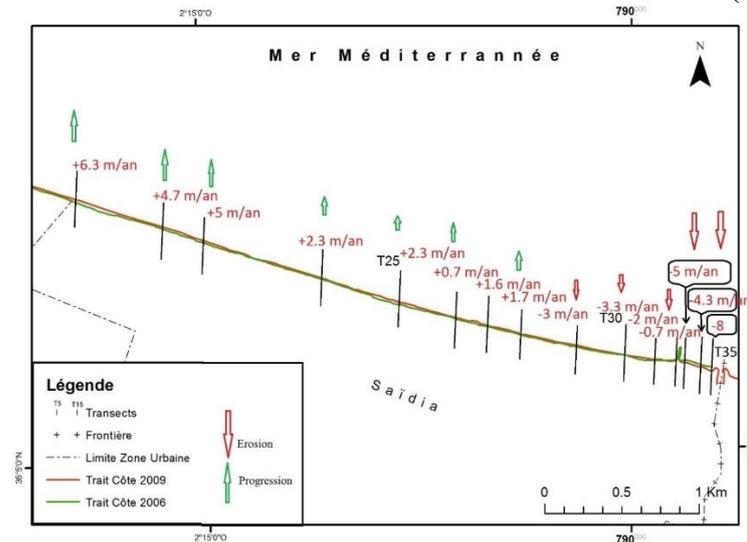


Fig. 2: Taux de variation du trait de côte en m/an, entre Caracas et l'embouchure d'Oued Kiss entre les années 2006 et 2009 (Benata, 2016)

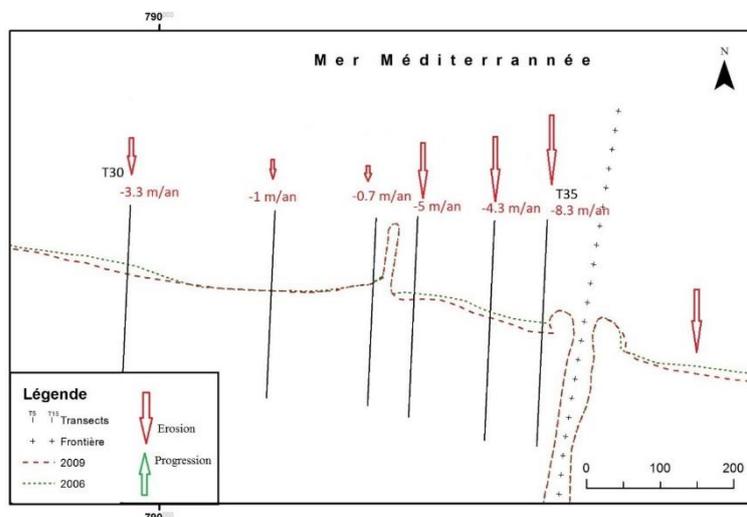


Fig. 3: Taux de variation du trait de côte en m/an, entre l'embouchure d'Oued Kiss et la plage municipale de Saïdia entre 2006 et 2009 (Benata, 2016)

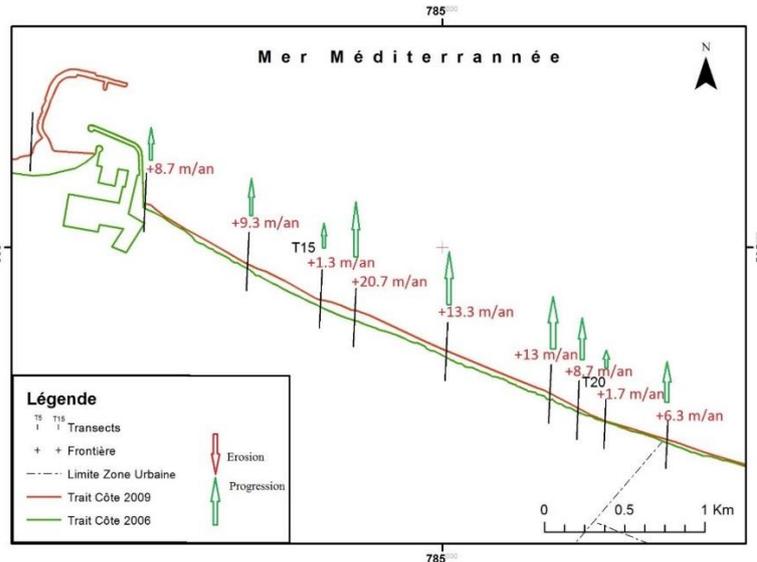


Fig. 4: Taux de variation du trait de côte en m/an entre la Marina et Caracas entre 2006 et 2009 (Benata, 2016)

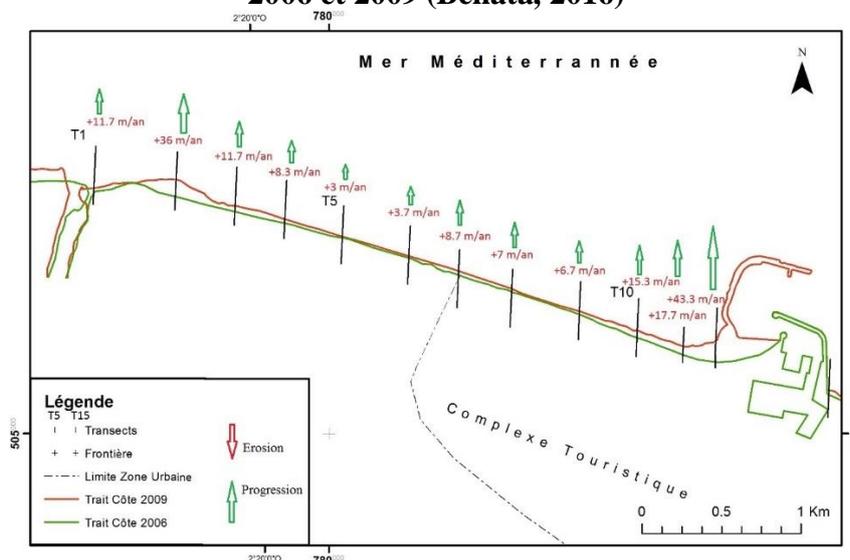


Fig. 5: Taux de variation du trait de côte en m/an, entre la Marina et l'embouchure de la Moulouya entre 2006 et 2009 (Benata, 2016)

2. Evolution du trait de côte entre 2009 et 2016

Pour déterminer le taux de variation récente (Recul ou accréation) du trait de la côte, nous avons superposé deux images satellitaires: celle de 2009 et 2016 et nous avons effectué 35 transects pour comparer les deux traits de côtes. L'étude comparative montre que le trait de côte connaît actuellement cinq sections différentes depuis l'embouchure de la Moulouya à l'embouchure d'Oued Kiss (Fig.6). Des sections en progression entre T1 à T4 ; T10 à T12 et T23 à T35 et des sections en régression de T5 à T9 et de T15 à T23 (Fig. 6; 7; 8; 9).

En comparaison avec l'évolution qui a eu lieu entre 2006 et 2009, nous pouvons constater que le rivage de la Moulouya est toujours en progression entre les transects T1 et T4. En revanche, la section du rivage entre T5 et T9 qui progressait dans la première période connaît actuellement une forte érosion avec des taux de recul allant parfois jusqu'à 10 m/an.

Le côté Ouest de la marina se trouvant entre les transects T10 et T12 continue sa progression et accumule de plus en plus de sable sur la digue nouvellement construite avec un

taux de 23.4 m/an en cette période contre 43.4 m/an; ce qui peut s'expliquer par la profondeur de la mer qui augmente en avançant vers le large.

La zone Est de la marina qui progressait avant 2009 commence à régresser entre les transects T13 à T23 par un déficit dans les apports sédimentaires et par le transport du sable par la dérive littorale vers l'Est.

Ce sable va combler le déficit enregistré entre 2006 et 2009 au niveau de la plage municipale et de l'embouchure d'Oued Kiss. Ainsi les rochers se trouvant à l'Est de la plage municipale de Saïdia joueraient le même rôle que les digues d'un port en cumulant le sable dans les zones qui lui sont adjacentes à l'Est et à l'Ouest.

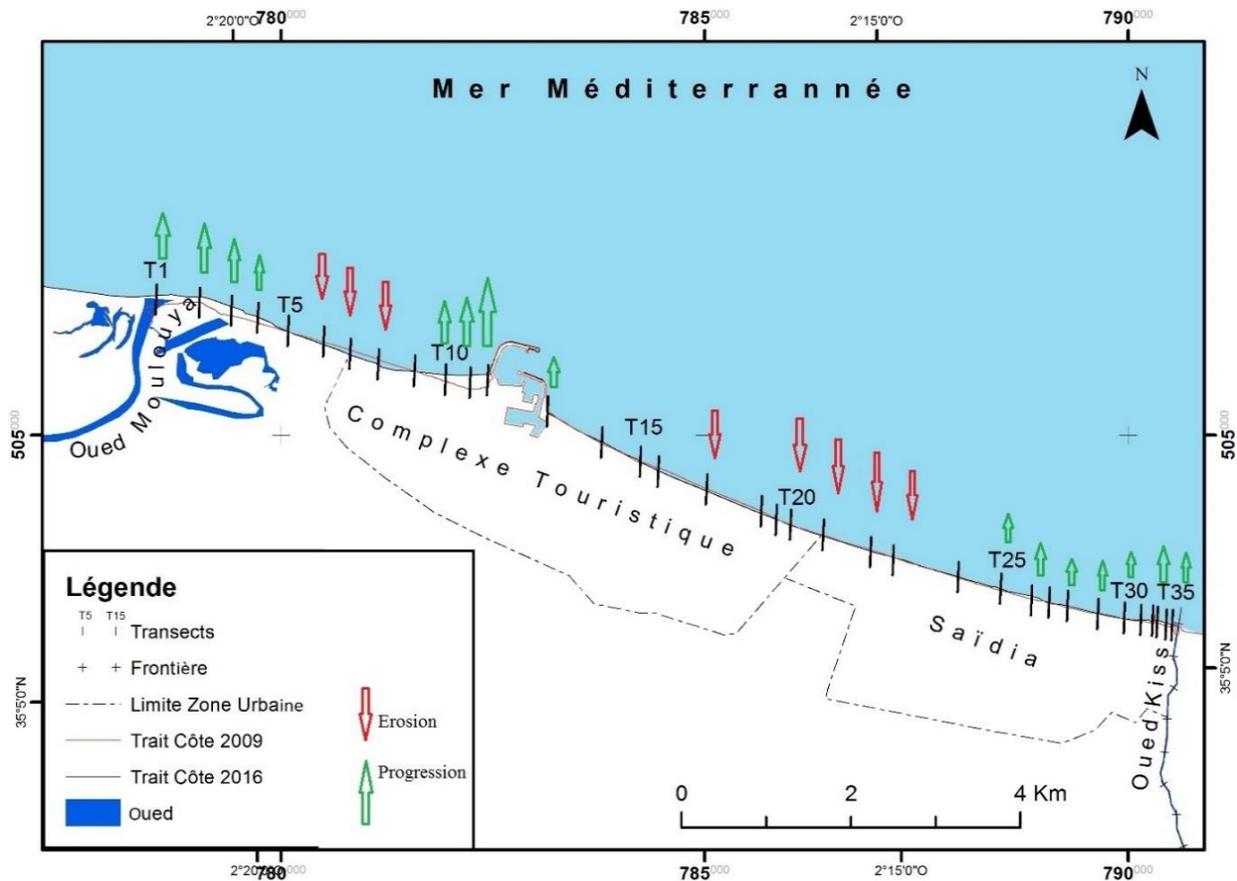


Fig. 6 : Situation des transects avec trait de côte de 2009 et 2016 (Benata, 2016)

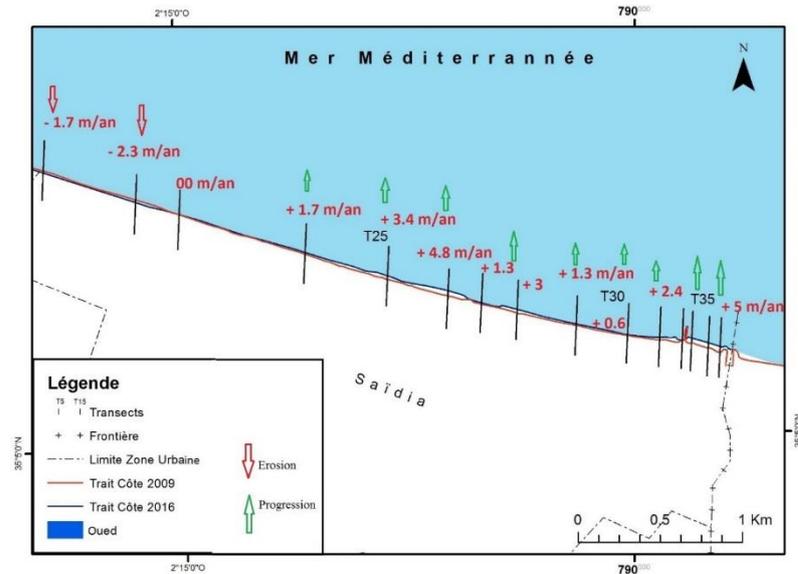


Fig. 7 : Taux de variation du trait de côte en m/an, de Caracas à l'embouchure d'Oued Kiss entre 2009 et 2016 (Benata, 2016)

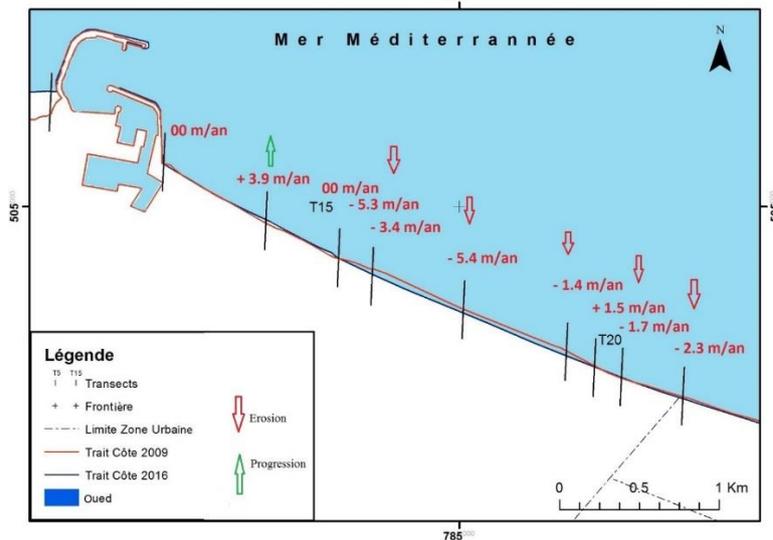


Fig. 8 : Taux de variation du trait de côte en m/an entre la Marina et Caracas entre 2009 et 2016 (Benata, 2016)

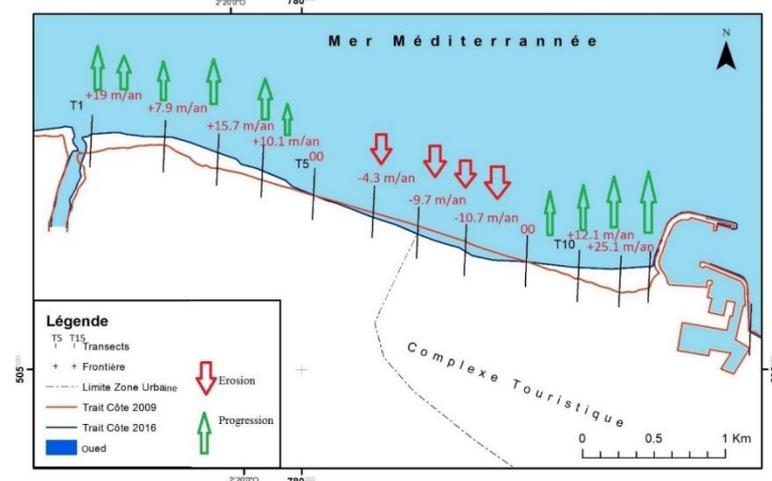


Fig. 9 : Taux de variation du trait de côte en m/an, entre l'embouchure de la Moulouya et la Marina entre 2009 et 2016 (Benata, 2016)

3. Indice côtier de vulnérabilité physique du littoral de Saïdia de 2006 à 2016

3.1 Méthode adoptée

Pour déterminer les indices de la fragilité physique du littoral de Saïdia, nous nous sommes basés sur la méthode de Gornitz et al. (1994). De nombreux chercheurs ont adopté cette méthode. Nous citons à titre d'exemple au Maroc: Niasi (2007), Snoussi et al. (2010), Sbai et al. (2012), Saidi (2016).

La base de données attribuée à Gornitz et al. (1994) présente six variables relatives aux risques (Géomorphologie, Pente, Taux de recul du trait de côte, Vitesse de l'élévation relative du niveau de la mer, amplitudes moyennes de la marée et de la houle. L'indice côtier de vulnérabilité (I.C.V) est équivalent à la racine carrée du produit de ces différentes variables divisée par le nombre de variables utilisées. La formule s'exprime par l'expression suivante :

$$ICV = (a.b.c.d.e.f/6)^{1/2}$$

Avec,

- a = géomorphologie
- b = pente côtière
- c = taux relatif d'élévation du niveau de la mer
- d = taux du recul du trait de côte
- e = gamme moyenne de marais
- f = amplitude moyenne de la houle

Ces variables prennent selon leur nature ou leur valeur des notes de 1 à 5 conformément au tableau n°2 (d'après Gornitz et al., 1994).

Tableau 2: Notation des variables physiques utilisées pour la détermination de l'Indice Côtier de Vulnérabilité (ICV), d'après Gornitz et al. (1994)

Variables	Classe de l'indice côtier de vulnérabilité (ICV)				
	Très bas	Bas	Modéré	Elevé	Très élevé
	1	2	3	4	5
Géomorphologie	Falaise et côte rocheuse	Falaise moyenne et baie	Falaise basse, dépôt glaciaire, plaine alluviale	Plage à galet, estuaire, lagune	Flèche, plage sableuse, marais, dépôt vaseux, delta, récifs à coraux et mangroves
Pente de la côte	> 0,115	0,115 – 0,055	0,055 – 0,035	0,035 – 0,022	< 0,022
Remontée relative du niveau de la mer (mm/an)	< 1,8	1,8 – 2,5	2,5 – 3,0	3,0 – 3,4	> 3,4
Recul/avancée du trait de côte (m/an)	> 2 Accrétion	2 – 1 Accrétion	(-1) – (+1) Stable	(-1,1) – (-2) Erosion	< (-2) Erosion
Amplitude moyenne de la marée	> 6,0	4,1 – 6,0	2,0 – 4,0	1,0 – 1,9	< 1,0
Amplitude moyenne de la houle (m)	< 0,55	0,55 – 0,85	0,85 – 1,05	1,05 – 1,25	> 1,25

3.2 Vulnérabilité due à la géomorphologie

Etant donné qu'il s'agit d'une plage sableuse, le facteur relatif à la géomorphologie présente un degré de vulnérabilité très élevé. Les digues du port sont assimilées à des falaises et présentent donc une faible vulnérabilité (Fig. 10).

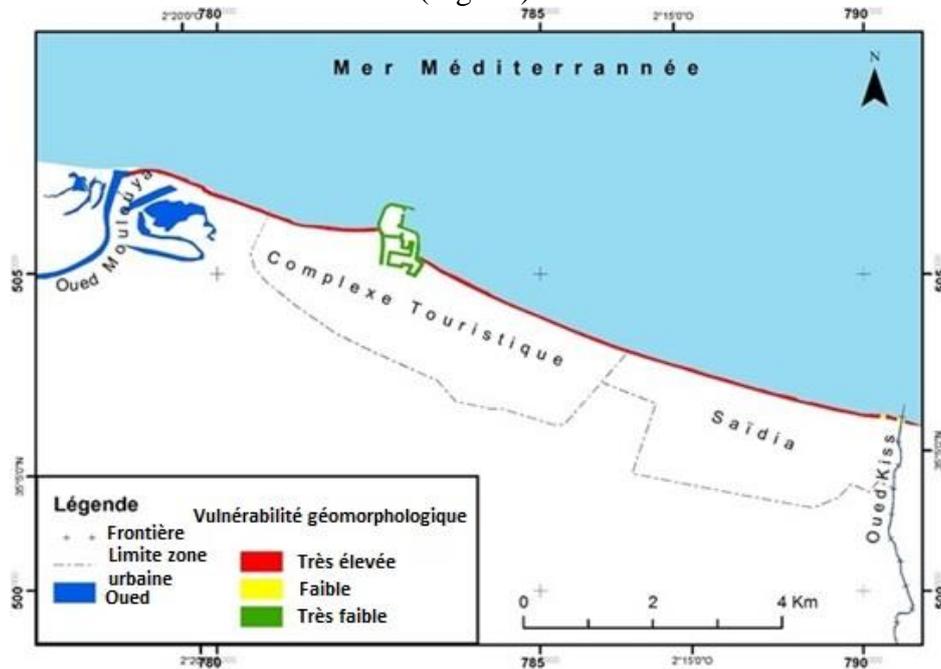


Fig. 10 : Facteur relatif à la vulnérabilité géomorphologique

3.3 Vulnérabilité due à la pente

La pente de la plage de Saïdia a été calculée à l'aide du G.P.S. En général, il s'agit de pentes faibles comprises entre 1% et 3% et ont donc une vulnérabilité élevée selon le tableau de Gornitz et al. (1994). A l'approche des digues du port, les pentes sont plus accentuées (Fig. 11.).

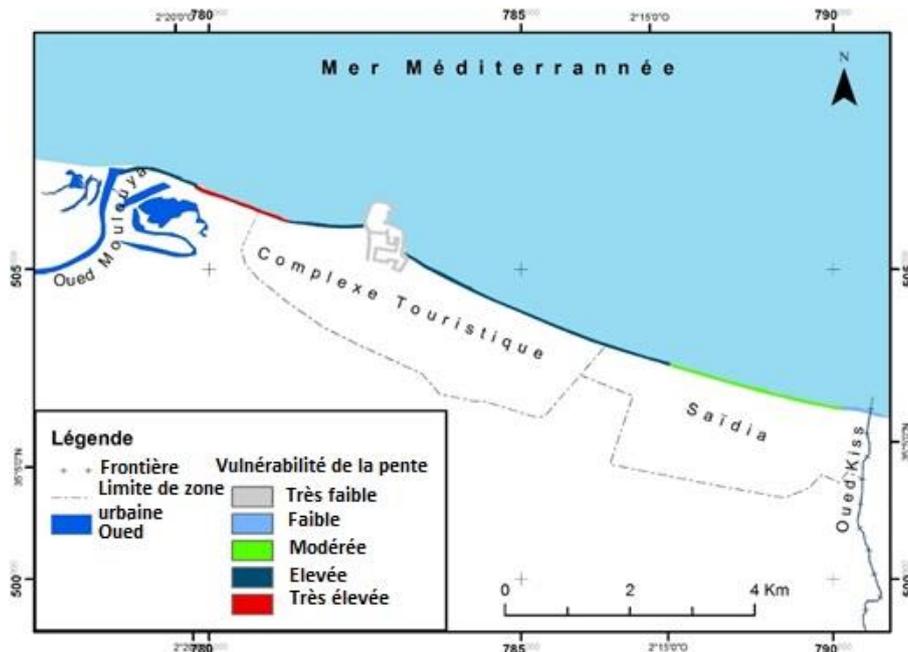


Fig. 11 : Facteur relatif à la vulnérabilité de la pente

3.4 Vulnérabilité due aux variations du trait de côte

Pour déterminer le taux de variation récente (Recul ou accrétion) du trait de la côte, nous avons superposé deux images satellitales celle de 2009 et 2016 et nous avons effectué 35 transects pour comparer les deux traits de côtes. L'étude comparative montre que le trait de côte connaît actuellement plusieurs tendances depuis l'embouchure de la Moulouya à l'embouchure d'Oued Kiss (Fig. 12).

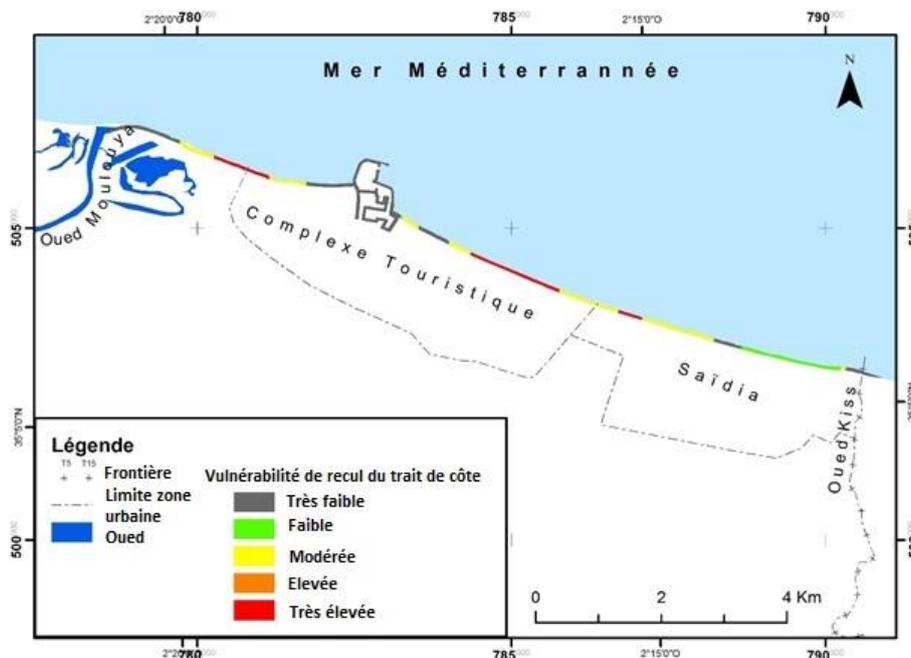


Fig. 12 : Facteur relatif à la vulnérabilité de recul ou d'avancée du trait de côte

3.5 Vulnérabilité due aux variations de l'élévation moyenne du niveau de la mer

Selon les données fournies par l'altimétrie satellitale Topex/Poseidon et Jason-1 entre 1993 et 2006 (l'Institut Espagnole d'Océanographie), la montée du niveau moyen de la mer a été estimée à 3 mm. Cette valeur est relative à l'actuelle moyenne du niveau marin des régions situées dans la zone côtière de la Méditerranée occidentale. D'après le tableau de Gronitz et al (1994), cette valeur traduit un risque à niveau moyen.

3.6 Vulnérabilité due aux variations de l'amplitude moyenne de la houle et de la marée

Les mesures des amplitudes des houles aux larges des littoraux méditerranéens occidentaux présentent trois niveaux :

- La moyenne des amplitudes maximales de 5 m ;
- La moyenne des amplitudes exceptionnelles de 7.5 m ;
- L'amplitude moyenne de 1.4 à 1.6 m.

Cette valeur de l'amplitude moyenne est qualifiée dans le tableau de Gornitz de risque très élevé.

La marée est semi-diurne et a une hauteur faible de 0.5 m en moyenne, ce qui confère à la zone étudiée, une vulnérabilité élevée.

3.7 Résultats

Les couches et les valeurs ont été croisées en utilisant les Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) (options Spatial analyst et Raster calculator). Les résultats obtenus nous ont permis d'évaluer l'Indice de Vulnérabilité Côtière (IVC) dans la zone étudiée. Cet indice varie d'une section à l'autre de la côte en fonction du degré de vulnérabilité apporté par chaque facteur.

Ainsi, quatre classes de vulnérabilité sont déterminées :

- Vulnérabilité faible: Indice inférieur à 10 ;
- Vulnérabilité modérée: Indice de 10 à 20 ;
- Vulnérabilité élevée: Indice de 20 à 30 ;
- Vulnérabilité très élevée: Indice supérieur à 30.

Conformément à cette classification, la figure n°13 montre que le rivage depuis l'embouchure de la Moulouya à l'embouchure d'Oued Kiss présente huit sections dont la vulnérabilité physique diffère:

- Les sections S2 et S6 ont des indices de vulnérabilité physique très élevés supérieurs à 30. Ce sont des plages sableuses qui connaissent une forte érosion et dont le trait de côte est en net recul.
- Les sections S1, S3, S5 et S7 présentent des indices de vulnérabilité côtière élevés de 20 à 30. Ces parties de la plage sont plus ou moins érodées, mais les pertes de sédiments pendant certaines périodes de l'année sont compensées par d'autres apports en d'autres périodes.
- Les sections S4 et S8 ont des indices de vulnérabilité côtière modérés de 10 à 20. Ils sont soit en accrétion comme S4 ou en situation de stabilité comme S8. L'accumulation du sable au niveau de S4 est favorisée par la digue de la marina. La rétention du sable et sa stabilité au niveau de la section S8 trouve son origine dans les rochers de l'ancien port de Saïdia.
- La marina, qui est pratiquement assimilée à une falaise, présente un indice de vulnérabilité faible inférieur à 10.

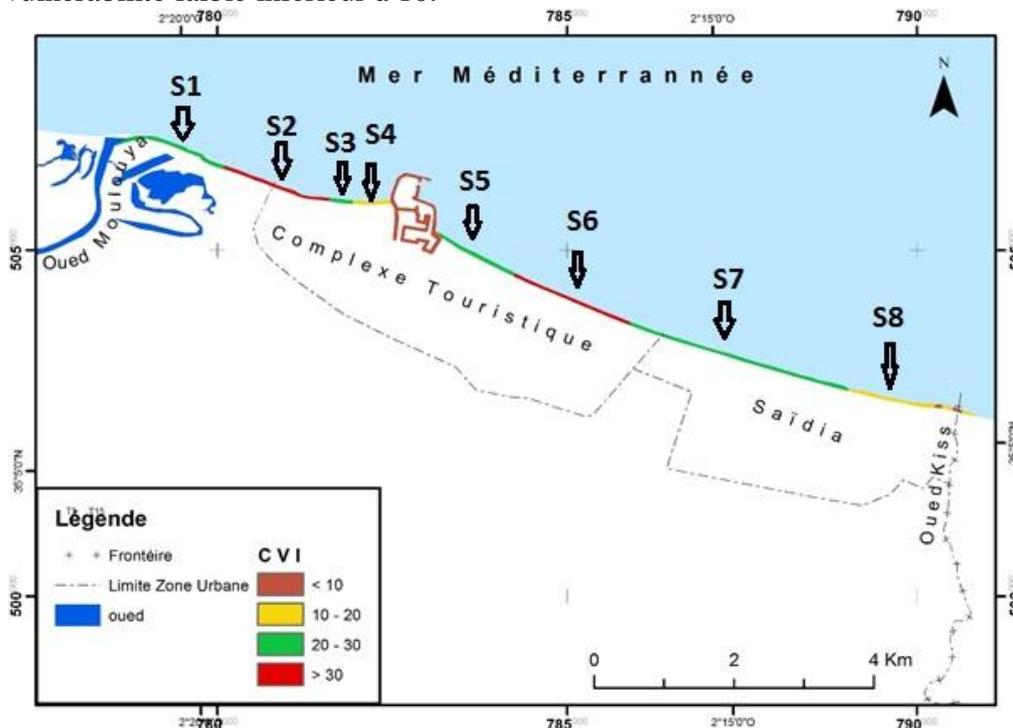


Fig. 13 : Indice de vulnérabilité côtière de la plage de Saïdia

Conclusion

Pour étudier l'évolution du trait de côte du littoral de Saïdia et de l'embouchure de la Moulouya entre 2006 et 2016 nous avons scindé cette période en deux sous-périodes caractéristiques. La première de 2006 à 2009 et la seconde de 2009 à 2016.

Lors de la première période l'étude comparative du trait de côte depuis l'embouchure de la Moulouya à l'embouchure d'Oued Kiss montre une tendance générale à l'engraissement particulièrement dans les zones riveraines de l'embouchure de la Moulouya et de la Marina. Cet engraissement s'explique par l'augmentation exceptionnelle du débit de la Moulouya entre les mois d'Octobre 2008 à Mars 2009. En revanche la plage municipale en face de la ville de Saïdia a connu un démaigrissement qui a été provoqué par l'extraction de grandes quantités de sable par les services étatiques.

L'étude de l'évolution du trait de côte pour la période de 2009 à 2016 montre que certaines sections du rivage qui étaient en progression lors de la période précédente commencent à régresser notamment au niveau du rivage du SIBE de la Moulouya entre le transect T5 à T9 et au niveau de la plage de Caracasse entre T15 et T23.

Le calcul de l'indice côtier de vulnérabilité physique du littoral de Saïdia montre que le rivage depuis l'embouchure de la Moulouya à l'embouchure d'Oued Kiss présente huit sections dont la vulnérabilité physique diffère.

Références bibliographiques

- Benata M. (2017). Impacts des actions anthropiques et des aménagements touristiques sur le littoral de Saïdia-Cap de l'Eau. Thèse de doctorat en géographie. 378 p. Université Mohamed Premier, Faculté des Sciences Humaines d'Oujda.
- Benata M., Sbai A., Benrbia K. (2016). Conséquences d'une gestion non rationnelle du littoral: Cas du littoral de Saïdia (Maroc oriental). Les littoraux marocains: Changement climatique et stratégies de gestion. *Revue Paysages géographiques* n°2. Publication du Laboratoire de géomorphologie et environnement de la Faculté des Lettres et Sciences Humaines de Marrakech, Université Cadi Ayyad. pp 125 – 143
- Bouabdallah M. et Larue J. P. (2009). Évolution du littoral de la baie de Saïdia: dynamique naturelle et impact des aménagements (Maroc oriental). *Physio-Géo* [En ligne], Volume 3 | 2009, mis en ligne le 17 octobre 2009, Consulté le 01 novembre 2010. URL : <http://physio-geo.revues.org/878>
- Boumeaza T. (2002). Le cours inférieur de la Moulouya: morphologie quaternaire, dynamique fluvial et morphologique côtière du littoral entre Kabdana et Saïdia (Maroc oriental, Maroc). Thèse de Doctorat en Sciences, Univ. de Liège. Mars. 342p.
- Boumeaza T., Sbai A., Salmon M., Benata M. et Ozer A. (2012). Impacts écologiques des aménagements touristiques sur le littoral de Saïdia, Maroc oriental. *Méditerranée* 115/2010. URL : <http://mediterranee.revues.org/4888>
- Gornitz V., Daniels R. C., White T. W., et Birdwell K. R. (1994). Le développement d'une base de données côtière d'évaluation des risques pour les ETATS-UNIS du sud-est : Érosion et Inondation d'élévation de niveau de la mer. pp 327-338. Dans *Des Risques Côtiers : Perception, susceptibilité, et réduction*. C. W. Finkle, Jr. (ED). J. du numéro côtier 12, fort Lauderdale, la Floride d'édition spéciale de recherche.
- Irzi Z. (2002). Les environnements du littoral méditerranéen du Maroc compris entre l'oued Kiss et le Cap des Trois Fourches, *Dynamique sédimentaire et évolution et*

écologie des foraminifères benthiques de la lagune de Nador. Thèse de Doctorat, Univ Med 1er, Fac.Sc. Oujda, 311p.

- Lasgaa H., Sbai A., Boumeaza T. (2014). Quantification du transport sédimentaire réel du littoral de Saïdia-Cap de l'Eau (Maroc Nord-Est). Edition Parallia CFC.XIIIème Journées Nationales Génie Côtier – Génie Littoral DOI : 10. 5150/jugcgc. p 423-430
- Mouzouri M et Irzi Z. (2011). Evolution et morpho-dynamique de la plaine côtière de Saïdia (Littoral méditerranéen du Nord Est du Maroc) durant la période 1958-2006. Bulletin de l'Institut Scientifique, section science de la terre n° 33, 67-78
- Salmon M., Sbai A., Boumeaza T., BenatA M. et Ozer A. (2010). L'érosion des côtes meubles de l'extrême nord-est de Maroc, Bulletin de la Société Géographique de Liège, 2010, pp.97-105
- Sbai A. et Bouazza A. (2002). Evolution géomorphologique et dynamique récente de la plaine littorale de Saïdia (Maroc NORD-EST). In : Le littoral méditerranéen oriental : Diagnostic et choix de développement et d'aménagement. Colloque national, 13-14 février 2002, Oujda, pp 3-30.
- Snoussi M. et Imassi S. (2003). Impact des fluctuations hydro-climatiques et des barrages sur l'évolution du trait de côte : delta de la Moulouya. Université Mohamed V, Faculté des Sciences. Département des Sciences de la terre, Rabat, Maroc.
- Zourarah B. (1995). La zone littorale de la Moulouya (Maroc Nord-Oriental): Transit sédimentaire, Evolution morphologique, Géochimie et état de la Pollution. Thèse de 3ème cycle, Univ. Med. V, Fac. Sc. Rabat, 197p.

ÉVOLUTION DU LITTORAL DE LA BAIE DE SAÏDIA: VULNERABILITE ET ENJEUX D'AMENAGEMENT

BOUABDALLAH Mostafa¹, SBAI Abdelkader¹, BENATA Mohamed¹ & SAIDI Abdelouahid²

1-Université Mohamed 1^{er}. Oujda

2- Faculté polydisciplinaire de Taza

Résumé: Le littoral méditerranéen oriental du Maroc compris entre l’oued Kiss et Cap de l’Eau s’étire sur près de 22 km. Ce littoral, objet de notre étude, est caractérisé par des unités morphologiques variées. C’est une zone particulièrement intéressante pour l’étude et la compréhension de l’influence des processus naturels et anthropiques sur la dynamique sédimentaire. L’augmentation des activités industrielles et l’urbanisation croissante ont conduit ces dernières années à la construction de nombreux ouvrages le long de la côte, conduisant à des modifications dans la distribution des sédiments et à une dégradation de l’environnement naturel de certaines plages.

Mots clés : Littoral, dynamique sédimentaire, impacts des aménagements, Saidia-Cap de l’Eau, Maroc.

Evolution of the Saïdia Bay coast: Vulnerability and management issues

Abstract: The Eastern Mediterranean coastline of Morocco ranging between Kiss and Cap de l’Eau is stretched along nearly 22 km. This littoral, the object of our study, is characterized by varied morphological units. It is a particularly interesting zone for the study and the comprehension of the influence of the natural and anthropic processes and sedimentary dynamics. During the last few years, the increase in the industrial activities and the increasing urbanization led to the construction of many works along the coast, leading to modifications in the distribution of the sediments and to a degradation of the natural environment of certain beaches.

Key words: coastline, sedimentary dynamics, impact from the installations, Saidia-Cap de l’Eau, Morocco.

Introduction

Les zones côtières ont suscité un intérêt grandissant pour les humains, en tant que lieux de peuplement. Actuellement, la zone littorale figure parmi les espaces les plus densément peuplés de la Terre. Selon McGranahan et al. (2007), dans Wong et al. (2014), 600 millions de personnes, soit 10% de la population mondiale habiteraient dans des zones côtières de faible élévation. La densification du territoire côtier depuis la seconde moitié du 18ème siècle a été qualifiée d’haliotropisme par Corlay (1995), et s’est accélérée depuis la seconde moitié du 20ème siècle. Cette densification du peuplement du littoral a également fait augmenter la vulnérabilité des populations côtières (Meur-Férec, 2008).

Le littoral méditerranéen du Maroc oriental, qui constitue l’une des principales ressources de la région, est soumis à ces rapides évolutions. En plus de l’impact des pressions touristiques et d’une urbanisation rapide, souvent à caractère anarchique, il a fait l’objet d’un certain nombre d’aménagements: complexe touristique, port de Saidia. Ces aménagements rendent nécessaire la gestion du milieu marin afin de maintenir et d’améliorer la quantité et la qualité des ressources marines.

I. CADRE DE L'ETUDE

La zone qui fait l'objet de la présente étude s'étire sur près de 22 km est localisée à l'extrême Nord-Est du Maroc sur le littoral méditerranéen (Fig.1). Elle est délimitée au Nord par la Méditerranée, au Sud par les collines de Oulad Mansour, à l'Ouest par la chaîne des Kabdana et à l'Est par l'Oued Kiss qui marque la frontière Maroc-algérienne. Le cadre naturel correspondant à une vaste plaine côtière plane et de faible altitude varie entre 1 m et 6 m au-dessus du niveau marin.

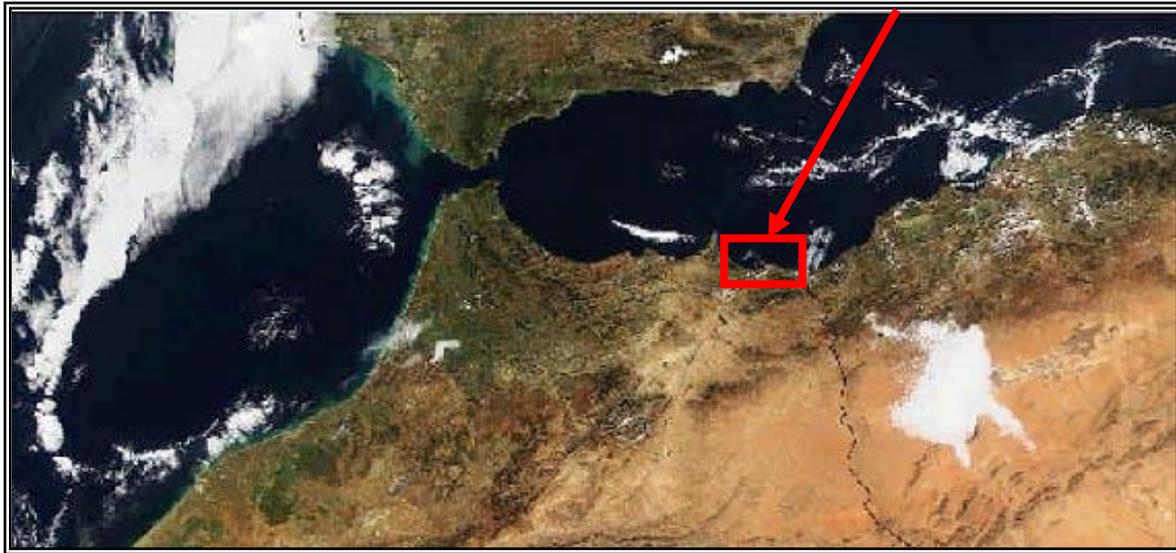


Figure 1. Situation du littoral de Kebdana sur le littoral méditerranéen du Maroc (Source : Gougle earth 2013)

Le littoral de la baie de Saïdia suit un tracé quasi rectiligne (Fig. 2). Les plages sableuses qui le forment ne sont interrompues dans sa partie médiane que par l'embouchure du plus grand fleuve du Nord du Maroc, la Moulouya (R. Raynal, 1961). Cette embouchure étroite n'est ni un estuaire ni un delta du fait de son évolution tectonique et morphodynamique. Le lent soulèvement à l'Holocène moyen et supérieur (H. Zarki, 1999 ; H. Zarki et al., 2004), la réduction des apports de la Moulouya et l'efficacité de l'érosion marine (M. Snoussi *et al.*, 2002) ont limité la sédimentation et empêché la formation d'un delta, sans pour autant permettre le fonctionnement d'un estuaire. Les 3000 ha marécageux, situés à l'est de l'embouchure à l'arrière du cordon sableux, sont classés site d'intérêt biologique et écologique en raison de leur richesse floristique et faunistique. Long de 520 km, l'oued Moulouya prend sa source dans le Haut Atlas à 2000 m d'altitude et draine le plus grand bassin versant du Maroc (57500 km²). Soumis à un climat méditerranéen semi-aride, l'oued a un régime d'autant plus irrégulier qu'il traverse des régions montagneuses plus humides (plus de 600 mm de précipitations annuelles) et de vastes plateaux et plaines semi-désertiques (200 mm de pluies en moyenne annuelle) (G. Maurer, 1980 ; J.J. Barathon, 1989). 18 % du bassin versant dépassent 1500 m d'altitude et 11 % sont inférieurs à 500 m (Fig. 2). Les roches sédimentaires (calcaires, marnes, grès et conglomérats) occupent 97 % de la surface du bassin versant, alors que les roches magmatiques et métamorphiques n'en couvrent que 3 % (R. Raynal, 1961). Les débits lors des crues de printemps et d'automne peuvent dépasser 6000 m³/s dans la basse Moulouya. Plus à l'est, l'oued Kiss, qui sert de frontière avec l'Algérie, n'atteint plus la Méditerranée, car son embouchure est obturée par une flèche sableuse de 20 m de largeur (M. Bouabdallah, 2008). Au pied de la falaise morte des Oulad Mansour, la

plaine du Sareg, qui s'étend entre la Moulouya et l'oued Kiss, est formée de systèmes de cordons sableux qui sont recoupés par le trait de côte actuel (J.J. Baraton, 1989).

Depuis les années 1950, la pression anthropique s'est accentuée sur le littoral et dans le bassin de la Moulouya. Trois grands barrages ont été édifiés dans ce bassin: sur la Moulouya, Mechra Hamadi en 1958 et plus en amont Mohamed V en 1967, plus récemment, sur l'oued Za, Hassan II en 1996 (photo 1). De nombreux aménagements littoraux ont été réalisés. Le port de Cap de l'Eau, situé à 7 km à l'ouest de l'embouchure de la Moulouya (Photo. 1) a été construit en 1983 avec une première entrée orientée vers l'est. La construction du port de plaisance de Saïdia, localisé à 5 km à l'est de l'embouchure de la Moulouya, a démarré en 1998 et s'est achevée en 2002. Deux grands complexes touristiques ont été mis en place près du port de plaisance. Une société d'aquaculture (SAM) et un canal d'évacuation ont été implantés en 1997, puis abandonnés en 2002. L'urbanisation, qui a progressé rapidement, a conduit à l'arasement des dunes du haut et d'arrière plage et à des prélèvements massifs de sables pour la construction. Il convient donc d'évaluer et d'expliquer les modifications du tracé du littoral induites par les interactions complexes entre la dynamique naturelle et les impacts des aménagements successifs.

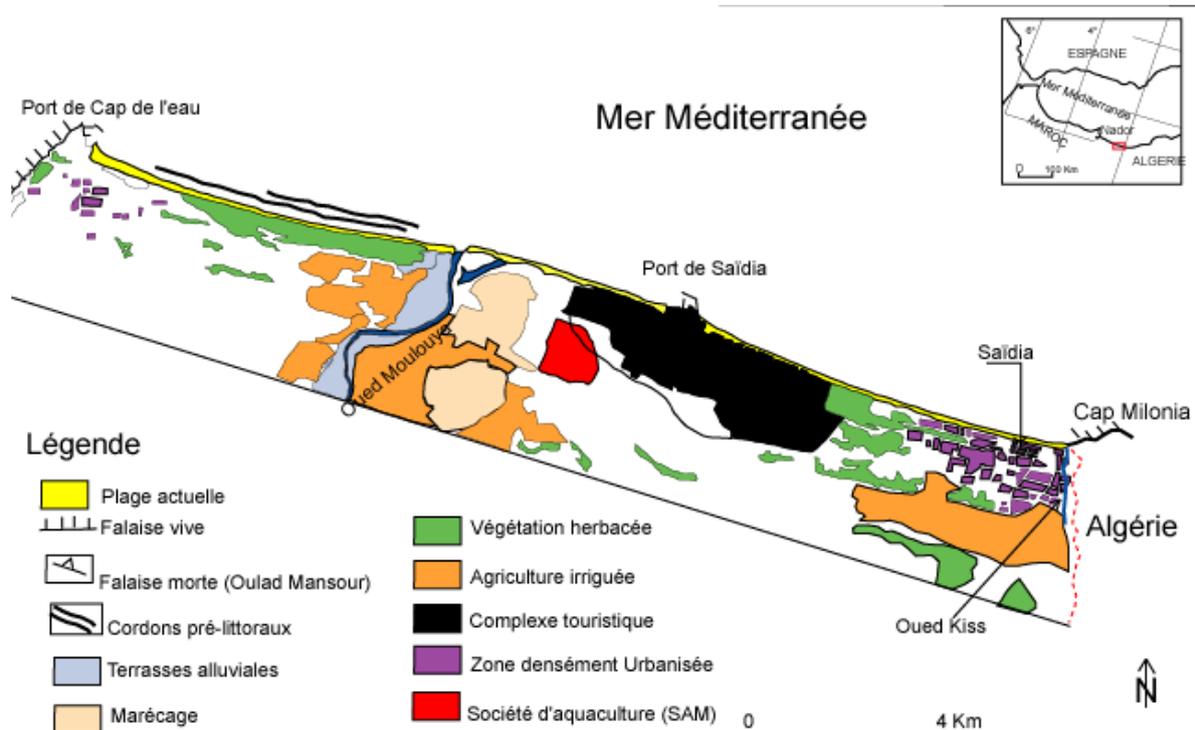


Figure 2 - Carte de localisation, morphologie et occupation du sol.

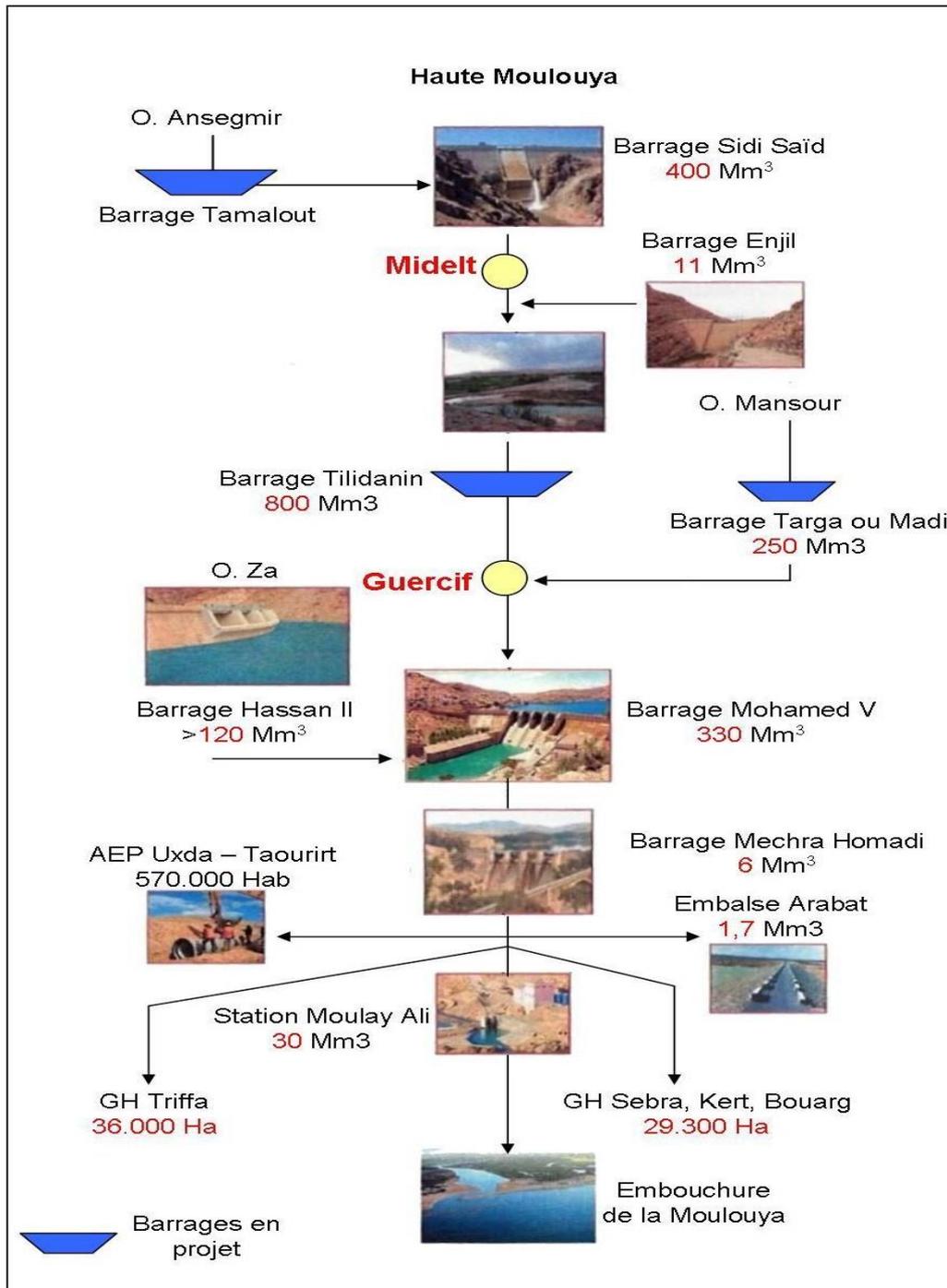


Figure 3 : Schéma présentant les barrages actuels et en projet de la Moulouya

II. Méthode et outils de travail

Pour réaliser cette étude, nous nous sommes appuyés sur le dépouillement bibliographique des recherches antérieures (Zourarah, 1995, Irzi, 2002, Boumeaza 2002, Sbai et Bouazza, 2002, Bouabdallah, 2008, Snoussi et al., 2008, Bouabdallah et al., 2009, Salmon et al., 2010, Sbai et al, 2011), complété par un travail réalisé sur le terrain et l'analyse des photos aériennes de plusieurs missions. L'analyse diachronique de photographies aériennes est un outil efficace pour mettre en évidence les variations sur le moyen terme qui résultent des interactions entre les forçages naturels et les impacts d'aménagements successifs (M. Crowell et al., 1993 ; P. Durand, 1998).

III. SYNTHÈSE ET CONCLUSION

La frange côtière de la baie de Saïdia a fait l'objet de plusieurs projets d'aménagements touristiques intenses. La construction du port de plaisance de Saïdia a démarré en 1998 et s'est achevée en 2002. L'entrée est orientée vers l'Ouest (Fig. 4). Le choix de cette orientation a été justifié par l'existence d'un transit sédimentaire dominant de sens Est-Ouest et par l'ensablement auquel est soumise la passe d'entrée du port de Cap de l'Eau (Rapport CID, 1996). Cependant, les observations de terrain et l'étude des photographies aériennes, montrent que dans cette région, les transits sédimentaires sont plutôt liés à une dérive de sens Ouest-Est car les vents du secteur Ouest sont trois fois plus forts que les vents du secteur Est. Une fois construit, ce port de plaisance a été soumis à un ensablement. Si l'entrée de ce port avait été orientée vers l'Est, le problème d'ensablement ne se poserait pas. En effet, d'une part, le Cap de Milionia joue un rôle de barrière qui stoppe les transits sédimentaires en provenance de la côte algérienne, d'autre part, il n'y a plus d'apports sédimentaires à partir de l'oued Kiss actuellement. La dérive littorale induite par les vents d'Est ne peut donc entraîner qu'une charge sédimentaire minimale à partir de la remobilisation des barres d'avant côte. L'entrée du port de Saïdia se trouve donc ensablée avant qu'il ne soit fonctionnel. Le problème d'ensablement de nombreux ports de la côte atlantique a déjà été soulevé par Charrouf (1989). D'après cet auteur, tous les ports construits après les années 1980 connaissent un ensablement important et nécessitent des entretiens par des dragages qui sont très coûteux.

Le port de Saïdia, situé au centre de la plage de Saïdia, forme une barrière au transit des matériaux provenant de l'Ouest. Il entraîne ainsi un déficit sédimentaire sur la plage de Saïdia située à l'Est (Fig. 4).

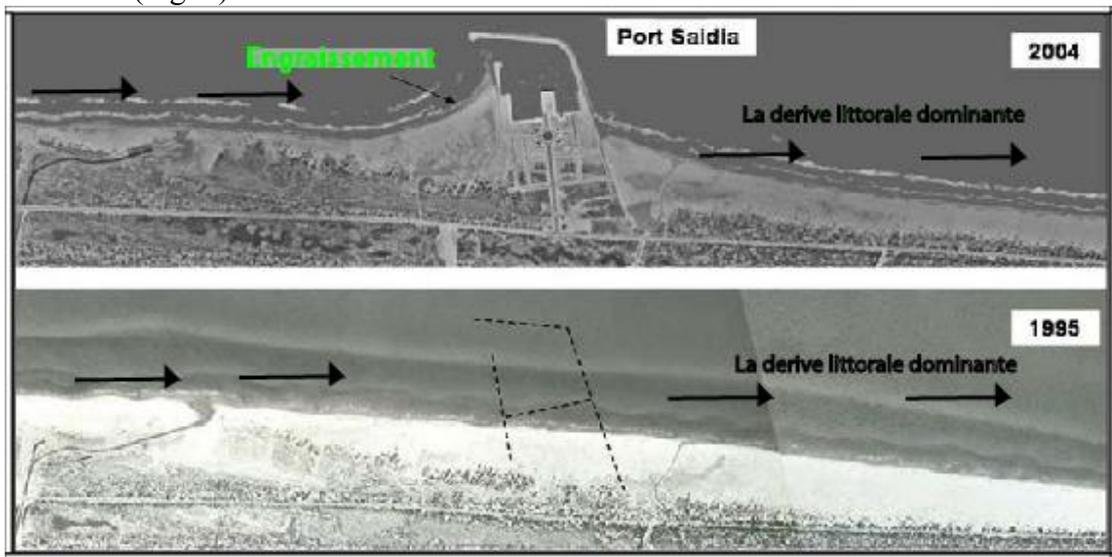


Figure 4 : L'effet du port de plaisance de Saïdia sur le transit sédimentaire

Cette bande côtière a fait l'objet aussi de plusieurs projets d'aménagements touristiques intenses notamment après la rénovation de l'ancienne route côtière et la réalisation de l'ouvrage d'art de la traversée de la Moulouya, qui représente la première tranche de la rocade méditerranéenne.

La ville de Saïdia, qui s'est développée sur le front de mer, était et est toujours le lieu d'implantation de nombreux centres de vacances et de campings, et ce tout le long de la plage de Saïdia. Á la recherche d'une vue imprenable sur la mer, l'urbanisation de la ville a pris une forme d'occupation linéaire (Fig. 5).



Figure 5 : Urbanisation linéaire : projet FADESA (Bouabdallah, 2007)

Les constructions réalisées directement sur les dunes bordières provoquent la destruction de l'équilibre sédimentaire existant entre la dune d'une part et l'ensemble haute plage- bas de plage- estran d'autre part (Fig.6). La destruction des dunes côtières au profit de projets immobiliers ou de l'exploitation des sables en tant que matériaux de construction (Fig.7 et Fig.8) a fait disparaître la réserve des sédiments nécessaire à l'équilibre des côtes (Paskoff, 1996). Cela est dû au fait que la bande d'inconstructibilité est toujours de 6 m et que le projet de loi du littoral, qui stipule une bande de 100 mètres, n'a été approuvé qu'en 2015.

Ce développement touristique a permis la mise en valeur économique de la ville mais il a également déstabilisé les cordons littoraux qui commencent à être érodés.



Figure 6 : Destruction de l'équilibre sédimentaire entre la haute plage et la dune (Bouabdallah, 2007)



Figure 7 : Extraction des sables par la société FADESA (Bouabdallah, 2007)



Figure 8 : Extraction des sables par la société FADESA (Bouabdallah, 2007)

Références bibliographiques

- Barathon J.J. (1989). Bassins et littoraux du Rif oriental : évolution morphoclimatique et tectonique depuis le Néogène supérieur. Thèse doctorat d'Etat. Université de Poitiers. Etudes Méditerranéennes. Fasc. 13. 531p + planches..
- Bouabdallah M. (2008). Le littoral méditerranéen entre l'oued Kiss et le Cap des Trois Fourches (NE du Maroc) : évolution naturelle et impact des aménagements. Thèse de Doctorat de l'Université Paris 12, 202 p.
- Bouabdallah M. et al (2009). Physio-Géo - Géographie Physique et Environnement, 2009, volume III.
- Bboumeaza T. (2002). Le cours inférieur de la Moulouya : morphologie quaternaire, dynamique fluvial et morphologique côtière du littoral entre Kabdana et Saïdia (Maroc oriental, Maroc). Thèse de Doctorat en Sciences, Univ. de Liège, Mars, 342p.

- Bboumeaza T., Sbai A., Salmon M., Benata M. et Ozer A. (2012). Impacts écologiques des aménagements touristiques sur le littoral de Saïdia, Maroc oriental. *Méditerranée* 115/2010. URL : <http://mediterranee.revues.org/4888>
- Charrouf L. (1989). Les problèmes des ports marocains sur la façade atlantique, leur impact sédimentologique sur le littoral. Thèse de Doctorat, Univ. Paris Sud, centre d'Orsay, 307 p.
- Irzi Z. (2002). Les environnements du littoral méditerranéen du Maroc compris entre l'oued Kiss et le Cap des Trois Fourches, Dynamique sédimentaire et évolution et écologie des foraminifères benthiques de la lagune de Nador. Thèse de Doctorat, Univ Med 1er, Fac.Sc. Oujda, 311p.
- Paskoff R. (1996). Aménagement du littoral et protection de l'environnement en France. *Armand Collin- l'information géographique*, 60, pp. 157-166.
- Paskoff R. (1998). Les littoraux, impact des aménagements sur leur évolution. 3^e édit, A. Colin, Paris, 260 p.
- Salmon M., Sbai A., Boumeaza T., Benata M. et Ozer A. (2010). L'érosion des côtes meubles de l'extrême nord-est de Maroc, *Bulletin de la Société Géographique de Liège*, 2010, pp.97-105
- Sbai A., Benata M., Lasгаа H, Saidi A et Benrbia K (2011). Etude de l'érosion des côtes meubles du Maroc Nord-Est. Conférence Méditerranéenne Côtière et Maritime. EDITION 2, TANGER, MAROC (2011). Coastal and Maritime Mediterranean Conference. Disponible en ligne – <http://www.paralia.fr> – Available online.
- Sbai A., Bouazza A. (2002). Evolution géomorphologique et dynamique récente de la plaine littorale de Saïdia (Maroc Nord-est). In : *Le littoral méditerranéen oriental : Diagnostic et choix de développement et d'aménagement*. Colloque national, 13-14 février 2002, Oujda, pp 3-30.
- Zourarah B. (1995). La zone littorale de la Moulouya (Maroc Nord-Oriental): Transit sédimentaire, Evolution morphologique, Géochimie et état de la Pollution. Thèse de 3ème cycle, Univ Med V, Fac.Sc. Rabat, 197p.

L'AMENAGEMENT FACE AUX RISQUES NATURELS EN MILIEUX LITTORAUX : CAS DU LITTORAL DE CAP DE L'EAU (MAROC NORD-EST)

Abdelouahid SAIDI, Abdelkader SBAI, Mimoun EL MAHDAOUI, Mimoun BAHKANE, Omar MOUADILI & Mostafa BOUABDALLAH

Université Mohamed I^{er}, Département de Géographie. 60000, Oujda, Maroc.

cap_saidi@hotmail.com

RESUME: Les milieux littoraux méditerranéens au nord est du Maroc comptent parmi les milieux les plus sollicités par les différents aménagements. L'implantation des infrastructures d'équipements et la localisation des activités humaines confortent souvent les menaces liées aux risques naturels. Dans ce sens, le littoral de Cap de l'Eau est d'une part l'objet du fonctionnement des risques géomorphologiques et hydroclimatiques (élévation du niveau marin, inondation, érosion côtière) et d'autre part serait dans les années à venir le lieu convenable à accueillir l'implantation des projets touristiques et urbains. Ceux-ci présentent le problème de maintien de l'équilibre de ce milieu fragile.

L'objectif de cette communication est de mettre en relief les enjeux imposés par ce type de risques naturels et les impératifs qui doivent être pris en considération pour aménager le territoire de l'aire d'étude. Pour concrétiser ce but, nous avons donné une grande importance au sujet de la classification des zones à risque pour améliorer les démarches de l'aménagement et de développement durable. En fait, la classification et l'évaluation du degré de gravité des risques permettent d'éviter leurs effets néfastes sur la population et les infrastructures tant que le risque très grave est possible partout à un moment donné et entraîne des dommages matériels et d'énormes dégâts humains. Dans ce cadre, les projets d'aménagements devront être implantés dans des zones à faible risque. Pour classifier ces risques liés à ces phénomènes, nous nous sommes reposés sur le travail de terrain et l'élaboration des cartes thématiques et synthétiques à partir des outils du SIG.

Mots clés: Littoral, Risque naturel, Aménagement, Milieu fragile, Cap de l'Eau, Maroc.

SUMMARY: The Mediterranean coastal areas in the north east of Morocco are among the most demanded environments by different developments. The installation of the infrastructure equipments and the location of the human activities often confront threats related to natural risks. In this sense, the coastal of Cap de l'Eau is the object of the object of the geomorphologic and hydroclimatic risks (rise of the sea level, flood, coastal erosion) from one side and from the other side, it would be in the future the suitable to accommodate the implementation of tourism and urban projects. These present the problem of maintaining the equilibrium of this fragile environment. The purpose of this communication is to highlight the issues raised by this type of natural hazards and the imperatives must be taken into consideration to develop the territory of the study area. To achieve this goal, we have given great importance to the classification of risk areas to improve the approaches planning and sustainable development. In fact, the gravity of the risks degree makes it possible to avoid or rather reduce their negative effects on the population and the infrastructures as long as the very serious risk is possible at any moment and causes given time and causes huge human and material damage. In this context, development projects should to be located in low-risk areas. To classify these risks related to these phenomena, we relied on the field work and the development of the thematic and synthetic maps from the GIS tools.

Key words: Coastline, Natural hazard, Management, Fragile environment, Cap de l'Eau, Morocco.

INTRODUCTION

Le littoral de Cap de l'Eau présente un potentiel environnemental fragile. Les diverses composantes physiques de ce milieu sont menacées par l'érosion. Les agents de nature anthropique sont à l'origine de cette dynamique érosive et ont fait apparaître des formes d'érosion excessive (plages en régression, fortes variations du trait de côte, perturbations du transport sédimentaire...). D'ailleurs, depuis peu de temps, les aménagements hydroélectriques et portuaires figurent parmi les principaux facteurs engendrant ces phénomènes d'érosion. De nos jours, les projets immobiliers et touristiques en chantiers se concentrent tout près de la ligne du rivage, ainsi que ceux programmés ultérieurement. Dans les deux cas, les aménagements aussi bien anciens que nouveaux ont des impacts sur la composante environnementale. Nous tâcherons à travers cette communication de faire identifier ces impacts et montrer leurs répercussions néfastes sur l'évolution du littoral du secteur étudié. De l'autre côté, nous allons nous pencher sur l'étude de la sensibilité environnementale et socio-économique de la zone côtière face aux changements imposés par l'élévation accélérée du niveau de la mer selon les différents scénarios.

1. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Le littoral sableux de Cap de l'Eau, au Nord Est du Maroc, est une côte basse d'une longueur de 8 km. Il s'étend de l'avancée rocheuse du Cap de l'Eau jusqu'à l'embouchure d'Oued Moulouya et se présente sous forme d'une baie avec un trait de côte arqué (Fig.1). Sur cette côte sévit un climat méditerranéen semi aride caractérisé par des précipitations peu et irrégulièrement abondantes (320 mm à Cap de l'Eau), une dominance des pluies inférieures à 10 mm par jour (32,5% du volume annuel) et des températures moyennes annuelles qui sont de l'ordre de 17° - 18°. Sur le côté humain, les données et les variables sociodémographiques relatives à l'accroissement de la population, la densité et la répartition spatiale de l'habitat nous indiquent qu'il s'agit d'un milieu humain qui se concentre de plus en plus en parallèle à la frange côtière. La population de celle-ci augmente dans les proportions et s'urbanise davantage.

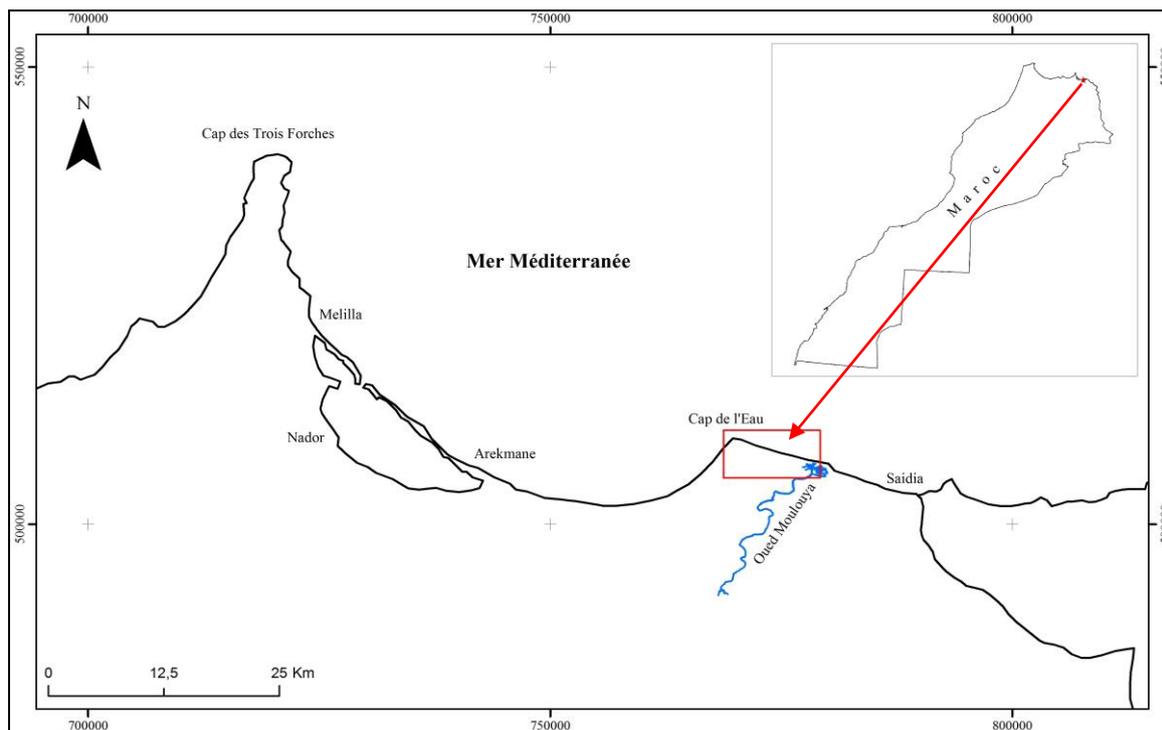


Figure 1. Localisation du littoral de Cap de l'Eau par rapport au littoral méditerranéen Nord Est du Maroc

2. MATERIEL ET METHODES

La méthode adoptée se compose de deux stades. Dans le premier stade, nous avons poursuivi les démarches suivantes :

- Extraction des données d'élévation topographique à partir de la vectorisation des points côtés de la restitution aérienne du plan d'aménagement de Cap de l'Eau de l'année 2008 avec une exactitude de 0,5 m (Fig. 2).
- Production d'un Modèle Numérique d'Élévation (DEM) de l'interpolation des données de l'élévation par réseau triangulaire irrégulier (TIN), et une base de données de points de contrôle au sol a été mesurée par un système de positionnement global (GPS).
- L'intégration des données dans un SIG (Arc GIS 9.1) pour classer et dresser une carte de la typologie par les inondations potentielles.

Dans le second stade, nous avons accédé à l'approche empirique telle qu'elle était proposée par Hoozemans et al. (1993) et appliquée par Snoussi (2006), et Sbai et al., (2012).

$$NI = PM + MM + SLR \text{ (Equation. 1).}$$

$$NI = PM + SLR \text{ (Equation II.).}$$

Où NI : Niveau d'inondation (maximum (Equation. 1). minimum (Equation II.).

PM : Niveau d'eau de la marée haute maximale;

MM : Marée météorologique;

SLR : Montée du niveau de la mer.

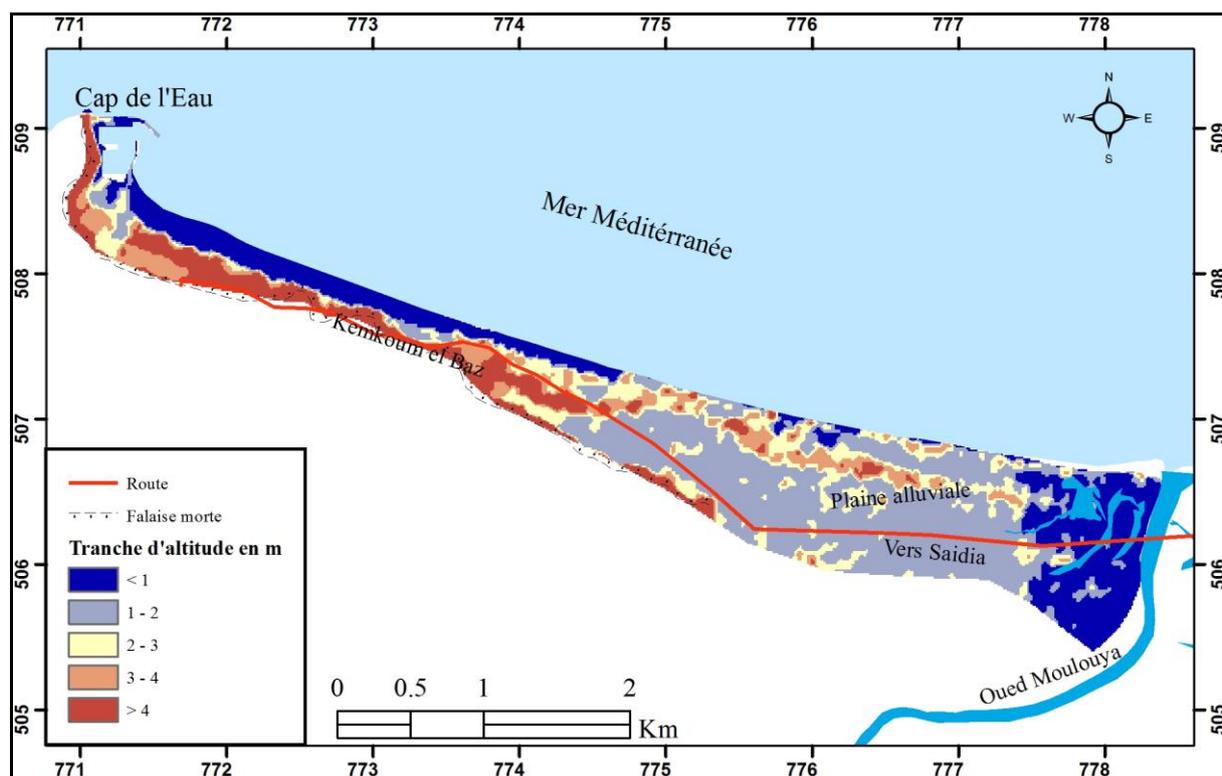


Fig.2. Carte des altitudes (équidistance de 0,5m)

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1. Scénario minimum de 0,5 à 1m

Le scénario d'une élévation du niveau marin de 0,5 à 1 m dans le siècle futur suppose la submersion de trois zones à Cap de l'Eau. La première zone concerne l'ancien centre, village espagnol, l'actuel axe commercial (café-restaurants, boutiques de commerce, centre commercial) et la zone portuaire avec ses différentes infrastructures, installation et construction (halles aux poissons, entrepôt frigorifique, cale de halage, chantier naval, locaux de la pêche côtière, locaux administratifs, mosquée). La deuxième zone comporte la plage accolée directement avec la jetée secondaire et la corniche construite sur la haute plage. La troisième zone touche la partie gauche du SIBE de la Moulouya. De ce fait, les eaux de mer inonderaient une superficie des terrains d'environ 140 ha dans le scénario de 1 m (Fig. 3).

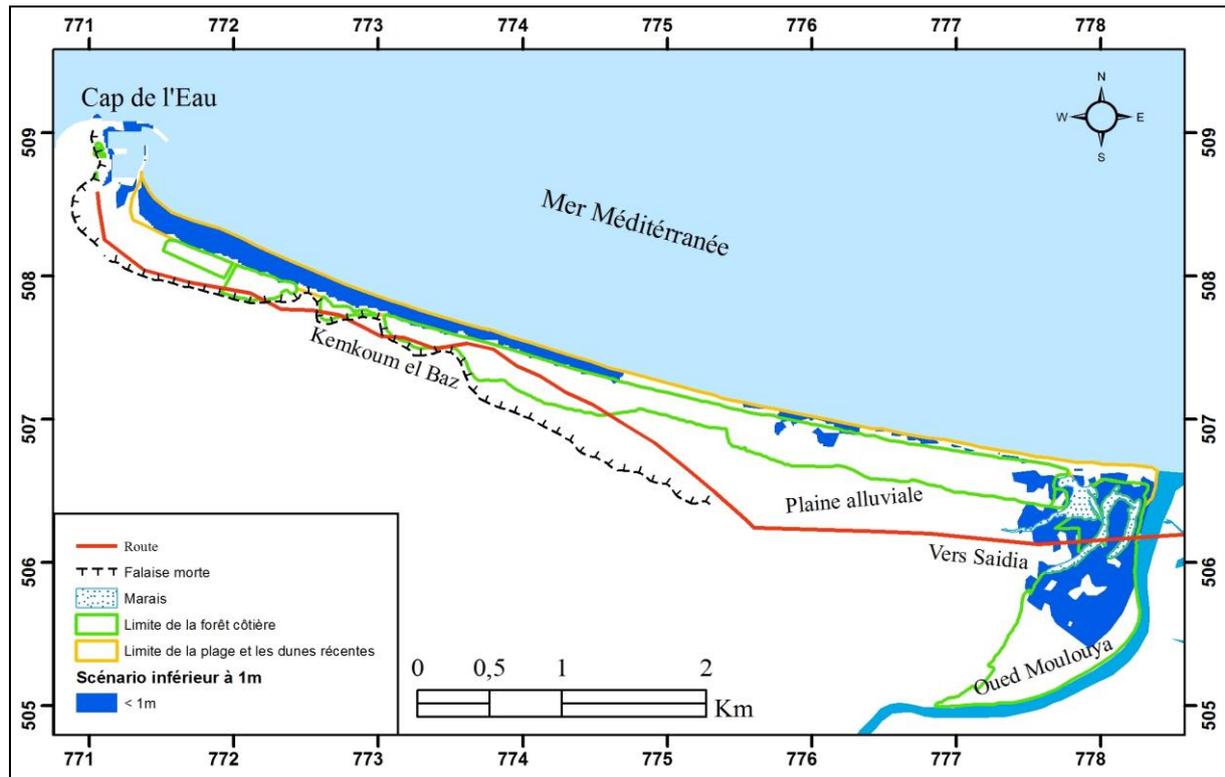


Fig.3. Vulnérabilité de la côte de Cap de l'Eau à la submersion : Scénario minimum de 0.5 à 1m

3.2. Scénario moyen et critique de 1 à 2 m et de 2 m à 3 m

Si le niveau de la mer monte de 2 m, il est estimé que les zones submersibles s'étendront sur la totalité de la bande côtière y compris la végétation naturelle et le reboisement d'accacia et d'eucalyptus. Approximativement 325 ha de la surface côtière serait inondés dans le scénario de 2 m (Fig. 4). En parallèle, le scénario critique par une accélération prévisible de l'élévation du niveau de mer de 3 m estime environ 460 ha des terrains qui connaîtront l'intrusion marine (Fig. 5).

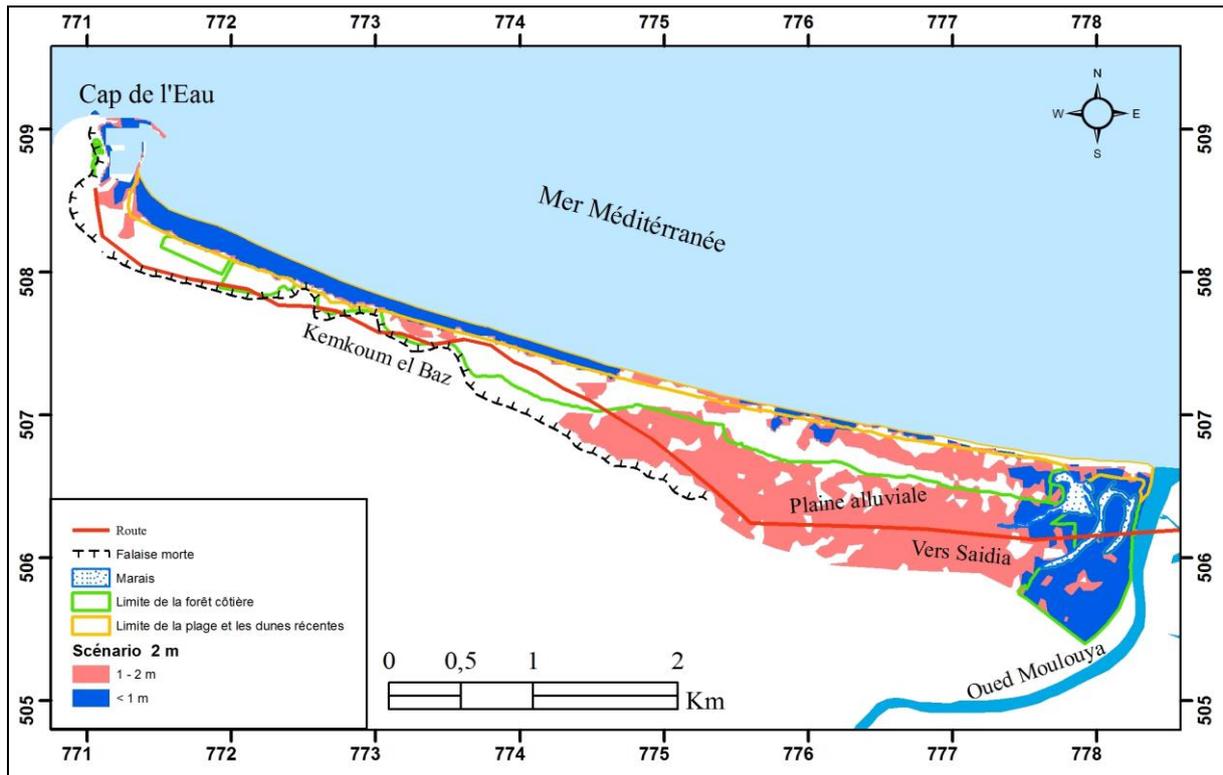


Fig.4. Vulnérabilité de la côte de Cap de l'Eau à la submersion: Scénario moyen de 2 m

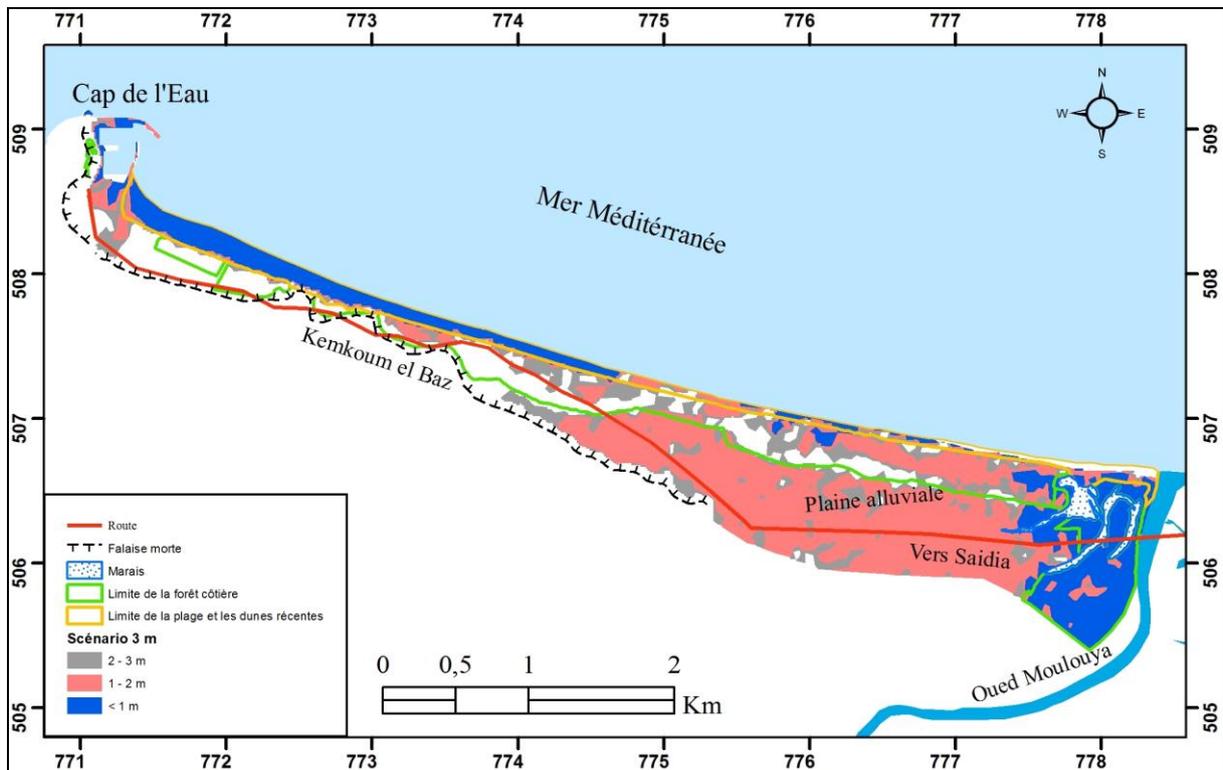


Fig.5. Vulnérabilité de la côte de Cap de l'Eau à la submersion: Scénario critique de 3 m

3.3. Impact environnemental et socio-économique

Les espaces de submersion de 1m abritent des activités économiques de base pour la population locale à savoir la pêche maritime, le tourisme et le commerce quoique les

résidences soient situées hors de ces lieux. Le centre ancien topographiquement abaissé moins de 1m se situe entre la plage et les falaises. L'enclavement naturel de l'emplacement de ce site est un élément de sa vulnérabilité envers une invasion marine de 1 m. L'histoire des événements pluviaux exceptionnels qu'a connus la région montre que les eaux de pluie finissent par stagner dans les points bas du centre en absence des ouvrages de drainage, de collecte et d'évacuation.

La flottille de sardiniers, de chalutiers et de palangriers œuvrant dans la zone portuaire est le secteur le plus vulnérable en cas d'une prévision de la montée de mer. De ce fait, la pêche industrielle à Cap de l'Eau qui s'appuie sur cette base logistique pourrait entraîner des dégâts substantiels importants. Ce secteur joue un rôle important pour la population locale aussi bien sur le niveau économique qu'au niveau social.

Les inondations toucheraient également les plages de Cap de l'Eau notamment celle (Fig. 6) s'étendant sur une longueur de 800 m à partir du port jusqu'à la limite de la corniche et qui présente une largeur assez grande avec une moyenne de 200 m et une surface de plus de 18 hectares.

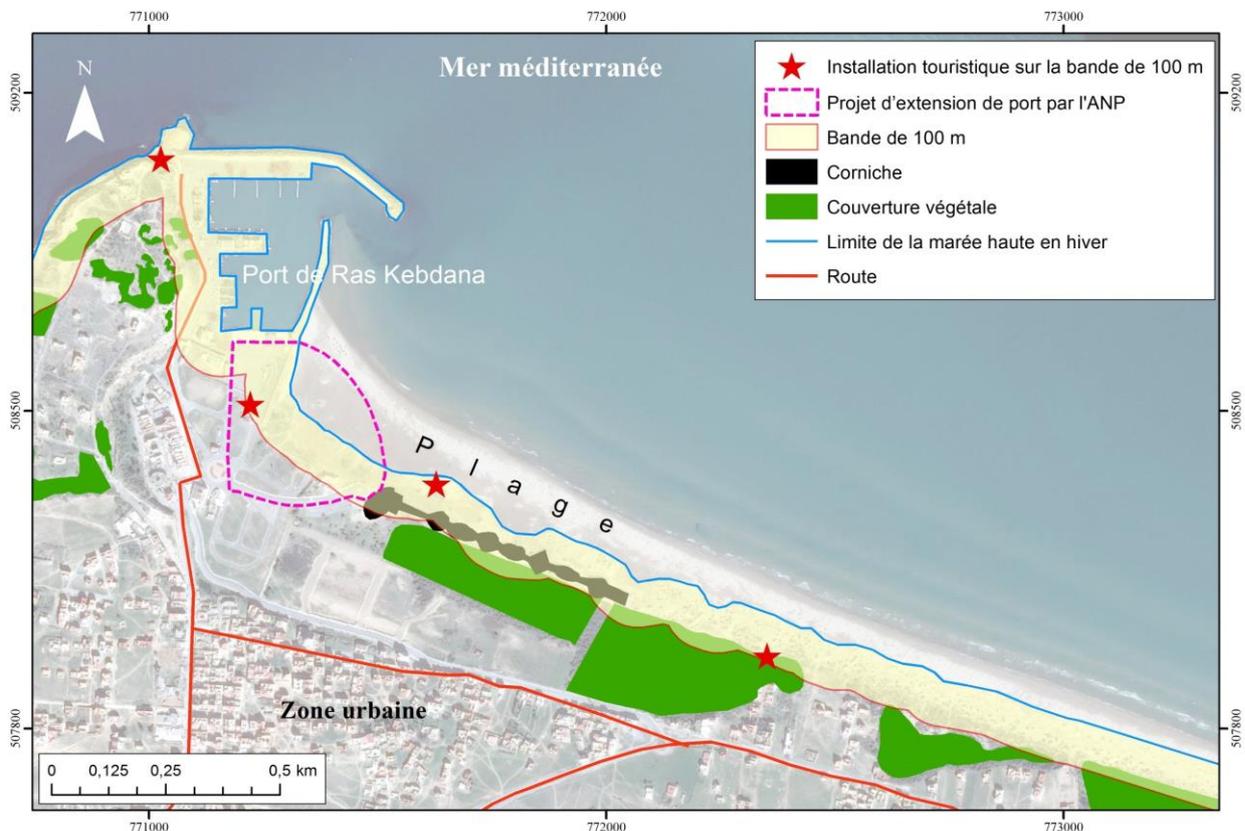


Fig.6. Vulnérabilité de la côte de Cap de l'Eau à la submersion: Scénario critique de 3 m

C'est une zone qui connaît une fréquentation importante des estivants et sera l'objet d'installation des projets touristiques et le lieu d'extension du port par l'Agence Nationale des Ports) (Fig. 6). Cet espace manifeste une certaine vulnérabilité liée à l'intervention humaine. Les trois parkings au-delà de la plage ont été construits en dur occupant l'espace des cordons dunaires et sa végétation naturelle. La corniche et les unités café/restaurants sont construites en dur sur le sable. Ces projets installés sur le sable de la plage (parkings, cafés, corniche) sont affectés durant l'hiver par la montée de la marée haute. Récemment, des bâtiments à vocation touristique viennent de s'implanter en arrière plage dans des zones basses au-dessous de 2 m. (Photo. 1).



**Photo.1. Implantation des appartements touristiques au bord de la mer
(Photo prise en 20-04-2015)**

L'installation des complexes touristiques dans des dépressions signifie la modification de la morphologie de la côte et par conséquent une augmentation de sa vulnérabilité à des risques d'inondation. Ainsi ces aménagements touristiques en cours de programmation auront des impacts néfastes sur les formations végétales protégeant les dunes sableuses.

3.4. Impacts environnementaux

Les changements les plus importants au niveau environnemental seraient la submersion de l'ensemble de la plage et du SIBE y compris les régions qui entourent oued Moulouya d'ici la fin du siècle. Les inondations de ces milieux seront à l'origine des risques suivants.

- Homogénéisation de la salinité des eaux. Elle entraînerait :
- La disparition des groupements végétaux et les organismes jouissant des variations de la salinité caractérisant les eaux saumâtres.
- La substitution du marais salé au marais doux et donc une perte en biodiversité végétale et animale.

La substitution du système marin aux quatre systèmes caractérisant le SIBE (estuarien, fluvial, palustre, lacustre) et par conséquent la zone de l'embouchure à savoir la dépression marécageuse salée d'El Halk sera envahie par les eaux de mer. D'ailleurs, cette dépression constitue un lieu du refuge, de repos et d'hivernage pour les oiseaux migrateurs.

- Accentuation de la salinisation des aquifères;

La salinisation se généralise sur l'ensemble des eaux souterraines coulant non loin de la surface. Les analyses que nous avons relevées présentent une conductivité électrique élevée du fait du dysfonctionnement des crues d'oued Moulouya et de la sécheresse.

- Accentuation d'érosion côtière (recul du trait de la côte, disparition des plages actuelles, destruction des dunes bordières...).

Les eaux colorées font leur apparition plus ou moins régulièrement le long des côtes de Cap de l'eau. Ces eaux ne sont que l'expression de certaines espèces phytoplanctoniques qui induisent parfois des mortalités massives au niveau des poissons.

L'écosystème côtier subit également l'impact des activités portuaires du port de Ras Kebdana et surtout le déversement non contrôlé de déchets liquides et par conséquent l'interférence naturelle du gaz carbonique ne se réalise pas entre les couches atmosphériques et les couches hydriques marines.

Conclusion

Le domaine littoral de Cap de l'Eau forme un système environnemental et un patrimoine naturellement très riche. Il est le siège d'interaction de différentes dynamiques dues à la position géographique qu'il occupe. Il se situe entre trois systèmes fluvio- estuarien, marin et éolien. Les sédiments et les apports apportés par les agents de ce multisystème ont enrichi le milieu considéré en diverses ressources (sable, végétation, richesses halieutiques, ...). De plus, la morphosédimentologie des unités strictement côtières de Cap de l'Eau (ligne du rivage, plage, dune, falaises vives ou mortes) reflète le rôle de chaque agent dans l'édification de celles-ci. Pour cela, avant d'aménager les milieux littoraux, l'étude d'impact s'avère d'une grande importance. Nombreux sont les aménagements hydrauliques, portuaires, immobiliers et touristiques qui ont porté préjudice à la spécificité du littoral. L'histoire des aménagements anciens et actuels à Cap de l'Eau affirme que les aménagistes ont accordé une priorité à des aménagements à retombée économique plus qu'environnementale. Les variations de la largeur des zones intertidales tout au long de la plage et des profils de trait de la côte, le recul des potentialités halieutiques, la destruction des dunes et enfin l'éradication de l'ancien delta témoignent des inconvénients engendrés par la non- prise en considération au préalable des impacts. A cela, s'ajoute l'effet du réchauffement climatique qui pourrait être à l'origine d'une potentielle submersion marine de la zone côtière étudiée.

Références bibliographiques :

- Alaska Satellite Facility (ASF) Radiometrically Terrain. MNT (Model numérique du terrain) (2015). Résolution (12m) Corrected (RTC).
- GIEC /I.P.C.C. (2007). Groupe de travail 1 du GIEC- Quatrième Rapport d'évaluation, Bilan 2007 des changements climatiques, les bases scientifiques physiques, Résumé à l'intention des décideurs 25p.
- GIEC /I.P.C.C. (2013). Groupe d'expert intergouvernemental sur l'évolution du climat. Cinquième Rapport d'évaluation. Les éléments scientifiques, Résumé à l'intention des décideurs 27p.
- Hoozemans F.M.J., Stive M.J.F., Bijlsma L. (1993). *A global vulnerability assessment: vulnerability of coastal areas to sea-level rise*. 8th Symposium on Coastal and Ocean Management - Coastal Zone'93, 8, New Orleans, pp 390-404.
- Sbai A. et Lasgaa. H. (2012). Vulnérabilité et impacts des risques associés à l'élévation du niveau de la mer dans la plaine littorale de Saidia – Cap de l'Eau (Maroc nord-est). Editions Paralia CFL. DOI:10.5150/jngcgc.2012.045-S.EDITION PARALIA, Disponible en ligne – <http://www.paralia.fr>
- Snoussi M., Ouchani T., Niazi S. (2008). Vulnerability assessment of the impact of sealevel rise and flooding on the Moroccan coast: The case of the Mediterranean eastern zone. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Vol. 77, pp 206-213. doi:10.1016/j.ecss.2007.09.024
- Warrick R.A., Le Provost C., Meier M.F., Oerlemans J., Woodworth P.L. (1996). Changes in sea level. In HOUGHTON J.T et al. (Eds). *Climate Change 1995. The Science of Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge (1996), pp 365–406.

LE RISQUE DE LA SÉCHERESSE : ENJEUX ET MODE DE GESTION AU NIVEAU DE LA PROVINCE DE BERKANE

Mimoun BOUKHIDOUS

Ingénieur en environnement, Urbaniste à la Province de Berkane, Maroc

e-mail : mboukhidous@gmail.com

Abdelkader SBAI

Professeur à la Faculté des Sciences Humaines et Sociales d'Oujda, Maroc

e-mail : sbaiabdelkader59@gmail.com

Résumé: L'impact de la sécheresse sur le développement des territoires touche en premier lieu les ressources naturelles en terme de quantité et de qualité. Il est à l'origine de perturbation des installations humaines donnant lieu à un flux de population (exode, immigration) et une décroissance des activités économiques principalement celles en rapport avec l'agriculture.

Les épisodes de sécheresses, répétitives responsables de l'accroissement de la vulnérabilité et la dégradation du milieu, donnent lieu à une situation de précarité extrême, affectant le développement socio-économique par une rareté de l'eau pour la population, les exploitations agricoles, les activités industrielles et les installations de service (tourisme).

Economiquement, les conséquences de la sécheresse touchent aussi bien le potentiel de production agro-sylvo-pastoral, les superficies des terres cultivables et la production alimentaire engendrant par conséquent une baisse des revenus, une hausse des prix et une inertie à l'investissement.

Sous les coups des épisodes de sécheresse aigue, le Maroc lance des plans d'urgences pour la lutte contre les effets de la sécheresse. Ces 'programmes' à caractère conjoncturel et éphémère tentent à remédier aux impacts potentiels que peut subir le territoire frappé par la sécheresse.

Ainsi, dans un contexte de complexité des enjeux attribués aux effets de la sécheresse, l'intégration de la gestion du risque dans la planification et la programmation s'avère délicate. De telle démarche devrait faire appel à une gestion transversale du risque et engager des approches multidimensionnelles (sociales, économiques, culturelles, environnementales, techniques).

Au niveau de la Province de Berkane, le processus de gestion de risque de sécheresse fait, désormais partie des préoccupations de la sphère de décision locale sous la forme d'objectifs, de projets et de budgets et intéressant plus particulièrement les secteurs de l'agriculture et de l'approvisionnement en eau.

Mots clés: sécheresse, gestion de risque, Berkane.

THE RISK OF DROUGHT: CHALLENGES AND MANAGEMENT AT THE LEVEL OF THE PROVINCE OF BERKANE

Abstract: The impact of drought on the development of territories primarily affects natural resources in terms of quantity and quality. It is at the origin of disturbance of the human installations giving place to a flow of population (exodus, immigration) and a decrease in economic activities mainly those related to agriculture.

The repetitive drought episodes responsible for the increase in vulnerability and degradation of the environment give rise to a situation of extreme precariousness, affecting socio-economic development by a scarcity of water for the population, farms, activities industrial and service facilities (tourism).

Economically, the consequences of drought affect the potential for agro-sylvo-pastoral production, the areas of cultivable land and food production, thus resulting in lower incomes, higher prices and inertia for investment.

Morocco has been hit by episodes of severe drought, and is launching emergency plans to combat the effects of drought. These cyclical and ephemeral programs seek to remedy the potential impacts that the drought-stricken area may suffer.

Thus, in a context of complexity of the issues attributed to the effects of drought, integrating risk management into planning and programming is proving difficult. Such an approach should call for transversal risk management and initiate multidimensional approaches (social, economic, cultural, environmental, technical).

At the level of the Province of Berkane, the drought risk management process is now part of the concerns of the local decision-making sphere in the form of objectives, projects and budgets. It is of particular interest to the agriculture and water supply sectors.

Key-words: drought, risk management, Berkane.

1 INTRODUCTION

Le Maroc fait partie des régions exposées changements climatiques inducteurs d'événements climatiques extrêmes affectant l'approvisionnement en eau, la sécurité alimentaire, la santé des populations et la sauvegarde la biodiversité. Ils entraînent, également, des pressions supplémentaires aux autres stress anthropiques, sur les ressources naturelles d'une façon générale et particulièrement sur les ressources hydriques (KHATTABI, A. 2014).

L'accès aux ressources naturelles, l'usage et le mode de leurs gestions sont de la sorte, tributaires des phénomènes climatiques extrêmes répétitifs, la sécheresse en particulier, responsable de l'accroissement de la vulnérabilité de la population et la dégradation du milieu naturel. D'ailleurs, les dommages assignés aux changements climatiques, notamment pour l'agriculture céréalière qui est dominante, s'annoncèrent au Maroc dès le début des années 80 par les sécheresses agricoles répétitives touchant le pays toutes les trois années durant le XX^{ème} siècle (BENAOUDA, H. et BALAGHI, R. 2009).

On est devant 'une augmentation nette de la fréquence des sécheresses et inondations. Ainsi on est passé d'une sécheresse tous les dix ans au début du siècle à cinq à six années de sécheresses en dix ans actuellement' (AGOUMI, A. 2003).

Notre recherche est portée sur le risque de sécheresse dont les répercussions successives, ont impactés le territoire de la Province de Berkane, ces dernières décennies. En matière de gestion du risque de la sécheresse, la sauvegarde des vies humaines et des biens demeurent une nécessité

En plus de la vulnérabilité du territoire et de la perception du risque de sécheresse, les réponses à de tel aléa climatiques sont fonction du contexte socio-économique, politique, culturel ainsi que des moyens matériels, savoir-faire, pouvoir organisationnel et échelle de priorisation adopté.

2- GESTION DES RISQUES LIÉS A LA SÉCHERESSE CLIMATIQUE : ENTRE REALITÉS DU TERRITOIRE, COMPLEXITÉ DES ENJEUX ET DIVERSITÉ DES ACTEURS

2-1. Cadre juridique et institutionnel

Divers acteurs sont impliqués dans la gestion des risques aux effets de la sécheresse et interviennent dans le processus de l'adaptation à leurs impacts. Ce sont des acteurs institutionnels ou particuliers, publics ou privés, organisés ou individuels.

La gestion du risque de la sécheresse fait partie de la compétence de plusieurs ministères d'où la difficulté d'asseoir une coordination parfaite, objective et efficace. Il s'agit en premier lieu du Ministère de l'agriculture et de la Pêche maritime qui paraît de loin le plus concerné, étant donnée la vulnérabilité du secteur agricole vis-à-vis de cet aléa climatique. Néanmoins, des interférences de compétences puisque d'autres ministères, notamment le Ministère de l'intérieur, le Ministère chargé de l'eau et de l'environnement, le ministère chargé de l'aménagement du territoire sont aussi concernés par les effets de la sécheresse, soit sur les ressources naturelles soit sur la population...

D'autres départements sont aussi impliqués dans le processus de gestion de risque de sécheresse, il s'agit notamment du Ministère des finances pour toutes les décisions engageant des fonds en réponse à des événements exceptionnels, le département du tourisme et celui de l'industrie en tant que consommateurs potentiels de l'eau, le Ministère de l'équipement pour les données de la météorologie...

Ce panel d'intervenants risque de constituer une contrainte à une bonne gestion des situations de crise et peut donner lieu à une dilution de responsabilités entre les différents départements, se répercutant localement entre leurs représentations déconcentrées. En effet, la logique de cloisonnement de l'administration fait que chaque département œuvre, selon les attributions dont il dispose, à élaborer et exécuter sa stratégie d'adaptation au risque de la sécheresse sans pour autant prendre la peine de se référer aux autres intervenants.

En général, 'plusieurs actions sectorielles réalisées par différents départements et institutions concernées par les risques, ces actions sont nombreuses non coordonnées et ne sont pas consolidées dans une stratégie globale' (L. EL FOUNTI. 2003); résultat d'une défaillance sur le plan juridique et institutionnel.

L'arsenal juridique marocain intègre plusieurs textes (dahir, décrets et arrêtés) afférant aux divers aspects des risques naturels ou technologiques. Ces textes, qui manquent le plus souvent de cohérence, couvrent des domaines très variés (inhumations, transport de corps, ports, urbanisme, établissements recevant le public, hygiène et urbanisme, Etc.), chaque département s'approprie de textes sectoriels spécifiques qui présentent quelque fois des conflits de compétences ou créent des zones d'ombre dispersant les attributions des compétences.

Ces textes, pour la plus part, viennent en réponse à des préoccupations sectorielles et n'évoluent guère vers une stratégie globale, cohérente, multisectorielle et globalisante adoptant une démarche transversale allant de la prévention du risque en passant par l'adaptation et la lutte contre ses effets pour en finir avec le rétablissement et la remise de l'état initial.

Dans cet amalgame de textes confus et dans l'absence d'un cadre de référence, des risques très imposants comme la sécheresse se trouvent hors de portée des dispositions réglementaires

régissant les modes d'intervention, la définition des compétences et la budgétisation des actions.

S'agissant de l'organisation des ministères, une lecture des attributions des différents départements ministériels reflète l'absence de la gestion des risques en tant que concept et l'absence de structure identifiée pour s'approprier des attributions et des préoccupations liées aux risques.

2-2. Aléas climatique de la sécheresse, de la gestion des crises à l'adaptation au risque :

2-2-1. Programmes conjoncturels de lutte contre les effets de la sécheresse :

Frappé par des épisodes de sécheresses récurrentes, le Maroc a mis en œuvre des plans d'urgence pour la lutte contre les effets de cet aléa. Par ces 'programmes' à caractère conjoncturel et transitoire les pouvoirs publics ont tenté de remédier aux impacts potentiels que peut subir le pays, notamment sa composante rurale, suite à ces effets.

Programme de lutte contre les effets de la sécheresse de 1994/1995 : le programme comportait les composantes suivantes :

- L'approvisionnement en eau potable (AEP) pour les zones urbaines et rurales les plus affectées par les répercussions de la sécheresse ;
- L'approvisionnement en eau pour le bétail ;
- La sauvegarde du cheptel par l'approvisionnement en fourrage ;
- Subventions des activités agricoles touchées et l'approvisionnement en semences pour la campagne suivante ;
- La création de l'emploi, en compensation aux pertes d'emploi saisonnier agricole et en vue de contrecarrer l'exode rural.
- Il s'agit en somme d'assurer la AEP, de sauvegarder le cheptel et l'injection de subventions notamment par la création d'un emploi saisonnier.

Programme de lutte contre les effets de la sécheresse de 1999/2000: c'est un programme qualifié comme son précédent 'd'urgence'. Il a été lancé par le gouvernement dans une optique d'atténuer les effets de la sécheresse ? Il porte sur :

- La création de l'emploi pour procurer aux populations rurales des revenus afin de compenser le manque à gagner dû aux effets de la sécheresse ;
- L'alimentation en eau potable dans le monde rural pour 2.520 agglomérations connaissant un déficit ;
- L'entretien des systèmes d'irrigation et le développement des infrastructures rurales pour le désenclavement des douars ;
- La protection du cheptel, la préservation du patrimoine forestier ;
- La stabilisation de l'approvisionnement en semences ;
- L'allègement de l'endettement en rééchelonnant les échéances des dettes agricoles à des taux bonifiés.

Concrètement, le programme était amorcé par les services centraux des ministères qui avaient pour rôle de déterminer les masses de crédits à allouer à chaque composante et la

ventilation d'une enveloppe financière d'environ 8 millions de dirhams entre les différentes régions selon des critères de répartition pour chaque province.

Au niveau national, on a reproché à ce programme, selon le rapport de la commission centrale chargée de son évaluation, un retard et des lacunes dans sa mise en œuvre. Il a fait aussi preuve d'un manque de coordination entre les différents intervenants et la centralisation de la conduite du programme par le Ministère de l'Intérieur qui se positionnait comme principal acteur décisionnel dans la ventilation des fonds alloués au programme.

Au niveau de la Province de Berkane, la programmation des actions se faisait de manière ascendante : une banque de projets a été constituée au niveau local, en concertation avec les services des communes, les services extérieurs les plus impliqués dans la gestion du territoire rural.

Les actions ont été identifiées parmi ces projets puis sélectionnés suite à une évaluation (ciblage des populations, objectifs recherchés...).

Des priorités ont été prises en compte, sur la base d'une concertation avec les différents services et les élus en tenant compte des fonds alloués à chaque composante du programme. Les priorisations ne manquaient pas de subjectivités dictées, d'une part par les pouvoirs de négociation, positionnement politique et propensions relationnelle des présidents des conseils communaux et d'autres part, par le déterminisme des représentants des services extérieurs, notamment ceux des secteurs de l'agriculture, de l'eau potable et de l'équipement particulièrement concernés par les projets sujets aux débats lors des réunions préparatoires de mise en œuvre du programme.

Le programme (Tableau 01), qui était réalisé par tranches successives, comportait quatre rubriques composées d'un total de 315 projets.

Tab. 01 : Synthèse du programme de lutte contre les effets de la sécheresse au niveau de la province de Berkane (1999/2000)

Composante	Nbr de projets	% Nbr de projets	Montant des projets	% du coût total des projets	Nbr de Jours de Travail	% NJT	% coût main œuvre / coût projet
Eau potable	112	35.56	12.11	31.30	66 725	23.95	24.81
Irrigation et économie de l'eau	69	21.90	8.16	21.08	48 237	17.31	26.64
Aménagement des pistes rurales	50	15.87	5.08	13.12	30 366	10.90	26.94
aménagement en zones périurbaines	84	26.67	13.36	34.51	133 287	47.84	44.96
Total	315	100.00	38.71	100.00	278 615	100.00	32.43

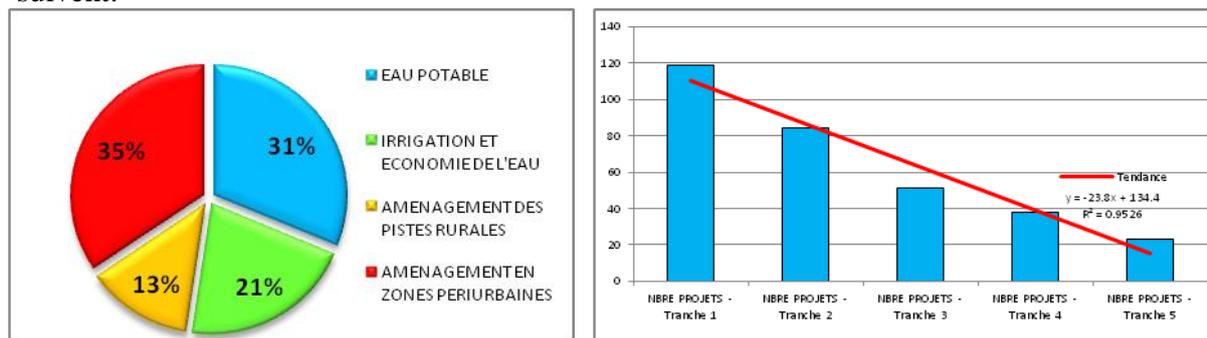
Source : Province de Berkane

La composante 'Eau potable' monopolise 35.6% de projets avec 31.3% de l'enveloppe budgétaire allouée au programme. Ce dernier accorde plus d'importance au monde rural, le plus touché par les répercussions de la sécheresse. En effet, 3 composantes (Eau potable, Irrigation et économie de l'eau et Aménagement des pistes rurales) parmi quatre sont destinées à atténuer les effets de l'austérité climatique.

En analysant la chronologie de réalisation des différentes tranches (Fig.1), on s'aperçoit que le programme montre une diminution nette (pente de -24%) du Nombre de projets identifiés et sélectionnés.

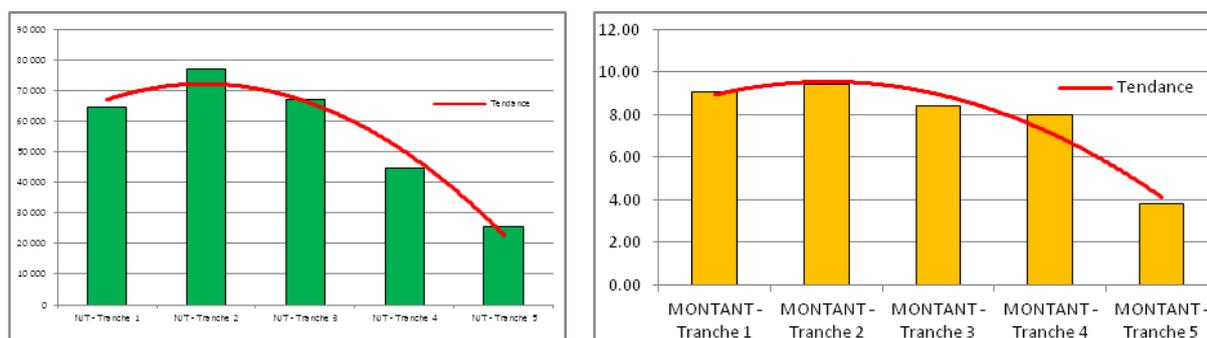
Le Nombre de Jours de Travail (NJT), principal indicateur de suivi adopté pour l'évaluation des projets, ainsi que les fonds des différentes tranches du programme affichent

une légère augmentation durant la 2^{ème} tranche suivi d'une baisse pour les tranches qui suivent.



Répartition de l'enveloppe budgétaire

Evolution du nombre de projets



Evolution du Nombre de Jours de Travail

Evolution du budget du programme

Fig.1: Evolution des indicateurs du programme de lutte contre les effets de la sécheresse Province de Berkane (1999/2000)

La répartition des fonds par rubrique pour chaque tranche (Fig.02), montre que la part importante du budget du programme était dirigé vers les projets de l'eau potable et ceux afférents à l'aménagement en zones périurbaines, avec une prépondérance en faveur de ces derniers. Il s'agit là d'un enjeu social auquel le programme avait pour objectif de tenir en compte. En effet, l'aménagement en zones périurbaines remembrait des actions disposant d'un fort potentiel de recrutement, et par conséquent absorbant un grand nombre de main d'œuvre en quête de travail.

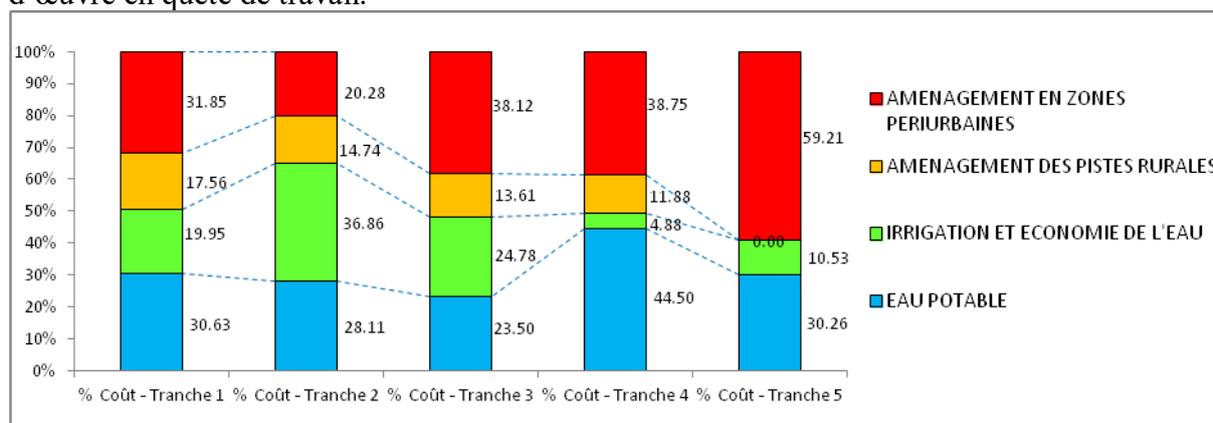


Fig.2: Evolution de la répartition des fonds par rubrique pour chaque tranche du programme de lutte contre les effets de la sécheresse - Province de Berkane (1999/2000)

En résumé, le programme de lutte contre les effets de la sécheresse ne constitue pas une stratégie de gestion de risque, mais plutôt une façon de faire face à une situation

conjoncturelle en vue d'apaiser des tensions sociales, par l'injection de fonds à travers des actions le plus souvent non durables, et satisfaire par ailleurs, les besoins les plus vitaux tel que l'eau potable pour la population rurale.

En effet, les implications de la sécheresse s'inscrivent dans la durée alors que les efforts déployés par les pouvoirs publics ou les donateurs demeurent le plus souvent ponctuels et tentent, pour l'essentiel à circonscrire ses effets immédiats par des programmes conjoncturels (M. CHIGUER & al. 2013) mobilisant des fonds publics dédiés spécialement pour cette cause.

Programme de lutte contre les effets de la sécheresse de 2015/2016 : Durant cette année, le Maroc a connu un retard des précipitations qui annonçait une campagne agricole en difficultés. Un programme de 5 milliards de dirhams a été lancé pour la lutte contre les effets de retards des pluies. Ce programme visait en particulier trois axes :

*La sauvegarde du cheptel axé sur l'approvisionnement en orge et à l'abreuvement : la distribution de l'orge subventionnée se pratiquait à guichet ouvert via 72 centres relais de proximité dont son transport depuis ces centres était pris en charge par l'Etat. Pour le cheptel il a été procédé à l'encadrement sanitaire, la construction de points d'eau ;

*La protection des ressources végétales : le maintien du rythme normal de l'irrigation des plantations en périmètre irrigué en gardant le programme des cultures tout en optimisant l'utilisation des ressources en eau;

*Le maintien des équilibres dans le monde rural: cette composante a été exprimée par les projets d'approvisionnement en eau potable dans les zones défavorisées, la création d'emplois, et le soutien des projets de l'agriculture solidaire.

Ce programme repose sur des actions et des projets qualifiés d'urgents, il s'agit de :

*Assurer les besoins fourragers pour la sauvegarde du cheptel;

*Actions génératrices de revenus et actions de Création de poste d'emploi en compensation du 'manque à gagner;

*Equipement des forages et complément pour les besoins prioritaires en eau potable;

*Acquisition et location des citernes et camions citernes pour satisfaire la demande potentielle durant la période critique de sécheresse ;

*Création des points d'eau, ouverture des tranchées de feu et guetteurs des incendies;

*Entretien des pistes, dégagement des emprises publiques et réhabilitation des réseaux d'irrigation.

2-2-2. Le Plan Maroc Vert (PMV), le début de passage d'une gestion de crise à une prévention de risque :

Le Plan Maroc Vert (PMV) comporte plusieurs composantes, appelés leviers, qui intègrent dans ses actions des mesures d'adaptation aux aléas climatiques. En effet des mesures d'adaptation sont adoptées en vue de la promotion d'une agriculture durable et résiliente vis-à-vis des répercussions potentielles des aléas climatiques, en particulier la sécheresse. Ces mesures qui s'inscrivent dans un registre d'adaptation à un aléa perpétuel plutôt que de gestion de crise conjoncturelle, sont caractérisées par la variété des pratiques mises en œuvre et la diversité des actions engagées :

*L'adoption d'un programme d'économie d'eau d'irrigation fondée sur l'amélioration de la gestion et de la productivité de l'eau dans le cadre du Programme National d'Economie d'Eau d'irrigation (PNEEI) dont les ambitions affichées:

- La reconversion de 555.000 ha de terres irriguées par des systèmes d'irrigation classique aux techniques d'irrigation économe en eau sur une période de 10 ans. Autrement dit, une économie d'environ 1,4 milliards de m³/an ;
- La modernisation des réseaux d'irrigation collectifs concernant 395.000 ha ;
- La promotion des cultures à haute valeur ajoutée.

*La réutilisation des eaux non conventionnelles tel que le dessalement de l'eau de mer

*L'adoption de bonnes pratiques agricoles résilientes par la valorisation des acquis de la recherche agronomique et le transfert de savoir-faire aux producteurs

*Le programme de reconversion des céréales en arboriculture fruitière sur 1 million ha. Cela permettra l'amélioration des revenus des agriculteurs et la protection des sols et partant la réduction de la vulnérabilité social et biophysique.

*La création du Fonds de Développement Agricole pour l'encouragement à l'adoption de bonnes pratiques agricoles résilientes au changement climatique par des subventions allouées aux producteurs.

L'instauration d'un système d'assurance agricole (multirisques et multifilières) pour inciter à l'investissement, garantir une stabilité financière et alléger le soutien de l'Etat en cas de sinistre.

Le Plan Maroc Vert, avec ces composantes s'inscrit dans une démarche globale visant à adopter des techniques et actions de prévention en amont des programmes de développement, fondées sur le renforcement des capacités d'adaptation et de la réduction de la vulnérabilité.

2-2-3. Les opérateurs institutionnels locaux et les mécanismes de gestion des pénuries d'eau lors des périodes de sécheresse :

La province de Berkane est un territoire très contrasté par les paysages diversifiés qu'il présente : une agriculture à fort potentiel productif dans le périmètre de la grande hydraulique au nord et un vaste espace à vocation d'agriculture extensive, tributaire essentiellement du régime pluvial au sud. Entre ces deux entités se dressent la chaîne des Béni Snassen où une agriculture vivrière, liée pratiquement à la petite hydraulique, trouve refuge sur les bas versants du massif et une forêt, essentiellement du thuya, couronne le massif montagneux.

La population s'installe pratiquement au nord du massif montagneux, où la densité est significative, notamment le long des principales voies de desserte de la province. Cette population réclame des demandes très importantes en eau qui, additionnée à la demande agricole en eau d'irrigation, constituent un vrai défi pour les gestionnaire du secteur de l'eau, qu'il soit agricole ou d'approvisionnement en eau potable (AEP).

Si cette demande n'arrête guère d'augmenter, étant donnée la ruée vers les cultures, à forts pouvoir productif, très consommatrices de l'eau et à la demande en AEP d'une population en perpétuelle croissance, ainsi qu'à l'installation de structures touristiques et industrielles œuvrant ensemble pour un déséquilibre entre l'offre et la demande en eau.

Zone de l'agriculture intensive

L'offre en eau est essentiellement assuré par le complexe des barrages Mohammed V et Machrâa Hammadi, d'une capacité respectivement de 240 millions de m³ et de 8 millions de m³. L'eau est acheminée via un canal de 155 km avec un débit en tête de 18 m³/s. La station de pompage Moulay Ali d'un débit maximal de 3900 l/s est capable de mobiliser l'eau souterraine à raison de 70 millions de m³/an s'ajoutant au potentiel hydrique des barrages.

La situation en période d'été des complexes hydrauliques de l'oued Moulouya (Fig. 03) enregistre, depuis 2010, une tendance à la baisse de -90%. Ce qui témoigne d'une crise dans le régime hydrique du bassin de la Moulouya.

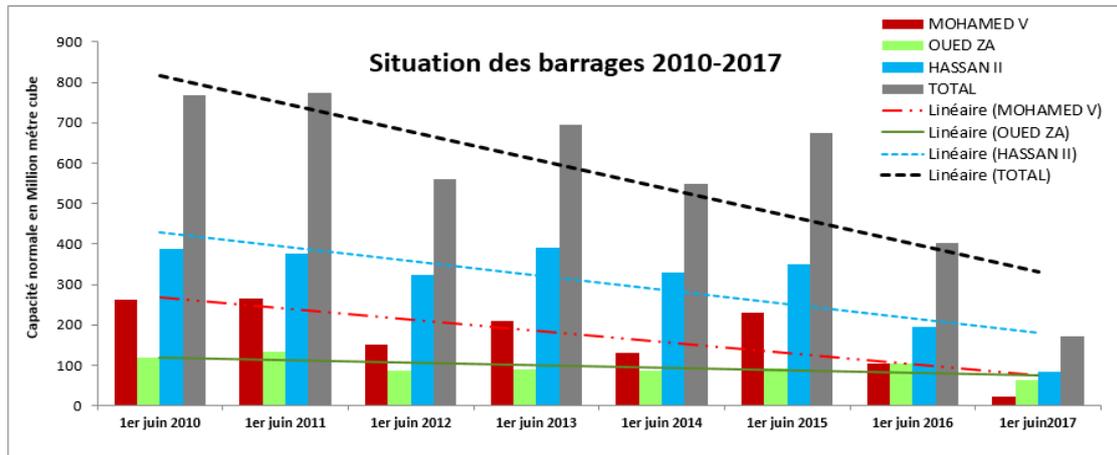


Fig.3 : Situation des barrages du bassin de la Moulouya

Devant cette situation, les opérateurs locaux gèrent des situations de crises devenues de plus en plus persistantes et pressantes. Les pratiques antérieures étaient basées sur une gestion de la crise de pénurie en eau, accompagnée d'une absorption des tensions sociales qui peuvent en découler.

Actuellement, la logique de gestion des crises est toujours d'usage lors des pénuries persévérantes. Néanmoins, les opérateurs locaux, à l'issue de l'exécution des politiques de leur département de référence, tendent à favoriser des pratiques d'adaptation aux aléas, à renforcer la capacité de résilience chez les agriculteurs et à réduire de la vulnérabilité territoriale et sociale par la mise en place de projets d'aménagement et de protection du patrimoine agricole.

Cela témoigne d'une prise de conscience du concept de gestion de risque qui s'inscrit dans la durée et rompt avec les anciens traitements de gestion de crise.

Ainsi, le suivi du volume d'eau destiné à l'irrigation et l'AEP (Fig. 04) présente une baisse, qui s'accroît à partir des années 2000, alors que les superficies des terres irriguées n'ont cessé d'augmenter surtout avec l'arrivée de PMV et les programmes de partenariat public-privé.

Cette situation, dans l'apparence contradictoire, est expliquée par le fait, qu'à part le potentiel des barrages qui est en décroissance suite au déficit pluviométrique et à l'envasement, les stratégies de l'ORMVAM en matière de rationalisation et de restriction de l'utilisation de l'eau d'irrigation ont pu s'adapter à une situation de pénurie d'eau.

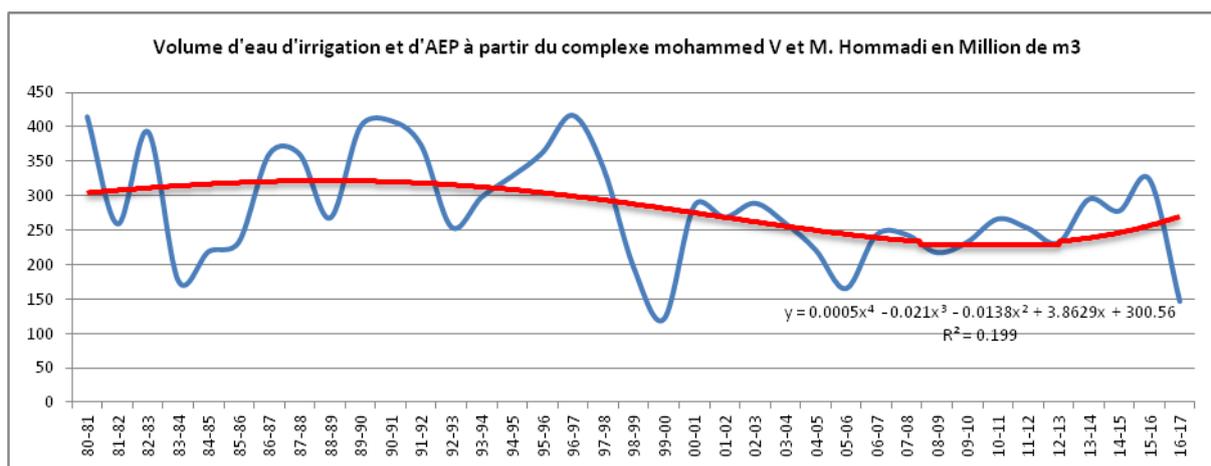


Fig.4 : Volume d'eau d'irrigation et d'AEP à partir du complexe mohammed V et M. Hommadi

Pour se faire, l'ORMAM compte sur le Programme National d'Economie d'Eau d'irrigation (PNEEI) pour la valorisation substantielle des cultures et de l'eau à la parcelle. C'est ainsi que son projet d'économie et de valorisation des ressources en eau à usage agricole prévoit la conversion de 37000 hectares à l'irrigation localisée à l'horizon 2020, avec un montant d'investissement de 2 Milliards de dirhams. L'ORMVAM estime une moyenne de 54000 dirhams à l'hectare équipé avec une fourchette de 35000 dirhams à 75000 dirhams selon le type de culture.

Ce programme, qui concerne plus de 12.000 agriculteurs du périmètre irrigué de l'ORMVAM, permettra une économie d'eau de 62 millions de mètres cube par an à l'horizon 2020. Le gain en eau d'irrigation serait de l'ordre de 800 à 2500 m3/an et par type de culture.

La conversion individuelle vers l'irrigation localisée lancée en 1997 par l'ORMVAM a permis d'atteindre environ 22.000 ha aménagée en irrigation localisée parmi un potentiel de superficies convertibles de 26.000 ha. Cette superficie représente 27.5% de la superficie irriguée par la grande hydraulique procurant ainsi une économie d'eau de 30 millions de m3. Les subventions concernent 17.000 ha soutenus par l'Etat dans le cadre du Fond de Développement Agricole (FDA). Le rythme de conversion (fig. 05) se présente une tendance à l'augmentation qui s'accélère avec l'avènement du Plan Maroc Vert.

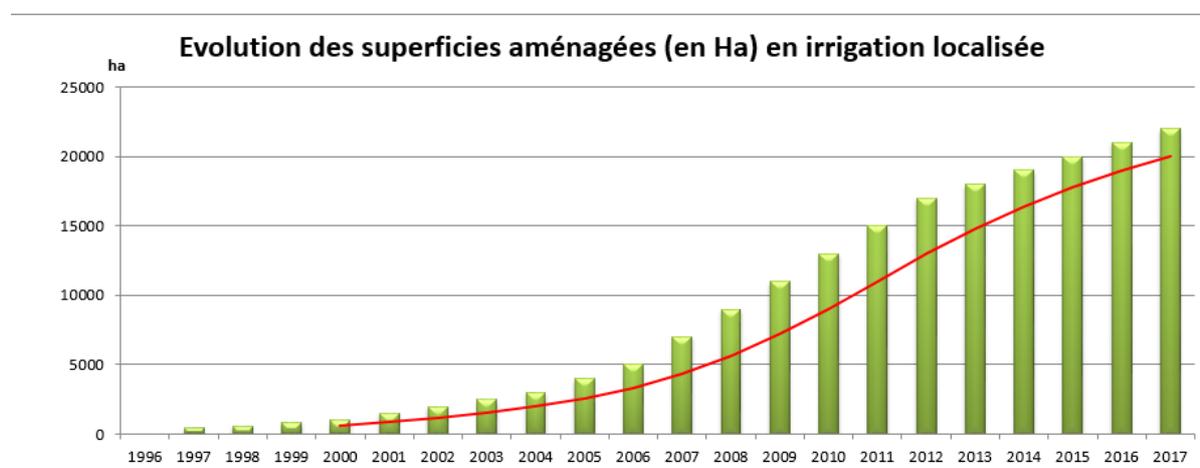


Fig.5: Evolution des superficies aménagées en irrigation localisée

La conversion concerne en premier lieu les agrumes (10.000 ha), le reste de la superficie est répartie entre les cultures du maraîchage, l'olivier, la vigne et les rosacés.

De nos jours on est convaincu que l'irrigation gravitaire constitue un système gaspilleur de l'eau, alors que, 'les systèmes d'irrigation par aspersion sont deux fois plus efficaces et ceux par goutte à goutte le sont quatre fois plus' (R. BALAGHI, 2003). L'ORMVAM poursuit sans cesse ses efforts pour améliorer le service de l'eau et sa durabilité grâce à l'augmentation des fonds afin de moderniser et entretenir les réseaux d'irrigation.

Zone de l'agriculture extensive

Pour la zone d'influence de la DPA où l'irrigation par la grande hydraulique fait défaut, les aléas climatiques sont fortement ressentis puisque l'agriculture dans cette espace est directement liée aux conditions climatiques, surtout les précipitations.

Pour s'adapter aux conditions de déficit hydrique, la DPA entame des actions de soutien aux agriculteurs. Ces actions concernent surtout :

*Travaux de création, d'aménagement et d'équipement de points d'eau

*Travaux de plantation comme c'est le cas avec les travaux de plantation d'amandier à la commune de Rislane (600 ha) ou d'olivier à la commune de Taforalt (200 ha) dans le cadre du projet de reconversion des céréales en arboriculture fruitière ;

*Travaux d'aménagements fonciers, épierrage des terres, construction de pistes rurales, immatriculation groupée

*Travaux d'aménagement hydro-agricole: Aménagement de point d'eau, de Seguia..

*Pour les parcours, il est connu que le couvert végétal subi non seulement les répercussions du déficit pluviométrique mais aussi les effets négatifs de la chute du niveau des températures affichant des valeurs avoisinantes de 6°C dans certaines zones avec des gelées nocturnes et matinales persistantes. Ce double effets impact négativement la croissance et le développement des espèces pastorales annuelles et pérennes qui constituent la principale ressource fourragère pour le cheptel animal dans les zones Bour.

*Acquisition de matériel pour l'approvisionnement en eau (citernes, ...) et équipement des forages afin de remédier au déficit d'approvisionnement en eau potable des habitants des différentes localités, dont les ressources risquent de ne pas satisfaire la demande éventuelle durant les périodes critiques.

*Satisfaire les besoins fourragers du cheptel toute en maintenant les prix des aliments au niveau des marchés pour sauvegarder de cheptel.

De telles actions, en plus qu'ils répondent à un incident inopiné lié à une conjoncture climatique austère, s'inscrivent dans une démarche de long terme et présentent une nouvelle façon de composer avec les problématiques de gestion des risques en réduisant la vulnérabilité territoriale.

Zone de forêts

De leur part, l'administration des eaux et forêts adopte diverses actions pour contrecarrer les effets des aléas climatiques, en particulier lors des épisodes de sécheresse. Ses démarches concourent à atténuer les effets de la sécheresse et doter les riverains de la forêt de

capacités résilientes en réduisant leur vulnérabilité vis-à-vis des répercussions des aléas climatiques. Ces actions contribuent dans l'ensemble à l'amélioration du revenu de la population locale par la mise en œuvre d'actions génératrices de revenu et la création de l'emploi saisonnier.

Par ailleurs les services des eaux et forêts sont souvent contrariés à affronter les feux de forêts qui trouvent des conditions propices lors des périodes de sécheresse. L'année 2016, qualifiée de sèche, a enregistré 8 incidents détruisant 5 ha de forêts contre 1 cas en 2017 détruisant 0.75 ha.

Ainsi, et dans un esprit de gestion du risque, ces services travail en amont de l'aléa climatique en réduisant la vulnérabilité territoriale par divers actions partagées avec leurs partenaires locaux. En plus de la sensibilisation, le processus de gestion du risque de forêts prévoit l'entretien des 30 km de par-feux, des pistes, routes et espace de passage des lignes électriques longeant les forêts, la réhabilitation des points d'eau et l'engagement des gardiens forestiers saisonniers.

L'alimentation en eau potable

L'office national de l'Eau et de l'Electricité – branche eau (ONEE) est présent au niveau la province de Berkane au niveau de la production et de la distribution de l'eau potable dans 16 centres et 71 douars (12.100 habitants) le long des adductions régionales. Il assure la desserte d'une population d'environ 225 000 habitants.

Le taux de couverture en milieu urbain dans la province de Berkane est de 100 % avec un taux de branchement de 95 %. En milieu rural, le taux d'accès à l'eau potable est de 98 % à fin 2014.

L'alimentation en eau potable de l'ensemble des centres est assurée à partir de la station de traitement des eaux en provenance du barrage Machrâa Hammadi via le canal Triffa et barrage de secours Tambdourt (800000 m³) pour un débit de 520 l/s et à partir de 21 forages pour un débit de 500l/s.

L'ONEE assure l'alimentation en eau potable lors des périodes de déficit au niveau des barrages sans grande difficulté. En effet, l'AEP de la population est une priorité dans la programmation de la dotation en eau des barrages. D'autres moyens sont toujours mobilisés dans des situations de crises :

*Réalisation en urgence de nouveau forage;

*Approfondissement et nettoyage de forage pour augmenter le débit exploité.

3. Stratégie des agriculteurs pour l'adaptation au déficit pluviométrique

L'aléa climatique, par ses effets biophysiques et socioéconomique révèle une vulnérabilité territoriale différenciée au niveau des espaces et des sociétés. Cette vulnérabilité est d'autant plus accentuée par la pression démographique, le profil socioéconomique des individus, l'utilisation du sol, les facteurs de production et les impacts anthropiques; 'la raréfaction de la ressource en eau et la dégradation des écosystèmes dans la région tiennent autant à la transformation des usages et à l'augmentation de la consommation en eau qu'à la diminution des précipitations' (A. François, E. Gauché & A. Génin, 2016).

Les stratégies d'adaptation mises en œuvre sont contrecarrées par des limites faisant appel à des coûts supplémentaires et sollicitant des technologies et un savoir-faire appropriés. Cela induit des inerties aux changements et aux différents processus d'adaptations qui devraient atténuer les effets des aléas climatiques en question.

Si les effets de la sécheresse sont gérés au niveau du bassin versant par les structures étatiques tel que l'agence du bassin hydraulique ou l'ORMVA pour l'irrigation, Les décisions déterminantes relèvent des agriculteurs qui ont la main mise sur la parcelle. En effet toute décision émanant des instances étatiques ne peut être concluante sans l'adhésion des agriculteurs. Ces derniers entreprennent diverses attitudes face à l'aléa climatique:

*Recours aux eaux souterraines pour les exploitations de la grande hydraulique, en effet les agriculteurs puisent dans la nappe phréatique de l'eau pour compenser le déficit imposé par les restrictions d'irrigation. Sachant pertinemment que, La nappe superficielle des Triffa connaît une surexploitation, la tendance d'ensemble est une baisse de la colonne d'eau de 5 à 15 m et une accentuation de la salinité. La forte minéralisation des eaux puisée dans la nappe grâce à plus de 3000 puits disséminés sur le territoire de la province est diluée par l'eau acheminée par le réseau d'irrigation de la grande hydraulique;

*Le recours à la construction de bassins d'accumulation de l'eau d'irrigation pour optimiser l'irrigation et rationaliser la dotation en eau;

*En cas de crises de pénurie d'eau d'irrigation, les agriculteurs procèdent, au niveau de leurs exploitations, à des restrictions propres à chaque spéculation et peuvent envisager la suppression d'un programme de plantations qu'ils ont prévu auparavant afin de rationaliser le disponible en eau d'irrigation;

*L'intensification des cultures: cette pratique largement utilisée dans les zones de petite et moyenne hydraulique se trouve utilisée même dans les zones de la grande hydraulique lors des périodes de déficit hydrique. La pratique de la polyculture est constitué par systèmes associent des cultures pérennes comprenant une spéculation principale (arboriculture) pour assurer un revenu de base et des spéculations annuelles ayant souvent pour but l'autoconsommation ou un appoint pour le revenu principal;

*La mise en jachère des terres: c'est une pratique ultime issue d'une hiérarchisation des priorités. Les agriculteurs face au déficit en ressources hydriques abandonnent le travail d'une partie de leur terre pour réserver le disponible en eau d'irrigation à des parcelles ou des plantations plus rentables;

*Opter pour des cultures à haute valeur ajoutée et des plantations de variétés plus résistantes et moins exigeantes;

*La souscription au système d'assurance agricole est d'avantage sollicitée surtout à l'issue de période de déficit hydrique comme celle de la campagne agricole 2015/2016. 'En effet, bien que l'offre d'assurance ait connu un engouement depuis son démarrage en 2011, c'est en 2015-2016 que le chiffre de 1,1 million d'hectares couverts a été atteint pour la première fois' (Sadiki, M. 2016).

4- Conclusion

Le processus de gestion de la pénurie d'eau au niveau de la zone d'étude fait appel en premier lieu à des traitements d'urgence par la mise en œuvre de programme de lutte contre les effets de la sécheresse.

Ces programme, qui supposés répondent à une conjoncture pressente présentent des limites pour les prendre comme modèle de gestion de risque.

En effet, bien qu'ils ont, le plus souvent, fait l'objet d'une approche participative associant, en plus des gestionnaires de l'eau, l'autorité locale, les collectivités territoriales et les professionnels susceptibles de subir les répercussions de la sécheresse, ces actions demeurent obsolètes et sans horizon.

Néanmoins, une ébauche d'une gestion durable des risques commence à se développer chez les différents acteurs par la mise en actions d'approches transversales, multidimensionnelles et multisectorielles tenant en compte la dimension socioéconomique et environnementale de l'aléa climatique et des spécificités locales.

Ceci étant, les stratégies d'adaptation mises en œuvre sont contrariées par des obstacles et des limites nécessitant des coûts supplémentaires et sollicitant des technologies et un savoir-faire appropriés. Cela induit des inerties aux changements et aux différents ajustements qui devraient atténuer les effets des aléas climatiques en question.

Ainsi, pour concevoir une stratégie de gestion du risque de sécheresse il serait opportun de satisfaire quelques exigences :

- *La solidarité territoriale entre les différentes entités spatiales et sociales du territoire ;
- *La coordination et la synergie entre les différents départements, institutions, ONG, privés et particuliers à même d'harmoniser les différentes politiques, programmes, projets et actions existants dans le cadre d'un aménagement de territoire concerté et transversal, prenant en compte le concept de gestion de risque depuis la prévention à l'adaptation en passant par la gestion de crises ;
- *Prêter plus d'importance à la sensibilisation, l'information et l'instauration d'une culture du risque en vue d'améliorer la connaissance de l'aléa, de la vulnérabilité et du risque ;
- *Disposer de procédures de suivi – évaluation de l'aléa, de la vulnérabilité et du risque et instaurer un système d'observation des aléas pour un bon retour d'expérience
- *Développer un mode durable d'occupation et d'exploitation des sols et concevoir un modèle de développement durable pour réduire la vulnérabilité et augmenter la résilience.

Bibliographie

- Agoumi A. (2003). Vulnérabilité des pays du Maghreb face aux changements climatiques. Sustainable Development International Institute.
- Balaghi Riad. (2003). Une vision pour la gestion du risque de sécheresse en agro-météorologie - Mémoire pour le concours d'Ingénieur en Chef - Centre Régional de la Recherche Agronomique de Meknès.
- Benaouda H. et Balaghi R. (2009). Impacts des changements climatiques sur l'agriculture au Maroc. Actes du Symposium International AGDUMED « durabilité des systèmes de culture en zone méditerranéenne, Gestion des ressources en eau et en sol», Rabat, Mai 2009. http://www.agrimaroc.net/agdumed2009/Benaouda_Balaghi_changements_climatiques_agriculture_Maroc.pdf (Visité en Mai, 2017).
- Chiguer M. & al. (2013). Gestion du risque sécheresse: cas des céréales au Maroc. Collection Confluence, Imp. El Maarif Al Jadida, Rabat, 2013.
- El Founti L (2003). La gestion des risques au Maroc. TS13 Risk Management. 2nd FIG Regional Conference, Marrakech, Morocco, December 2-5, 2003.
- François A., Gauché E. et Génin A. (2016). L'adaptation des territoires aux changements climatiques dans l'Oriental marocain: la vulnérabilité entre action et perceptions. Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement Volume 16 Numéro 1. mai 2016 [En ligne].

- Khattabi A. (2014). Vulnérabilités climatiques et stratégies de développement - Programme d'études «Changement climatique: impacts sur le Maroc et options d'adaptation globales». Institut Royale des Etudes Stratégiques (IRES). http://www.ires.ma/wp-content/uploads/2015/11/vulnerabilites_climatiques_et_strategies_de_developpement_0.pdf(Visité en Mai, 2017).
- Sadiki M. (2016). Comment gérer les épisodes de sécheresse au Maroc? Quelques enseignements tirés à partir de l'expérience 2016. In 'Mediterranean Agriculture and Climate Change. Impacts, adaptations, solutions'. Paris: CIHEAM, September 2016 - Watch Letter n°37.

IMPACTS DES INONDATIONS ET DES GLISSEMENTS DE TERRAINS SUR L'ESPACE URBAIN ET PERIURBAINE DE LA VILLE DE TAZA (CENTRE NORD DU MAROC)

ZIYANE Fatima Zahra ¹, SBAI Abdelkader ¹, EL GHALBI Khallaf ¹ et ABAHROUR Mohammed ²

1. Laboratoire de Géomatique et Gestion de l'Espace, FLSH d'Oujda, BP : 457 Oujda. E-mail :

ZiyaneFatimaZahraa@gmail.com.

2. Laboratoire Dynamique, Espace Patrimoine et Développement Durable, FP de Taza. Route d'Oujda, B.P. 1223, Taza.

Résumé : Les mouvements de terrains et les inondations font partie des problèmes menaçant les espaces urbains au Maroc, en raison de leurs extensions et de leurs effets néfastes. Ils peuvent avoir des impacts irréversibles sur l'environnement. Vu sa situation géographique, son climat et sa base lithologique, la ville de Taza constitue un territoire favorable à ce type de risques. L'archive de la ville enregistre, en effet, d'importants dégâts liés aux inondations et aux mouvements de terrains.

L'exode rural et la croissance démographique accélérée, pressent fortement sur l'extension urbaine habituelle de la ville; en effet, une partie importante de la population pauvre d'origine rifaines notamment, continue de s'installer dans des zones à risques, tels que les bords des oueds et les marges de la ville, et constituent ainsi un facteur aggravant le risque de ces phénomènes naturels.

Mots-clés: risque, inondation, glissement de terrain, dégâts, impact, Taza

FLOODS AND LANDSLIDES' IMPACTS ON URBAIN SPACES OF THE CITY OF TAZA (CENTER-NORTH OF MOROCCO).

Abstract: Land movements and floods are part of the problems threatening urban spaces in Morocco because of their extension and their harmful effects. They can have irreversible impacts on the environment. Given its geographical location, its climate and lithological base, the town of Taza constitutes a favorable territory to this type of risk. The city's archive records significant damage from floods and land movements.

The rural exodus and the accelerated demographic growth, strongly press on the usual urban extension of the city. In fact, a large part of the poor population of the rifian origin more particularly continues to settle in risky areas such as the banks of the rivers and the margins of the city . Hence, constituting an aggravating factor for the risk of these natural phenomena.

The rural exodus and the accelerated demographic growth, strongly press on the usual urban extension of the city; indeed, a significant part of the poor population of rifan origin in particular, continues to settle in risky areas, such as the edges of the wadis and the city margins, and thus constitute a factor aggravating the risk of these natural phenomena.

Keywords: risk, flood, landslide, damage, impact, Taza

INTRODUCTION

A l'échelle mondiale, la réalité des risques liés aux problèmes de l'environnement n'est plus à démontrer, ils constituent à présent un élément structurant dont il faut tenir compte dans chaque aménagement urbain, vu ses impacts mortels et les dégâts fatals qu'ils engendrent chaque année. Les inondations, les glissements de terrain et la sécheresse sont les risques les plus fréquents au niveau international.

Malgré leur gravité, la notion de risques environnementaux dans les documents d'urbanisme et dans les projets de l'Etat est encore floue au Maroc. Les premiers travaux tenant compte de ces risques ont commencé après les inondations des deux dernières décennies et surtout suite au séisme d'Al Hoceima du 24 février 2004. Ces catastrophes ont été à l'origine de pertes de vies humaines considérables, d'importants dégâts matériels et des déficits incalculables sur les plans économique et environnemental, (*le secrétariat d'état chargé de l'environnement*).

La ville de Taza constitue une des zones les plus affectés par ce type de risques, les inondations fluviales et torrentielles y sont un problème récurrent touchant une large partie de la population périphérique. Malgré qu'il y ait beaucoup d'initiatives pour réduire leurs effets négatifs sur les populations et leurs biens, les dommages socio-économiques qu'elles induisent ne cessent d'augmenter. Aujourd'hui, plusieurs études montrent que ces pertes et dommages ne sont pas directement liés à la fréquence ou à l'ampleur du phénomène hydrologique naturel ; mais plutôt à l'occupation anthropique croissante de zones susceptibles d'être inondées (Tribak 2010).

PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE (Fig.1)

La ville de Taza fait partie de la région nord-orientale du Maroc, elle est située au niveau de la partie la plus étroite du sillon sud-rifain (couloir Fès-Taza), c'est le point de raccordement entre le Moyen Atlas oriental au Sud (pays de hautes montagnes) et le Pré-rif au Nord (pays des Collines).

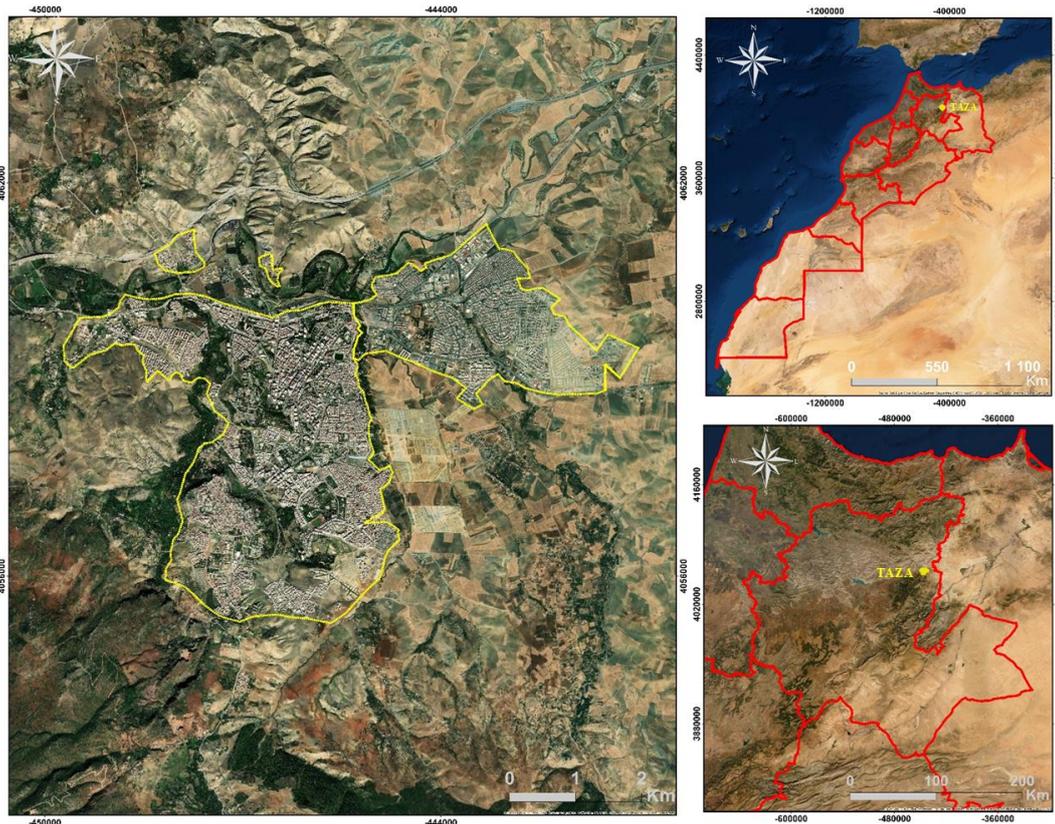


Fig.1. Situation de la zone d'étude (Image satellitale)

Elle est caractérisée par une pluviométrie moyenne annuelle de 460 mm (station de Taza) avec un hiver pluvieux et un été sec dont la températures moyenne annuelle est de l'ordre de 28 °C; il est à noter que ces paramètres sont fortement influencés par le relief et par l'altitude de la zone considérée.

Le couvert végétal dans le secteur de Taza connaît une détérioration très significative, causée essentiellement par le surpâturage et l'expansion urbaine.

De point de vue géologique, la zone est dominée par des formations marneuses constituant l'essentiel des collines de pré-rif, avec une topographie caractérisée par des pentes raides favorisant les ruissellements torrentiels ainsi que les glissements de terrains.

MATERIEL ET METHODES :

Cette étude est basée sur une recherche bibliographique approfondie, ainsi que sur des observations détaillées de terrain couplées à des questionnaires et des entretiens réalisés sur place.

OCCUPATIONS DES ZONES A RISQUE :

Vue la nature marneuse et les dénivelés importantes des terrains, la zone d'étude se trouve bien exposée à des risques hydrologiques (Inondations) et de glissements de terrain, qui menacent fort la population et leurs biens.

A cause de sa situation à la confluence de plusieurs cours d'eau, (Oued Larbaa et ses affluents ; Oued Taza ; Oued Jaouna ; Oued Dfali...) provenant du pré-rif (fig 2), La ville de Taza a connu plusieurs inondations désastreuses (1960, 1970,1990, 2000, 2002, 2010) induisant des pertes humaines et des dégâts matériels importants.

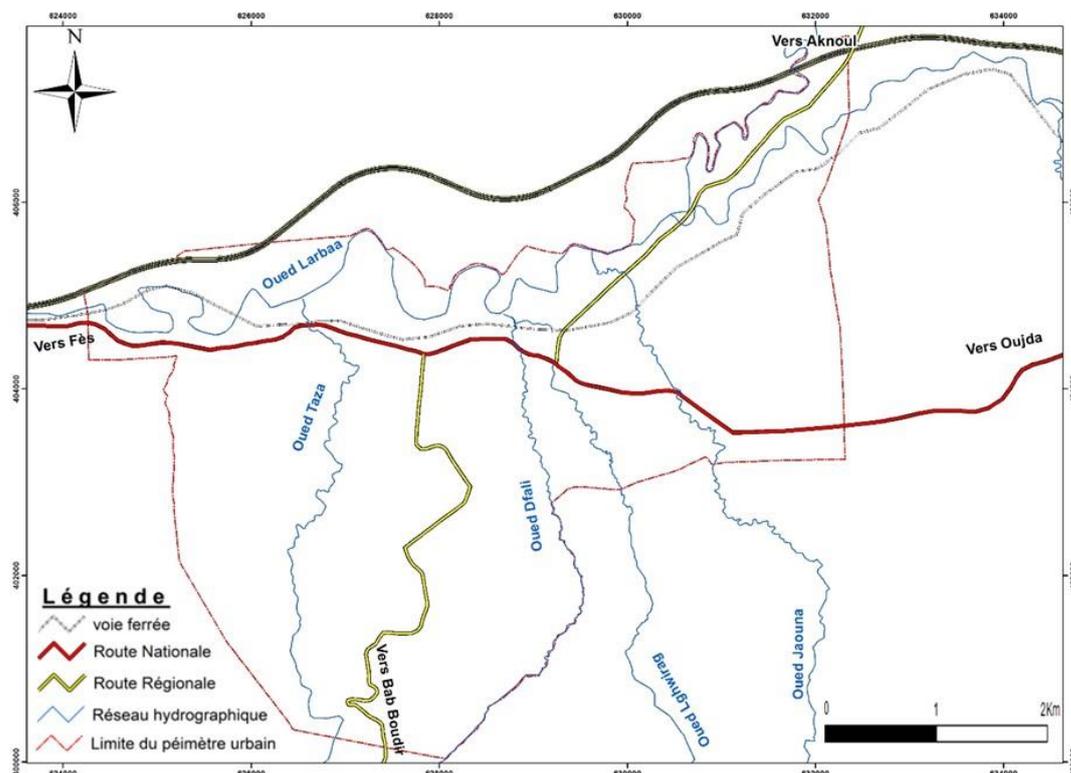


Fig.2. Carte de réseaux hydrographique et routier de la ville de Taza

Les quartiers périphériques de la ville de Taza, situés le long des cours d'eau, représentent les sites les plus affectés par les inondations, parmi lesquels nous citons:

*/ Quartier El Melha, qui a connu une submersion en 1997 ayant affecté près de 13 hectares dans la vallée d'oued Larbaa et ayant engendré d'importants dégâts matériels (la coupure des chemins menant aux douars, submersion de plusieurs habitations). En plus de celles vécues en 2007 et 2008 par quartier qui a connu des inondations d'ampleurs significatives ;

*/ Douar Mimouna qui représente une zone étroite située le long de l'oued de Taza à l'ouest de la ville, il souffre d'un manque d'infrastructures principales. En 2010, ce site a été affecté par le débordement de l'oued Taza au-dessus du pont du douar Mimouna lors de la période des crues maximales en plus des effondrements des berges de cet oued menaçant ainsi une population importante de ce quartier.

Des glissements de terrains sont également survenus au niveau de ces deux sites (photo1), qui par leurs topographies et leurs formations géologiques, favorisent des mouvements du terrain par solifluxion et sont le siège de phénomènes de ravinements engendrant parfois des bad-lands, sur l'ensemble des versants exposés.



Photo1 : Glissements de terrain au niveau du douar EL Melha

*/ Douar El Koucha, qui est affectés par des phénomènes de ravinement ainsi que des glissements de terrain complexes (photo 2).



Photo 2: Glissements de terrains complexes et bad-lands dans le quartier El Koucha (2015)

Les sites menacés par le risque des mouvements de terrains suscités, sont occupés par une population dense, la majorité de cette population est issu de l'exode rural. Le tableau1 résume les principales raisons de cet exode ainsi que l'importance relative de chacune d'elles. Il en ressort que la moitié se sont installés pour avoir un emploi, le tiers l'ont fait pour scolariser leurs enfants et le dixième pour bénéficier des services administratifs dont dispose la ville. L'occupation des zones périphériques par cette tranche de population est surtout imposée par les coûts plus bas des lots de terrains qui y sont pratiqués.

Raison de l'exode	Pourcentage
Recherche d'emploi	48%
Education	30%
Commerce	7%
Sècheresse	5%
Services de la ville	10%
Autres	0.1%

Tableau1: Les raisons de l'exode vers la ville Taza (Enquête de terrain du mois d'avril 2015)

IMPACTS ET CONSÉQUENCES

La ville de Taza est sujette à de multiples risques naturels liés aux facteurs décrits précédemment, ils sont essentiellement représentés par des mouvements de terrains de types glissements, ainsi que par des inondations affectant les zones vulnérables et engendrant des dégâts d'ampleurs variables (tableau 2).

Le coût socioéconomique des inondations survenues dans la ville est très élevé, En effet les conséquences sont très lourdes tant sur le plan humain que sur le plan matériel. L'inondation de l'an 2000, générée par l'oued Larbaa et ses affluents et ayant ravagé le quartier El Melha a été d'une violence majeure et a causé des dégâts évalués à plus de 40 millions de DH (DRH Sebou, 2000. Agence du Bassin hydraulique du Sebou 2008).

Les pertes humaines : en effet, ces inondations ont affecté presque 239 habitations et ont provoqué la mort de 22 personnes (d'après la presse nationale) (tableau 4). Quant aux dégâts matériels, ils ont concernés divers secteurs (cultures, élevage, habitat, infrastructures, commerces... (tableau 3).

Année	Oued	Quartier	Impacts sur le milieu	Dégâts matériels
1995	Larbaa	El Melha	Immersion de Douar El Melha	Effondrement de plus de 3 Maison
1997	Larbaa	El Melha	*/- Immersion du douar El Melha */- 9M de niveau de crue	Effondrement de plusieurs Habitation
2000	Larbaa	El Melha	Immersion du Douar El Melha	Effondrement de 17 Habitations
2002	Larbaa	El Melha	Immersion du Douar El Melha	Immersion de 34 habitations
2007	Larbaa	El Melha	Immersion du douar El Melha	-----
2010	Larbaa	El Melha	Immersion du Douar El Melha	Immersion habitations

Tableau 2: Dégâts dues aux inondations des oueds (Actualisation de l'étude de protection contre les inondation de la ville de Taza ABHS, 2015)

Année de crue	Oueds	Quartiers	Décès	Hospitalisations
1995	Larbaa	El Melha	Plus de 5 personnes	Plusieurs
2000	Larbaa	El Melha	* Plus de 10 personnes * 22 selon la presse nationale	Plus de 7 personnes
2010	Larbaa Lahdar	Quartier El Melha Quartier Mimouna	2 personnes	Plusieurs

Tableau 3: Pertes humaines dues aux inondations des oueds Larbaa et Lahdar (Actualisation de l'étude de protection contre les inondation de la ville de Taza ABHS, 2015)

IMPACTS DES MOUVEMENTS DE TERRAINS

Les glissements de terrains ont des conséquences sociales et économiques remarquables, les quartiers Elkoucha, El Melha et Mimouna, sont les plus exposés à ce type de risques dans la zone d'étude : Plusieurs ménages et habitations y sont menacés par ce danger potentiel (tableau 4).

Douar	Année	Caractéristique des dégâts	Interventions
El Koucha	1997	Effondrement d'une chambre	Réhabilitation
	2009	Chute d'une grande falaise	Reconstruction et valorisation par des pneus et des matiaux de constructions
	2013	Effondrement d'une falaise	Reconstruction
El Melha	1998	Chute de blocs	-----
Mimouna	2010	Effondrement de deux Maisons	Changement de construction

Tableau 4: Phénomènes naturels et dégâts matériels enregistrés au niveaux des quartiers périphériques de Taza (Actualisation de l'étude de protection contre les inondation de la ville de Taza ABHS, 2015)

DISCUSSION DES CONSÉQUENCES DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX SUR LE MILIEU ET LES PAYSAGES DANS LA REGION DE TAZA

Qu'il s'agisse de mouvements de terrains ou d'inondations, qu'ils soient forts ou faibles, les risques environnementaux peuvent entraîner un remodelage des paysages, qui peut se traduire par la destruction de zones boisées, la déstabilisation de versants ou la réorganisation de cours d'eau.

L'éclatement de l'espace urbain, est sous-tendu par un certain nombre de dynamiques qui font que ce phénomène gagne en ampleur et en intensité. L'émergence de nouveaux douars périphériques et même périurbains, l'extension des quartiers marginaux actuellement occupés par des couches sociales pauvres issues généralement des flux migratoires et reliés par le transport urbain de Taza, font de ces quartiers de véritables dortoirs pour la main-d'œuvre travaillant dans la ville. Ces sites périphériques de l'agglomération qui constituent le siège préféré des concentrations de populations et des activités nuisibles à l'environnement urbain, (cas de douar El Melha, Koucha, Mimouna), constituent autant des facteurs d'entretien des dynamiques d'éclatement des tissus urbains et de l'étalement de l'espace urbain dans sa totalité (Agoumy, 1979). Cependant, cette tendance, qui revêt un aspect normal dans beaucoup de ses aspects, prend un caractère particulier à Taza en raison des spécificités de la topographie des sites et de la psychose de la rareté du sol urbanisable, qui tend à devenir une caractéristique du marché foncier. Ainsi, en plus de l'éclatement inhérent à la topographie du site, les opportunités foncières acquièrent une place grandissante, dans la mesure où les directions les plus en vue concernent des zones fortement accidentées: C'est le cas du Nord-Est et du Nord-Ouest de la ville qui accueillent à la fois des lotissements réglementaires et non réglementaires, ainsi que les flancs des montagnes sud-est et sud-ouest, très convoités par l'habitat non réglementaire (SDAU Taza ,2011). Cette urbanisation, incompatible avec les conditions du milieu, a été stimulée par des phases de crises socio-économiques, juridiques et urbaines, pendant lesquelles, l'habitat insalubre s'est propagé dans des périphéries correspondant aux zones naturellement instables. Plusieurs de ces "installations humaines", ont été construites en marge de la réglementation, en absence de toute politique rigoureuse, en matière de gestion urbaine (Agoumy ,1979).

CONCLUSION :

La zone d'étude est bien exposée à des risques environnementaux, pouvant engendrer de considérables dégâts, sur le plan humain et matériel, ce qui influence bien la dynamique spatiale et laisse des empreintes d'instabilité qui président à sa structuration et à son évolution. Ainsi, son éclatement exagéré et son étalement démesuré ne sont-ils pas le résultat du seul caractère accidenté de la topographie. Ce qui se traduit, dans le présent, par des dynamiques spatiales divergentes, qui sont de nature à amplifier les dysfonctionnements existants.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABHS (2015). Actualisation de l'étude de protection contre les inondations de la ville de Taza
- AGENCE URBAINE DE TAZA (2011). Schéma directeur d'aménagement urbain de la ville de Taza et sa périphérie, et plan d'aménagement de la ville de Taza. Rapport de diagnostic, analyse et évaluation prospectives.
- Agoumy A. (1979). La croissance de la ville de TAZA et ses conséquences sur la disharmonie Urbaine. Doctorat de 3ème Cycle en Géographie, Université François Rabelais-Tours.
- Akdim B., Laaouan M., Taous A., Obda K. (2003). Risques hydrologiques dans la région de Taza (Maroc) genèse, conséquences, et problèmes d'aménagement. Géomagreb, n° 1, PP (47-60).
- Bouchana A. (1999). Problématique de financement communal des opérations d'aménagement, d'urbanisme et d'équipement communal : cas de la ville de Taza. Mémoire de 3ème cycle pour l'obtention du diplôme d'études supérieures en aménagement et l'urbanisme. Rabat.
- El Khouali S. (2007). Application d'un SIG pour l'évaluation et la cartographie des risques potentiels liés aux mouvements de terrain et aux inondations de l'Oued Larbâa dans la ville de Taza. Mémoire de DESS.
- El Mokhtari Z. (2007). Marché foncier et immobilier à Taza. Mémoire de 3ème cycle pour l'obtention de diplôme de master en Institut National d'Aménagement et d'Urbanisme. Rabat.
- Flageollet J-C. (1988). Les mouvements de terrain et leur prévention. Collection Géographique, Masson, 224p.
- Gartet A. et al. (2002). risques naturelles et aménagements urbain dans les secteurs mords de l'agglomération de Fès. Pub de R.G.M. vote 20. Nouvelle série N 1
- Tribak A. (1997). Quelques exemples de mouvements de terrain dans le Pré-rif oriental (Maroc). In : Méditerranée, Tome 86, pp. 61-66.
- Tribak A., (2002). Contraintes du milieu et fragilité d'un espace montagnard marocain : l'exemple du pré-rif oriental au Nord de Taza. Annales de Géographie, 625 : 227-245.
- Tribak A., (2006). Impact des phénomènes pluviométriques exceptionnels sur les montagnards marocains (le cas du Pré- rif oriental).
- Tribak A., Nouaceur Z., Elgarouani A., Abahrour M., Amyay M. (2011). Genèses et impacts des pluies intenses sur les milieux pré rifains marocains: Etudes du cas de la région de Taza, Maroc. Géomagreb, n°7, PP (47-56).

SIG ET MODELISATION DU RISQUE DES INCENDIES DE FORETS DANS LE MOYEN ATLAS SEPTENTRIONAL, MAROC (CAS DES FORETS DE BAB AZHAR ET DE CHIKER)

HAMDACH Youssef¹ ; BALET Youssef²

⁽¹⁾ Docteur en géographie. FLSH Sais, Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, Fès.

⁽²⁾ Docteur en géographie. FLSH Oujda, Université Mohammed I^{er}.

hamdachyousef@gmail.com ; dymader@gmail.com

Résumé: Les forêts de Bab Azhar et de Chiker se situent dans un secteur accidenté du massif moyen atlasique marocain au sud de Taza. Ce sont des forêts qui ont connu plusieurs incendies ; ces derniers ont fait l'objet d'analyses statistiques et de travail cartographique. L'intégration des cartes thématiques des différents facteurs intervenant dans le phénomène des incendies dans le Système d'Information Géographique (SIG) avec leurs bases de données, a permis l'élaboration d'une carte de risque potentiel qui a montré la prédominance du risque très faible. Cette démarche a mis en évidence le facteur anthropique et climatique comme les principaux déclencheurs des incendies de forêts.

Mots clés: incendie de forêt, risque, modélisation, SIG, Bab Azhar, Chiker, moyen Atlas

GIS AND MODELING OF FOREST FIRES IN THE NORTHERN MIDDLE ATLAS, MOROCCO (BAB AZHAR FORESTS AND CHIKER FOREST)

Abstract: Forests Bab Azhar and Chiker are located in a hilly area of the massif through Moroccan Atlas south of Taza. These forests which have been affected by several devastating fire blasts; these have been statistical analysis and mapping. The integration of thematic maps of various factors involved in the phenomenon of fire in the Geographic Information System (GIS) with their databases, has allowed the development of a potential risk map which shows a predominance of a very low risk. This has highlighted the human factor as the main trigger of forest fires.

Keywords: forest fires, risk, modeling, GIS, Bab Azhar, Chiker, Middle Atlas

Introduction

Les incendies de forêts sont considérés traditionnellement comme un risque et une catastrophe naturelle (LAMPIN-MAILLET 2009). Son impact sur le territoire et l'écosystème est majeur. Bien que considéré habituellement comme un risque naturel, il est au contraire largement conditionné par des facteurs anthropiques.

Le phénomène des incendies de forêts concerne l'ensemble des pays méditerranéens comme l'ont montré divers travaux (METAILIE, 1981 ; VELEZ, 1999 ; GOUIRAN, 1999 ; MARTIN et al, 2000; COLLIN, 2001; NAPOLEONE et al., 2002 ; JAPPIOT et al., 2003 ; MARTINEZ et al., 2004). Ils montrent que chaque année des milliers d'hectares d'espaces forestiers sont détruits par le feu volontairement ou accidentellement. La superficie parcourue par les incendies varie selon les pays et les années, suivant divers facteurs, plus particulièrement en fonction des conditions météorologiques et des facteurs anthropiques. Ils montrent également que les incendies jouent un grand rôle dans la dynamique des écosystèmes.

Au Maroc, le phénomène des incendies de forêts est devenu un fléau grandissant où l'on enregistre annuellement plus de 272 incendies parcourant près 3104 d'hectares (HCEFLCD, 2015). Son importance varie selon les régions. A l'instar des massifs forestiers de la province de Taza, les forêts de Bab Azhar et de Chiker sont plus vulnérables aux feux. Ceci est dû au fait qu'elles sont caractérisées par une forte densité du couvert végétal, par la présence d'un tapis herbacé développé et par une présence humaine importante.

Élaborer une politique de prévention des incendies de forêts ne peut sérieusement s'envisager sans une connaissance approfondie du risque soit au terme d'éclosion ou de propagation. Un volet important de la politique de prévention des incendies de forêts est donc fondé sur l'étude du risque feu de végétation.

Cet article a pour objectif de modéliser les facteurs d'éclosion et de propagation des incendies dans les forêts de Bab Azhar et de Chiker, et de déterminer les principaux facteurs déclencheurs des incendies de forêts.

1. DESCRIPTION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Les forêts de Bab Azhar et de Chiker relèvent du Moyen Atlas septentrionale dans la Province de Taza. Elles sont limitées par le couloir Fès-Taza au nord, par jbel Ouarirt et Jbel El Ahmer à l'Est, par Oued Bouhlou à l'Ouest, et par la crête de Meurbat et Jbel El Ahmar au Sud (fig1). Les forêts étudiées sont reliées à treize communes rurales : Bouchfaâ, Meghraoua, Ghiata el gharbia, Bouhlou, Smiâa, Ait Seghrouchen, Zrarda, Matmata, Tazarine, Bab Boudir, Bab Marzouka, Gueldamane.

Les forêts de Bab Azhar et de Chiker couvrent un terrain montagneux, appartenant à l'étage bioclimatique semi-aride, subhumide et humide. Ce sont des forêts de type méditerranéen très diversifiée en essences et en formations forestières comme le Chêne vert, Chêne liège, Cèdre, pin d'Alep, Thuya, Genévrier, Alfa (Ben Hayan A., 1990). L'interface forêt/homme y est très importante en raison de l'éclatement de l'habitat.

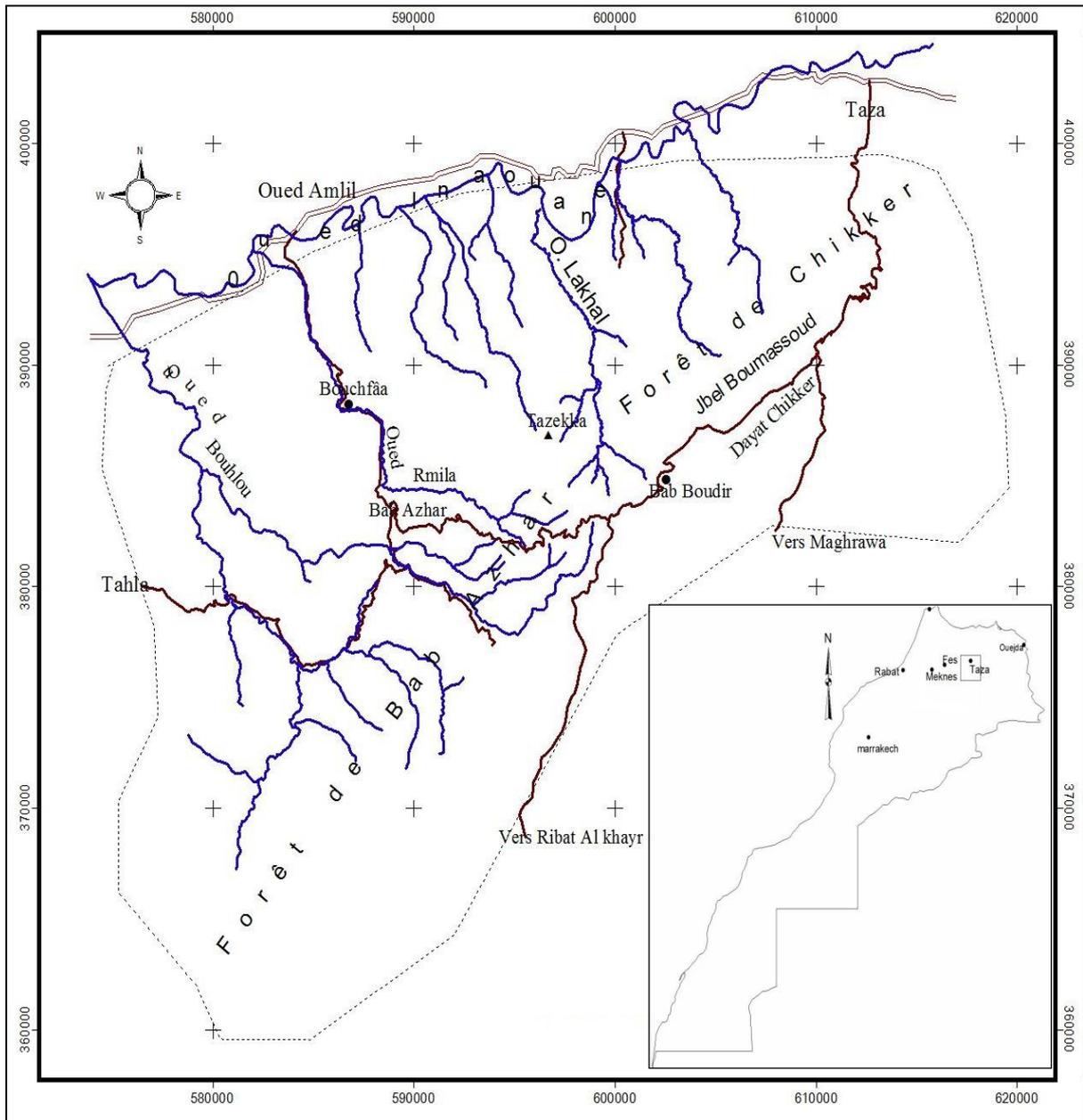


Figure 1. Carte de la situation géographique de la zone d'étude

2. MATERIEL ET METHODES

Comme tout risque majeur, le risque des incendies de forêts est caractérisé par un aléa qui correspond à la nature, l'intensité du phénomène et une vulnérabilité des enjeux exposés. Notre approche est fondée uniquement sur la caractérisation de l'aléa en fonction des conditions naturelles et des facteurs anthropiques d'éclosion et de propagation des feux.

La modélisation a permis de déterminer l'aléa potentiel (aléa induit) des incendies dans les forêts de Bab Azhar et de Chikker qui combine la probabilité d'éclosion et la probabilité de propagation (surface menacée). Pour évaluer le risque d'incendies de forêts il est nécessaire de modéliser chacun de ses éléments. Cette étape consiste à sélectionner les paramètres propres à chaque élément.

Les paramètres sont les facteurs du milieu naturel et anthropique qui influencent l'éclosion, la propagation et l'intensité d'un feu. Les familles de paramètres sont appelées composantes. Elles sont : la végétation (combustibilité, inflammabilité...), la topographie

(pente, exposition...), occupations humaines (routes, maisons...) et historique (surface brûlée, point d'éclosion.).

L'approche utilisée est basée sur l'analyse multicritères via un SIG. Cette analyse multicritères est une méthode qui a pour objet la manipulation de plusieurs critères (sous forme de couches d'informations) dont le but ultime est de faciliter la prise de décision.

Parmi les nombreuses méthodes rapportées par la bibliographie pour la cartographie du risque feux de végétation, nous avons opté une méthode qui, à notre avis, est adaptée au problème étudié. Cette démarche fait appel d'une part, à la détermination des facteurs qui interviennent dans le déclenchement et d'autre part, la propagation du risque feux de végétation.

Les poids des facteurs choisis dans le module SIG sont basés sur l'analyse historique des incendies de forêts (date d'incendie, coordonnées de point de départ de feu, superficie incendiée, espèces végétales endommagées).

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Cartographie de la probabilité d'éclosion des feux de forêt

La probabilité d'éclosion combine les différents facteurs anthropiques (activités et installations humaines) d'une part et le facteur végétation d'autre part. Le croisement entre les différents facteurs anthropiques et le facteur végétation permet d'aboutir à la cartographie de la probabilité d'éclosion. Ce croisement est réalisé à partir du tableau 1

Tableau 1. Croisement entre les facteurs anthropiques et le facteur végétation

<i>Facteur végétation</i> <i>Facteurs anthropiques</i>	Risque fort	Risque moyen	Risque faible	Risque très faible
Risque fort	Très fort	fort	moyen	faible
Risque moyen	fort	moyen	faible	Très faible
Risque faible	moyen	faible	Très faible	Très faible

Les résultats obtenus nous ont permis d'obtenir une carte de la probabilité d'éclosion de feu de forêt en cinq classes : Très fort, fort, moyen, faible et très faible récapitulées selon leur importance dans le tableau 2 et figure 2.

Tableau 2. Répartition de l'indice d'éclosion des feux dans les forêts de Bab Azhar et de Chiker

Probabilité d'éclosion	Pourcentage
Très fort	13%
Fort	11%
Moyen	11%
Faible	6%
Très faible	59%

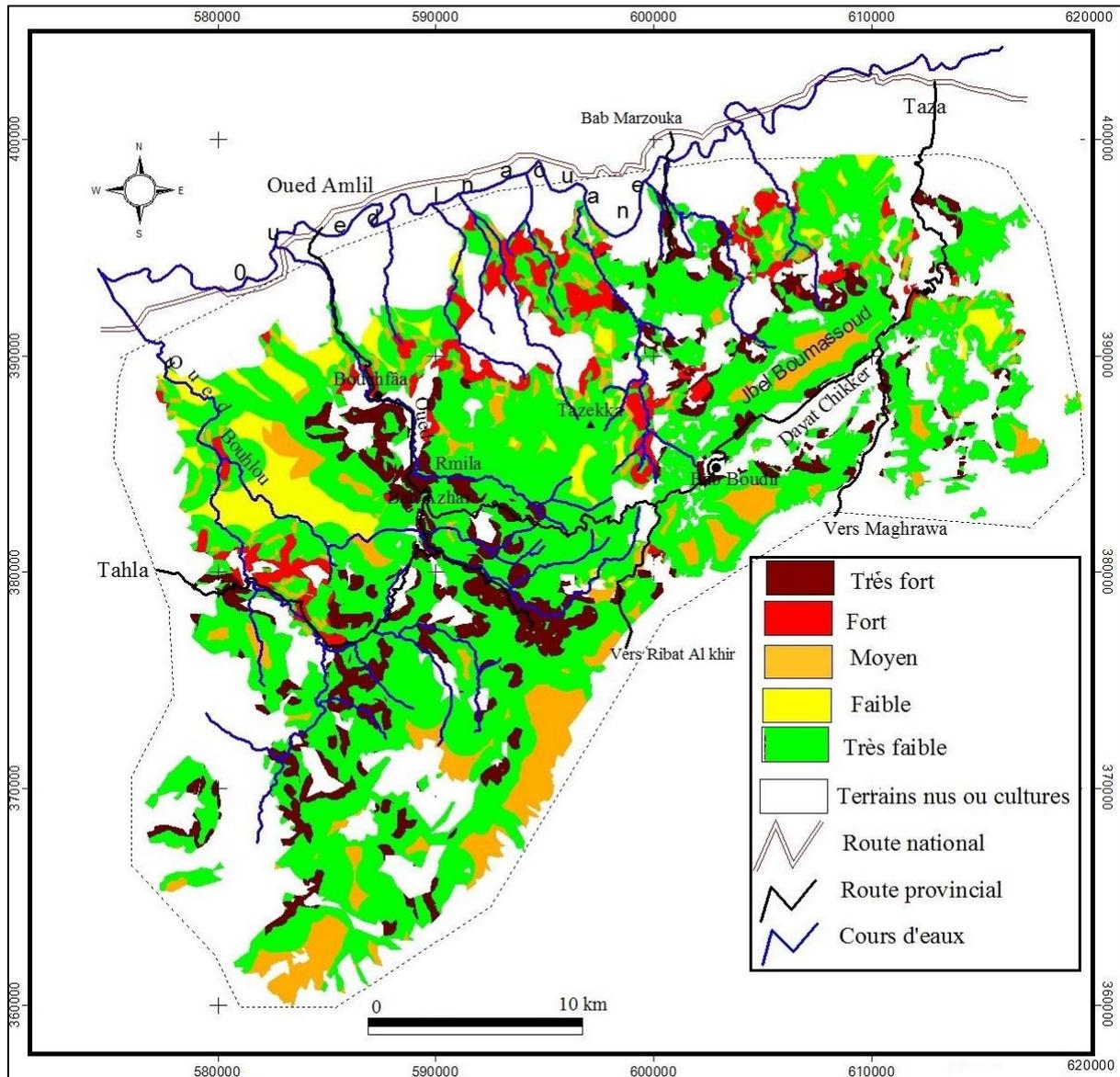


Figure 2. Carte de la probabilité d'écllosion des feux dans les forêts de Bab Azhar et de Chiker

3.2. Cartographie de la probabilité de propagation des feux de forêt (surface menacée)

La probabilité de propagation d'un feu de forêt dépend de la formation forestière et les facteurs topographiques. Le croisement entre ces deux facteurs permet d'aboutir à la cartographie de la probabilité de propagation des feux de forêt.

Tableau3. Croisement entre les facteurs topographiques et le facteur végétation

<i>Facteur végétation</i>	Risque fort	Risque moyen	Risque faible
<i>Facteurs topographiques</i>			
Risque fort	Très fort	Fort	Moyen
Risque moyen	Fort	moyen	Faible
Risque faible	Moyen	Faible	Faible

Les résultats de ce croisement (tab. 3) ont permis de dresser une carte de la probabilité de propagation des feux de forêt sur la base de quatre classes (fig. 3) qui sont : très fort, fort, moyen et faible récapitulées selon leur importance dans le tableau 4.

Tableau 4. Répartition de l'indice de propagation de feu dans les forêts de Bab Azhar et de Chiker

Probabilité de propagation	Pourcentage
Très fort	24%
Fort	29%
Moyen	34%
faible	13%

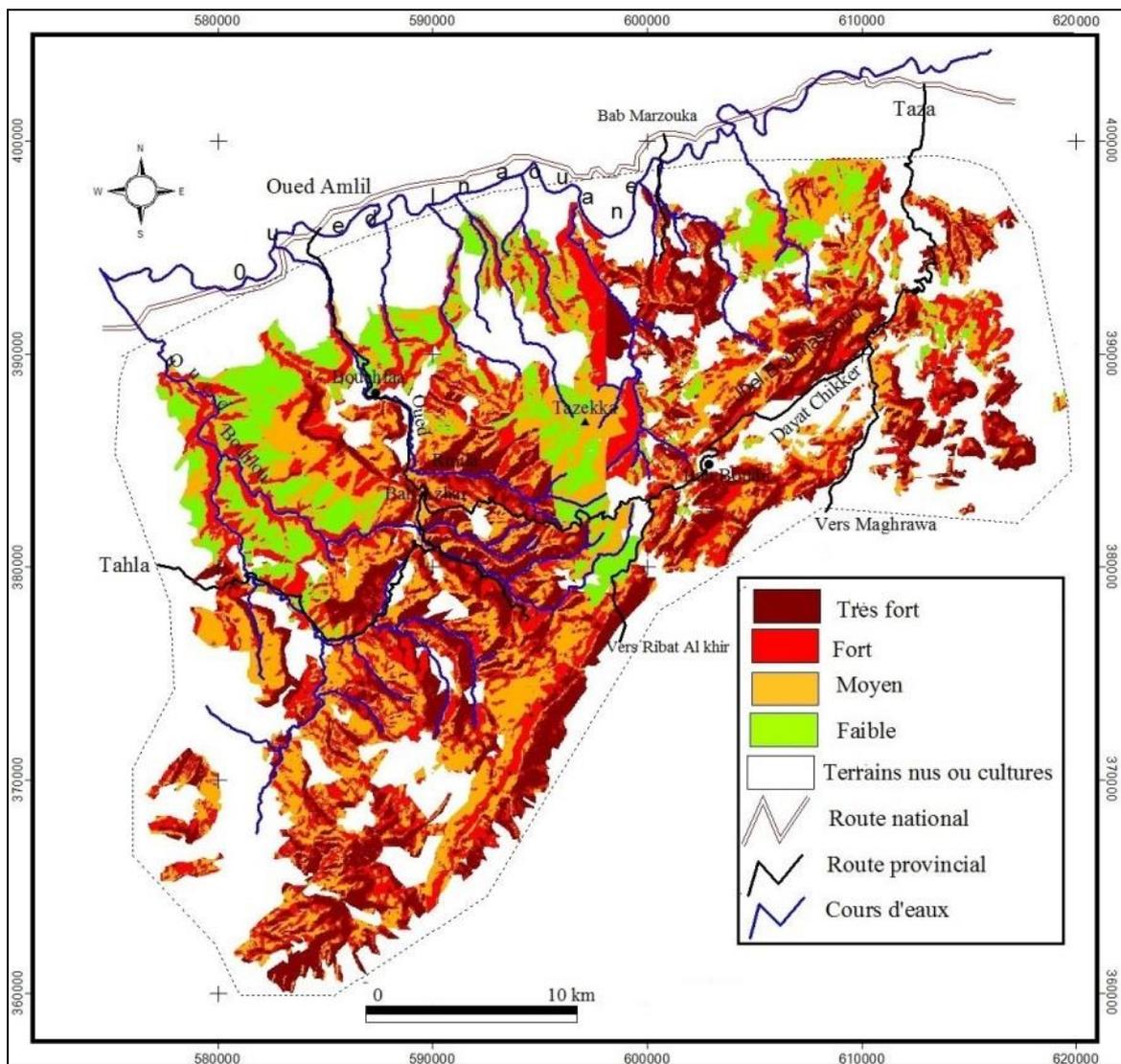


Figure 3. Carte de la probabilité de propagation des feux dans les forêts de Bab Azhar et de Chiker

3.3. Cartographie de l'aléa potentiel d'incendies dans les forêts de Bab Azhar et de Chiker

Le croisement entre l'indice d'éclosion et l'indice de propagation a permis d'aboutir à la cartographie du risque potentiel d'incendies de forêts. Ce croisement est réalisé à partir du tableau 5, à partir de ce tableau, on déduit une carte de l'aléa potentiel d'incendies de forêt en cinq classes : Très fort, fort, moyen, faible et très faible.

Tableau 5. Croisement entre l'indice d'éclosion et l'indice de propagation dans les forêts de Bab Azhar et de Chiker

<i>Indice d'éclosion</i> <i>Indice de propagation</i>	Risque Très fort	Risque Fort	Risque moyen	Risque faible	Risque très faible
Risque Très fort	Très fort	Très fort	Fort	Moyen	Moyen
Risque Fort	Très fort	Très fort	Fort	Moyen	Faible
Risque moyen	Fort	Fort	moyen	faible	Très faible
Risque faible	moyen	Moyen	faible	Faible	Très faible

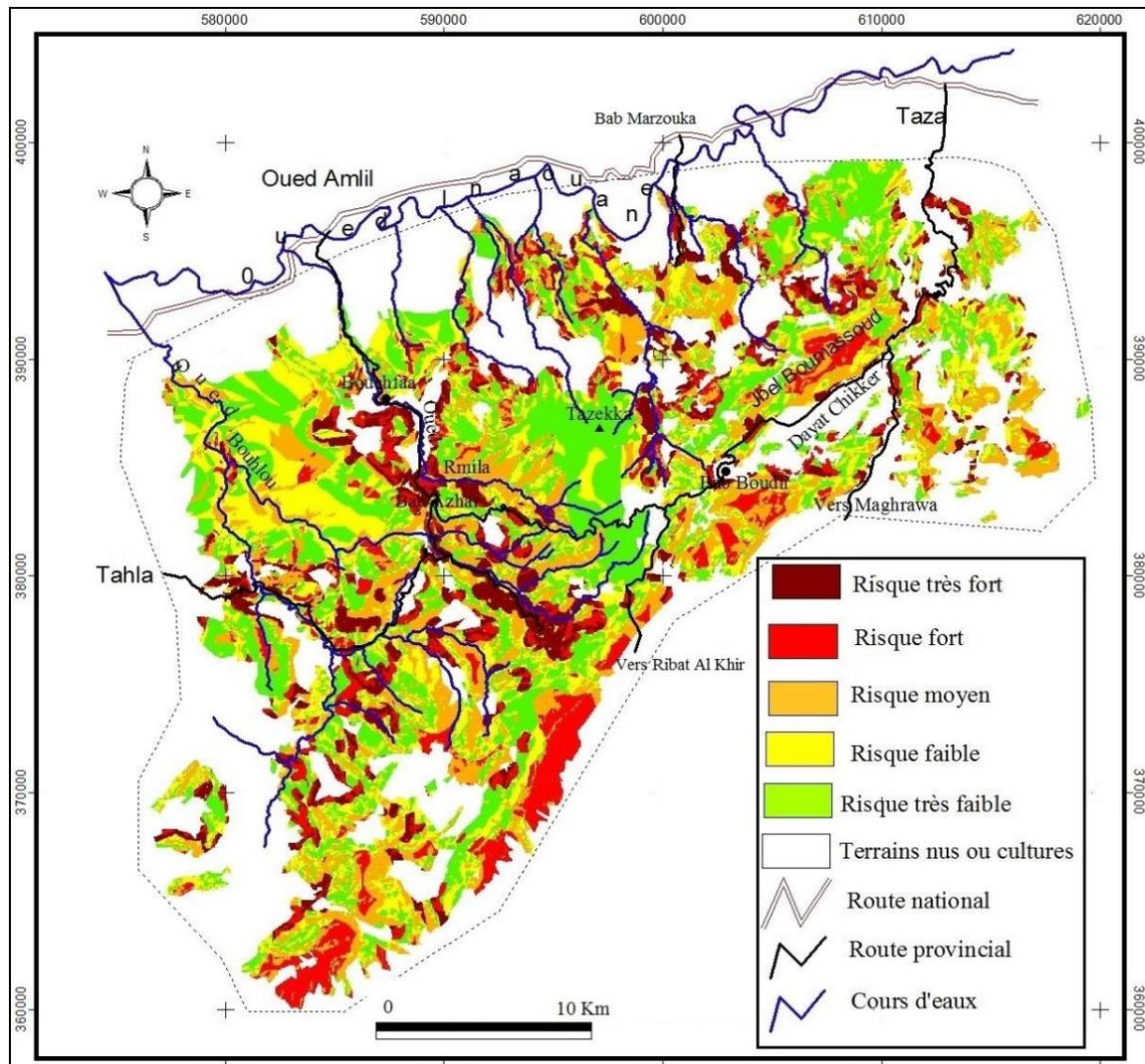


Figure 4. Carte de l'aléa potentiel d'incendies de forêt dans les forêts de Bab Azhar et de Chiker (Moyen Atlas septentrional)

La carte du risque potentiel d'incendies dans les forêts de Bab Azhar et de Chiker (fig.4) montre une prédominance du risque très faible 29 % de la superficie totale de la région d'étude. Les autres classes sont distribuées comme suit : risque faible 23%, moyenne 23%, forte 14 % et très forte 11 %. Les risques fort et très fort sont principalement localisés presque sur tout le bassin versant de l'oued Rmila et le bassin de l'oued Lakhhal. Ils sont aussi observés sur le flanc nord de Jbel Boumasoud, surtout au canton de Beni Ouajjan secteur de Dar Bouâazza. Ces régions se caractérisent par une densité de population importante, par une forte densité du couvert végétal et par la présence d'un tapis herbacé bien développé qui devient très inflammable en été.

Il est souvent très difficile de déterminer l'origine d'un incendie en raison de la multiplicité des activités assiégeantes en forêt et la difficulté de discernement entre les causes des incendies. Les facteurs pouvant contribuer au déclenchement et à la propagation des incendies de forêts dans les forêts de Bab Azhar et Chiker sont très nombreux. Les plus importants sont donc choisis parmi les plus fréquents et sont:

Les facteurs anthropiques: Parmi les risques naturels, les incendies de forêts sont le plus souvent déclenchés par l'homme. L'homme a en effet deux actions opposées sur le phénomène (HAMDACH et al. 2013) : il est le principal responsable des mises à feu (volontaire ou involontaire) ; mais il limite son évolution et ses conséquences par des actions de prévention et de lutte.

Dans la zone d'étude, la majorité des habitations et des routes sont mitoyennes ou implantées dans des espaces forestiers (HAMDACH, 2015). Cette situation induit un risque d'incendies plus élevé que ce soit en termes de départs de feu ou en termes de vulnérabilité. Les activités humaines (chantier de travaux, élevage, agriculture, apiculture, loisirs, etc.) au contact d'une végétation inflammable peuvent être à l'origine de nombreuses éclosions des feux (Carrega, 2008). Cependant, la présence des installations humaines au sein d'un massif forestier peut être un facteur positif pour la lutte contre les incendies car elle précipite les interventions et impose une concentration des moyens de lutte (Nandare N'guissan, 2009).

Les facteurs des milieux: La végétation, la topographie sont les principaux facteurs naturels de la composante risque incendies de forêts.

La végétation est un facteur important dans le déclenchement et la propagation du feu à double titre : par son inflammabilité et sa combustibilité (MISSOUMI et al. 2003 et GOUT 1993). Durant la période 1999-2014, nous avons enregistré une superficie totale brûlée de 340,57 ha pour 103 foyers d'incendies. Les feuillus sont les formations végétales qui ont été les plus touchées par les feux avec un taux de 39,48% de la superficie totale incendiée durant cette période. Quant aux résineux, ils sont moyennement touchés: nous enregistrons en effet 33,99 % du total incendié. En dernière position viennent les essences secondaires 26,53% de la superficie globale incendiée. Ceci s'explique par la densité et la sensibilité du couvert végétal des forêts de Bab Azhar et de Chiker de type méditerranéen, caractérisé par une grande fragilité et sensibilité particulière face aux incendies due à un matériel inflammable et fortement pyrophile (sous bois très dense, etc.) (Métailié, 1981).

La topographie joue également un rôle important au développement des incendies. Altitudinalement, 59% des incendies sont localisés à une altitude inférieure à 1000 m et 37% entre 1000 et 1400 m, et 4% sont situés au-delà de 1400 m. L'exposition intense de l'étage inférieur à l'aléa d'incendies peut être liée à la présence de l'Homme. Quant à l'intensité de l'aléa, elle augmente avec l'altitude, car ces versants sont difficiles d'accès et d'intervention à cause de la topographie accidentée et la nature de la roche qui est friable. Pour la pente, on constate que la majorité des incendies sont localisés sur des versants à pente entre 10° à 20° avec un taux de 41%, on constate aussi que l'intensité de l'aléa augmente avec la pente, car la pente modifie l'inclinaison des flammes par rapport au sol, ce qui favorise les transferts thermiques vers la végétation située en amont. En ce qui concerne l'exposition des versants,

les versants les plus exposés à l'aléa des incendies sont les versants orientés Nord et Nord-ouest avec un taux de 43%, et Sud et Sud-est et Sud ouest 26%. Ces versants correspondent aux zones exposées au vent

Les facteurs climatiques: Les incendies de forêt dépendent pour une bonne part des conditions climatiques dominantes (Carrega, 1988, 2008 ; Aguado, 2004 ; Alexandrian 1995 ; Velez, 1990). Des étés prolongés (s'étendant de juin à octobre et parfois plus longtemps), avec une absence virtuelle de pluie réduisent la teneur en eau de la végétation. Dans les forêts de Bab Azhar et de Chiker, le phénomène des incendies de forêt est concentré sur la saison estivale. Ceci s'explique essentiellement par la conjonction des facteurs météorologiques, pendant la saison estivale l'état atmosphérique est stable avec un vent chaud et sec de type « Chargui » qui augmente l'évapotranspiration et dessèche la végétation. Pendant cette période le tapis herbacé arrive à maturité et avec les fortes chaleurs il devient susceptible au feu (Zitan, 1987 ; Aguado, 2004)

Conclusion

L'évaluation et la cartographie des risques d'incendies au niveau des forêts de Bab Azhar et de Chiker à l'aide de système d'information géographique (SIG), qui est basé sur la combinaison des facteurs qui contribuent au déclenchement et à la propagation des incendies de forêts, a permis d'identifier cinq classes de risque, qui sont : risque très fort, risque fort, risque moyen, risque faible et risque très faible avec une prédominance du risque très faible et faible 52 %.

A partir de l'approche cartographique, les zones sensibles sont maintenant bien connues et cartographiés. L'objectif à ce niveau est donc atteint, cela permettra d'optimiser l'allocation des ressources destinées à la lutte contre les feux naissants et, plus spécifiquement, à un programme adéquat d'actions dans le domaine de la prévention, dont le but fondamental est de réduire la fréquence des feux et la superficie incendiée.

Les feux de forêts résultent en grande partie des activités humaines, soit par imprudences ou accidents, soit à la suite d'actes criminels. La prévention des feux de forêts nécessite donc d'implication des habitants riverains des forêts dans les actions visant à empêcher tout départ de feu dans un contexte de géogouvernance et de développement durable.

Références bibliographiques

- Aguado Immaculada et Rodriguez y Silva F., (2004). El factor meteorologico en los incendios forestales. Nuevas tecnologias para la estimacion del riesgo de incendio forestales. Publ. Consejo superior de Investigaciones Cientificas. Pp. 63-99.
- Ben Hayan A. (1990). Contribution à l'étude phyto-écologie et biogéographie dans le massif de Tazekka (région de Taza). Mémoire de 3^o Cycle, Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs de Salé.
- Gout J.P. (1993). Prévention et gestion des risque majeurs: les risque d'origine naturel. Les éditions de l'environnement, Paris. pp 49-66.
- Hamdach Y. (2015). Les incendies de forêts : genèse et impacts environnementaux et socio-économiques dans le moyen atlas septentrional, Maroc : cas des forets de Bab Azhar et de Chiker. Thèse présentée pour l'obtention de doctorat en Géographie et Aménagement. Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, Faculté des Lettres et sciences Humaines Sais Fès. 190 pages.
- Hamdach Y. et Laouane M. (2013). Le risque d'incendies de forêt dans la province de Taza (Maroc) : évaluation et cartographie. Geomagrib n°9, pp 57 – 69.

- Jappiot M., Blanchi R. Et Alexandrian D., (2003). Cartographie du risque d'incendie de forêt besoins, méthodes et données Essai de normalisation. Forêt méditerranéenne t. XXIV, n° 4, décembre 2003, pp 427 – 434.
- Lampin-Maillet C. (2009). Caractérisation de la relation entre organisation spatiale d'un territoire et risque d'incendie: Le cas des interfaces habitat-forêt du sud de la France. Thèse de doctorat, Université de Provence – Aix-Marseille I, U.F.R. des sciences géographiques et de l'aménagement, 395 pages.
- Martin C. et Allee Ph. (2000). L'érosion mécanique des sols. Conséquences d'un incendie de forêt dans le bassin versant du Rimbaud (massif des Maures, Var, France). Cemagref Edition, 1ère édition, série Gestion des milieux aquatique n° 16, pp 113 – 137.
- Martinez J. et Pilar Martin P. (2004). Los incendios forestales en en España. Analisis de incidencias y causalidad. Nuevas tecnologias para la estimacion del riesgo de incendios forestales. Coleccion de estudios ambientales y socioeconomicos. Concejo Superior de Investigaciones Cientificas, PP. 11- 22.
- Métailie J.P. (1981). Le feu pastoral dans les Pyrénées centrales (Barousse, Oueil, Larboust). Edition du Centre régional de Publication de Toulouse Midi- Pyrénées, 293 pages.
- Missoumi A. Et Tadjerouni K. (2003). SIG et imagerie Alsat1 pour la cartographie du risque d'incendie de forêt. 2nd FIG Regional Conference Marrakech, Morocco, December 2-5, 14 pages.
- Zitan A.(1987). Les feux de forêt au Maroc. Revue de géographie du Maroc, Vol. II, Nouvelle série, N°1.

LES ACTIVITES AGROPASTORALES ET L'EROSION DU SOL DES STEPPES DE L'EST MAROCAIN.

MEJDOUBI* El Mustapha, SBAI** Abdelkader, ELHARRADJI** Abderrahmane

* Commune d'Ain Bni Mathar

** Université Mohammed Ier, Oujda

Résumé: L'effacement du couvert végétal dans les steppes de l'Est marocain, territoire vulnérable par nature en situation très déplorée, est subséquent aux phénomènes de défrichement et de mises en culture, de surcharge animale, de mitage urbain et de laxisme des autorités, le tout façonné dans un climat aride défavorable aux errances anthropiques.

Ces terres vivent une situation plus dramatique que celle avancée dans la tragédie des biens communs⁴. Les labours détruisent le couvert végétal des parcours, fragilisent et émiettent le sol qui devient facilement charriable par l'eau et le vent.

L'érosion des sols des steppes orientales a donc des "moyens parmi lesquels se pointent en tête les éleveurs avec leurs stratégies prédatrices vis-à-vis des terres qui constituent un enjeu foncier justifiant leur accaparement. L'ingéniosité de l'éleveur à surpasser les limites, en fait un acteur incontournable à la territorialisation des politiques de l'Etat et des projets de développement quelle qu'en soit l'envergure.

Ensuite, surviennent les effets des projets de développement sur parcours, se déclinant par des aménagements inadéquats, aux résultats parfois déplorables parce que les conditions climatiques leur ont estompé les rares succès.

Il y a, enfin, cette assurance sur les cultures sèches entraînant une frénésie au défrichement par l'éparpillement d'un sac d'orge sur 4 ou 5 hectares. La situation est plus déconcertante lorsqu'on sait que ces mises en culture, sont sans rendement la plupart des années.

De facto, cette contribution s'inscrit sous le thème de la vulnérabilité des milieux et des ressources. Elle essaye de mettre en exergue les causes anthropiques directes de la désertification des steppes de l'Est marocain et de souligner que la ressource à protéger, en premier, est le sol dont l'annihilation est irréversible et la résilience très peu probable.

Mots-clés: Erosion, sol, steppes orientales, éleveur, assurance

Introduction

Il va sans dire que cet article, avec les six pages prédéfinies et même au-delà, ne saurait faire le contour de la question des activités agropastorales et leur rôle dans l'érosion du sol des steppes de l'Est marocain, loin de nous cette prétention. Au final et au plus, ce sera un angle de vue, un essai d'approche de cette problématique qui a fait couler beaucoup d'encre, mais qui reste et c'est d'autant mieux, un sujet en continuel renouvellement.

Sans prétendre bouleverser l'état de la connaissance, cette contribution est une tentative d'interpellation sur le degré de dégradation des parcours, engendrée, pour l'essentiel, par l'action de l'homme.

1- Degré de dégradation des parcours

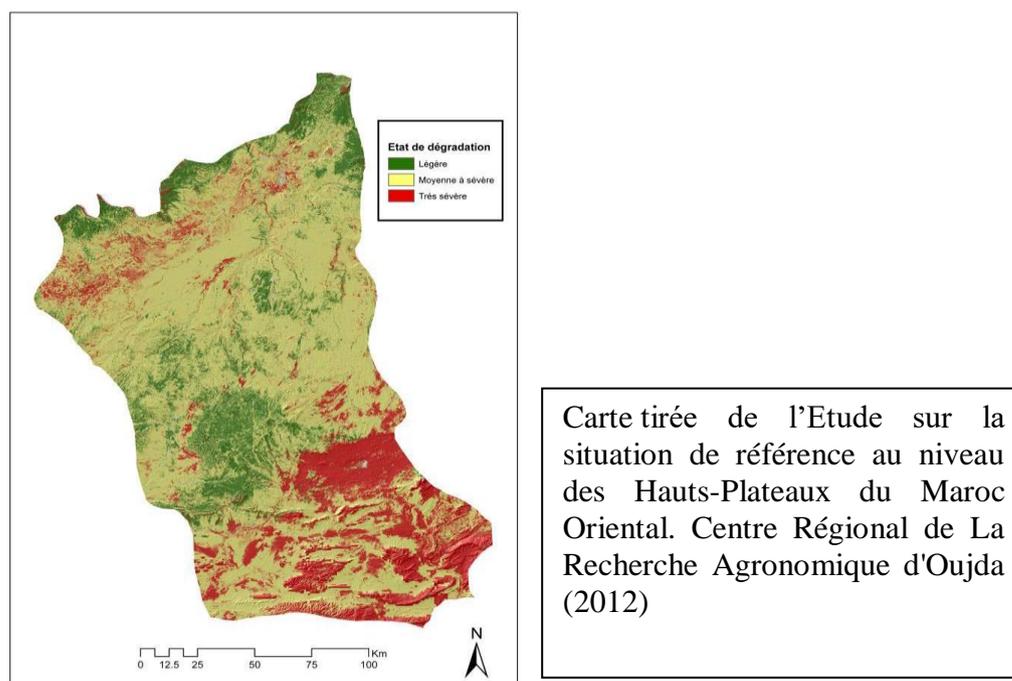
Il est important de souligner que l'étude sur la situation de référence au niveau des Hauts Plateaux du Maroc Oriental, réalisée par le Centre Régional de La Recherche Agronomique d'Oujda (2012) au profit de l'ONUDI, annonçait, déjà, que la situation optimale qui caractérisait autrefois les parcours, n'existe plus.

⁴ "The tragedy of the commons," Garrett Hardin 1968

Cette étude a distingué trois classes de dégradation :

- 1- Les parcours à dégradation légère,
- 2- Les parcours à dégradation moyenne à sévère,
- 3- Les parcours à dégradation très sévère.

Fig.1. Classes de dégradation des parcours des Hauts-Plateaux de l'Oriental.



Sur le plan quantitatif, les superficies occupées respectivement sont de 420 000, 1 800 000 et 650 000 hectares. Les parcours à dégradation légère se concentrent, en particulier, dans les mises en repos et les altitudes les plus élevées du territoire des Hauts-Plateaux. Malheureusement, ils font l'objet de convoitise et d'appropriation de fait par les mises en culture, les faisant mobiliser et les exposer à des formes de dégradation qui les basculent dans l'une ou l'autre des deux autres classes.

Ceux à dégradation moyenne à sévère constituent la classe prépondérante. Les facteurs essentiellement responsables de cet état de fait sont évidemment les phénomènes de défrichement et de surcharge animale.

Les zones dont la dégradation est très sévère sont caractérisées principalement par l'ensablement et les sols nus.

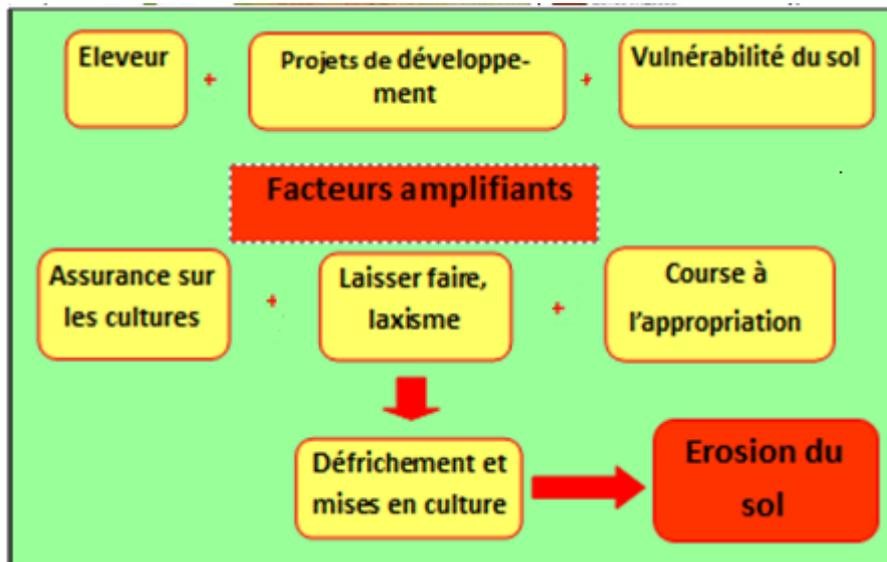
L'ensablement se concentre essentiellement dans le sud-est des Hauts-Plateaux. Le sol nu, conséquence de la disparition totale de la végétation par le surpâturage et défrichements, prolifère dans les zones montagneuses du sud.

En définitive, il semble que les parcours en bon état appartiennent à un passé lointain. Actuellement, l'enjeu n'est plus la couverture végétale, mais la couverture pédologique.

2- Les principaux facteurs de dégradation

Les terres de parcours vivent une situation plus dramatique que celle avancée dans la tragédie des biens communs (Tragedy of the commons de Garrett HARDIN 1968). Le mal, ici, dépasse

l'absence ultime de nourriture pour l'ensemble du bétail (une mise en repos peut la rattraper). L'inconcevable c'est la perte définitive de sol.



2-1. L'éleveur

Malgré l'état critique dans lequel se trouvent les parcours des Hauts-Plateaux de l'Oriental, les éleveurs restent sur place et continuent à prospecter d'autres horizons et d'autres espaces propices à l'appropriation ne se rendant nullement compte qu'ils donnent, par leurs agissements, un coup fatidique aux parcours.



Ci-contre, une photo aérienne à 20 km au Nord d'Ain Bni Mathar à l'Est de la RN17, illustrant la course au défrichage et à son corollaire les mises en culture.

Les labours ont pour conséquence immédiate de mettre fin à ce qui reste du couvert végétal, premier rempart contre l'érosion. Ensuite, l'érosion éolienne et hydrique achève le travail entamé par l'éleveur.

Les mises en culture étaient réservées aux mâaders (plaines d'épandage des oueds) et n'attendaient pas démesurément aux équilibres écologiques. Après la colonisation et l'apport de la mécanisation, le phénomène a pris progressivement de l'ampleur et s'est transformé en fléau destructeur des écosystèmes steppiques, en particulier depuis les années 70.

Signalons enfin ce que nous désignons de défrichage « silencieux » ou encore de défrichage par « grignotement » et qui consiste à élargir les superficies labourées au fur et à mesure et au fil des ans, jusqu'à la rencontre avec des défrichements voisins, et le phénomène devient alors généralisé.



Les activités agro-pastorales nuisibles au sol des steppes de l'Oriental, perdurent depuis plus d'un demi-siècle. Ni le corpus normatif contraignant, ni les chargés de la police pastorale, n'ont pu venir à bout de ces pratiques, ni même les réduire. Il paraît légitime de questionner l'apport de la nouvelle loi sur les parcours (113-13).

2-2. Les projets de développement :

Ce n'est nullement une vérité de La Palice que de réaffirmer l'importance que revêtent les référents socioculturels dans toute action de développement. Depuis bien longtemps, le référent tribal est appelé au soutien des projets de développement, alors qu'il devrait en constituer la charpente centrale.

La Jmaa, en tant qu'organe de gestion des parcours de l'Oriental, est un construit social qui n'est pas totalement effacé de la mémoire collective. Certes, l'administration, après 1956, s'est affairée à réduire et à marginaliser son rôle au point de le faire tomber en désuétude, il n'est pas moins évident que l'échec du projet de développement des parcours et de l'élevage de l'Oriental a mis en cause le fait de ne pas avoir réellement impliqué ni mettre en application les anciennes coutumes de la Jmaa en matière de gestion des parcours.

Comme illustration de ces projets d'envergure, le Projet de développement des Parcours et de l'élevage dans l'Oriental (PDPEO) n'a véritablement amélioré que la question de la santé animale et la multiplication des points d'abreuvements.

Il a été surtout bénéfique aux grands éleveurs qui dirigent les coopératives et s'accaparent de très grandes étendues de terres collectives.

Les petits éleveurs ont été contraints, faute de moyens, à délaisser le milieu et le métier pour venir s'installer aux abords des centres urbains et des petites villes.

Les responsables du projet justifient ses limites par la succession d'années sèches arguant que le déficit pluviométrique était derrière la dégradation générale des parcours.

A travers ce projet, l'administration marocaine a communalisé les parcours, le projet les a douarisés et les grands éleveurs se les ont appropriés.

2-3. La vulnérabilité du sol

La vulnérabilité est une caractéristique quasi-généralisée du sol des parcours.



Ci-contre, ensablement aux environs de Tendirara donné à titre d'illustration. C'est pratiquement le sol qui était parti en poussière sous l'effet du vent, suite aux défrichements et aux mises en culture et qui est venu se déposer en plaine et au piémont. Il sera charrié par la suite par l'eau vers les barrages.

L'étude sur la situation de référence, citée plus haut, montre que les sols de bonne qualité ne se sont nullement la caractéristique des Hauts Plateaux. Ils sont généralement de faibles profondeurs. Avec une faible teneur en matière organique, la structure des sols est un facteur accélérateur de la dégradation ne favorisant nullement le bon drainage. Dans le Nord des Hauts plateaux, les sols sont plus exposés à l'érosion hydrique. Dans le sud, l'exposition est plus sujette à l'érosion éolienne.

3- Un mot sur l'assurance⁵

Au sujet de l'assurance sur les cultures sèches des parcours de l'Oriental, un éleveur confiait :

« Le coup fatidique est donné par l'assurance des cultures sur les terres de parcours, c'est tout simplement ahurissant. Avec les 450 dh d'indemnisation à l'hectare, c'est la course au défrichement. On aurait dû assurer la brebis... ».

Ces terres, mises en culture, sont pratiquement sans rendement la plus part des années et il devient normal de présager qu'une assurance à 16 dh l'hectare, c'est l'échec assuré.

Mais alors, quel est l'enjeu ? A qui revient l'initiative d'assurer les cultures sèches des parcours sur les Hauts-Plateaux ?

Conclusion

Les steppes des Hauts-Plateaux de l'Oriental marocain devraient constituer un projet de territoire porté en premier par les éleveurs, ceux-là même qui en érodent le sol. L'expérience récente d'une interdiction totale des labours sur les parcours de la commune des Ouled Sidi Abdelhakem pour une durée de 4 ans, a laissé un réel soulagement chez beaucoup d'éleveurs de la tribu. Les terres avaient repris « de la couleur » et certains d'entre ces gens expriment encore le vœu que l'ordonnance soit renouvelée. Cette décision est survenue à la suite d'un affrontement entre éleveurs sur leurs supposés droits de possession de mises en culture. L'entente sur l'interdiction a été adoptée par la majorité des douars en présence des autorités locales qui se sont fermement opposées à sa violation.

⁵ Ce phénomène sera étudié et investigué auprès des éleveurs et de la MAMDA

LES ENJEUX SOCIAUX DU TOURISME DANS LA PROVINCE DE BERKANE

MILHI Sami, SBAI Abdelkader, BENRBIA Khadija & MAZARI Fatima Zahra
Université Mohamed Ier, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Oujda

Résumé: La province de Berkane (Nord-est du Maroc) jouit d'une position géographique stratégique, d'un climat favorable et d'une multitude de structures naturelles (géologiques, géomorphologiques, géographiques, biologiques, etc.) offrant des paysages attractifs à côté d'un patrimoine culturel aussi riche que diversifié. Sous l'impulsion des collectivités locales et des efforts de l'Etat fournis depuis le début du siècle, la province se permet de disposer d'infrastructures nécessaires pour le développement de plusieurs secteurs économiques, notamment, le tourisme. Néanmoins, le développement du tourisme, entraîne divers enjeux, économiques, environnementaux et sociaux.

Semblablement à la nécessité d'un cadre social propice pour le développement du tourisme, l'expansion de ce secteur, surtout le tourisme de masse, peut entraîner plusieurs effets négatifs sur la société d'accueil.

Après la présentation du cadre général de la province et des données du tourisme, ce travail, présentera les résultats d'une enquête de terrain par questionnaire, dont l'objectif est d'analyser les enjeux sociaux du tourisme dans la province. Cela a permis de déterminer la relation des habitants locaux avec l'industrie touristique, et avec l'infrastructure touristique régionale et enfin l'impact du tourisme sur la population de la province.

Môts clés: Ressources, développement économique, Héritage, Berkane, Maroc.

Social issues of tourism in the province of Berkane (Morocco)

Abstract: The province of Berkane (North-East of Morocco) enjoys a strategic geographical position, a favorable climate and a multitude of natural structures (geological, geomorphological, geographical, biological, etc.) offering landscapes attractive, alongside a cultural heritage as rich as it is diverse. Under the impetus of local governments and the state's efforts since the turn of the century, the province has the necessary infrastructure for the development of several economic sectors, including tourism. Nevertheless, the development of tourism entails various economic, environmental and social issues.

Similar to the need for a supportive social framework for tourism development, the expansion of this sector, especially mass tourism, can have several negative effects on the host society. Following the presentation of the province's general framework and tourism data, this work will present the results of a field questionnaire survey, which aims to analyze the social issues of tourism in the province. This has helped determine the relationship of local residents with the tourism industry, and with the regional tourism infrastructure and finally the impact of tourism on the population of the province.

Key-words: Resources, economic development, Heritage, Berkane, Morocco.

Introduction

Actuellement, il est reconnu à travers le monde que le tourisme offre une alternative optimale pour la croissance économique et l'épanouissement social, surtout dans les milieux ruraux. Cependant, son expansion, spécialement le tourisme de masse peut entraîner plusieurs effets négatifs sur la société d'accueil.

La province de Berkane, au Nord-est du Royaume (Fig.1), jouit d'une position géographique stratégique, d'un climat favorable et d'une multitude de structures géomorphologiques offrant des paysages attractifs à côté d'un patrimoine culturel riche.

Grâce aux potentialités patrimoniales et la mise en place de la station balnéaire de Saidia, la province de Berkane commence à s'affirmer en tant que destination touristique développée, capable d'attirer un grand nombre de visiteurs.

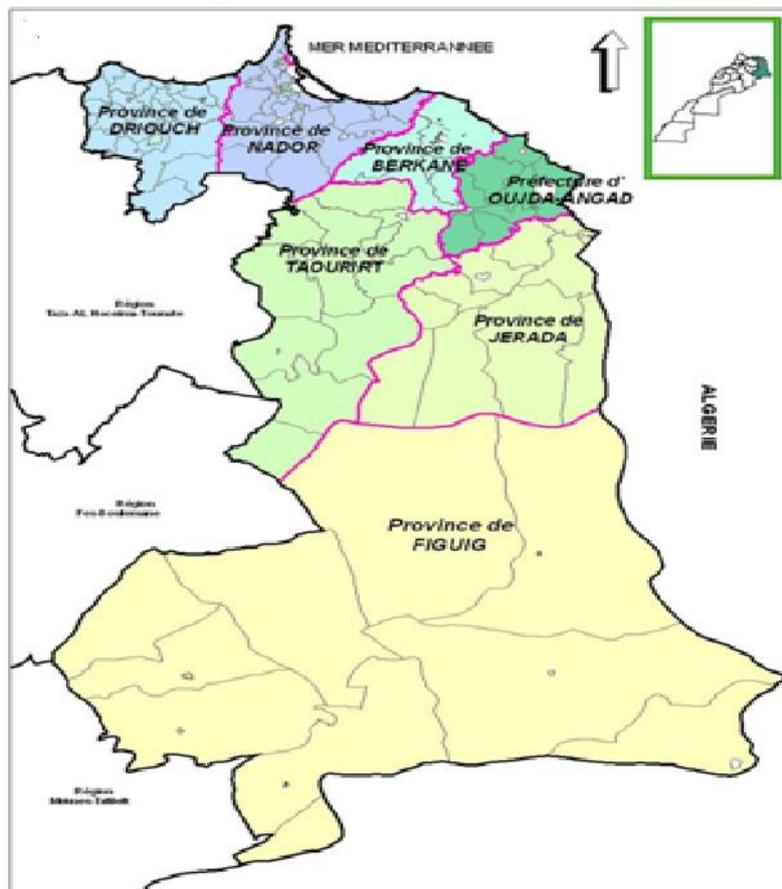


Figure 1: Situation de la province de Berkane

I. La province de Berkane.

I.1. Données générales

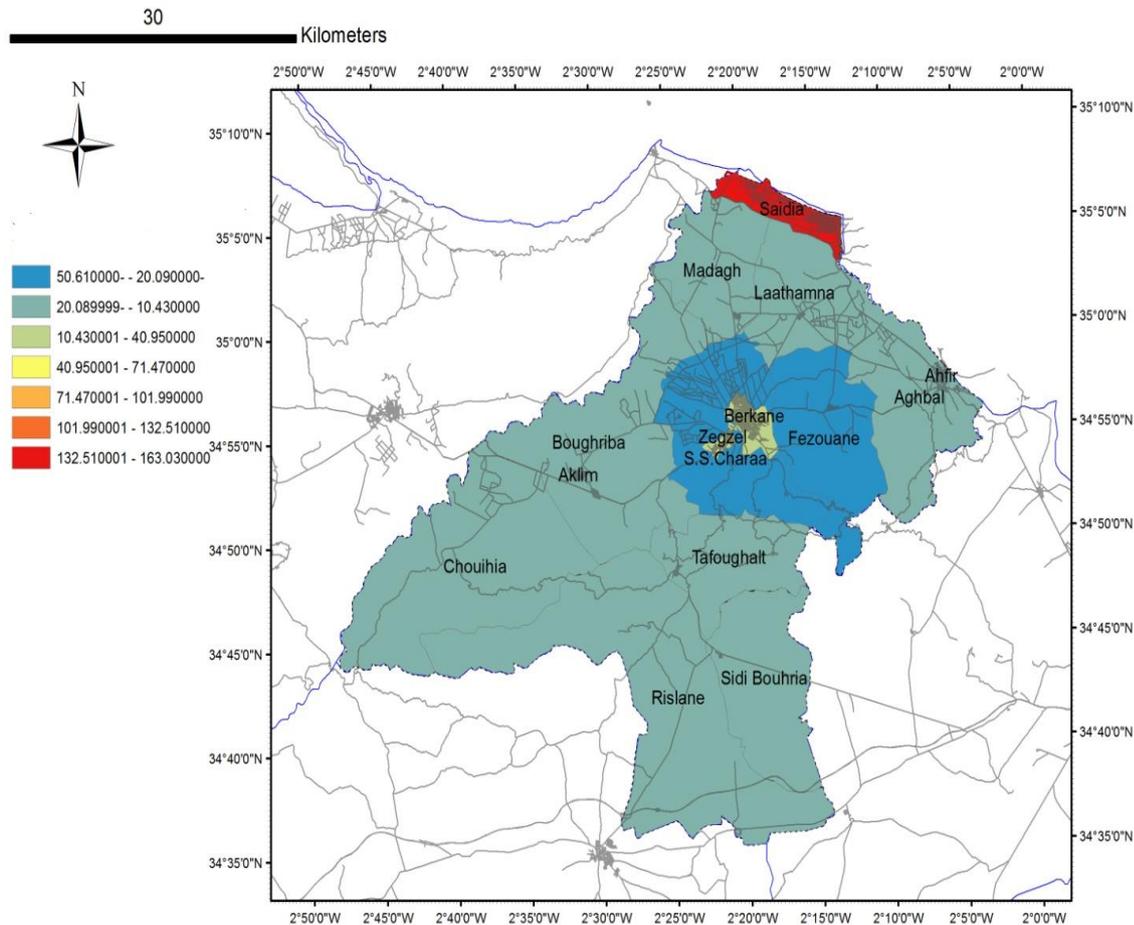
La province de Berkane est située à l'extrême Nord du Maroc. Elle est marquée par un climat de type méditerranéen (classification de Köppen; Csa); Berkane affiche 18.2°C en température moyenne avec une maximale de 32.4°C et une minimale de 6°C. La moyenne annuelle approximative des précipitations, varie entre 350 mm et 530 mm; elle est caractérisée par une irrégularité spatio-temporelle (Tayebi A., 2011).

Le paysage de la province est marqué par des reliefs contrastés du Nord au Sud avec des structures géomorphologiques orientées est-ouest : la bande côtière de Saidia qui s'étend

sur 14 km, les collines d'Ouled Mansour (200 m d'altitude), les plaines de Triffa et Sabra et le massif de Béni Snassen culminant à 1532 m.

La population de la province comptait 270 328 habitants en 2004: 137 688 en milieu urbain (Ahfir, Ain Regada, Aklim, Berkane, Saidia, Sidi Slimane Charaa) et 132 640 en milieu rural (cercles Ahfir et Aklim). La densité moyenne est de 136 Hab/km² (Monographie de Berkane, 2006).

La démographie de la province de Berkane a augmenté de 7,36% durant la dernière décennie, elle est passée de 270 328 hab. en 2004 à 289 137 hab en 2014 (RGPH, 2014). Cette augmentation a intéressé spécialement les centres urbains de Saidia et de Berkane. Les zones rurales sont toujours en diminution (Fig.2).



I.2. Le patrimoine : composé d'une offre variée, relativement protégée:

- patrimoine géologique : il est pratiquement aisé de découvrir, une bonne partie de l'histoire géologique de la terre, en parcourant les structures géomorphologiques de la province. Plus de 300 millions d'années d'histoires sont exposées dans les roches, depuis la chaîne montagneuse des Béni Snassen au littoral.

Les phénomènes karstiques dans les terrains jurassiques carbonatés des Béni Snassen, offrent de nombreuses grottes avec de magnifiques panoramas spéléologiques, notamment la grotte du chameau à Zegzel, la grotte d'Ifri n'Tafaghine à Fezouane, et les grottes de Takerboust.

- patrimoine géographique: trois formes géographiques distinctes : la zone littorale, les plaines et les montagnes. Ces formes offrent de nombreux paysages : La zone dunaire

littorale avec l'ancienne forêt de Tazegaret, l'embouchure de Moulouya (Sibe), les collines de Oulad Mansour, les plaines de Triffa et Sabra, les piedmonts de Béni Snassen, Les vallées et plaines intra-montagneuses, les gorges et rivières permanentes, les zones forestières montagnardes de Tafoughalt...

- patrimoine biologique: Les différents habitats et écosystèmes ont permis le développement d'une flore et d'une faune riches et diversifiées.

La flore est composée d'une végétation d'arbres, d'arbustes et de plantes annuelles ou biannuelles. Les arbres comptent 161 espèces, les plus importantes sont le thuya, le chêne vert et le pin d'Alep, à côté de la présence de l'arganier et du néflier (Dakki M., 2003).

Les plantes aromatiques et médicinales sont très répandues surtout dans les Béni Snassen et compte actuellement plus de 720 espèces et sous-espèces. Les espèces remarquables dont une grande partie est constituée de plantes médicinales représentent 28,4% du total de la flore (Dakki M., 2003).

La faune est composée par des populations animales remarquables, malheureusement en régression. Les activités anthropiques massives qui ont transgressé son habitat et la sécheresse qui la prive de la nourriture sont les principales causes. Dakki M. (2003) énumère plusieurs groupes de vertébrés (35 espèces de mammifères, 25 espèces reptiles et amphibiens, 101 espèces d'aviens) et une multitude d'invertébrés (insectes, arthropodes, etc.).

- Le patrimoine culturel : s'est imprégné au cours de son histoire de traditions héritées des différentes civilisations qui s'y sont relayées.

Le patrimoine archéologique: On trouve les premières traces de la présence de l'homme ibéromaurusien dans la grotte des pigeons à Tafoughalt dont l'âge se situe entre 10.800 ans et 21.900 ans (Bouzougard A., 2017).

Les témoins d'anciennes époques prospères sont matérialisés par des kasbahs (forteresses), toutefois oubliées et réduites au silence, notamment les Kasbahs de Sidi Bouzid, Boughriba, Charaa et Ain Reggada.

La population de Berkane a, depuis longtemps, été en contact avec de nombreuses civilisations, ce qui lui a permis de forger sa culture autour d'une double identité arabo-judéo-amazigh. Il en résulte de nombreux us et coutumes spéciaux à cette région notamment, les chants et musiques, la gastronomie, le vestimentaire, les fêtes traditionnelles religieuses (Ouaada), etc.

La Zaouia Kadiria Boutchichia est l'emblème religieux-culturel de la province. Sise à Madagh, cette Zaouia attire annuellement quelques 100 000 personnes, venant du monde entier, pour célébrer la fête religieuse du "Maoulid".

Ainsi on peut dire que le tourisme offre un grand potentiel de développement. Le patrimoine naturel et culturel, qui représente la matière première de cette industrie, est aussi riche que diversifié. L'aménagement touristique connaît un élan considérable, et représente une offre consistante en termes de capacité litère qui se reflète sur les nombres des arrivées et nuitées réalisés.

II. L'aménagement touristique de Berkane

La province de Berkane, possède d'énormes atouts patrimoniaux qui peuvent en faire une destination touristique bien prisée. L'apport de ces potentialités est mis en relief grâce aux interventions de l'Etat visant à créer le cadre juridique adéquat.

Dans la province de Berkane, le tourisme est une industrie nouvelle. Les statistiques officielles du Ministère du Tourisme concernant les hébergements marchands prouvent que dans l'ensemble, le tourisme à Berkane n'a commencé à prendre forme qu'à partir de 2009-2010.

L'effet positif du lancement de la nouvelle station balnéaire de Saidia, est marqué par le développement continu des infrastructures d'hébergement, de restauration et d'animation touristique. Il en résulte l'augmentation du nombre d'arrivées et de nuitées.

L'offre litière de la province est de 6304 lits. Cependant, cette offre connaît une importante concentration dans la zone littorale (Fig.3); l'arrière pays reste encore peu développé.

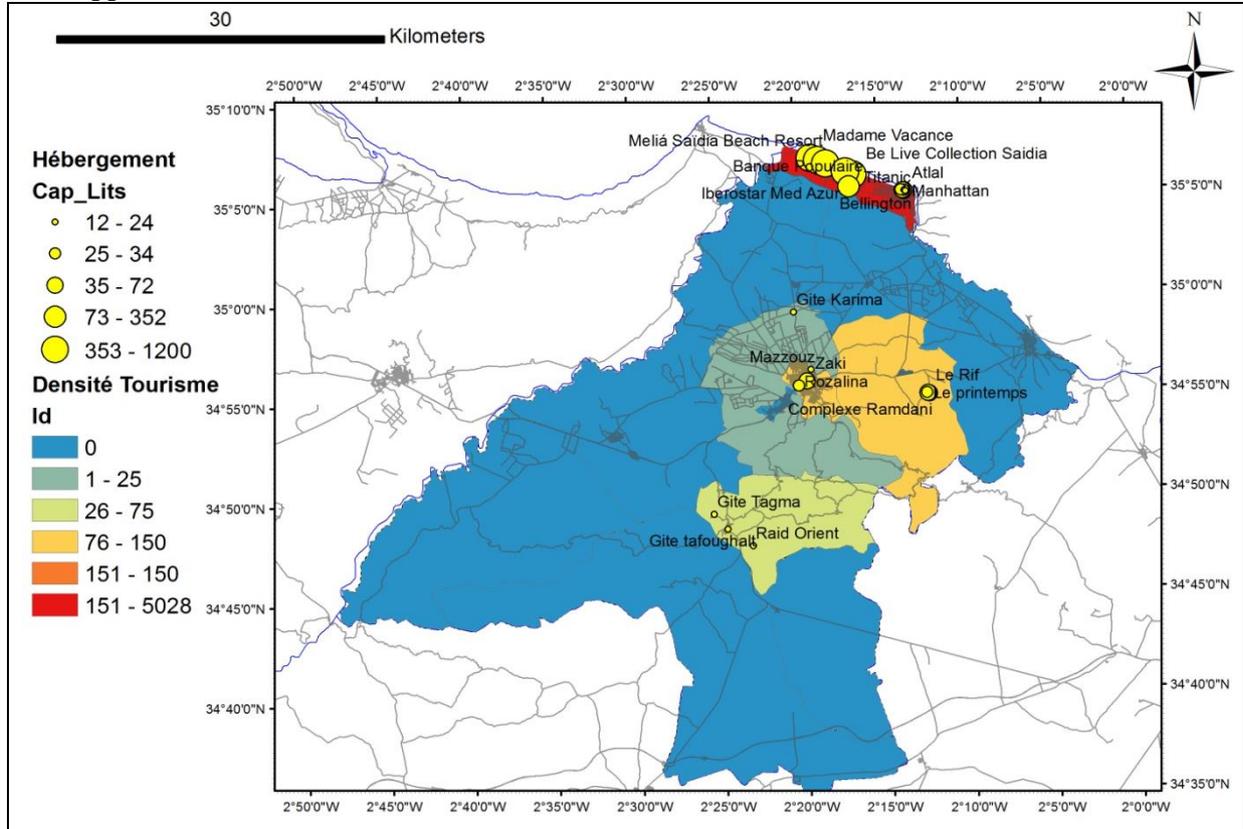


Figure 2: L'offre litière marchande de la province de Berkane en 2016. Réalisée sur la base de rapports inédits de la Délégation du Tourisme, Oujda.

L'offre litière marchande de la province de Berkane est composée essentiellement d'hôtels 5 étoiles, destinée à la clientèle de masse (Fig.4).

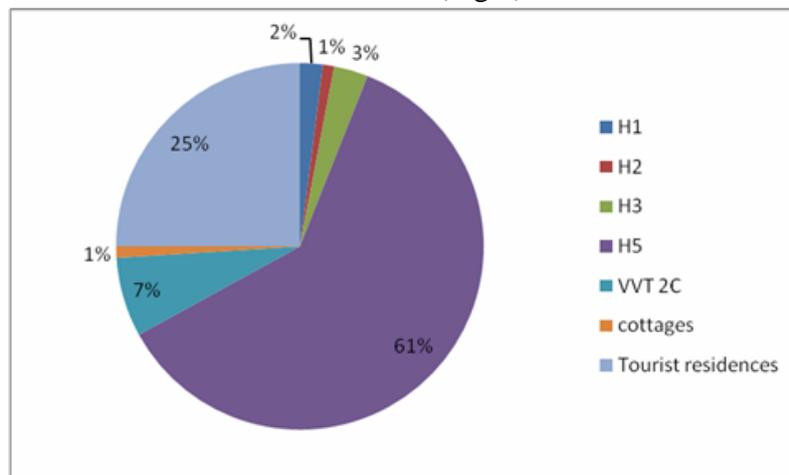


Figure 4 : Capacité litière par types d'hébergements en 2016. Réalisée sur la base de rapports inédits de la Délégation du Tourisme, Oujda.

Cependant, l'offre en hébergement touristique non marchande est très prononcée. Elle est évaluée à 36936 lits et composée essentiellement de (Tabl.1): campings non classés, maisons ou chambres louées par des particuliers et hôtels non classés. Cette offre concerne, spécialement, la ville de Saidia et correspond à presque 600 % de l'offre en hébergement marchand.

Tableau 1: la capacité litière non marchande dans la province de Berkane

	Hôtels non classés	campings	Ménages
Lits touristiques non marchands	307	15 740	20 889

La rubrique ménages est calculée à la base de considérations suivantes : 50 % des propriétaires des maisons sont prêts à louer leurs maisons dans la commune de Saidia, ce qui correspond à 6 963 ménages, offrant en moyenne 3 lits touristiques.

La station balnéaire de Saidia, le fer de lance de l'offre touristique de la province et même de toute la région de l'Oriental, répond uniquement à une demande de tourisme international de masse, ce qui limite considérablement l'accès d'autres types de clientèles (tourisme interne, famille, tourisme de nature, etc.). Ces derniers sont absorbés par l'offre non marchande, ce qui constitue une séparation sociale dans la consommation et le développement des produits touristiques.

En effet, le tourisme de masse, peut avoir comme conséquence directe l'élimination des catégories sociales moyennes et démunies de la destination. Le lancement de la station touristique moderne *Mediterranea Saidia*, se fait au détriment des estivants de la région et des touristes nationaux en général, qui fréquentaient le site sauvage de la plage *Al Halg* et la forêt de *Tazegarert*.

III. Les enjeux sociaux du tourisme dans la province de Berkane

L'industrie touristique affecte de manière variée le tissu social, positivement, par ses infrastructures d'hébergement, de transport, de restauration et d'animation. Le tourisme participe amplement dans l'ouverture et la modernisation de la société d'accueil, et contribue au développement social par l'amélioration de la situation économique et la création d'emplois. Cependant le développement du tourisme peut aussi avoir des répercussions négatives sur la société : l'acculturation et la perte de l'identité, le changement des mœurs et coutumes, les inégalités sociales, etc.

Cependant, le développement économique ne profite qu'à quelques parties. Les infrastructures surdimensionnées ne sont pas faites en concertation avec la population locale ; le niveau de vie et le prix du foncier grimpent d'une façon inabordable ; les propriétaires de résidences secondaires ne contribuent pas à la vie locale. Le développement touristique se fait donc, au détriment des intérêts de la population locale.

Pour mesurer les enjeux sociaux du tourisme, on a procédé à la réalisation d'une enquête de terrain par questionnaires, effectué auprès des habitants de la province.

L'analyse des résultats de l'enquête va nous permettre de mieux apprécier les effets sociaux du tourisme à Berkane.

III.1. Présentation de l'enquête

L'objectif est de clarifier les enjeux du tourisme à Berkane. Les variables choisies sont :

*La relation habitants locaux et l'industrie touristique en général,

*La relation habitants locaux et l'infrastructure touristique régionale,

*L'impact du tourisme.

Le questionnaire fut établi en deux langues (arabes, français) et fut administré auprès des habitants locaux au cours de deux périodes : du 01 Mars au 30 Avril et du 01 juillet au 30 août 2016, pour éviter l'effet brusque de l'activité touristique sur la perception des enquêtés.

L'échantillonnage de l'enquête est effectué selon une méthode aléatoire. Pour mieux distinguer l'effet social du tourisme, on a visé un échantillon de 300 habitants répartis géographiquement entre les deux centres touristiques attractifs à savoir : Saidia (100 questionnés) et Tafoughalt, Zegzel et Fezouane (100 questionnés), et dans les villes de Berkane et Ahfir avec 100 questionnés.

Les tailles des échantillons réalisés sont: Saidia : 93 Questionnés, Tafoughalt: 70 questionnés, Berkane : 73 questionnés.

On a pris soin d'avoir un certain équilibre dans la sélection des enquêtés, aussi bien au niveau des sexes (51 % homme contre 49 % femmes) qu'au niveau des tranches d'âge : moins de 20 ans 8 %, de 21 ans à 40 ans 45 %, de 41 à 60 ans 33 % et plus de 61 ans 14 %.

III.2. Résultats de l'enquête

La relation des locaux avec l'industrie touristique

36 % des habitants de la province de Berkane déclarent ne pas sortir en vacance, si ce n'est que pour visiter des membres de la famille (Fig. 5). La majorité (58%) des sorties est concentrée dans la ville de Berkane. La majorité (49%) des réponses est : un seul voyage par an.

Les réponses à la durée de chaque voyage ont montré que la majorité (67 %) des voyages entrepris par les habitants de la province de Berkane est d'une durée de 2 jours à une semaine (Fig. 6).

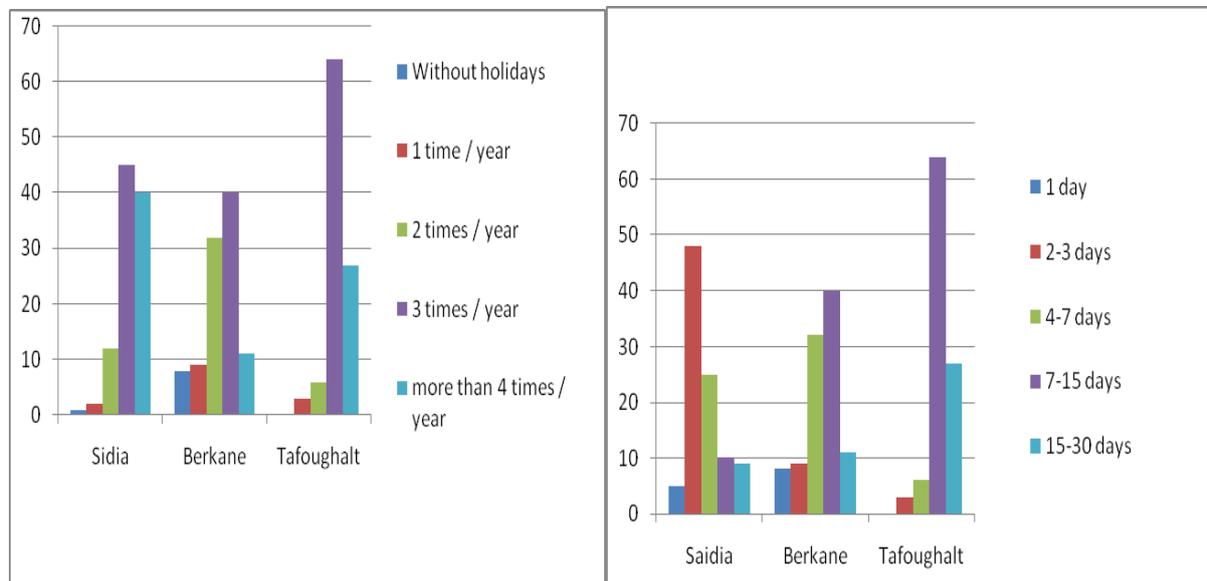


Figure 5: Sorties en vacances des locaux.

Figure 6: Durée des voyages entrepris par les locaux.

Pour l'acceptation de la population de la venue des touristes et leurs activités au sein du territoire les résultats sont positives : 94 % des questionnés affirment qu'ils sont d'accord avec la venue des touristes.

La possibilité d'accueillir des touristes (nationaux ou internationaux) chez soi, dans sa demeure est généralement sollicitée par les locaux qui prévoient des aménagements spécifiques pour l'accueil (Figure 7 et 8).

60 % des questionnés affirment qu'ils acceptent d'héberger des touristes. Presque la moitié (47 %) a déjà prévu de réserver des équipements spéciaux pour l'hébergement des touristes ou leurs restaurations.

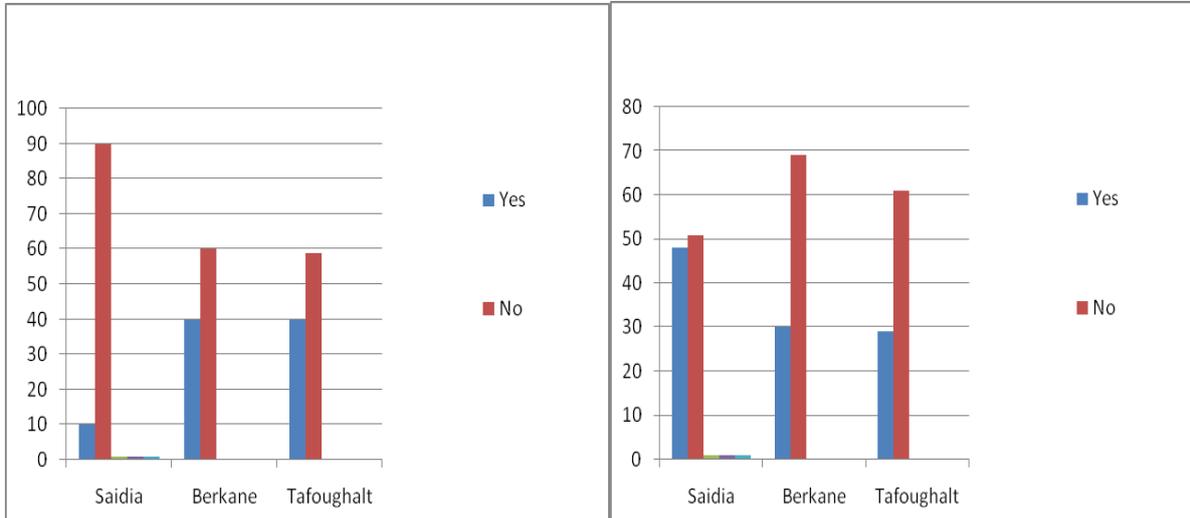


Figure 7: Possibilité d'accueillir les touristes par les locaux.

Figure 8: Possession des équipements d'accueil des touristes par les locaux.

La majorité (90 %) des habitants locaux de la ville de Saidaia peuvent accueillir des touristes chez eux : 47 % possèdent des équipements accommodés prévus pour cet objectif.

Dans le reste de la province ; la majorité n'est pas prête à accueillir des touristes chez eux (60 % à Berkane et 58 % à Tafoughalt). Ceux qui ont répondu positivement, n'ont pas prévu des équipements pour l'accueil. (68 % à Berkane et 62 % à Tafoughalt).

Les habitants locaux de la ville de Saidaia sont beaucoup plus familiers avec le tourisme. Ils affirment en majorité (92 %) qu'ils ont déjà travaillés dans le tourisme ou connaissent des proches qui l'ont fait. Les habitants des autres zones de la province sont moins en contact avec le monde professionnel du tourisme ; Berkane (32%) et Tafoughalt (37 %).

L'indicateur de l'emploi par le tourisme affiche une moyenne générale de 57 %. Les réponses à la nature des postes occupés, furent classées dans 6 groupes similaires (Fig. 9).

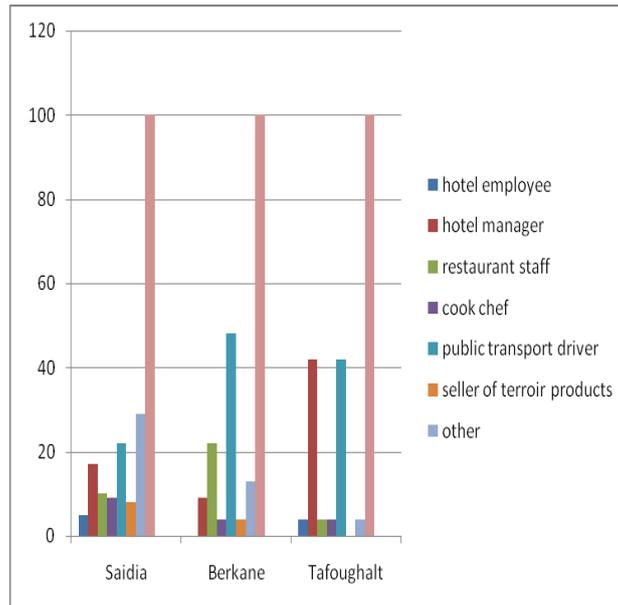


Figure 9: La nature des postes occupés

A Tafoughalt, les postes évoqués sont en général les employés des restaurants ou des vendeurs de produits de terroir. A Berkane et Ahfir, les postes (46 %), les plus énoncés sont toujours des employés de restaurants à côté de chauffeurs de taxi ou de transport public (21%). Dans la ville de Saidia, la réponse fréquente est l'occupation dans les métiers d'hôtellerie et de restauration.

La majorité des questionnés (70%) ont affirmé que les postes occupés sont saisonniers. Un grand nombre d'entre eux sont obligés à chercher du travail en dehors de la province ou s'occuper par d'autres métiers tels que l'agriculture ou le commerce clandestin, durant la basse saison qui s'étale sur plus que la moitié de l'année.

La population locale est moyennement familière avec l'emploi dans le secteur du tourisme, la nature des travaux montrent que les locaux occupent des postes inférieurs: 31 % des employés travaillent dans les restaurants, 22 % dans les hôtels et 20% sont des vendeurs de produits de terroir.

Rapport de la population locale avec l'infrastructure touristique régionale

L'hébergement : les enquêtés indiquent qu'en général (83 %) n'ont pas été dans des établissements d'hébergements touristiques, ils préfèrent séjourner dans les zones touristiques, et rentrer chez eux, vu la proximité.

Parmi les 17 % qui ont confirmé avoir visité des établissements d'hébergement de la région (Fig. 10) 26 % choisissent la location de biens. 24 % préfèrent les hôtels classés 1*, 2* et 3 *. Les résidences secondaires sont choisies à 23 %.

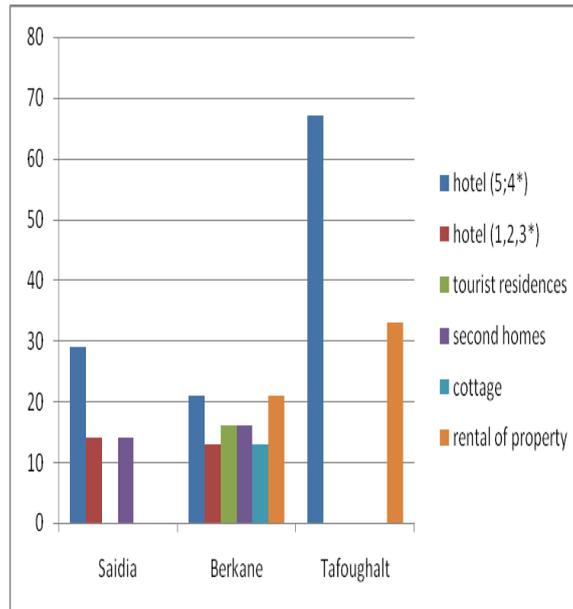


Figure 10 : Types d'établissements touristiques visités par les locaux.

La restauration: 53 % (Figure 10) des questionnés attestent avoir déjà visité les établissements de restauration de leur province. Les villes de Berkane et d'Ahfir enregistrent des résultats positifs (81 %). Les habitants de Saidia (52 %) et beaucoup plus ceux de Tafoughalt (69 %) affirment qu'ils n'ont pas visité les établissements de restauration.

Les restaurants les plus fréquentés sont ceux à poisson avec 36 %. La fréquentation des Snack, pizzeria, Shawarma atteint 27 %. Les restaurants touristiques classés et les bar-restaurants ne représentent que 11% des établissements fréquentés par les locaux.

L'animation: la réponse à la question relative à la consommation des services d'animation touristique est positive; 61 % de la population sont satisfait.

Les sorties en café (34 %) représentent la grande part des animations touristiques (Fig. 11 et 12). Les activités de pêche en mer ou en rivière contribuent à 17 %. L'assistance aux spectacles et soirées (privée et public) atteint 16 %.

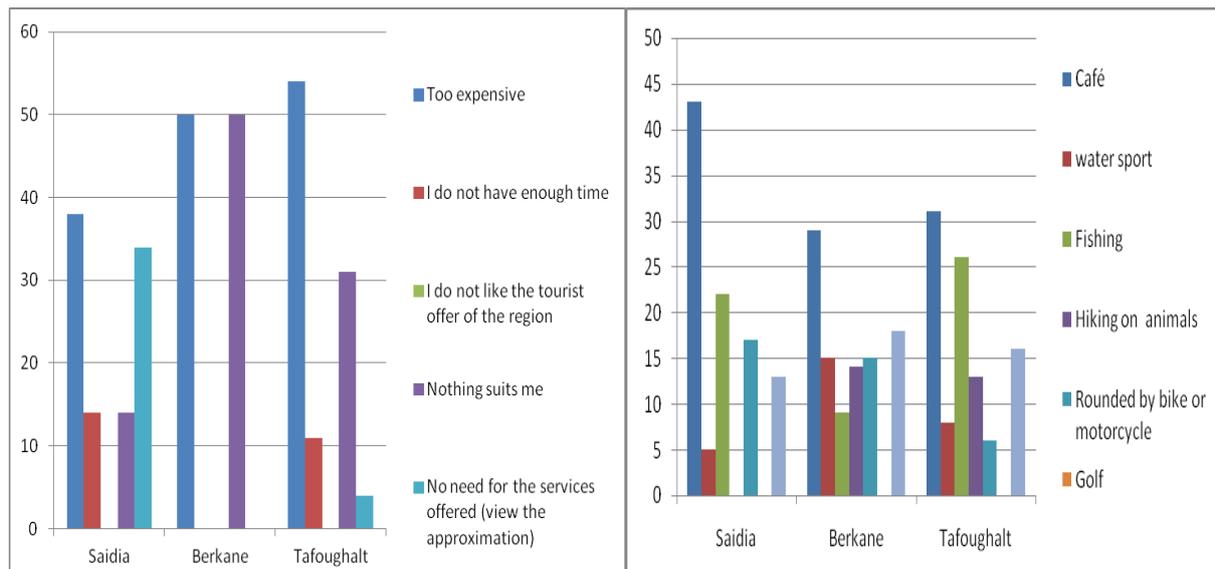


Figure 11 : Types de restaurants touristiques visités par les locaux.

Figure 12 : Types de services d'animation touristique consommés par les locaux.

Les réponses enregistrées (Fig. 13) montrent que les raisons fréquentes (49%) du refus de consommation des services touristiques, sont les coûts trop chers et la non-correspondance des goûts des locaux à l'offre fournie.

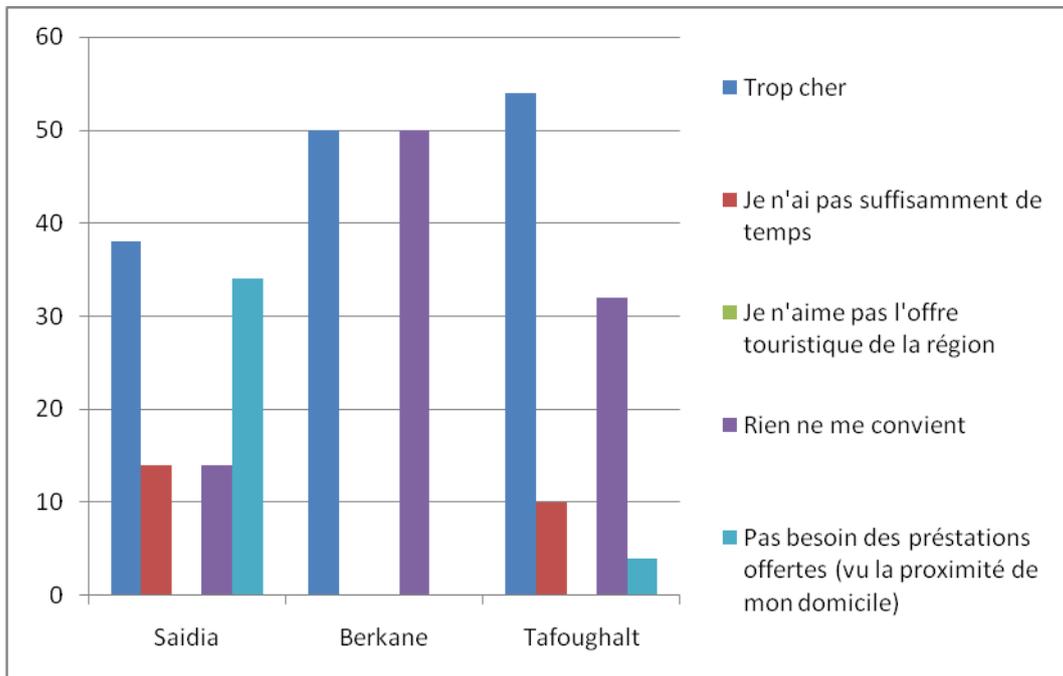


Figure 13 : Raison de la non- consommation des services touristiques

21 % déclarent avoir visité un hôtel durant les deux dernières années. De nombreux refus catégoriques de la consommation des services d'hébergement de la région, à cause de leurs non-convenances.

Les services de restauration et d'animation enregistrent une forte moyenne de consommation de la part des habitants locaux. Cela reflète un besoin significatif et même une confiance dans les prestations offertes.

Les différences dans la qualification des services proposés par l'infrastructure touristique de la région prouvent que l'exploitation touristique massive à Saidia, commence réellement à impacter la perception de ses habitants locaux.

L'impact du tourisme

L'impact de l'industrie touristique sur les habitants locaux se marque par des effets positifs souhaités et des effets négatifs craignant.

Concernant les effets positifs souhaités (Fig.14), on remarque que les réponses fréquentes sont la création de l'emploi (28 %), la valorisation du patrimoine (22 %) et le développement de l'infrastructure (21%).

Les effets négatifs (Fig.15) sont la pollution et la dégradation des espaces naturels (25%) et la hausse des prix des matières premières (21%).

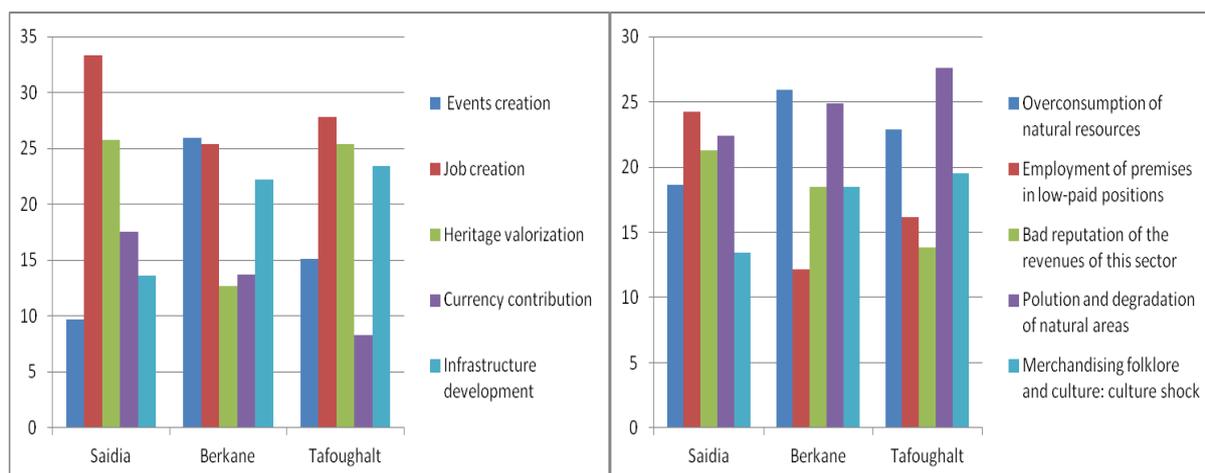


Figure 14 : Effets positifs du tourisme souhaités par les locaux à Berkane.

Figure 15 : Effets négatifs du tourisme craints par les locaux à Berkane.

La question relative aux apports de ce secteur montre que 62 % des locaux considèrent que le tourisme est positif. Cette perception varie selon les régions.

Les habitants de Saidia considèrent en majorité (72 %) que le tourisme a des effets positifs. Cette portion de réponse s'amointrit dans la ville de Berkane (60 %). Dans la zone de Tafoughalt, Zegzel et Fezouane, les réponses sont presque égales (51 % positifs contre 49 % négatifs).

La considération des effets positifs et négatifs du tourisme se fait de manières différentes. La concentration de l'activité touristique dans la ville de Saidia ne suscite pas de confortation directe avec les mœurs et les activités sociales et économiques de la région. A Saidia, le tourisme est plutôt vu comme une aubaine, tandis que dans les Béni Snassen, à Tafoughalt et Fezouane, on remarque qu'il y a encore une résistance face au développement massif du tourisme, due probablement au manque de contact direct avec les touristes et à la présence de plusieurs autres priorités relatives au monde rural.

Conclusion

En général, la population de la province de Berkane garde toujours confiance dans le potentiel touristique de sa région. Elle entretient un rapport positif avec l'industrie touristique, ce qui encourage le développement de ce secteur.

Le rapport, généralement positif, de la population locale avec l'industrie touristique favorise le développement de ce secteur. Cependant, certains effets négatifs de la touristification massive commencent à prendre forme. Il s'agit de l'emploi saisonnier ou permanent des locaux dans des postes inférieurs. La nature des travaux affectés aux locaux laisse apparaître 3 types de postes aux revenus bas. Il s'agit des employés de restaurants (31 %), employés d'hôtels (22 %) et vendeurs de produits de terroir (20%).

D'autre part, la fermeture de l'hôtel Oriental Bay Beach, les divers problèmes d'assainissements et l'absence de nouveau promoteur pour finaliser la station balnéaire constituent des facteurs qui peuvent se répercuter négativement sur la réussite du tourisme dans la province de Berkane.

Les montants réels des devises et bénéfices acquis par les locaux et notamment par les collectivités locales seraient insignifiants devant les attentes de la population. Les sommes dépensées dans la province n'incluent pas les montants payés à l'étranger aux tours opérateurs multinationaux et ceux envoyés aux investisseurs internationaux et aux sociétés mères d'hôtelleries.

Bibliographies

- Bouzouggar A, Barton N, Vanhaeren M, Errico F, Collcutt S, Hicham T, Hodge E, Parfitt S, Rodes E, Schwenninger JL. (2007). 82000-year-old shell beads from North Africa and implications for the origins of modern human behavior. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104(24): p9964-9969.
- Dakki M. (2003). Diagnostique pour l'aménagement des zones humides du Nord-Est du Maroc, Béni Snassen. *MedWetCoast Maroc*.
- Monographie de la province de Berkane (2006). Ministère de l'intérieur, province de Berkane.
- Tayebi A. (2011). Vulnérabilité des ressources en eau karstiques en milieu méditerranéen semi-aride : le massif des Béni Snassen (Maroc oriental). Approche pluridisciplinaire et utilisation des méthodes 'SIG'. *Sciences de la Terre. Université de Grenoble*. 388p.

REPRESENTATION DES RISQUES ET DES CATASTROPHES NATURELLES PAR LA POPULATION DU MAROC NORD-EST

SABRI Mohamed et SBAI Abdelkader (Université Mohammed Ier, Oujda.
med.hamidsab@gmail.com

Résumé: La Région de l'Oriental (à l'instar du reste du Maroc) a toujours été confrontée à de multiples risques climatiques, en particulier la sécheresse et les inondations dont les coûts économiques et humains sont parfois très élevés. En aménagement local et régional, la conception d'une stratégie plausible et opérationnelle pour faire face aux problèmes liés aux aléas climatiques, hydrologiques et géomorphologiques, a toujours été confrontée au manque et à l'insuffisance d'informations concernant l'évolution du climat et ses impacts sur les différents milieux. L'évaluation des réponses des milieux physiques en rapport avec la variabilité du climat, ainsi que l'appréciation des vulnérabilités à l'échelle locale et régionale, nécessite des études spécifiques complètes et autant que possibles quantitatives, et prenant en considération les volets socio-économiques et politiques pour permettre d'éclairer la conception et le choix instruit de mesures adéquates d'adaptation. Certaines actions liées à la vulnérabilité, notamment les sécheresses et les inondations, ne sont pas accompagnées de plans de gestion des risques et d'alerte proactive et se contentent seulement de mesures physiques dont le résultat est limité dans le temps et dans l'espace.

Dans l'objectif de mieux évaluer les vulnérabilités et de développer des mesures d'adaptation spécifiques et locales, l'hypothèse est de vérifier si l'héritage culturel et technique de la population locale pourrait constituer une contribution de plus, aux instances qui s'occupent de la gestion et de l'aménagement du territoire avant les prises de décision. Il serait donc judicieux d'intégrer les perceptions et connaissances ainsi que l'héritage culturel de la population locale dans la prise de décision afin de mettre à disposition des acteurs des informations suffisantes et crédibles qui leur permettront de mieux anticiper, de prévoir ou de planifier des réponses adéquates aux impacts potentiels de la variabilité climatique, hydrologique et géologique dans les secteurs déterminés.

Le travail d'enquête est un moyen de comprendre comment la population locale perçoit et parvient à connaître le rapport entre leurs installations et les différents types de risques, de menaces et de défis dont ils auront à affronter en cas de catastrophes naturelles. Ceci permettrait éventuellement la construction d'une base de données (cognitive référentielle, statistique et cartographique) qui viendra compléter les travaux scientifiques dans le but d'atténuer l'impact des désastres, et l'amélioration de la protection des personnes et des biens contre les inondations, les sécheresses, les glissements de terrains ou même les séismes; et non pas un moyen d'éliminer complètement les dégâts.

Mots clés: Risques, aléas climatiques, vulnérabilité, enquête, cognitions sociales, aménagement, décision, Région de l'Oriental, Maroc.

Introduction

La Région de l'Oriental représente (dans sa majeure partie) un milieu physiquement et biologiquement vulnérable, et ne fait l'objet, en tant qu'écosystème à équilibre fragile, souvent sous la menace de risques naturels (de tous genres) d'aucune mesure de protection et d'aménagement spécifique.

Un travail sur les ressources cognitives de la population locale est un moyen efficace pour comprendre comment la population locale perçoit le rapport entre leurs installations et les différents types de risques, de menaces et de défis qu'ils ont à affronter en cas de catastrophe naturelle, et comment ces ressources pourront être prises en considération par les organismes de l'État qui ont en théorie la charge des questions des risques naturels. Ceci permettrait éventuellement d'atténuer les retombées des désastres.

On part également de l'hypothèse suivante: les ressources cognitives (c'est-à-dire tout le savoir et l'héritage culturel et technique de la population locale) pourraient constituer une base de données incontournable aux instances qui s'occupent de la gestion et de l'aménagement du territoire **avant la prise de décision**.

L'objectif est de mettre en valeur les ressources cognitives de la population locale afin de pouvoir les intégrer dans un document de mesure qui constituera un des éléments de base d'une stratégie commune de prévention et de gestion des risques naturels, et une référence inévitable pour tout projet d'aménagement futur dans la région.

Des enquêtes ont été réalisées auprès des habitants des communes rurales, villes et centres urbains du Maroc oriental, après délimitation des zones cibles, suivies d'un travail de dépouillement et d'analyse à l'aide d'outils informatiques appropriés (Sphinx, Excel, ArcGis...).

I. Place de la société civile dans la politique nationale de prévention et de gestion des risques naturels

La ressource cognitive est l'un des fondements de la capacité d'intervention des acteurs, tant institutionnels que sociaux. Les phases de conception et de la mise en œuvre d'une stratégie plausible et efficace pour lutter, prévenir et gérer des situations de crise et d'événements de catastrophes naturelles procèdent en effet d'un processus d'exploration et d'acquisition d'informations qui permet d'accumuler des connaissances. La question de la ressource cognitive invite tout d'abord à orienter l'exploration vers la compréhension de la relation entre connaissances et action. Généralement, cette ressource devrait fournir une base essentielle à la prise de décision lors de l'élaboration d'une stratégie de prévention et de gestion des risques. La production, la reproduction et la diffusion de cette ressource demandent en effet des efforts de mise en place et de gestion de systèmes d'informations adéquates.

La Région de l'Oriental a toujours été confrontée à de multiples risques climatiques, géomorphologiques et géologiques. Les risques d'inondation, de sécheresse, de tremblement de terre et de glissement de terrains demeurent les plus importants en termes d'impacts sur le plan humain, économique et environnemental. Ils touchent de nombreuses parties de la Région de l'Oriental. Cette dernière subit des transformations rapides telles que l'urbanisation, la littoralisation, la concentration géographique de la population; ce qui amplifie la vulnérabilité aux risques naturels et aggrave les impacts des événements dommageables.

En aménagement local et régional, la conception d'une stratégie plausible et opérationnelle pour faire face aux problèmes liés aux risques naturels, a toujours été confronté au manque et à l'insuffisance d'informations.

Pour une mise en valeur du savoir et de l'héritage culturel et technique de la population locale, le Maroc a œuvré pour renforcer et généraliser les systèmes d'alerte à toutes les régions et à l'ensemble des aléas. Mais une véritable coordination institutionnelle dans ce domaine, et une intégration effective de la population civile concernée dans tout le processus de prévention et de gestion des risques naturels font toujours défaut en pratique dans cette politique. Il y a un corpus législatif et réglementaire significatif, mais dépourvu de textes réglementant les actions de la société civile.⁶

Des acteurs de la société civile doivent être mobilisés davantage comme parties prenantes. Il reste des déficits de gouvernance très clairs, avec des politiques trop sectorielles, mono-risques, descendantes, insuffisamment intégrante de la société civile et qui privilégient la réponse d'urgence et les approches structurelles, ce qui induit une faiblesse de la résilience face aux risques. La sensibilisation, l'information et la communication sur les risques sont négligées. Il y a donc un risque croissant de la perte de la mémoire collective si cette dernière n'est pas entretenue et prise en considération par les parties prenantes de la gestion et de la prévention des risques. Il n'existe pas encore de cadre réglementaire obligeant les collectivités locales à informer les populations locales (ou transitantes) de leur exposition potentielle aux risques.

Le rôle de la mémoire collective dans l'appréhension des risques reste un facteur primordial dans la compréhension et la gestion des risques par les institutions concernées. Dans la perception collective, 51% des habitants de la région Nord-Est du Maroc considèrent que les risques naturels sont des phénomènes qui ont toujours existé ; ce qui nous mène à en déduire que la même proportion des enquêtés a probablement vécu un événement naturel à risque ou à défaut en a entendu parler (Fig.1).

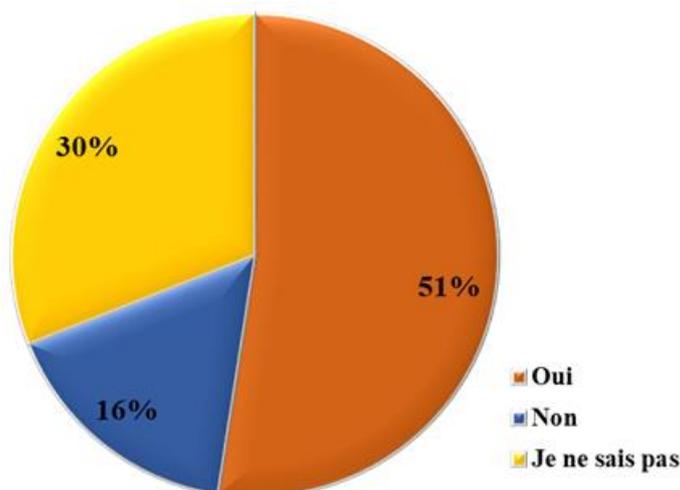


Fig.1. Mesurer la mémorisation des risques et Aléas

⁶ L'étude de l'OCDE sur la gestion des risques au Maroc (qui a été réalisée entre décembre 2014 et mai 2016) a mis à contribution un large éventail de parties prenantes provenant de départements ministériels, d'institutions et d'entités publiques, d'instituts de recherche et d'universités, du secteur privé et de la société civile; sauf qu'elle a omis de mentionner que cette société civile est quasiment absente dans presque toutes les actions de prévention ou de gestion des catastrophes naturelles; malgré qu'elle reste souvent l'élément principal qui endure les impacts des risques naturels, et malgré sa profonde connaissance en matière des risques auxquelles elle s'expose.

II. Évaluation de l'instrument cognitif de la population civile face aux risques naturels.

Le «Rapport 2014 sur le développement dans le monde» de la Banque Mondiale souligne combien les bouleversements de la planète sont porteurs de risques, et constate que « la gestion des risques exige une prise de conscience collective ». La société civile a besoin donc de prendre conscience de la nature des risques auxquels elle aura à affronter les conséquences, de savoir comment évoluent les risques pour pouvoir en faire face (Peretti, J-M., 2013).

Le niveau d'estimation de la menace jauge la prise de consciences de la part des populations vis à vis d'éventuelles risques et catastrophes naturelles. 43,8% estiment que leur commune court un risque moyen, et 31,7% perçoivent que le risque est beaucoup plus élevé.

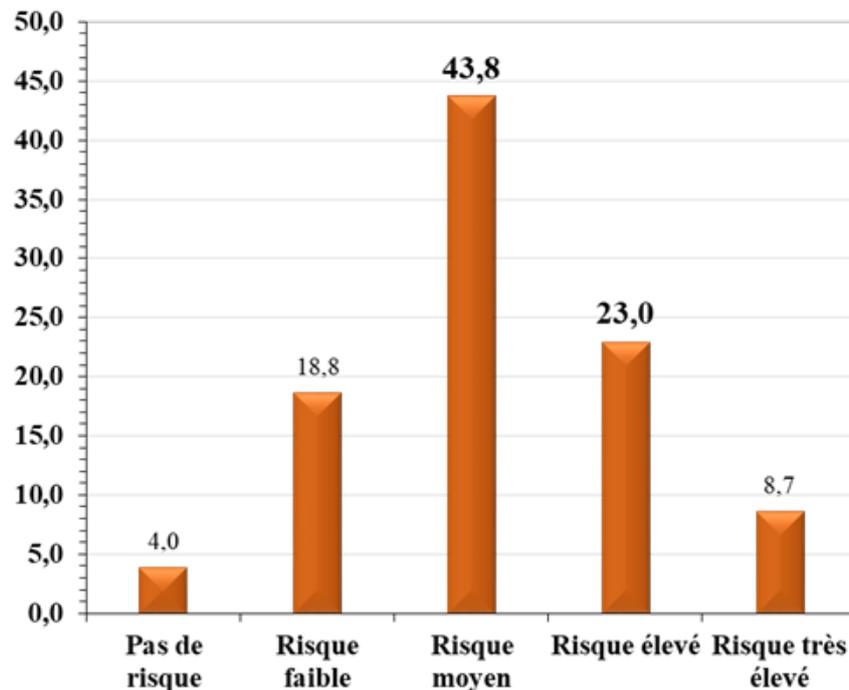


Fig.3. Niveau d'estimation de la menace

Ces valeurs changent lorsqu'on les traite au niveau des communes bien sûr. Presque 67% des enquêtés connaissent a priori le niveau de leur vulnérabilité face aux aléas naturel. Cette ressource cognitive invite tout d'abord à orienter l'exploration vers la compréhension de la relation entre connaissances et action.

Les risques les plus redoutés et qui menacent la région ont été estimés par ordre d'importance comme suite (fig.4) : la sécheresse avec un niveau de 50%, les crues torrentielles 41%, les feux de forêts 27%, puis les séismes en 4ième rang avec 18%. Mais si les 3 premiers risques enregistrent les valeurs les plus élevées; c'est parce qu'on va les retrouver surtout dans les territoires des hauts plateaux, de la chaîne de Jerada et du couloir d'Oujda-Taourirt. Concernant la sécheresse par commune par exemple, on va trouver que 94% des sondés à El Ateuf, 89% à Sidi Ali Belkacem et 39% à Taourirt ont estimé que la sécheresse est le risque le plus dangereux et le plus récurrent dans leurs communes. Alors qu'à El Hoceima et Nador le chiffre de 84% est très révélateur de l'ampleur du risque des séismes; c'est surtout le risque le plus récurrent dans les communes d'El Hoceima et de Nador.

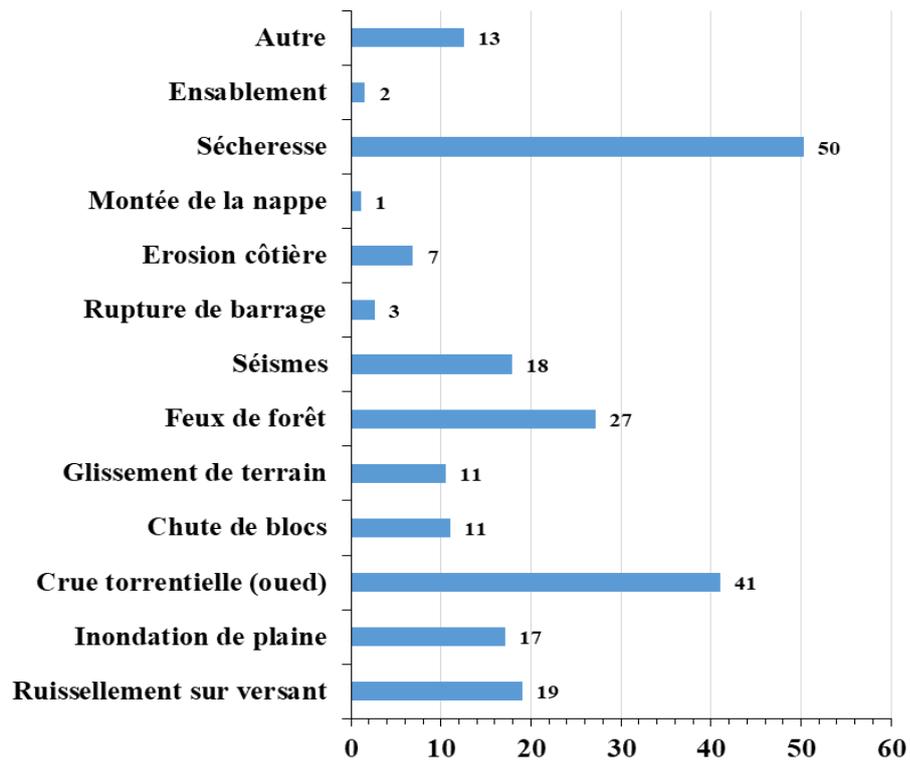


Fig.4. Perception des risques les plus menaçants dans la région

Les résultats d'enquêtes ont révélé une prise de conscience et des connaissances très développées pour une société à large composante de ruraux en rapport avec l'estimation des causes des risques et menaces dont fait l'objet leur territoire (fig.5). 42% ont estimé que les catastrophes naturelles ont certainement un rapport de causalité avec le phénomène de déboisement, et que les facteurs des constructions sur des zones inaptées à l'habitat et des aménagements réalisés sur les cours d'eau représentent 56%. Les interventions de l'Homme en général dans la réorganisation du fonctionnement de l'espace pourrait constituer selon la population locale une source de catastrophe naturelle.

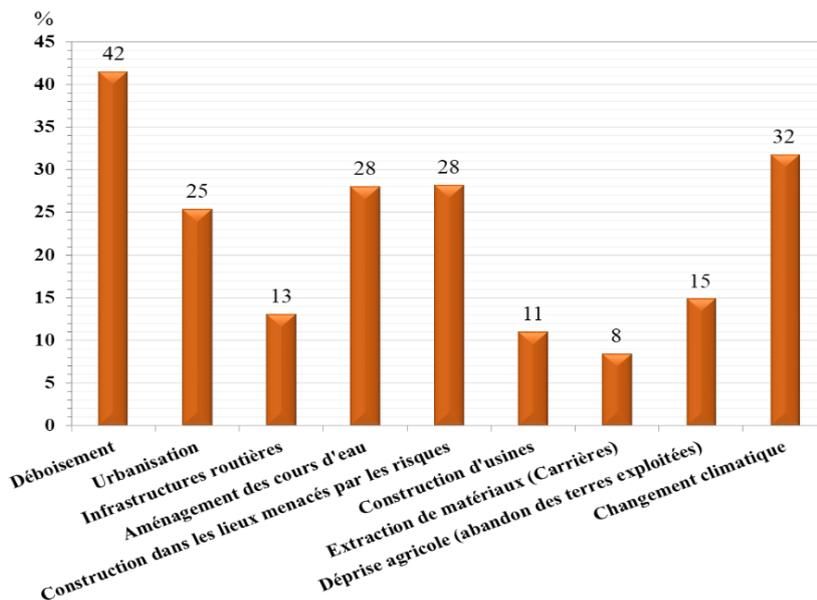


Fig.5. Les causes des risques déterminées par la population locale

L'anthropisation de l'espace est un facteur qui contribue sans aucun doute au refaçonnement des paysages et par conséquent de l'environnement. L'agriculture (non contrôlée) comme mode d'exploitation de l'espace joue certainement un rôle dans les déséquilibres environnementaux qui peuvent créer des dégâts et des catastrophes naturelles. 37.5% de la population d'El Ateuf et 50.4% de celle de Sidi Ali Belkacem ont jugé que le mode d'exploitation agricole intensif augmente le risque des catastrophes naturelles. Ceci peut s'expliquer par la fragilité de leurs milieux naturels et de leurs expériences en matière de mutations des espaces pastoraux en terres agricoles facilement dégradables et exposées aux risques d'inondations et d'érosion éolienne. Alors qu'à Taourirt et Ahl Angad, ce sentiment est tout autre, puisque 65.2% et 34% respectivement des habitants enquêtés déclarent que cette activité n'a aucun effet sur l'augmentation des risques. Mais à Labkhata 90% des sondés déclarent qu'ils ignorent si le mode d'exploitation agricole intensif pourrait avoir un effet amplificateur des risques (Fig.6).

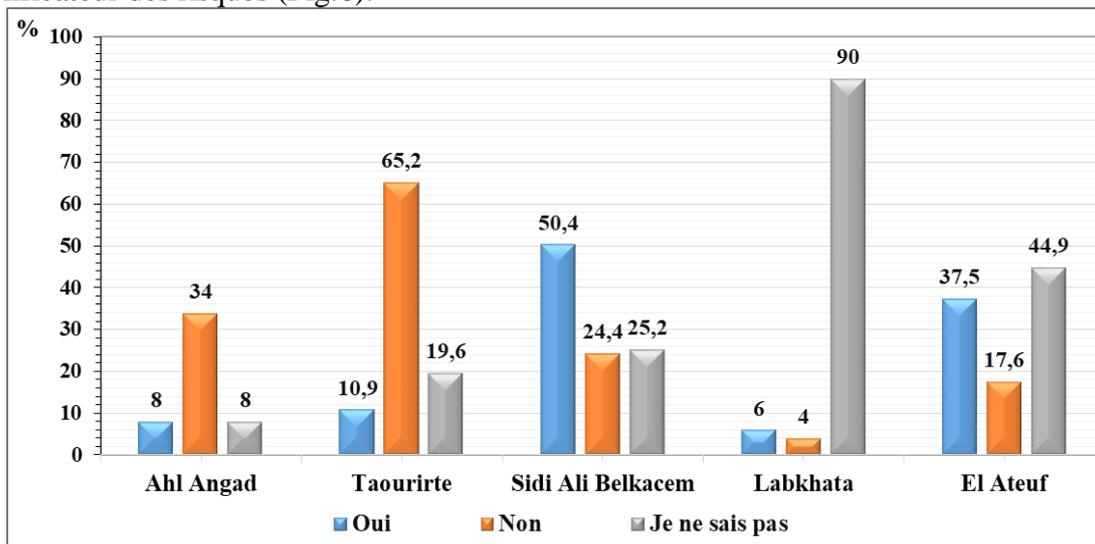


Fig.6. L'agriculture intensive et l'augmentation des risques naturels

Quant à l'extension urbaine, elle est perçue comme facteur qui augmente les risques naturels par 31.3% du total de la population enquêtée, avec toutefois des différences entre les communes, puisque on enregistre 96% à sidi Ali Belkacem et 32.6% à Taourirt qui ont le sentiment que l'extension urbaine non contrôlée constitue un facteur qui augmente le risque des catastrophes naturelles, contre 34% à Ahl Angad qui ont déclaré le contraire ; et 96% qui ne savent pas dans la commune de Labkhata.

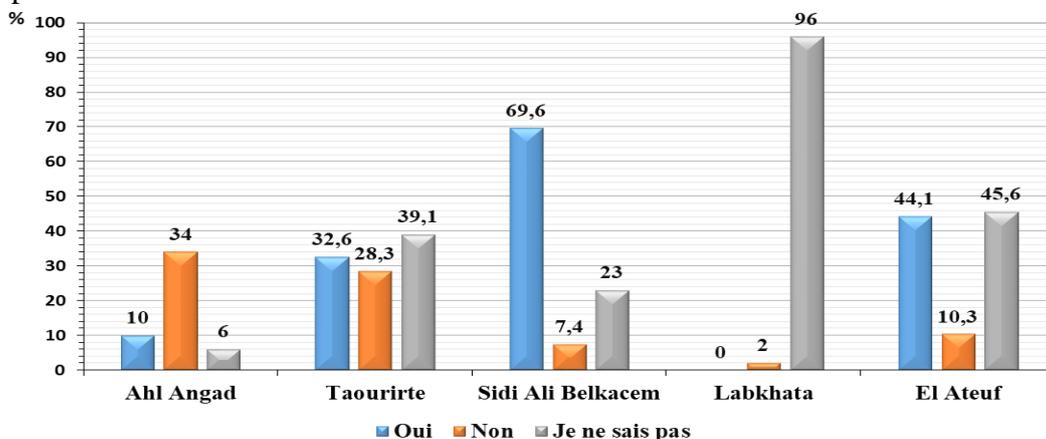


Fig.7. Est-ce que l'extension urbaine participe à l'augmentation des risques naturels?

L'utilité de l'information et de la formation pour la population qui résident dans les zones à risque apparaît également dans la figure 8, puisque 76,07 % de la population enquêtée estiment que le fait de l'identification des zones exposées aux risques demeure primordial et d'une importance capitale, ce qui permettra une bonne maîtrise de l'identification des zones à risque et une bonne appréciation de la réalité des degrés des éventuels aléas. Ceci est clairement traduit par les réponses de cette population dans la figure N°9 où presque 69% estiment que le degré du risque dont ils font objet est très important, voir très très important. Cette perception du degré des aléas chez la population est un facteur positif qu'il faut prendre sérieusement en considération aussi bien pour les services d'aménagement que pour les autorités et organismes responsables de la gestion des risques et des catastrophes. Le savoir et l'héritage culturel et technique de la population locale pourraient constituer une contribution de plus aux instances qui s'occupent de la gestion et de l'aménagement du territoire avant chaque prise de décision.

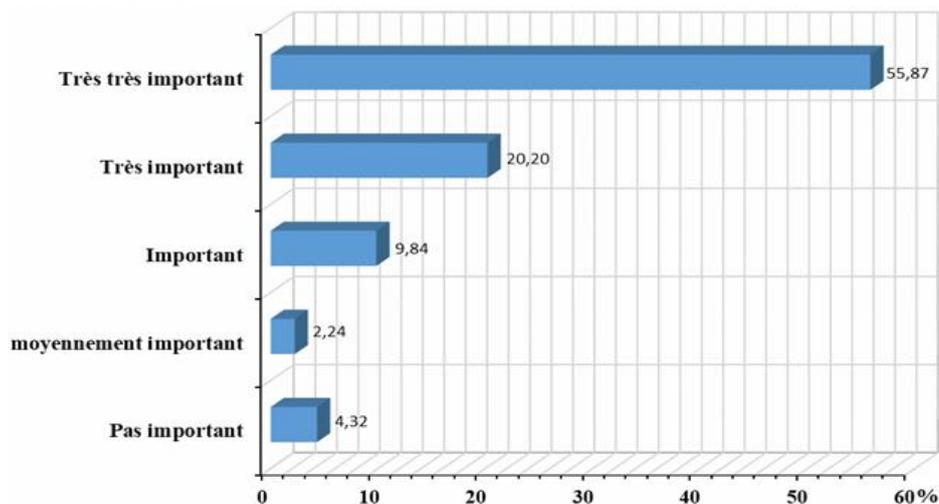


Fig.8. Identification des zones exposées aux risques

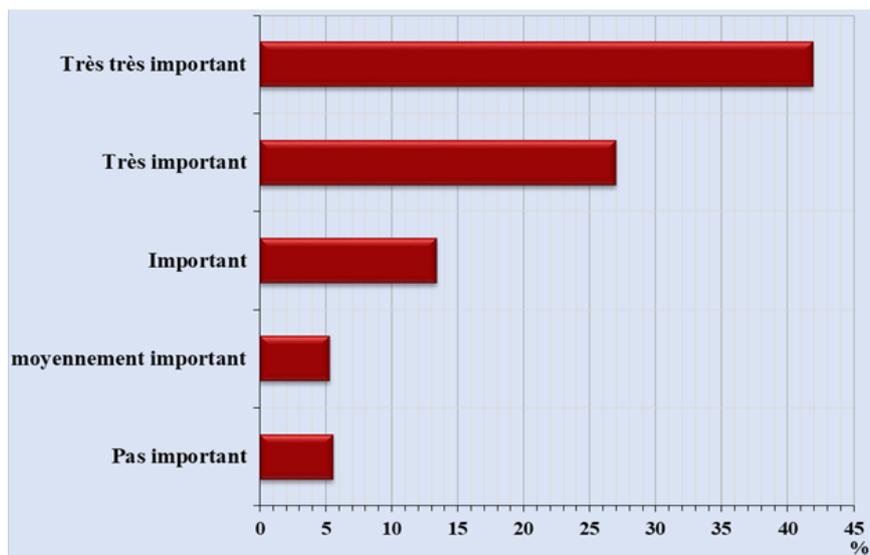


Fig.9. Degré du risque auquel vous êtes exposé

III. Estimation des compétences en matière d'information et de formation nécessaires à la gestion des risques.

L'accès à l'information sur les risques devrait faire l'objet d'une politique de données explicite. En effet, le constat d'un manque d'échanges et de coordination des producteurs de données entre eux se double d'une difficulté d'accès pour les utilisateurs et surtout pour la société civile.

La mise en œuvre effective d'une politique de prévention au niveau local doit être accompagnée par le renforcement de la co-construction et le partage des informations, de formations continues et des responsabilités qui permettrait d'aller au-delà des mesures de type structurel, qui sont souvent coûteuses et atteignent par moment leurs limites.

Une grande part des habitants interrogés (67.6 %) déclarent n'avoir ni reçu d'information, ni participé à des activités pour la prévention des risques naturels. Une campagne d'information sur les risques naturels est jugée en majorité «vraiment nécessaire» : 90%, voire «nécessaire» : 22% (Fig10).

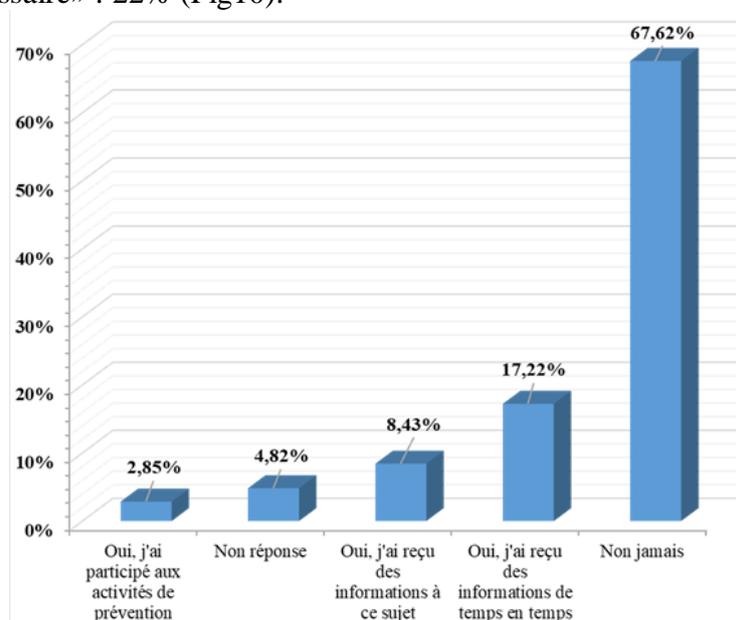


Fig.10. Avez-vous participé à des activités pour la prévention des risques naturels

Être informé des conséquences et des dégâts matériels, humains et écologiques potentielles revêt une importance capitale dans la culture et l'histoire des événements de catastrophes naturelles. 76% de la société civile estiment qu'il est très important pour la sécurité des hommes et des biens d'être au courant des impacts des dégâts qui peuvent être engendrés par des incidents naturels. Ceci permet d'enrichir la culture de prévention chez la société civile d'une part, et d'aider les autres intervenants dans la gestion des risques naturels.

Sur une échelle de 1 à 5 exprimant l'importance d'avoir des informations à propos des risques naturels classés, les types de demandes d'information qui ont eu les valeurs les plus élevées sont les suivantes :

- Identification des zones exposées aux risques (54%) ;
- Degré du risque auquel vous êtes exposés (44%) ;
- Procédure d'alerte de la population en cas de crise (43%).

Les types d'informations recherchées par la population civile sont en fait classés par ordre de pertinence et d'utilité en cas de crise. Car la population dans un objectif de prévention elle

demande d'abord des informations claires pour identifier les zones les plus exposées aux risques, Puis ensuite elle se demande à propos du degré de ce risque et enfin quelles sont les procédures d'alerte mise à leur service.

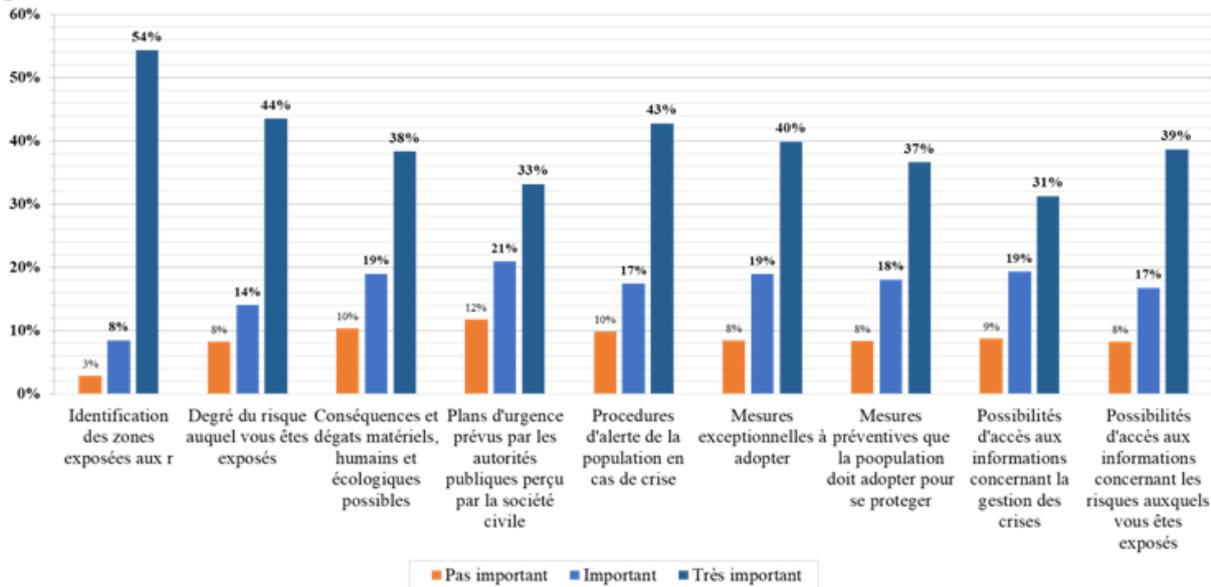


Fig.11. Demande de la société civile en matière d'information par type de renseignement

Une politique de gestion des risques performante contribuerait généralement à maintenir la confiance dans les institutions et à construire un développement résilient. Il s'agit en effet d'un domaine de politique publique dans lequel les attentes citoyennes sont particulièrement importantes.

Le manque de confiance est traduit par plus de 35% de la population enquêtée déclarant qu'ils n'ont aucune confiance dans les informations fournies ni par l'Etat, ni par la région, ni par la province, ni par la commune, ni par les forces de l'ordre.

Le caractère flou du concept ou du mot « Etat » chez la population locale a influencé « sûrement » leurs déclarations, puisque 25,5% seulement ont affiché leurs doutes et scepticisme envers les informations émises par l'Etat. Contre presque 28% qui affirment leur confiance dans ces informations.

Cet état de scepticisme de la population locale en général envers les institutions régionale et nationale trouve en fait ses explications dans les demandes sociétales exprimées à l'échelle nationale ces dernières années vis-à-vis des questions de transparence, de reddition des comptes et de la gouvernance des risques qui constitue un enjeu déterminant.

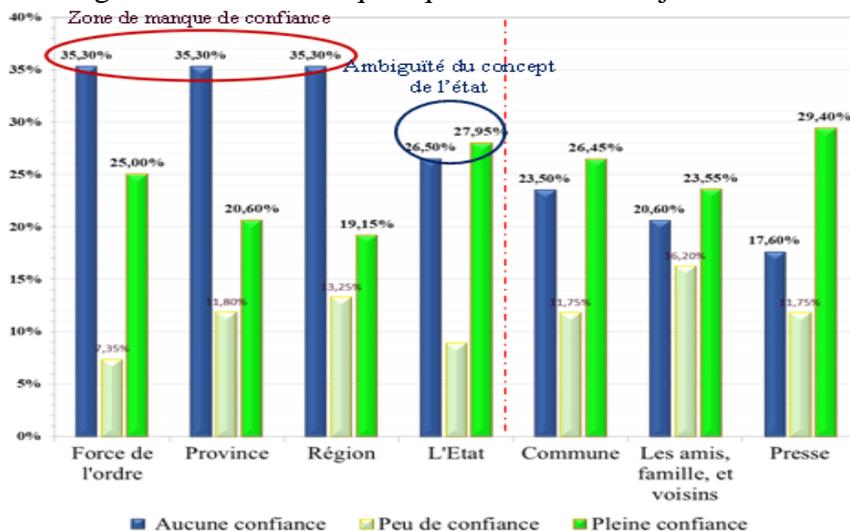


Fig.12. La confiance en divers fournisseurs d'information

La population civile est consciente du fait que les obstacles à la prévention et à la gestion des catastrophes naturelles sont dus essentiellement aux raisons Organisationnelles (avec 56%) et économiques (35%). Par contre Les personnes interrogées sont toutefois assez confiantes dans les moyens technologiques puisque seules 14% d'entre elles estiment que les obstacles à la prévention sont d'ordre technologique.

Dans la tourmente de designer qui doit être responsable de la gestion et de la prévention des risques et des catastrophes (devant un manque de confiance largement souligné par la population locale vis-à-vis de « L'ETAT » concept relativement flou dans leur perception), la grande majorité de la population enquêtée (85%) a confirmée qu'il serait nécessaire de créer une agence régionale spécialement désignée pour s'occuper et prendre en charge les problèmes des risques naturels. Seulement 4,5% ne sont pas de cet avis.

La population civile estime qu'il est primordial de songer à créer une agence régionale pour s'occuper de toutes les questions qui relèvent de la prévention, de la gestion et du suivi et évaluation de toutes les actions des intervenants dans les risques naturels.

Il est temps de songer au futur, à changer les approches par lesquelles les entrepreneurs interviennent dans les questions des risques naturels au niveau régional, et d'intégrer les ressources cognitives dans les stratégies à venir.

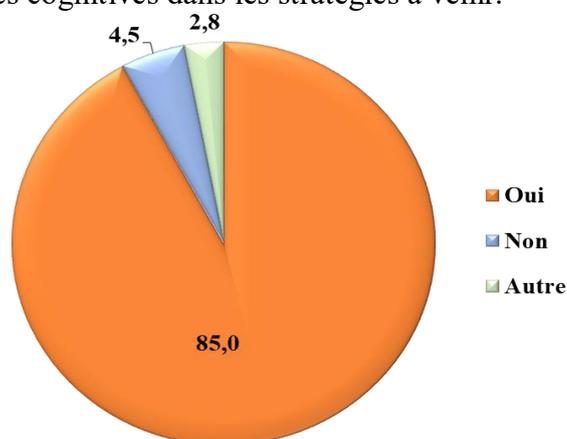


Fig.19. Pensez-vous qu'il soit utile de créer une agence régionale qui s'occupe spécifiquement des risques naturels?

Conclusion

La sécurité de la population civile dépend de la mise en valeur de ses ressources cognitives par les organisations administratives et juridiques. Elle ne peut être assurée si les gens ne prennent pas conscience de l'ampleur des risques et des mesures appropriées, par la formation et le transfert de l'information, et en les impliquant de plus en plus dans des séances de formation par simulation et exercices.

Les dégâts matériels (infrastructures, constructions, productions agricoles...) sont inévitables, mais nous estimons que l'ampleur des dégâts sera atténuée si la population prend conscience de la nature des risques auxquels elle est éventuellement exposée.

Une stratégie plausible et efficace ne peut être réalisable et opérationnel que s'il y a facilité d'accès aux informations concernant les risques.

La qualité de l'information préoccupe énormément cette population, ainsi que le degré de confiance de celle-ci envers les services de proximité telle la commune, la province ou la région. Or, la problématique des risques naturels et des catastrophes qui en résultent nécessite obligatoirement la coopération dans un climat de confiance mutuel entre les intervenants dans le domaine de la prévention et de la gestion des risque d'une part, et la population concernée d'autre part, pour pouvoir réduire de l'ampleur des risques.

Enfin nous nous sommes permis de souligner quelques petites recommandations:

- En plus d'un renforcement de la veille météorologique et hydrologique et sismique, il faudrait penser à une mise en place d'un système efficace et rapide de prévision et d'alerte aux crues et œuvrer pour le généraliser sur les zones à risques;
- Élaboration de cartes d'aléas d'inondations, de glissement de terrains, de risques de séismes, de sécheresse..., pour pouvoir anticiper, aménager et prendre des décisions.
- Introduction du contrôle de l'occupation des sols et de la circulation dans les zones à risque.

Bibliographie

- Benrbia K. & Sbai A. (2017). Perception des risques naturels par la population des communes littorales du nord-est marocain. Colloque national sur « Les risques hydroclimatiques et géomorphologiques au NE Marocain: aléas, vulnérabilités et aménagements ». Oujda le mardi 26 décembre 2017.
- Boukhidous M., Sbai A. & Bouslam M. (2017). Perception, gestion et adaptation aux phénomènes hydro-climatiques extrêmes: cas des effets de la sécheresse au niveau de la province de Berkane. Colloque national sur « Les risques hydroclimatiques et géomorphologiques au NE Marocain: aléas, vulnérabilités et aménagements ». Oujda le mardi 26 décembre 2017.
- El Harradji A., Francois A., Gauché E., Génin A. et Sbaï A. (2015). Les changements climatiques et leurs perceptions par les populations rurales dans l'Oriental marocain. Colloque international : Adaptabilité des Territoires aux Changements Climatiques au Maghreb. (Clôture d'Action Intégrée VOLUBILIS – TOUBKAL). 03 – 04 novembre 2015, Université Ibn Tofail, Kénitra (Maroc).
- Peretti J-M (2013). Face à l'émergence de risques nouveaux, quels sont les audits que les entreprises devraient développer dans les années 2014-2015 ? I.M.C.F | « Question(s) de management » 2013/3 n° 4 | pages 57 à 81 ISSN 2262-7030 Article disponible en ligne à l'adresse: <https://www.cairn.info/revue-questions-de-management-2013-3-page-57.htm>
- Sabri M. et Sbai A. (2017). Représentation des risques et des catastrophes naturelles par la population du Maroc nord-est. Colloque national sur « Les risques hydroclimatiques et géomorphologiques au NE Marocain: aléas, vulnérabilités et aménagements ». Oujda le mardi 26 décembre 2017.
- Sbai A., Benrbia K., Ghzal M., Bbenata M., Lasgaa H., Boulehoual A., Bahkan M., El Yadimi M. et Saidi A (2010). La perception des risques naturels par la population des villes et centres urbains du littoral méditerranéen oriental. Colloque international : Expression Graphique en Sciences Humaines et en Sciences de l'Ingénieur. 13 et 14 avril 2010. Faculté des Lettres et des Sciences Humaines, Mohammedia.
- Sbai A, Sabri M., Benrbia K., El Harradji A., Bouslam M. & El Baye A. (2017). La perception sociale des risques naturels par la population du Maroc oriental. Colloque international: Risques majeurs, environnementaux et développement durable. Meknès 28 - 29 novembre 2017.