

## Développement durable ; Proposition pour l'Algérie d'utiliser le sable de l'Atlas saharien comme un moyen de lutte contre les inondations littorales et l'attaque de la mer (rechargement artificiel des côtes inondables)

Y. Hemdane et D. Aernouts  
Laboratoire de Géomorphologie Dynamique et Aménagement des Littoraux.  
Maison de la Recherche en Environnement Industriel.  
Université du Littoral. France.

email: yacine.hemdane@univ-littoral.fr

### PROBLÉMATIQUE

#### LE RISQUE DES INONDATIONS LITTORALES EN ALGERIE :

Le risque des inondations littorales est omniprésent sur le littoral algérien. On peut assister à des débordements instantanés et des destructions par les vagues des ouvrages de protection (digues) et des bâtiments proches du front de mer. Mais un littoral non-agressé peut facilement faire face à ces phénomènes météorologiques rares surtout quand la côte est assez chargée en sable. Cela va lui permettre de bien s'auto-défendre contre les inondations littorales et l'attaque de la mer [5].

En Algérie, l'état des lieux est angoissant. Le manque de sable sur notre littoral sableux a fragilisé ses côtes accentuant les risques potentiels face aux aléas météorologiques et marins. Ce sable est soit soumis à des extractions abusives, soit perturbé par les constructions anarchiques, les enrochements et le bétonnage.

Pour faire face aux risques des submersions marines, les pays développés avaient favorisé l'endigement, l'enrochement et le bétonnage des littoraux en danger des submersions par la mer. Mais actuellement, ces solutions lourdes (hard solution) sont contestées par plusieurs scientifiques [2,3,4,9] et cela à cause de leurs répercussions néfastes sur l'environnement à long terme. Soulignons que ces techniques contestées ne respectent pas les fondements du développement durable.

#### L'ALIMENTATION ARTIFICIELLE DES LITTORAUX EN DANGER DES INONDATIONS LITTORALES :

Plusieurs études scientifiques ont démontré que le sable demeure l'agent le mieux adapté (irremplaçable) afin de se protéger des inondations littorales [1,2,4,6,7,8,9]. Vu l'importance du sable abondant sur un littoral, on essaie maintenant d'utiliser le sable (sédiment) comme un moyen de lutte contre l'attaque de la mer en rechargeant le littoral en danger avec un sable d'une autre source. Parce qu'elle répond aux critères du développement durable, cette technique est qualifiée de douce (soft solution). Cependant, l'application de cette technique sur le terrain et son entretien annuel restent très onéreux [3,5]. Pourtant, cela n'a pas empêché plusieurs pays de recourir à cette technique afin de recharger leurs littoraux en danger des inondations littorales par un sable ramené d'une autre source [2].

Les résultats obtenus sur terrain ont encouragé plusieurs laboratoires pour bien étayer cette technique [1,3,4,6,7,8]. Grâce à l'alimentation artificielle des littoraux en danger soft solution, plusieurs zones côtières ont retrouvé leur équilibre naturel en évitant d'éventuelles inondations par la mer [2].

L'inconvénient de cette technique (alimentation artificielle des littoraux) est la rareté du sable de rechargement (matériau d'empreint). Pour pouvoir recharger un littoral inondable il faut qu'on ait un sable d'empreint en abondance. Il faut souligner que l'application et la réussite de cette méthode

nécessitent un entretien annuel sur terrain [3].

Certains pays développés ne peuvent pas accéder à cette technique à cause de la source du sable (matériau du rechargement) indisponible. Il ne suffit pas d'avoir uniquement une source abondante du sable d'empreint mais aussi il faut que la texture (taille) du sable de rechargement soit proche de celle du sable préexistant sur le littoral en danger.

Dans les pays développés, le sable destiné au rechargement des littoraux en danger doit provenir des fonds marins au large en dehors de la zone sensible au-delà de laquelle l'impact de l'extraction est minimisé. Cette opération s'avère d'une part coûteuse, et d'autre part hypothétique vis à vis des déséquilibres potentiels sur le littoral en question.

#### LE SABLE DE L'ATLAS SAHARIEN, MOYEN DE LUTTE CONTRE LES INONDATIONS LITTORALES

Après avoir aperçu que certains pays développés n'ont pas pu accéder à cette technique du rechargement artificiel des littoraux en danger à cause de l'absence du sable du rechargement. Une idée a été exploitée afin d'adapter cette technique pour l'Algérie où le danger des inondations littorales est à son apogée. L'idée était d'exploiter la potentialité d'appliquer la technique du rechargement de nos littoraux en danger en utilisant sable de l'Atlas saharien comme une source du rechargement. Le concept paraît bon mais la question qui se pose est : Est-ce l'Atlas saharien dispose d'un sable dont la texture est proche à celle du littoral ?

# Recherche et Développement



Carte n° 1: L'itinéraire parcouru pour la recherche d'un sable adéquat pour recharger les littoraux meubles en danger des inondations littorales

Pour répondre à cette problématique, une campagne de recherches et d'exploration dans la zone de l'Atlas saharien s'avère nécessaire à effectuer.

## LUTTER CONTRE L'AVANCÉE DE LA MER TOUT EN FAISANT FACE À CELLE DU DÉSERT :

L'objectif de cette recherche est double; lutter contre l'avancée du désert tout en faisant face aux inondations marines. Il fallait affirmer ou infirmer l'existence d'un sable qui doit être impérativement près du littoral (Atlas saharien) et aussi d'une texture (taille) grossière ou proche à celle du sable des zones côtières inondables (basses) à recharger.

Après une consultation documentaire et cartographique sur les régions qui subissent d'importantes avancées du désert, la région de l'Atlas saharien a été choisie d'une part à cause de l'inquiétante avancée du sable que connaît la région, d'autre part parce que c'est l'endroit le plus proche du littoral (voir la carte 1).

Les étoiles blanches sur la carte n°1 indiquent l'itinéraire de prospection qui a été comme suit : Béjaia - M'sila -

Boussâada - El djelfa. Des échantillons ont été prélevés sur les côtes inondables de la région de Béjaia qui nous seront utiles après pour une étude différentielle afin de comparer les deux sables saharien et littoral.

Les échantillons de sable prélevés des dunes de l'Atlas saharien qui ensablent inexorablement la région (Boussâada, El djelfa, Hassi Bahbah...) ont été étudiés au laboratoire de l'Isma (Aménagement des littoraux) Algérie. Les premiers résultats au laboratoire sont encourageants car il a été remarqué que le sable de plusieurs dunes de l'Atlas saharien a une texture plus grossière par rapport à celle du sable des côtes inondables de Béjaia.

Ce résultat était tellement encourageant au point de mettre en doute certains paramètres empiriques et l'appareil d'analyse. Il a été jugé nécessaire de vérifier si ce sable est un vrai ou un faux sable, c'est-à-dire de vérifier s'il contient des évaporites (sels) qui constituent un faux sable. Après avoir bien rincé le sable de l'Atlas saharien, le taux des évaporites

était estimé à moins de 1.25 % autrement dit, très insignifiant.

Afin de conforter ces résultats satisfaisants, les échantillons de sable de l'Atlas saharien ont été réétudiés et analysés de nouveau avec des instruments de très haute précision au laboratoire de géodynamique de Lille et au laboratoire de géomorphologie et aménagement des littoraux de Dunkerque (France). Un appareil de très haute précision a été utilisé pour bien étudier le sable de l'Atlas saharien qui est le Diffractomètre malvern à laser.

Les résultats obtenus en Algérie sont bien confirmés en France. L'équation (modèle) de Krumbein [2,5] a été utilisée afin de vérifier si le sable de l'Atlas saharien allait s'adapter sur notre littoral en danger.

Nous présentons brièvement le modèle utilisé qui a confirmé que le sable de l'Atlas Saharien pourrait être utilisé comme un moyen de lutte contre l'avancée de la mer en Algérie:

$$R = (A\phi_a / A\phi_n) \exp \left| \frac{(M\phi_n - M\phi_a)^2}{2(A^2\phi_n - A^2\phi_a)} \right|$$

Avec :

R : Ratio de Krumbein

$A\phi_a$  comme écart type du matériau d'apport ou de recharge.

$A\phi_n$  comme écart type du matériau préexistant sur de la côte inondable à recharger.

$\Phi$  = Echelle Phi de Krumbein

$\Phi = - \log_2 (D)$

Où : qui est le logarithme à base de 2 du diamètre D.

$M\phi_a$  comme médiane du matériau d'apport ou de recharge

$M\phi_n$  comme médiane du matériau préexistant sur de la côte inondable à recharger.

Cette équation nous permet d'affirmer ou d'infirmer la potentialité d'envisager dans l'avenir d'utiliser le sable de l'Atlas saharien comme un moyen de lutte contre les inondations littorales. Les résultats de la modélisation de Krumbein ont confirmé que le sable de l'Atlas saharien est adaptable sur nos littoraux en danger des inondations littorales [5].

La Photo 1 illustre les grains du sable de l'Atlas saharien. On remarque que les grains sont très propres, translucides, plus arrondis et de couleur éclatante. On voit aussi que les grains sont bien triés de bon Sorting.

Par contre, la Photo 2 illustre les grains de sable d'une des côtes inondables d'Algérie (Béjaia). On remarque que les grains de la côte en danger (inondable) sont dominés par des grains noirâtres qui met en évidence l'avancée de la mer commence envahissant les terres agricoles. Les courbes cumulatives obtenues de granulométrie [5] ont montré que les grains du sable de cette côte en danger des inondations marines sont d'une taille légèrement inférieure à celle des grains du sable de l'Atlas saharien.

### CONCLUSION:

Cette étude est une recherche menée en Algérie avec des moyens très limités. Les résultats obtenus dans cette recherche sont néanmoins prometteurs pour



Photo1 : Vue microscopique du sable de l'Atlas saharien proposé pour alimenter nos littoraux en danger des inondations littorales.



Photo2 : Vue microscopique du sable d'un littoral en danger des inondations littorales.

l'avenir. Il faut souligner que cette recherche a été effectuée en 1999. Etant donné que les dunes de l'Atlas saharien sont très mobiles, il est recommandé de compléter et préciser cette étude afin de l'actualiser et rechercher d'autres sources sédimentaires potentielles (sable) qui pourraient être utilisées comme un moyen de lutte contre les inondations littorales.

Il est très important de souligner aussi que cette technique ne consiste pas à recharger tout le littoral avec un nouveau sable jusqu'à ce qu'il soit bien rechargé. Cependant, il s'agit d'alimenter artificiellement les littoraux meubles en danger avec des petites quantités pour leur octroyer une certaine rugosité. Cette dernière va redonner au littoral en question le pouvoir de s'alimenter naturellement par des sédiments remontés des petits fonds et piégés par la nouvelle rugosité attribuée au littoral artificiellement rechargé par le sable de l'Atlas saharien.

Le rechargement réfléchi associé à une bonne compréhension de la dynamique marine, peut réduire les risques potentiels et contribuerait à la bonne gestion durable de cette ressource économiquement importante qui est la zone côtière.

Donc, la potentialité d'exploiter cette ressource renouvelable est à étayer avec profondeur et demande une étude pluridisciplinaire. La gestion intégrée de l'environnement engage un élargissement temporel et spatial dans nos réflexions afin de contribuer au développement durable de notre pays et de penser à l'ère de l'après-pétrole en Algérie.

### RÉFÉRENCES:

- [1]-Albert E. Browder and Robert G. Dean.,2000 Monitoring and comparison to predictive models of the Perdido Key beach nourishment project, Florida, USA . Coastal Engineering, Volume 39, Issues 2-4, March 2000, Pages 173-191.
- [2]-Army Corps of Engineers 2003, U.S. Army Corps of Engineers. Coastal and Hydraulics Laboratory - Engineer Research and Development Center Waterways Experiment Station - Vicksburg, Mississippi.USA.
- [3]-Beach nourishment projects, practices, and objectives a European overview 2002. Coastal Engineering, Volume 47, Issue 2, , Pages 81-111
- [4]-Dean, R. G., and C.-H. Yoo. 1992. "Beach-Nourishment Performance Predictions." Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering, ASCE. Volume 118, Number 6. Pages 567 to 586.
- [5]-Hemdane, Y., 2002. Rapport pour le ministère de l'environnement et de l'aménagement du territoire. Algérie.
- [6]-National Research Council., 1995. Beach Nourishment and Protection. National Academy Press, Washington, DC
- [7]-Robert G. Dean., 2003 Beach Nourishment: Theory and Practice Advanced Series on Ocean Engineering.
- [8]-Stauble, D. K. 1994. Evaluation of Erosion Hot-spots for Beach Fill Performance. Proceedings, 7th National Conference on Beach Preservation Technology. Florida Shore and Beach Preservation Association, pp 198-215.
- [9]-Van Rijn, L.C.,1993 Principles of Sediment Transport in Rivers, Estuaries and Coastal Seas Aqua Publications. Aqua Publications.

Photo1 : les grains du sable de l'Atlas saharien	Photo2 : les grains du sable des côtes en danger (inondables)
Propres, éclatants et translucides	Noirâtres : témoignant l'avancée de la mer qui érode les terres agricoles et l'arrière pays et une éventuelle pollution par adsorption
Arrondis à anguleux	Anguleux
Texture semblable à grossière par rapport à celle du sable des côtes inondables et de bon Sorting (bien trié)	Texture tend vers les fines à causes de l'érosion côtière