



LE ROLE DES MEGA-OBSTACLES DANS LA FORMATION ET LE FACONNEMENT DES ERGS : Quelques exemples du Sahara

MAINGUET M.¹, REMINI B.²

¹ Professeur, Université de REIMS, France

² Professeur, Université de Blida, Algérie,

Chercheur au laboratoire Larhyss

remini@mail.univ-blida.dz

RESUME

A l'échelle synoptique, la présence de méga-obstacles dans un désert aboutit aux conséquences : apparition des aires d'abri, de recollement et de «cols», chacune avec ses caractéristiques. Cependant la répartition et la disposition des massifs rocheux et des dépressions topographiques, induisent en plus d'une circulation éolienne au voisinage d'un relief, des couloirs (Venturi) de circulation privilégiée de courants transporteurs de sable et une dynamique qui se répercute sur l'environnement : ensablement des infrastructures pétrolières, des aérodromes, des routes et des oasis.

Les ergs qui se forment à l'amont de l'obstacle sont des aires à budget sédimentaire positif, tout comme ceux qui se forment à l'aval de l'obstacle, mais toujours derrière l'aire d'abri (aire de recollement); par contre, les ergs de part et d'autre de l'obstacle («col») sont à budget sédimentaire négatif.

Les ergs : Erraoui, Iguidi, Chech et le Grand Erg Occidental sont formés et façonnés par le massif des Eglab, les ergs : Mourzouk, Oubari, Issouane N'arrarrene, les ergs maliens et mauritaniens sont façonnés par les massifs Tassili- Hoggar.

MOTS CLES :

Dynamique éolienne, Sahara, Méga-obstacle, Erg

I. INTRODUCTION

Les conséquences néfastes de la dynamique éolienne sont ensablement des infrastructures pétrolières, des oasis et des agglomérations : à titre d'exemple, la ville de Nouakchott (Mauritanie) est menacée d'ensablement (KHATTELI, 1984). Les infrastructures routières et hydro - agricoles ne sont pas épargnées par ce phénomène et nous pouvons citer le canal des Daounas (Mali) qui à chaque tempête de sable est ensablé (BOUVET et BRUGNOT, 1996), et même la voie ferrée Gafsa-Gabes (Tunisie) qui, après chaque tempête de sable se trouve couper au niveau de Menzel Habib (KHATTELI et BELHADJ, 1994; KHATTELI, 1993).

Face à ce phénomène, de gros efforts ont été déployés et d'importants travaux engagés depuis longtemps. Cependant, la maîtrise de ce problème réside dans la connaissance des trois aires : source, transport et d'accumulation de sable et des types des édifices dunaires. Même le recensement des massifs rocheux et des dépressions lacustres devient nécessaire puisqu'ils façonnent les ergs et créent des couloirs, des «divergents» et des «convergents» qui seront définis car ils donnent «naissance» à des Venturi naturels permettant ainsi l'érosion, le transport et le dépôt du sable.

Dans les régions sèches le vent est le principal agent transporteur de sable. Les obstacles, quelles que soient leur taille, leur forme et leur nature (arbres, pentes, reliefs, massifs) introduisent une rugosité qui provoque ainsi une augmentation de la perte de charge et une réduction de la vitesse du vent, favorisant le dépôt de sable et la formation des dunes. Les obstacles majeurs, par leur configuration géométrique, qui leur donnent «naissance», forment et façonnent les ergs. La répartition des massifs dans le Sahara et dans le Sahel crée des couloirs, des méga-convergents et des méga -Venturi, obéissant au théorème de Bernoulli engendrent une dynamique éolienne qui fait apparaître des aires d'érosion et des aires de dépôt, c'est à dire des ergs accumulateurs et des ergs exportateurs de sable.

Les ergs qui se forment à l'amont de l'obstacle sont des aires à budget sédimentaire positif, tout comme ceux qui se forment à l'aval de l'obstacle, mais toujours derrière l'aire d'abri (aire de recollement); par contre, les ergs de part et d'autre de l'obstacle (col) sont à budget sédimentaire négatif.

Dans cet article, l'effet des massifs rocheux sur la circulation éolienne est traité par des exemples du Sahara, à savoir les obstacles des Eglab, l'ensemble Tassilli- Hoggar.

II. AIRES OBTENUES PAR L'ÉCOULEMENT AUTOUR D'UN OBSTACLE

L'effet d'un obstacle sur un fluide donne «naissance» à des convergences et à des divergences. Cinq secteurs ont été différenciés par le comportement dynamique du fluide (fig.1) :

- Au point A appelé point d'arrêt; l'aire amont de l'obstacle, la pression est maximale et la vitesse est faible ou nulle. Pour le cas d'une circulation éolienne, cette aire est le siège d'un dépôt sableux.
- De A en B, selon le théorème de Bernoulli, sur le filet fluide de ABC, la pression décroît, la vitesse augmente et les filets du fluide se resserrent, c'est l'aire du col. C'est une aire d'érosion et de transport, où la corrosion éolienne peut être active.
- Au delà du point B, la pression augmente de nouveau et il en résulte une brusque diminution de la vitesse, les filets du fluide s'écartent de l'obstacle; c'est l'aire de décollement.
- Le point D appelé point de décollement au delà duquel, la vitesse le long de la paroi est en sens contraire de l'écoulement. Les points de décollements forment sur la surface de la paroi une ligne de décollement.
- A partir du point D, la couche limite se détache de la parois en formant un sillage tourbillonnaire (E). Cette aire ne comporte pas un dépôt qu'à la limite externe de l'aire de sillage.
- A l'aval de l'aire du sillage, se situe le point de recollement qui constitue l'amorce de l'aire de dépôt potentiellement maximum. L'aire de recollement est riche en dépôt sableux, les vents de sable après avoir été déviés par les obstacles y retrouvent leur direction initiale.

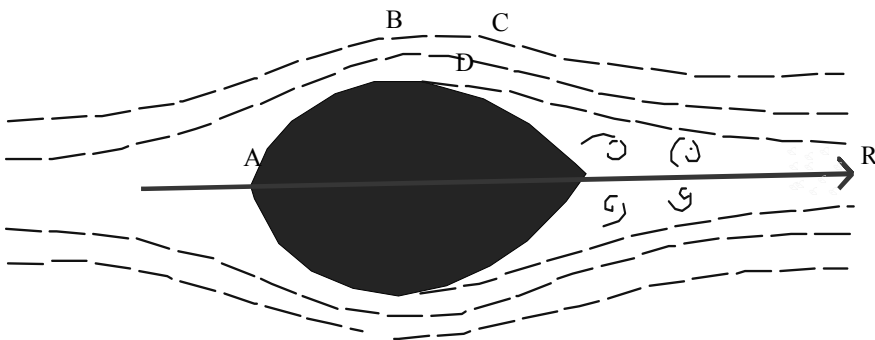


Fig.1. Comportement dynamique de la circulation éolienne en présence d'un obstacle

III. CIRCULATION EOLIENNE AUTOUR DE PETITS OBSTACLES (PIERRES) : L'AERODYNAMIQUE POUR FAIRE DISPARAITRE LES DUNES

Dans le sud Marocain, les Oasiens utilisent dans le cas des petites dunes de 1 à 2 mètres de hauteur, des pierres de 20 à 30 cm de diamètre pour les faire disparaître. Ces obstacles sont déposés le long de la crête des dunes à faire disparaître. Elles sont séparées les unes des autres par une distance variant de 0,5 à 1m (FAO, 1988). Lorsque le vent érosif souffle, les turbulences se créent au niveau de chaque pierre. Ces turbulences augmentent ponctuellement la vitesse du vent et son énergie cinétique lui permettant de transporter plus loin le sable remis en mouvement.

Un affouillement éolien se produit à la base de chaque pierre qui tend ainsi à descendre. D'autre part, entre deux pierres, il se crée un effet de «sifflet» se traduisant encore par une accélération de la vitesse du vent et de son énergie cinétique. Sous l'effet de ces deux actions, les petites dunes qui s'érodent dans leur partie supérieure, diminuent progressivement jusqu'à disparaître complètement (fig.2).

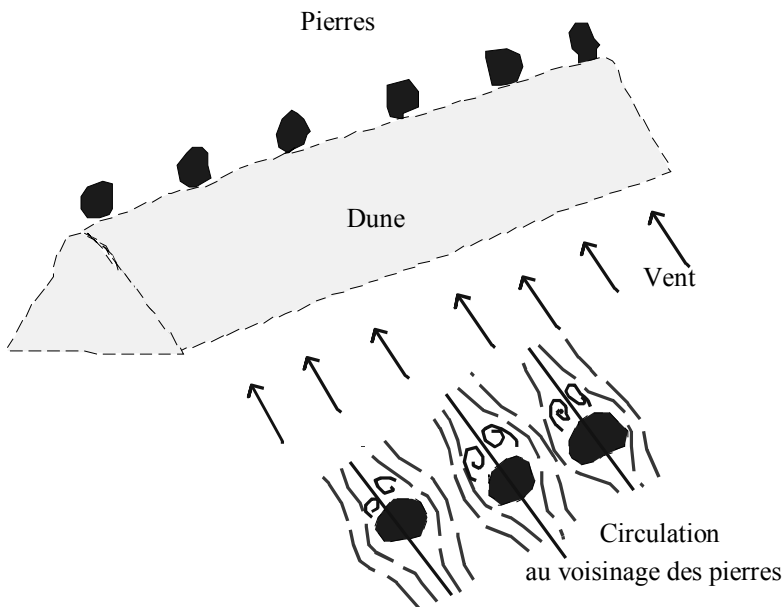


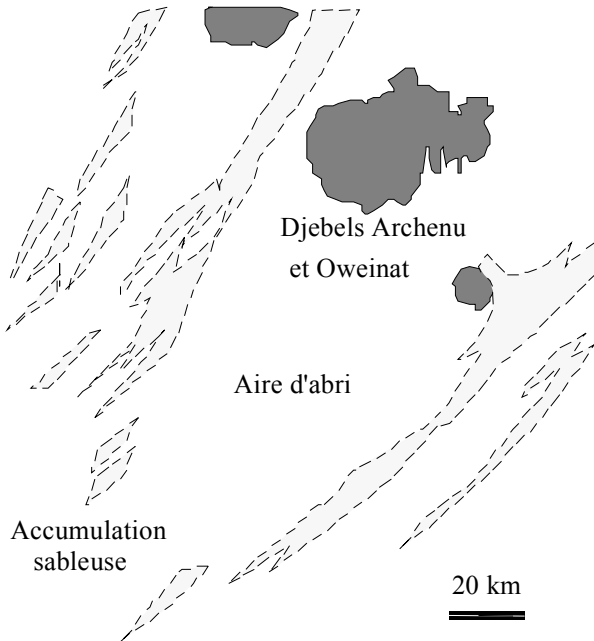
Fig.2. Technique aérodynamique de désensablement – Cas des petites dunes

IV. CIRCULATION EOLIENNE AUTOUR DES MEGA-OBSTACLES

IV.1 Circulation éolienne autour du djebel Oweinat (Egypte)

MAINGUET (1983) en se basant sur l'image Landast (fig. 3) a déduit :

- une aire de dépôt sableux en amont vent du djebel par effet de blocage;
- la subdivision des courants éoliens de part et d'autre de l'obstacle avec le phénomène de col et la formation de bouquets de sifs;
- l'aire d'abri en forme de fer de lance.



**Fig.3. Effet d'abri des Djebels Archenu et Oweinat (Egypte)
(MAINGUET et al., 1983)**

IV.2 Circulation éolienne autour de l'Adrar Madet

Un très bel exemple de l'aire d'abri dépourvue de sable a été observé par MAINGUET (1983) s'ouvre en éventail sur 20 km de long et 25 km de large (fig. 4).

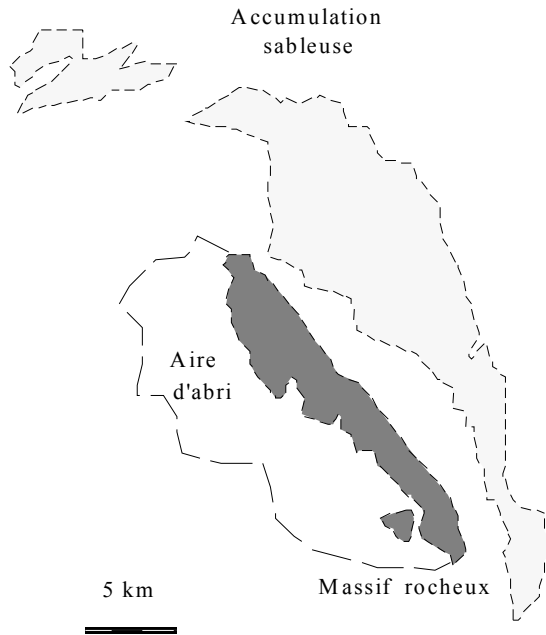


Fig.4. : Accumulations d'écho au vent de l'Adrar Madet (Niger)

IV.3 Circulation éolienne autour du massif des Eglab

Ce système unit le Grand Erg Occidental, aire de dépôt la plus amont, à l'erg Erraoui puis se divise en deux branches qui contournent les Eglab en donnant de part et d'autre du massif les ergs Iguidi et Chech séparés par les Eglab et une aire sans sable sous le vent du massif. Cette même unité dynamique s'achève à l'aval par les ergs mauritaniens : Maqteir, Trarza et Oumrane-Aoukar. Le massif des Eglab a une altitude moyenne de 600 m, une superficie de 45.000 km² et un front au vent de 300 km (fig.5).

Le Grand Erg Occidental et l'erg Erraoui sont des ergs d'obstacle dus au ralentissement des courants contre le massif des Eglab; le bilan sédimentaire y est positif. Les ergs Iguidi et Chech correspondant aux cols de contournement de l'obstacle par l'harmattan, sous le vent du massif des Eglab ont un bilan sédimentaire négatif; l'exportation en sable est supérieure à l'apport. Le sable des ergs Iguidi et Chech est transporté vers les ergs mauritaniens (aire de recollement). Ces résultats confirment ceux de DUBIEF (1953), puisqu'il a montré que l'erg Chech est en voie de disparition par enlèvement du sable par le vent qui le transporte en d'autres régions. Sous le vent des massifs des Eglab,

s'est développée une surface en forme de fer de lance (longueur 600 km, superficie 90000 km²), dépourvue de sable, est l'aire d'abri ou de recirculation. A l'aval de celle-ci, dans l'aire de recollement où les vents, après avoir été déviés verticalement et horizontalement par les Eglab, retrouvent la direction initiale de l'harmattan ; se sont déposés les ergs mauritaniens dont le budget sédimentaire est positif, c'est à dire que l'apport es sable est bien supérieur à l'exportation (fig. 6). DUBIEF (1953) a prouvé que les ergs du sud - ouest de la Mauritanie sont en cours de développement.

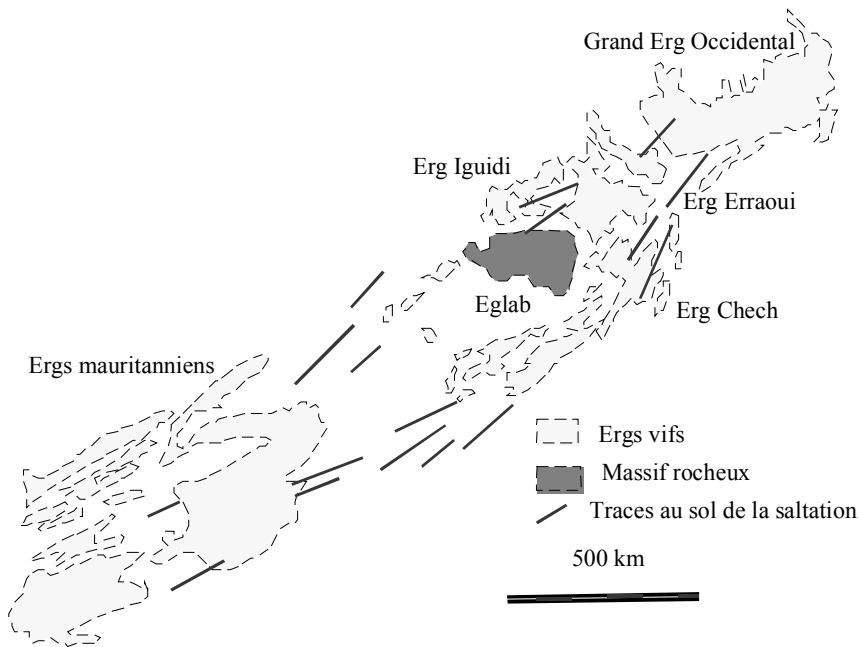


Fig.5. Circulation éolienne autour des Eglab (MAINGUET et al., 1983)

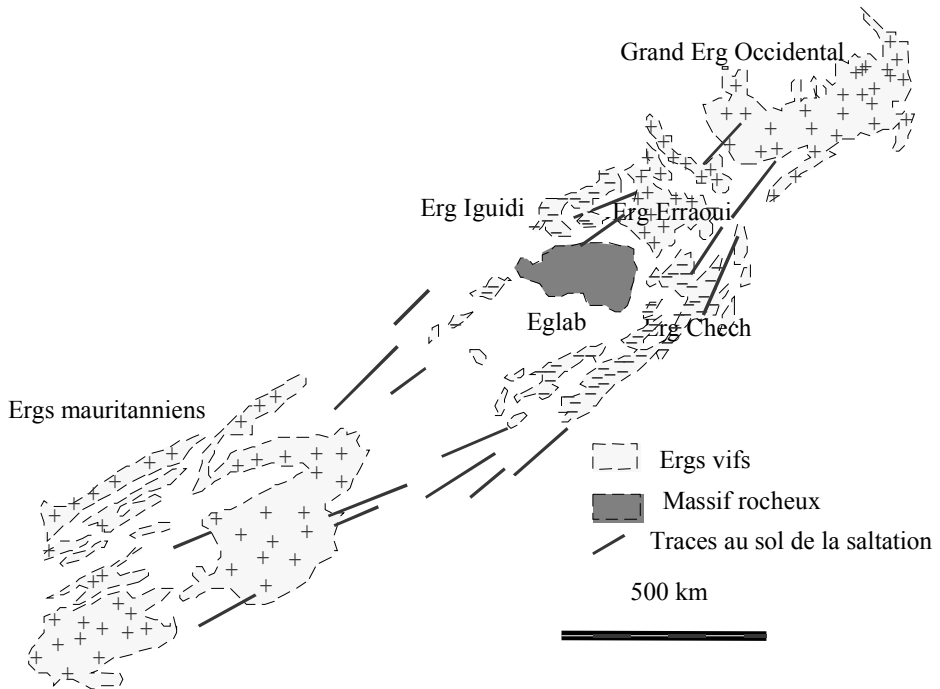


Fig.6. Budget sédimentaire des ergs formés autour des Eglab

IV.4 Circulation éolienne autour de l'obstacle Tassili-Hoggar

Comme le montre l'image satellitale prise par le stellite Landsat en mars 1973 au sud des massifs de Hoggar les traces au sol de la saltation témoignant du contourment des courants éoliens par l'obstacle dans l'aire du «col» (fig. 7).

Fort d'une superficie de 203 350 km² et d'une altitude moyenne de 1800 m, l'ensemble du massif Tassili-Hoggar est classé comme le plus grand obstacle topographique du Sahara et de ses marges. Il est la cause principale du façonnement des ergs Mourzouk, Oubari et Issaouane -N- Irrararen à l'amont, des ergs maliens et mauritaniens à l'aval.

Ce modèle synthétise les effets aérodynamiques d'un obstacle placé dans un courant éolien transporteur de sable :

- l'effet d'obstacle est matérialisé en amont - vent par des dépôts de grande épaisseur et de grande superficie, comme les ergs de Mourzouk (1), d'Oubari (2), d'Issouane -N- Irrararen (3), le budget sédimentaire y est positif;

- l'ensemble Hoggar-Tassili (H, T);
- les effets de cols (M, N) où les traces au sol de la saltation s'expriment par des stries de déflation et de corrasion de direction ENE-OSO, entre le Tassili et le Tanezrouft et, au sud du Hoggar, d'abord E-O puis SE-NO; le budget sédimentaire y est négatif;
- l'aire d'abri ou de recirculation du Tanezrouft (A), d'une extrême pauvreté en sable (seules quelques rares dunes linéaires peuvent y être trouvées) aire d'abri en forme d'éventail ouvert dans la direction du vent (sa superficie est de 300 000 km²);
- l'aire de recollement, avec les dépôts des ergs maliens et mauritaniens (4, 5). Cette unité fonctionnelle a une superficie de 1 800 000 km², le budget sédimentaire y est positif (fig. 8).



**Fig.7. Courants éoliens autour de l'ensemble Tassili-Hoggar
(MAINGUET et al., 1983)**

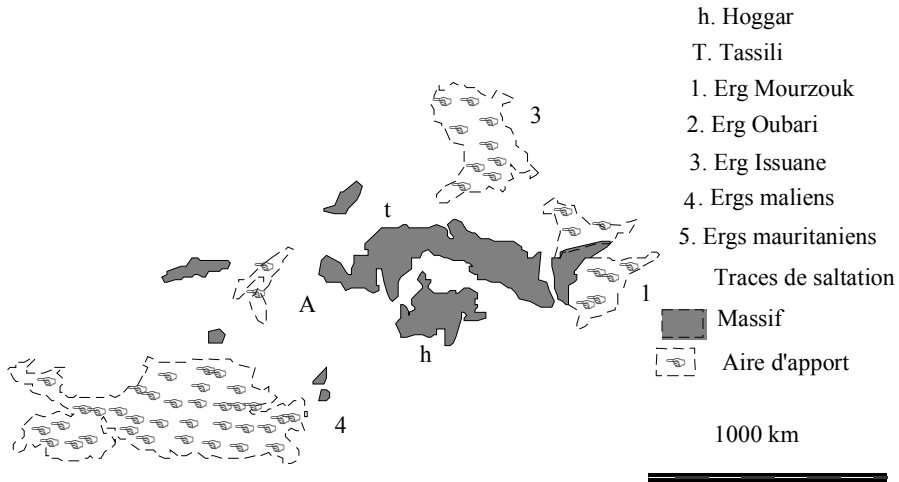


Fig.8. Budget sédimentaire positif des ergs formés autour des massifs Tassili - Hoggar

V. CONCLUSION

Comme nous l'avons mentionné au début de cet article que la présence d'un obstacle dans un fluide provoque des déformations dans le fluide qui se traduisent par des perturbations de la pression et de la vitesse et quand on s'éloigne du corps, ces perturbations s'éteignent rapidement. Ce même phénomène se produit lorsque les courants éoliens transporteur de sable rencontrent les obstacles topographiques, il se forme une succession d'aires aux comportements dynamiques différents :

- erg de dépôt au vent de l'obstacle dû au ralentissement des courants éoliens transporteur de sable contre l'obstacle, à budget sédimentaire positif; les dunes barkhaniques y sont majoritaires.
- deux ergs, correspondant à des «cols», dus au contournement de l'obstacle par le vent. Les courants éoliens se resserrent, la vitesse du vent augmente et la pression diminue, l'érosion est intense, la formation de cordons longitudinaux est majoritaire, le bilan sédimentaire est négatif.
- sous le vent de l'obstacle, une aire d'abri ou de recirculation, surface dépourvue de sable.
- à l'aval de celle ci, dans l'aire de recollement où les vents, après avoir être déviés verticalement et horizontalement, retrouvent la direction

initiale de l'harmattan, l'erg formé est à bilan sédimentaire positif, les dunes en forme de «sif» sont majoritaires.

Les méga-obstacles du Sahara : Eglab, Hoggar - Tassili ont beaucoup participé au façonnement des ergs :

- Erraoui, Iguidi, Chech et le Grand Erg Occidental (par le massif des Eglab).
- Mourzouk, Mourzouk, Oubari, Issouane N'arrarrene, les ergs maliens et mauritaniens (par l'ensemble Tassili- Hoggar).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOUVET F.N., BRUGNOT G. (1996). Protection d'un canal contre l'ensablement d'origine éolienne : l'exemple des Daounas (Mali). *Revue Sécheresse* n°1, vol. 7, mars, pp. 55-64.
- DUBIEF J. (1953). Les vents de sable au Sahara. *Proceeding colloques internationaux du centre national de la recherche scientifique. «Actions éoliennes - Phénomènes d'évaporation et d'hydrologie superficielle dans les régions arides»*, Alger, 27-31 mars. Editions du centre national de la recherche scientifique (Paris), pp. 45-70.
- FAO (1988). Manuel de fixation des dunes. *Cahier FAO conservation* 18, Rome, 1988.
- KHATTELI H. (1984). La lutte contre l'ensablement en Mauritanie. Rapport, institut des régions arides. Medenine (Tunisie), 09 pages.
- KHATTELI H. (1993). Inventaire et évaluation techniques des actions de lutte contre l'ensablement dans les six gouverneras du sud Tunisien. *Revue des régions arides*, n° 5/93, pp. 59-90.
- KHATTELI H., BELHADJ N. (1993). Contribution à l'étude du vent en rapport avec l'érosion éolienne dans le Nafzaoua (Tunisie). *Revue sécheresse*, n°2, vol. 4, juin, pp. 117-121
- KHATTELI H., BELHADJ N. (1994). La dynamique des dunes dans le sud-ouest Tunisien. *Revue Sécheresse* n°4, vol. 5, dec., pp. 245-249.
- MAINGUET M. (1983). Dunes vives, dunes fixes, dunes vêtues: une classification selon le bilan d'alimentation, le régime éolien et la dynamique des édifices sableux. *Z. Geomorph. N.F.* (Berlin), pp. 265-285.
- REMINI B. (2001). Méga-obstacles; leur influence sur la dynamique éolienne et l'ensablement des espaces oasiens. Doctorat de l'université de Reims Champagne - Ardenne en lettres et Sciences humaines - option Géographie. Université de REIMS, juin.