

DEPLACEMENT DE SABLE VERS LA RIVE GAUCH DU NIL À ASSOUAN

Dr. Mohamed Alamrawy*

Résumé: La menace des risques des mouvements de sables qui est très fréquente dans la région occidentale d'Assouan peut s'expliquer par l'abondance et la présence de dunes sableuses vers cette région. Par contre, ce phénomène et ce risque sont inexistant dans la région orientale d'Assouan parce que le cours du Nil empêche le mouvement de sable

MOTS - CLES: risque naturels, déplacement de sable, Assouan

Abstract: The threat risk movements of sand which is very common in the western region of Aswan can be explained by the abundance and the presence of sand dunes into the region. This phenomenon may not exist in the eastern region because of Aswan the Nile prevents the movement of sand.

Key Words: naturals risk, displacement of sand, Aswan

* Département de Géographie, Faculté des Lettres, L'université de Mansourah.

Introduction

La menace des risques des mouvements de sables qui est très fréquente dans la région occidentale d'Assouan peut s'expliquer par l'abondance et la présence de dunes sableuses vers cette région. Par contre, ce phénomène et ce risque sont inexistant dans la région orientale d'Assouan parce que le cours du Nil empêche le mouvement de sable.

Le risque de déplacement de sable ne représente pas une grande menace, ni sur la vie à Assouan, ni sur les activités humaines comme les risques sismiques, les chutes de blocs et les inondations. Les formations sableuses qui menacent les maisons ne sont pas visibles sur les cartes topographiques à petite échelle (photo 1 et figure 1). Mais nous parlerons des zones les plus exposées à l'accumulation de sable, sur la rive gauche du Nil en face de la ville d'Assouan (figure 2).

La majorité de la population menacée par les risques du mouvement de sable est d'origine nubienne, obligée de quitter la région après la construction du Haut Barrage qui a provoqué l'inondation de cette région.



Photo 1. Vue générale des formations sableuses sur la rive gauche du Nil (Ouest de la ville d'Assouan)

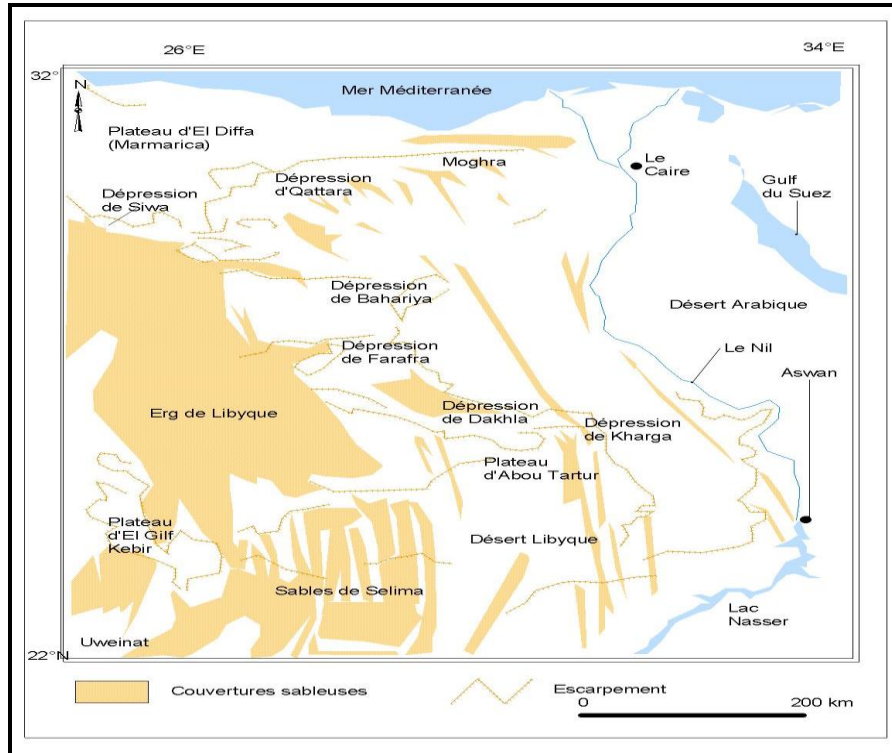


Figure 1. Distribution des grandes sableuses dans le désert libyque (d'après Embabi, 2004)

1) Le transport éolien

Le vent est un agent de transport très efficace des sables et des poussières minérales ou organiques, et éventuellement de la neige. Si sa compétence se limite aux éléments de petites dimensions, en raison de la faible densité de l'air, il assure le transfert de tonnages considérables de matériaux (Coque, 1993).

La saltation représente le mode de déplacement des sables le plus important, puisqu'on estime qu'il assure environ les $\frac{3}{4}$ du transport éolien (Bagnold, 1954). Les grains, décollés du sol par l'impulsion verticale reçue de la force ascensionnelle des tourbillons, se meuvent sous la poussée de l'air une vitesse égale à la moitié de la sienne.

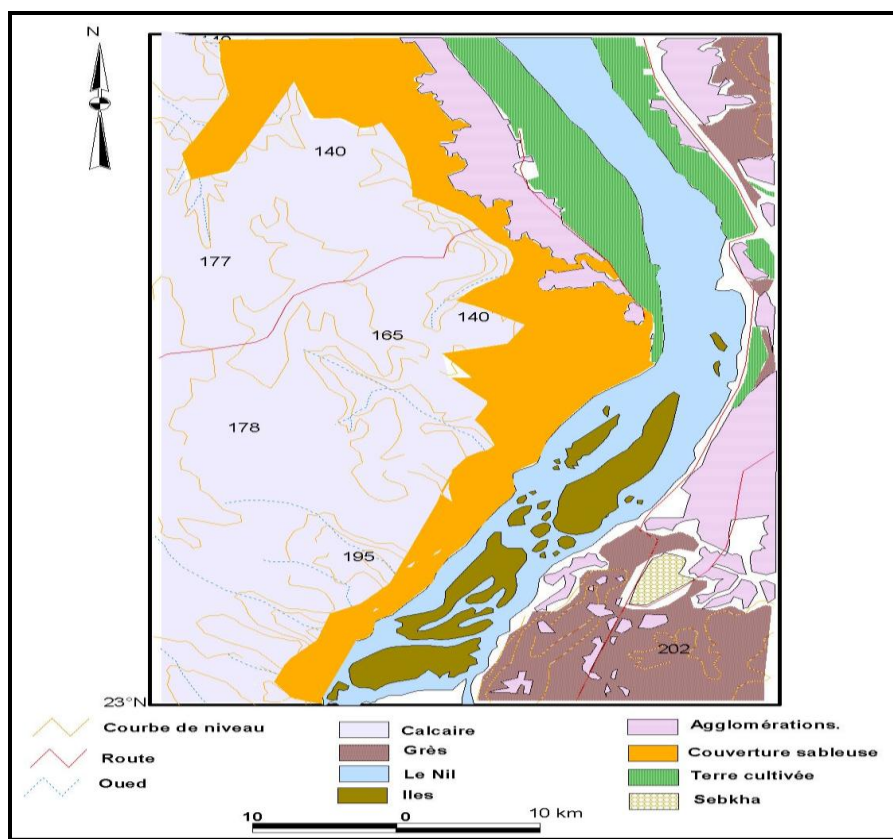


Figure 2. Carte des formations éoliennes et localisation des zones exposées aux risques de déplacement de sable à Assouan (d'après la carte topographique 1/25 000)

Ce déplacement, par bonds successifs, concerne surtout les sables moyens, mais des vents très forts mobilisent ainsi ceux atteignant 0,5 mm de diamètre. En général, la hauteur des trajectoires ne dépasse guère 1,50 m et leur longueur 2 mètres. Ces dimensions varient selon les vitesses du vent et le calibre des grains, également avec l'état de la surface parcourue (Coque, 1993) sont maximums sur les hamadas désertiques, dures et lisses, car les grains y rebondissent sans entraves, tandis qu'ils se réduisent sur les plaines sablonneuses, molles et steppiques, où ils perdent une partie de leur énergie cinétique par freinage.

D'après Coque (1993), à partir de 0,5mm et jusqu'à 10mm de diamètre, au maximum, le transport s'effectue par roulement. Ce processus, qui intéresse principalement les sables grossiers, ne résulte pas seulement de l'action directe du vent, mais des chocs des grains en saut, lors de leur retombée. Sous l'effet de ce bombardement, le mouvement est lent et saccadé. La masse sableuse déplacée par unité de surface étant relativement grande, toutefois.

De toute évidence, l'importance du roulement augmente aussi avec la régularité et la dénudation de la surface de transport.

Tous les diamètres inférieurs à 0,08mm, soit les sables fins et surtout les limons, sont emportés en suspension dans l'air. Elles sont donc peu abondantes dans le vent de sable. Aspirées par les tourbillons, elles s'y maintiennent parce que les forces annihilent leur vitesse de chute. Portées le plus souvent à quelques mètres de hauteur seulement, elles finissent par retomber peu à peu sur le sol. Par contre, de grandes tempêtes les entraînent à plusieurs de mètres d'altitude.

Dans tous les cas, la mobilisation des sables et des poussières n'intervient qu'à partir d'une vitesse critique précise, fonction à la fois de leur calibre et de leur densité. Lorsque la surface offre des particules dont la distribution granulométrique est étendue, elle affecte d'abord les plus exposées, et parmi celles-ci les plus petites, pour s'étendre ensuite, progressivement, à celles qui exigent des vitesses critiques de plus en plus élevées.

Il est important aussi d'évaluer l'efficacité du transport éolien. Le débit solide du vent correspond au volume de sable qui traverse une section verticale de 1 m de largeur et de hauteur illimitée, pendant une année. Son calcul repose sur l'expérimentation en soufflerie et sur l'établissement de formules qui s'efforcent d'intégrer l'ensemble des variables du phénomène. Les valeurs les plus élevées concernent le désert et les littoraux. Dans les régions arides, le vent est probablement non seulement le plus efficace, mais le plus présent de tous les agents morphogénétiques.

a. Les vents dominants

La fréquence des directions des vents dans le gouvernorat d'Assouan est précisée dans le premier chapitre. D'après les statistiques sur la fréquence des directions des vents enregistrées à la station météorologique d'Assouan (tableau 1) les vents du nord représentent 53.3% de l'ensemble des directions, viennent ensuite les vents de nord-ouest avec 21.3% de fréquences.

En revanche, les autres directions ont des fréquences plus faibles. Le vent du nord atteint son maximum de fréquence pendant la saison d'hiver particulièrement durant le mois de novembre avec 66.2% de fréquences. Le vent du nord-ouest atteint son maximum de fréquence pendant la saison d'été principalement au mois de juillet avec 39.1% de fréquences.

En général, on peut distinguer des vents dominants les saisons. Les variations inter- saisonnières sont faibles (Tabl. 1). Pendant les quatre saisons, la direction du nord est la direction la plus importante où elle a 48,55% environ de la moyenne annuelle du vent qui souffle. Puis, la direction du nord-ouest est la deuxième direction (24%) de la moyenne annuelle du vent qui souffle.

Tableau 1. Moyennes saisonnières et annuelles des variations de la direction des vents.

Station/direction	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	Calme
Hiver	55.2%	11%	0.9%	0.7%	1.1%	1.2%	2.4%	16.5%	8.0%
Printemps	47.9	12.7	2.5	2.7	2.7	2.1	3.9	17.6	1.1
Eté	34.4	7.7	0.6	0.8	1.4	2.0	12.4	39.5	10.0
Automne	56.7	14.0	1.2	0.9	0.5	0.4	2.5	22.5	8.5
Moyenne annuelle	48.55	11.35	1.3	1.28	1.43	1.42	5.3	24	6.9

(d'après : Egyptian Meteorological, Authority pendant la période entre 1967 et 2000)

b. La vitesse du vent

Les formes sculptées par le vent s'observent là où le vent souffle fréquemment à des vitesses suffisantes pour éroder et soulever les particules de la surface exposée. Selon Ballais (1998), les vent forts

exercent une importante action érosive. La vitesse des vents est modifiée à proximité du sol par la rugosité, elle croît avec l'altitude.

Tableau 2. Moyenne mensuelles, saisonnière et annuelle de la vitesse du vent à Assouan.

Vitesse du vent (noeud)	Vitesse moyenne mensuelle	Vitesse moyenne saisonnière
S	15,7	15,2
O	15,1	
N	14,9	
D	14,4	14,9
J	14,8	
F	15,5	
M	16,2	16,7
A	17,2	
M	16,2	
J	16,8	15,6
J	15,1	
A	15,1	
Moy.	15,8	15,5

d'après: Egyptian Meteorological Authority, 2000 pendant la période entre 1967 et 2000

Le tableau (2) montre que la moyenne annuelle de la vitesse du vent dans le gouvernorat d'Assouan atteint 15,8 noeud. Le minimum des vitesses est enregistré en hiver 14.9 km/h, d'ailleurs nous n'observons pas d'importantes variations dans les vitesses de vents pendant les mois de l'année et les quatre saisons.

Généralement, la vitesse du vent est importante au printemps et en été, par contre elle enregistre un minimum en hiver surtout au mois de décembre. Le maximum des vitesses du vent a été enregistré en avril. Enfin, on conclut que le vent dominant dans la zone d'Assouan est le vent du nord.

2) Le seuil du mouvement de sable

Le seuil du mouvement de sable est calculé à partir du diamètre moyen du sable dans le secteur étudié. Le diamètre moyen des quartz dans cette zone de désert est de 0.3 millimètres (Fryberger, 1979), ce diamètre caractérise la majorité des sables dunaires de désert du monde. La vitesse seuil de mise en mouvement de ces sables est de 11-6 nœuds pour Fryberger (1979).

Puisque le seuil du mouvement de sable est réalisé dans la classe de 11 à 17, les vitesses inférieures à 11 noeuds seront exclues de l'analyse suivante. En conséquence, on va utiliser les taux de fréquence de seuil de mouvement calculés pour 12 directions dans la zone d'Assouan (tableau 3 et 4)

Tableau 3. Moyenne mensuelles et annuelles de la vitesse du vent à Assouan.(%)

Mois	Vitesse (nœuds)			
	11-16	17-21	22-27	28-33
Janvier	14.1	1.1	0.2	0
Février	16.3	2.5	0.8	0
Mars	24.7	5.5	0.9	0
Avril	27.2	6.3	1.2	0
Mai	30.5	7.1	1.8	0
Juin	38.5	10.8	2.0	0.1
Juillet	23.7	4.2	1.8	0
Août	21.8	3.1	0.5	0
Septembre	29.3	5.6	0.9	0
Octobre	27.7	4.3	0.6	0
Novembre	32.9	2.8	0.2	0
Décembre	15.1	1.2	0.2	0
Moyenne annuelle	25.15	4.5	0.9	0.1

d'après: Egyptian Meteorological Authority: Monthly weather reports, several years, up to 2000 pendant la période entre 1967 et 2000.

On a fait ces classes d'après les vitesses dominantes du vent à Assouan en accord avec Fryberger (1979).

A partir du tableau 5-3, on peut noter les faits suivants:

- les vents de 11 à 16 noeuds sont les plus fréquents dans la région d'Assouan. Ces vents atteignent leur vitesse maximale pendant les mois d'avril, mai et juin.
- la région d'Assouan est dominée toute l'année par des vents de vitesses moyennes.

D'autre part, le tableau 4 qui comporte les données des 12 directions, montre les résultats suivants:

- bien que le seuil du mouvement de sable est atteint quel que soit la direction considérée, on constate que les directions nord (345° - 014°) et nord nord-ouest (315° - 344°) sont les plus fréquentes.
- les vents de 11 à 16 noeuds dominent dans la zone d'Assouan.
- le taux de fréquence des vents capables de mettre le sable en mouvement est moyen ou faible sur la rive gauche de Nil. (tabl. 4).

Tableau 4. Fréquence (%) des vitesses et directions des vents (Station d'Assouan).

Direction (dégrée)	Catégorie de vitesse (noeuds)		
	11-16	16-21	21-27
345-014	12,31	2,31	0,35
014-044	1,71	0,33	0,05
044-074	0,43	0,00	0,00
074-104	0,23	0,00	0,00
104-134	0,24	0,00	0,00
134-164	0,23	0,00	0,00
164-194	0,25	0,00	0,00
194-224	0,22	0,00	0,00
224-254	0,29	0,00	0,00
254-284	0,49	0,00	0,00
284-314	1,32	0,28	0,06
314-344	6,55	1,12	0,22
Toutes directions	24,27	4,04	0,68

Cela explique sans doute l'orientation générale (du Nord au Sud) des formations sableuses isolées sur la rive gauche du Nil en face de la ville d'Assouan. De même, cette valeur explique pourquoi les déplacements de sable sont visibles dans cette zone.

a. Le transport potentiel de sable

Depuis 1950, plusieurs chercheurs ont tenté de cerner le problème du transport de sable et ils ont établi beaucoup de formules expérimentales. Pour répondre aux besoins et aux objectifs de la présente étude, on choisit celle de Fryberger (1979) puisqu'elle repose sur des paramètres semblables aux caractéristiques de notre zone d'étude.

Ces conditions sont une plaine relativement plate et sèche, sans végétation, et les grains moyens de sable variant de 0.25 à 0.30 mm (Embabi, 1999).

L'équation est la suivante:

$$Q = V^2 (V - V_t) \quad (1)$$

Q = taux de mouvement de sable

V = vitesse de vent

V_t = seuil de mouvement de sable

Avec cette équation et grâce à (weighting factor) ($V^2 (V - V_t)$) obtenue, on peut calculer des quantités potentielles de sable transportées par le vent sur n'importe quelle période et dans toutes les directions (Fryberger, 1979).

Les résultats obtenus par (weighting factor), représentent les taux relatifs auxquels les vents des différentes vitesses peuvent déplacer le sable, et pour les bien représenter Fryberger (1979) les a divisé par 100 (tabl. 5). Quand le facteur du temps (t) est ajouté à l'équation (1), il devient comme suit: $Q = V^2 (V - V_t) t$ (2)

t = représente la période où le vent souffle de n'importe quelle direction, elle est toujours exprimée en pourcentage.

Q = taux annuel de mouvement de sable.

Cette équation est appliquée à chaque catégorie de vitesse et des 12 directions; les résultats obtenus dans la station d'Assouan sont montrés dans le tableau (6).

Tableau 5. Weighting factor pour le taux de transport de sable par la substitution des vitesses moyennes de vent dans l'équation (1).

Catégorie de vitesse (nœuds)	Vitesse moyenne	V^2	$(V - V_t)$	Weighting factor $V^2 (V - V_t) / 100$
11-16	13.5	182.25	1,5	2.73
16-21	19.0	361.00	7,0	25.27
21-27	24.5	600.25	12,5	75.03
27-32	30.5	930.25	18,5	172.09

$V_t = 12$ nœuds

(d'après Fryberger, 1979)

La valeur ou les unités de vecteur obtenues représentent le mouvement potentiel (Fryberger, 1979). Les résultats de ces calculs sont exprimés dans une figure sous forme de roses des vents pour la station d'Assouan, figure (3) et tableau (6).

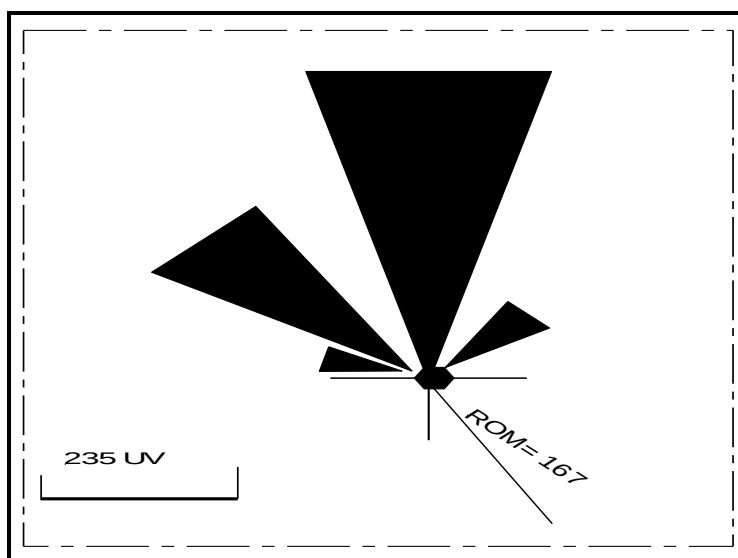


Figure 3. Roses des ventes pour la station d'Assouan, faites à partir des totaux des unités de vecteurs représentées dans le tableau (6).

La figure montre la résultante de la direction de mouvement (RDM) qui exprime la tendance nette du mouvement de sable, ou la direction dans laquelle le sable tend à se déplacer sous l'influence des vents de toutes les provenances.

A partir du tableau (6), on peut noter les remarques suivantes:

- Le mouvement potentiel de sable est élevé à Assouan (235 UV).
- Selon la classification des environnements de vent dans les régions arides faite par Fryberger (1979), Assouan appartient à l'environnement d'énergie éolienne intermédiaire.
- Le mouvement potentiel de sable dans la région d'Assouan a une provenance de deux directions (345° - 014° et 314° - 344°)

Tableau 6. Mouvement potentiel du sable, exprimé comme des unités de vecteur.

Direction (dégrée)	Catégorie de vitesse (nœuds)			
	11-16	16-21	21-27	Total
345-014	33.6	62.88	30.00	126.48
014-044	4.70	8.60	3.50	16.80
044-074	1.17	0.00	0.00	1.17
074-104	0.62	0.00	0.00	0.62
104-134	0.65	0.00	0.00	0.65
134-164	0.62	0.00	0.00	0.62
164-194	0.68	0.00	0.00	0.68
194-224	0.60	0.00	0.00	0.60
224-254	0.79	0.00	0.00	0.79
254-284	1.34	0.00	0.00	1.34
284-314	3.60	6.50	5.25	15.35
314-344	17.90	35.80	16.20	69.9
Toutes directions	66,27	113,78	54,95	235

(Station Assouan) (Calculé à partir des données dans les tableaux 4 et 5)

b. Les variations saisonnières de mouvement potentiel de sable

Dans cette partie, l'analyse de mouvement potentiel de sable est faite pour une année. Pour étudier les variations saisonnières, le mouvement potentiel a été calculé pour chaque mois en utilisant l'équation (2), et les valeurs obtenues sont représentées dans le tableau (6) et la figure (4).

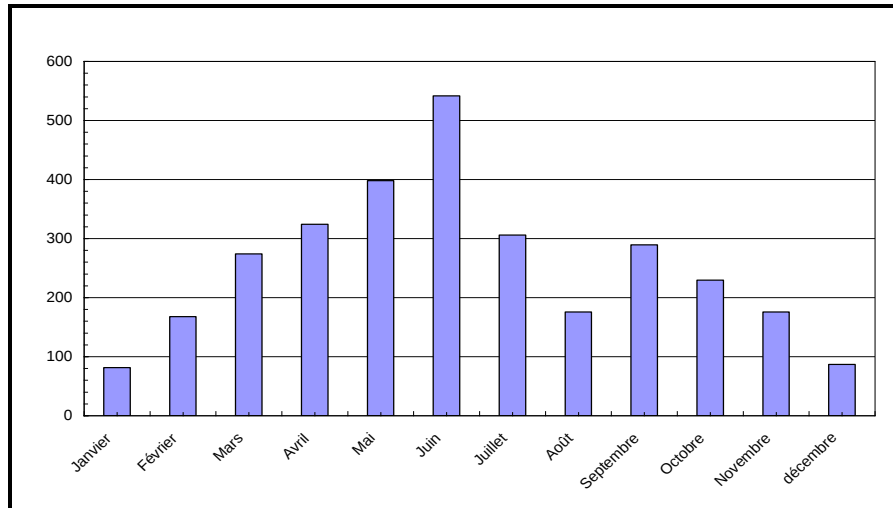


Figure 4. Les variations mensuelles de mouvement potentiel des sables à Assouan.

A partir de la figure (4), on peut constater que:

- Dans le gouvernorat d'Assouan la distribution est bimodale, le premier mode a atteint son pic au mois de juin alors que le deuxième mode a atteint son pic au mois de mai et le troisième mode a atteint son pic au mois d'avril.
- la distribution dans la station d'Assouan indique que l'énergie éolienne augmente graduellement pendant les trois mois du printemps et elle atteint son maximum au début de l'été (juin), alors qu'elle diminue graduellement pendant le reste de la saison d'été. Au début de l'automne, l'énergie éolienne augmente brusquement pour former un maximum du deuxième mode, et diminue graduellement pendant le reste de cette saison.

Au cours de l'étude de terrain avec Mr Ballais en février (2002) on a observé environ quatorze maisons sur la rive gauche du Nil menacées complètement par le déplacement du sable. Ces sables viennent du Nord Ouest vers le Sud Est jusqu'au cours du Nil (fig. 1et 2). Ces sables ont la forme des barkhanes au long de 300m et à la hauteur de 18m sur la rive gauche du Nil en face la ville d'Assouan (photo 3) et de 2 m à Naja El Shdid (photo 4). La figure 5-4 montre les zones menacées par le déplacement de sable.

3) Les principes de base de fixation du sable mobile et des dunes

En fait, en Egypte les responsables ne prennent pas en considération le risque de déplacement de sable qui menace les habitants à Assouan. Ils ont tout à fait négligé cette région. Pour cela on ne peut pas lutter contre ce risque. Mais les habitants eux-mêmes, utilisent les moyens traditionnels comme les branches des arbres (surtout les palmes) pour lutter contre ce risque. Généralement es stratégies de lutte contre les effets du vent comportent des méthodes physiques et des méthodes biologiques de fixation. Elles ne peuvent réussir que complétées par une action culturelle et sociale soutenue. Des exemples réussis d'une telle lutte existent en Afrique et en Asie (Mainguet, 1995).



Photo 2. Déplacement de sable vers le cours du Nil
(sur la rive gauche du Nil en face du Sohil)



Photo 3. Déplacement de Sable vers quelques habitats (Village Gharb Assouan)
(sur la rive gauche du Nil en face de la ville d'Assouan)



Photo 4. Déplacement de sable vers les maison à Naja El Shdid
(Rive gauche du Nil)

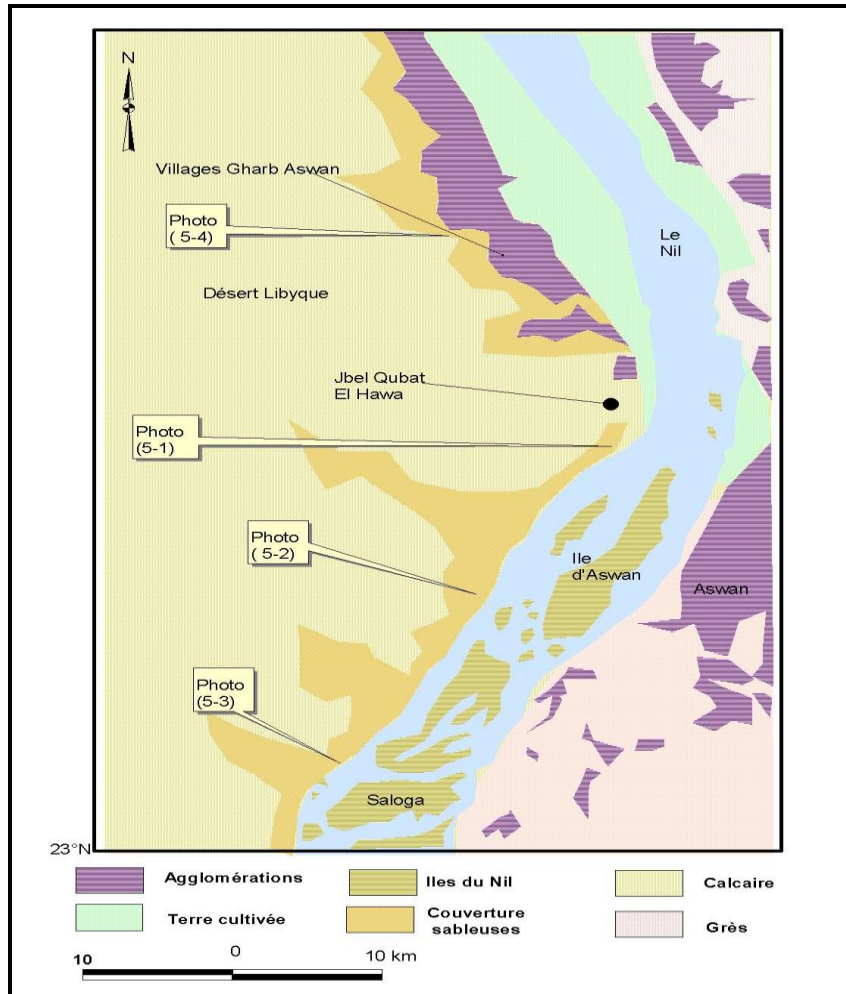


Figure 4. Les zone menacées par le risque du déplacement de sable (villages Gharb Assouan)

a. Les méthodes physiques de lutte contre l'ensablement

Dans les écosystèmes hyperarides et arides, où les mouvements et les sources de sable mobilisables sont à peu près inépuisables car les vents sont fréquents et forts, les aménageurs sont confrontés à un double danger: les sables et les dunes mobiles. Toutes les stratégies de contrôle se rangent en trois séries d'actions fondées sur la réduction de la saltation, par la déviation, le blocage, la stabilisation:

- **Déviation** durant le transport, pour éviter l'envahissement d'installations humaines, en créant une dune de déflexion à l'aide d'une palissade placée selon un angle de 120° à 140° par rapport au vent dominant;
- **Blocage** du sable dans l'aire source ou à chaque étape de l'aire de transport;
- **Stabilisation** ou fixation du sable meuble par des procédés mécaniques, chimiques mais surtout biologiques.

La règle de base est, tout à la fois, d'empêcher l'exportation du sable à la source et d'éviter son accumulation sur les infrastructures humaines en le laissant migrer le plus librement possible le long des aires de migration. La construction d'infrastructures dans le courant de sable doit être évitée car elles provoquent son accumulation. Si elles sont inévitables, elles doivent être conçues avec une forme aérodynamique. Toutes les installations humaines linéaires (routes, voies ferrées, pipelines) devraient avoir un tracé le plus parallèle possible au vent dominant et être réalisées sur une base surélevée obligeant les vents dominants à une ascension accélératrice de la vitesse, privilégiant le transport plutôt que le dépôt.

D'après Mainguet (1995), la couverture de la surface sableuse ou technique du mulching a été pratiquée. Un semis d'objets placés sur du sable augmente la capacité de prise en charge lorsque le taux de recouvrement est inférieur à un seuil critique variable selon la taille des objets et la vitesse du vent; pour supprimer la déflation, un semis dense s'impose. Le mulching peut être réalisé à l'aide de tout matériel naturel ou artificiel (maillage plastique) pour remplacer une surface plane par une surface rugueuse diminuant la vitesse du vent.

Des mulchs chimiques (hydrocarbures épandus en bandes dans le Fergana et en Iran) sont combinés avec des méthodes biologiques. La couche fixatrice formée de produits chimiques ne doit pas gêner la végétation et doit être contrôlée jusqu'au rétablissement de celle-ci.

Le vent lui-même peut être utilisé pour balayer le sable déposé ou éviter son dépôt; pour cela il s'agit d'accroître sa vitesse autour de

l'obstacle en créant des contrepentes et des piédestaux ou créer des turbulences.

b. Les méthodes biologiques de stabilisation du sable, des dunes et brise-vent

Les méthodes mécaniques ne sont que des mesures d'urgence à court terme et lorsque les méthodes biologiques deviennent difficiles, les précipitations étant inférieures à 200-300 mm/an et dans les ergs fermés comme certains d'Asie ou d'Iran, où l'arrivage de sable à partir de sources glaciaires et périglaciaires est permanent. Dans toute tentative de stabilisation de sable, la préférence doit être donnée aux techniques de contrôle biologique car ce sont les seules qui sont durables à long terme. Le développement d'une couverture végétale permanente se fait selon trois techniques:

- la régénération
- la régénération combinant la régénération naturelle et le semis;
- création d'une couverture végétale par semis.

A ces méthodes de couverture globale s'ajoutent les brise-vent et les barrières biologiques localisées. Un brise-vent idéal est constitué de trois ou quatre rangées d'arbres au plus:

- la deuxième rangée sous le vent, utilisant des arbres moins hauts;
- les troisième et quatrième rangées, constituées d'arbres bas ou de buissons.

Mais à Assouan il n'existe aucune méthode contre le déplacement de sable.

Les barrières vertes formées de plusieurs rangées d'arbres ou de buissons sont une technique classique en Asie (Chine); les espèces utilisées sont choisies selon leur résistance à la sécheresse, leur vitesse de croissance, l'eau disponible et la profondeur des eaux souterraines.

Pour obtenir le freinage maximum du vent, l'espacement idéal de brise-vent est de cinq fois leur hauteur. Cependant, cet espacement peut être incompatible avec les techniques agricoles; c'est pourquoi, selon les vitesses du vent et la topographie, l'espacement recommandé varie entre 5 et 25 fois la hauteur des brise-vent.

Il n'y a pas de règle permettant de prédire le meilleur espacement. Si le vent est turbulent et la topographie très différenciée, l'espacement doit être réduit à 5 fois la hauteur des brise-vent. L'espacement des barrières dépend aussi de la pente du versant au vent lorsque les filets d'air sont comprimés et la vitesse du vent accélérée. Il faut réduire la distance entre les brise-vent lorsque ceux-ci sont à 45° par rapport au vent dominant ou si l'on est sur des versants exposés au vent.

Au contraire, sur les pentes sous le vent, où les filets d'air sont plus écartés et donc la vitesse plus lente, la densité des brise-vent peut être plus faible.

Les autres techniques biologiques utilisées sont des micros brise-vent, canne à sucre (à Edfou) ou plantations alternées de rangées de végétaux de diverses hauteurs.

Conclusion

Le risque de déplacement de sable est un risque naturel qui menace les activités humaines à Assouan comme les autres risques comme le risque sismique, le risque de chute de blocs et le risque d'inondation. Ce phénomène apparaît clairement sur la rive gauche du Nil en face de la ville d'Assouan (photos 1, 2 et 3), entre à Naja El Shdid à 14 km Nord d'Assouan). D'après les études de terrain et la carte topographique d'Assouan, on a trouvé des formations de sables qui s'allongent parallèlement à la rive gauche de Nil en face de la ville d'Assouan, menaçant environ 25 maisons de la population dans ces villages de nubiens (photo 4). D'autre part, le déplacement de sable menace quelques monuments, surtout les tombes des Nobles et la tombe d'Agha Khan sur la rive gauche du Nil. Les variations des mouvements de sable ne sont pas importantes d'un mois à un autre. Les mois de juin, mai et avril sont les mois les plus importantes du mouvement potentiel de sable à Assouan.

Références Bibliographiques

- Bagnold R. A. (1954): Experiments on a gravity-free dispersion of large solid spheres in Newtonian fluid under shear. Royal Society of London, Proceedings A225, 49-63.
- Ballais JL. (1998): Rythmes et bilans de l'érosion dans les Domaines Arides. In Yvette Veyret, (dir.) L'érosion entre nature et société, Dossier des images du Monde 22, SEDES, pp. 237-262.
- Coque R. (1993): Géomorphologie. Armand Colin, Paris, 430 p
- Embabi N. (2004): THE GEOMORPHOLOGY OF EGYPT, Landforms and Evolution, vol. I, the Nile Valley and Western Desert. The Egyptian Geographical Society. 447 p.
- Fryberger, S. (1979): Dune forms and wind regime: A study of global sand seas, Editor: Edwin D. Mackee, Geol. Survey Prof. Paper 1052, pp.137-170.
- Internet (2002): Geography of the Abay III. Hydrology of the Abay (Nile) Basin. Source (Encyclopédie Britannica: Nile River). Les termes de recherché ont été mis en valeur: Nile flood Egypt
- MAINGUET M. (1995) : L'homme et la sécheresse, MASSON. Paris 335 p.
- Martin P. (1997): Ces risques que l'on dit naturels, EDISUD. 256 p.
- Slaymaker O. (1996): Geomorphic Hazards. John Wiley & Sons. N.Y. 204 p.
- Záruba Q. & MENCL V. (1982): Landslides and their control. Czechoslovak Academy of Sciences, Praha, 321 p.

* * *