Les villes sahariennes et les risques naturels

Jean-Louis Ballais

▶ **To cite this version:**

Jean-Louis Ballais. Les villes sahariennes et les risques naturels. Marc Côte. La ville et le désert. Le Bas-Sahara algérien, chapitre IV, IREMAM-KARTHALA, pp.59-71, 2005, 9782845867338. hal-01570150

HAL Id: hal-01570150
https://amu.hal.science/hal-01570150

Submitted on 28 Jul 2017

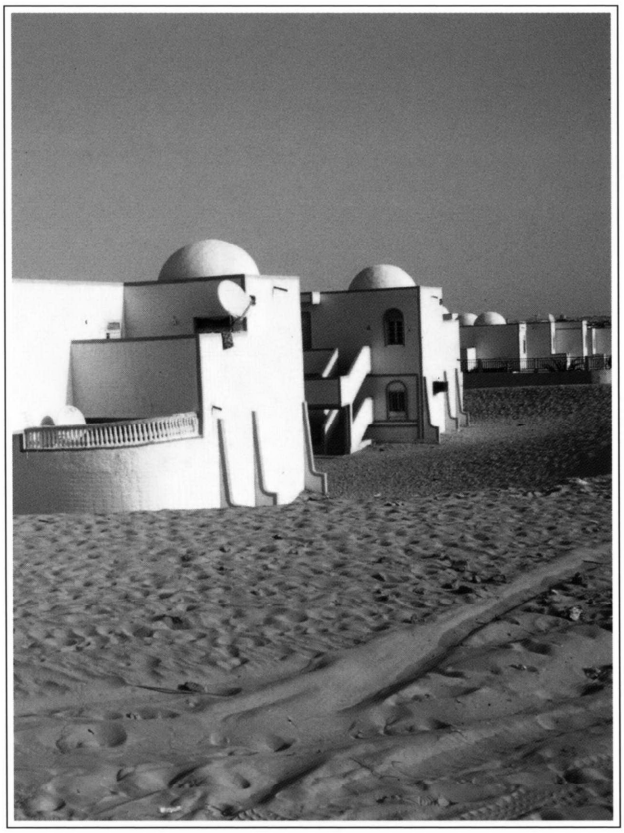
HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

SOUS LA DIRECTION DE
Marc Côte

La ville et le désert

Le Bas-Sahara algérien



IREMAM - KARTHALA

Jean-Louis BALLAIS

CHAPITRE IV

Les villes sahariennes et les risques naturels

Il s'agit d'examiner, ici, les causes de vulnérabilité dues au fonctionnement des géosystèmes «naturels» et les conséquences des activités urbaines sur ces géosystèmes, et non pas les causes de fragilité sociales, culturelles ou politiques.

Les géosystèmes sont des complexes naturels homogènes plus ou moins anthropisés et liés à un territoire (Rougerie, Beroutchachvili, 1991). Ils se caractérisent par des interactions complexes entre leurs différents composants abiotiques (aéromasse, lithomasse, hydromasse), biotiques (biomasse, phytomasse) et de contact (sols et formations superficielles particulièrement) (cf. fig. 19). Dans le cas des domaines arides, un grand nombre de ces composants ou de leurs combinaisons constituent des contraintes, parfois très fortes, au développement durable.

Les composants biotiques étant ici peu nombreux et peu agressifs, la vulnérabilité des villes sahariennes sera appréciée, dans le cadre du Bas-Sahara algérien, en fonction de l'agressivité des composants abiotiques et des conséquences que peuvent avoir les activités urbaines elles-mêmes sur les villes. Parmi les composants abiotiques, le rôle des composants «passifs» : sols et formations superficielles (dont les croûtes calcaires et gypseuses), intervient peu à l'échelle des villes.

La position du Bas-Sahara algérien en limite septentrionale du domaine hyperaride l'expose à deux grands types de contraintes : celles liées à l'eau et celles liées au vent.

1 - La morphogenèse hydrique et les risques d'inondation

Sur la bordure septentrionale du Bas-Sahara algérien, l'augmentation zonale des précipitations annuelles est redoublée par celle due à l'augmentation de l'altitude dans l'Atlas saharien. C'est particulièrement vrai en Algérie orientale, où se concentrent les plus hauts sommets, qui dépassent 2000 m d'altitude à seulement quelques dizaines de kilomètres du désert. Le risque d'inondation n'est pas particulier aux villes sahariennes mais il est souvent sous-estimé à cause de sa rareté. Les caractéristiques sahariennes conduisent à distinguer, d'une part, les risques liés aux oueds (inondation fluviale), d'autre part, les risques liés aux dépressions fermées.

Les crues des oueds

Il s'agit essentiellement des crues des nombreux oueds descendant des Aurès, qui constituent des risques considérables pour les constructions installées dans les lits majeurs, en raison de la grande rapidité de la montée des eaux et de la grande vitesse du courant. Ce danger est d'autant plus grand que la pluie qui a généré la crue est tombée à des kilomètres, voire à des dizaines de kilomètres à l'amont, alors que le temps restait sec et beau à l'aval. Les pluies catastrophiques de l'automne 1969 (rien que dans la wilaya des Aurès on eut à déplorer 25 morts, 50 blessés, 500 dromadaires noyés et l'anéantissement de la récolte de dattes, Tihay, 1972) ont montré que le Bas-Sahara algéro-tunisien n'était pas à l'abri de pluies quotidiennes égales au total annuel moyen.

Les crues restent encore mal connues. En fait, pour les oueds principaux, on possède quelques observations dispersées, mais peu de mesures. L'oued el Abiod reste le moins mal connu, grâce au barrage de Foum el Gherza. Il présente deux maxima de crues probables, au printemps surtout et à la fin de l'été (Dubief, 1953a). Dans son cours inférieur, il a sept crues en moyenne à M'Chounech (Dubief, 1953b ; Rognon, 1954) mais un certain nombre de crues, qui se déclenchent dans le cours amont, ne parviennent ni à Foum el Gherza, ni même à M'Chounech par suite de leur infiltration, de leur évaporation ou de leur dérivation pour l'irrigation.

L'oued Biskra connaît des crues qui peuvent remplir son lit moyen, large actuellement de 400 m dans la ville et limité par de hautes berges subverticales. Le risque qu'elles constituent a été encore réduit par la substitution, depuis une vingtaine d'années, de ponts au gué qui existait antérieurement. Le risque de destruction de véhicules et de mort d'hommes a été très diminué, alors même qu'apparaissaient de nouveaux enjeux constitués par les ponts. Localement, juste à l'amont du pont de Sidi Zerzour, le rétrécissement du lit moyen en rive droite fragilise la route-digue menacée par le sapement du lit mineur. Malgré cette intervention, on peut estimer qu'une crue supérieure à 1600 m^3/s serait nécessaire pour submerger ces ponts, ce qui paraît d'autant moins probable que le barrage de Fontaine des Gazelles, sur l'oued el Haï, est maintenant terminé. Un désaccord sur le nombre annuel de crues apparaît entre G. Rolland (1890) qui en compte 15 à 20 et Dubief (1953b), qui n'en compte que 4, en reconnaissant toutefois qu'elles étaient, au milieu du 20^e siècle, moins nombreuses qu'à la fin du 19^e siècle. Elles se produisent surtout en fonction des orages et pluies lointaines sur le nord des Aurès, ce qui accroît le risque. L'incertitude s'étend également au moment où les principales crues ont lieu : hiver et printemps (Rolland, 1890), printemps et fin de l'été, surtout septembre (Dubief, 1959). Cependant, en confrontant les données recueillies depuis plus d'un siècle, on peut montrer des évolutions dans le nombre moyen de crues annuelles de cet oued, conséquence possible du réchauffement climatique. Le risque est également accru par la très forte irrégularité interannuelle : sur une période de 21 ans, il y a eu une année 6 crues, trois années 5 crues et une année 4. Il réside également

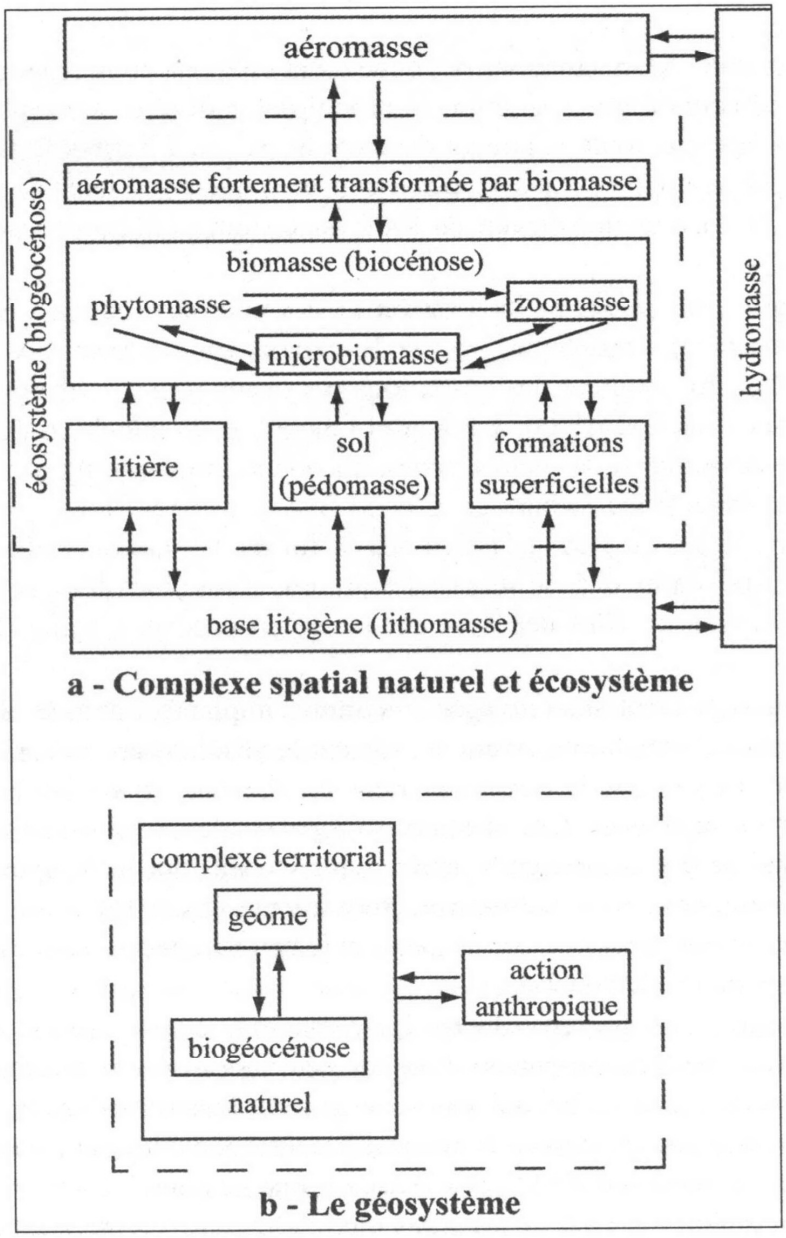


Figure n° 19 : Ecosystème et géosystème

Source : Jean-Louis Ballais ; cartographie Vanessa Rousseaux, 2004

dans la vitesse du courant et la rapidité de la montée des eaux, comme pendant la nuit du 15 au 16 avril 1880 où les eaux sont montées de 2 mètres. Les interventions dans les lits mineur et moyen, en particulier dans la partie amont de l'agglomération, favorisent la rive droite par rapport à la rive gauche, d'habitat plus populaire.

Les projets d'aménagement de l'agglomération de Biskra semblent ignorer totalement le risque d'inondation sur le lit majeur exceptionnel. Il ne faudrait pas non plus que la problématique paysagère pousse à rétrécir le lit moyen de l'oued.

Sur l'oued el Arab, la vitesse de montée des crues est augmentée par la forte pente de ce cours d'eau. Ces crues se produisent surtout en septembre-octobre et peuvent occuper toute la largeur du vaste lit moyen à Zeribet El Oued. Dans la deuxième moitié du 20e siècle, il a connu, en moyenne, 5 jours de crue par an (Nesson, 1978), dont une dizaine en 1969, année tout à fait exceptionnelle, il est vrai.

Le régime des oueds petits à moyens est à peu près inconnu. Seul l'oued Mzeraa poserait des problèmes pour le développement des nouveaux centres du Zab Chergui. Au moment des crues, tous ces oueds sont très chargés (Ballais, 1984). Pour l'oued el Abiod, à Foum el Gherza, si on admet un débit moyen annuel de 20 millions de mètres cubes, on obtient un dépôt moyen annuel de 400 000 m^3 dans le lac de barrage. L'oued Biskra, à chaque crue, aurait déposé 7 mm dans le lac du barrage prévu dès la fin du 19e siècle (Rolland, 1890). L'oued el Arab enfin, dépose surtout des limons, et ses crues atteignent souvent, au sud, El Feidh où elles déposent encore de gros galets d'argile (Duveyrier, 1875).

Les oueds peuvent alors ravager les cultures implantées dans le lit majeur et engraver les infrastructures. Avant de déposer leurs alluvions, ils ont tendance à saper leurs berges par le développement de chenaux en tresses instables, à l'intérieur du lit majeur. Ces chenaux sont particulièrement utilisés en fin de crue, quand le flot se concentre après avoir envahi tout le lit majeur. Sur le piémont, les argiles du substratum sont sapées dans les rives concaves, s'éboulent, se réduisent très vite en galets et la berge verticale recule aux dépens des cultures ou des habitations.

Cependant, sur les épandages intermédiaires mais surtout terminaux (maader), un dépôt de limons ou d'argiles peut renouveler la fertilité des sols. C'est le cas de l'oued el Haï, qui dépose de grandes quantités d'argile, de limons et de sables fins dans l'ouest de la plaine d'El Outaya, par les canaux d'irrigation qui le dérivent (Guiraud, 1973). Sur le grand cône de l'oued el Arab, l'épaisseur des limons atteint 8 à 10 m et les crues modifient considérablement le modelé. Au moment des plus grandes, comme en 1969, cet oued est le seul, avec l'oued Biskra, à atteindre parfois le niveau de base du Chott Melrhir. A l'occasion des plus fortes crues, les oueds peuvent changer de lit sur leur épandage d'aval, menaçant ainsi habitations et infrastructures.

Les inondations des dépressions hydro-éoliennes

Les dépressions hydro-éoliennes sont plus caractéristiques du domaine semi-aride que des domaines aride et hyperaride. Cependant, et en particulier pour des raisons tectoniques (Ballais *et al*, 1985), elles sont nombreuses en Algérie orientale aride et hyperaride, formant deux alignements principaux, l'un NO-SE depuis la sebkha du Hodna jusqu'aux chotts Melrhir et Merouane, et l'autre S-N, le long de l'oued Rhir.

L'apport massif de sels par les oueds et les eaux de ruissellement augmente leur concentration. Les oueds restent cependant, en moyenne, peu chargés en matières dissoutes (800 mg/l pour l'oued el Abiod, 400 mg/l pour l'oued Biskra), mais les teneurs augmentent considérablement lors des étiages (1700 mg/l pour les seuls sulfates dans l'oued el Abiod) au moment où les besoins en eau de boisson et d'irrigation sont maxima.

Une conséquence indirecte majeure de ces inondations est la remontée provisoire de la nappe phréatique salée qui peut ainsi provoquer l'attaque des fondations par haloclastie (Ballais, *in* Veyret, 1998). Dans le cas d'une construction en brique crue, la remontée de la nappe par capillarité provoque très vite l'effondrement du bâtiment, même en l'absence de sel.

Le développement de la phœniciculture et l'accroissement de la population et de ses besoins produisent des volumes d'eaux usées considérables qui, dans le nord de l'oued Rhir (Oum et Thiour, Mghaïer, Sidi Khelil) sont rejetées directement dans le chott Merouane. La disproportion entre les débits rejetés et le volume du chott interdit tout risque d'inondation.

La mesure des risques d'inondation

Les risques d'inondation fluviale se limitent pour l'essentiel aux villes des Ziban. Bien que l'oued Biskra (Ballais, 1984), l'oued Biraz (Williams, 1970) et l'oued Arab (crue de 2 m en automne 2002 à Zeribet El Oued) aient connu des crues importantes depuis plus d'un siècle, ces crues sont restées contenues dans le lit mineur-moyen très large. Pour les périodes antérieures, aucune source écrite n'indique de dégâts à la ville de Biskra, en rive droite, même si la ville antique de Vescera, en rive gauche, est recouverte par 1 à 2 m de limons du lit majeur exceptionnel de l'oued, sous les nouveaux quartiers orientaux. De plus, l'achèvement de la construction du barrage de Fontaine des Gazelles, sur l'oued el Haï, devrait réduire encore les risques, maintenant limités pour l'essentiel aux crues de l'oued Abdi.

Cependant, en mars 2004, une pluie de 60 mm a provoqué une crue sur l'oued Biskra comme il n'en avait pas été vu depuis 12 ans ; certains quartiers de la ville ont été inondés.

Les inondations de sebkhas sont mieux connues et s'avèrent redoutables. Par exemple, Tebesbest aurait été construite avant 1200, au bord de la sebkha. À la suite d'une forte inondation elle fut reconstruite sur une butte insubmersible, à l'initiative de Sidi Kacem. Les grandes inondations de l'automne 1969 produisirent de gros dégâts dans plusieurs agglomérations situées dans des dépressions fermées : les maisons construites en *toub* s'écroulèrent, non pas sous le choc du courant, mais par délitage des briques crues, causant de nombreux morts. A Mghaïer, l'artère vitale que constitue la route nationale a été coupée. Comme à Tebesbest précédemment, l'ancien village de Sidi Khelil a été abandonné, au profit du village moderne de Ben Badis, sur une butte.

Enfin, il faut signaler également les dégâts produits par l'impact direct des pluies sur les constructions en *toub* dont les terrasses et murs s'imbibent d'eau avant de s'écrouler, tuant parfois leurs occupants, comme cela a été le cas dans le *ksar* de Zeribet El Oued à l'automne 2002.

2 - La morphogenèse et les risques éoliens. Les déplacements des sables

Etude de terrain, utilisation des photos aériennes et images satellitales, apports de la documentation et témoignages oraux conduisent à la conclusion que les risques éoliens sont faibles dans les villes du Bas-Sahara algérien. On est très loin de l'image médiatique des villes ensevelies sous le sable, image issue de certains exemples, d'ailleurs rares, de la Route de la Soie en Asie centrale.

En général, en conditions naturelles, les dunes sont pratiquement stables (cf. la région de Biskra au début du 20e siècle in Shaw (1981). Il est très possible que, à l'arrivée des premiers habitants de Sedrata et du Souf, lors de l'optimum climatique médiéval, le Grand Erg Oriental ait été plus végétalisé qu'aujourd'hui, et relativement stable. Antérieurement, à l'Holocène inférieur-moyen, les dunes (caractérisées par des concrétions gréseuses) et les *sahanes* (caractérisées par des concrétions gypseuses, Ballais 2001) occupent déjà à peu près les mêmes emplacements qu'aujourd'hui, comme c'était le cas également plus au sud, pour les *ghourds* et les dépressions interdunaires (Gartet, 1995). L'observation attentive, par exemple aux environs d'Oued Melah, dans le Souf, montre que les sables dunaires se couvrent rapidement d'une très mince organisation pelliculaire de surface (O.P.S.) qui stabilise le sable mais, très fragile, se casse sous les pieds ou les sabots. Il suffirait de mettre ces espaces en défens pour permettre d'abord une stabilisation puis une revégétalisation des dunes.

Actuellement, les sables se déplacent généralement vers le sud-est ou le sud-ouest comme cela a été observé dès la fin du 19e siècle (E. Reclus, 1886).

Des nuances régionales doivent cependant être apportées à ce schéma général. Depuis plus de vingt ans (Ballais *et al*, 1979), il a été mis en évidence

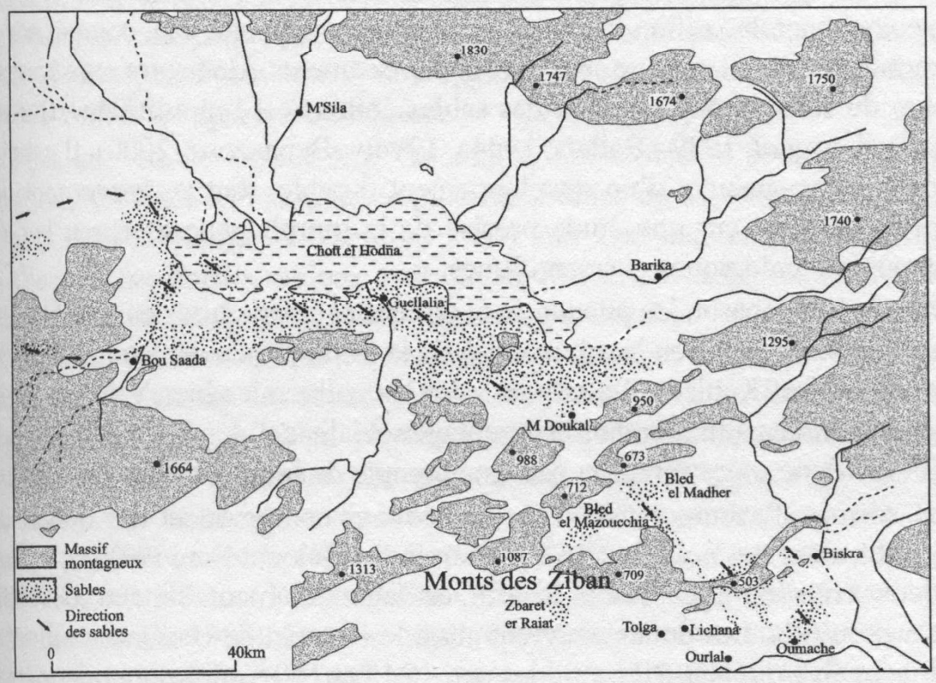


Figure n° 20 : Trajectoires éoliennes dans le Zab Rharbi

Source : Jean-Louis Ballais *et al* ; cartographie Vanessa Rousseaux, 2004

l'existence d'un grand flux de sables éoliens, partant du Hodna, au NO, en direction du Grand Erg Oriental, au SE (cf. figure 20), et fonctionnant surtout en saison froide. Le déplacement des sables par saltation induit une corrasion des matériaux cohérents, aussi bien le substratum calcaire des reliefs que les pierres ou les briques des constructions. Il impose aussi d'éviter les ouvertures orientées au nord-ouest, sous peine de provoquer une accumulation sableuse. Un mouvement en sens inverse s'effectue en été, plus réduit, si bien que la résultante est orientée vers le Grand Erg Oriental. On a prouvé la réalité de ces déplacements en montrant que le tri des sables éoliens s'améliore du NO au SE, depuis l'oued Maïtar jusqu'au sud de Biskra, alors que la composition minéralogique confirme beaucoup moins nettement la parenté de ces sables. La fréquence dominante des vents à Biskra (NO) et à Ouled Djellal (N) (Seltzer, 1946, Atlas climatologique national, s.d.) va dans le même sens. Confirmation vient d'être apportée récemment par Benazzouz (1994, 2000). Les vents de sable constituent une difficulté pour la circulation, difficulté bien connue par les automobilistes et qui entrave souvent les déplacements. Une autre conséquence majeure du sens du déplacement des sables éoliens est l'inutilité du «Barrage vert» (Ballais *et al*, 1979 ; Ballais, 1994a, 1994b ; Benazzouz, 2000). Il est clair que dans la perspective d'un développement durable, tout aménagement doit d'abord s'appuyer sur une étude précise de la morphogenèse et non sur des présupposés idéologiques et scientifiques.

Dans le Zab Rharbi, les phénomènes éoliens sont structurés en couloirs (par exemple, celui d'Aïn Ben Noui ou celui de la bordure occidentale de la vallée de l'oued Matraf Kebir) qui alternent avec les palmeraies bien visibles sur les images satellitales. L'implantation du village socialiste d'Aïn Kerma ouest, juste dans l'axe d'une trajectoire, n'a pas tenu compte de la mobilité de ces sables.

Les formes d'accumulation de sables éoliens comprennent des dunes, des voiles sableux et des *nebkas*. C'est ainsi qu'à Ed Delouat Beni Brahim, le front des deux crêts du djebel Bou Rhezal est abondamment couvert de sable, jusqu'au sommet. Les dunes couvrent aussi le sommet de certaines collines et s'allongent en *siouf* NO-SE (entre les cotes 245 et 190) qui progressent parfois jusque sur la route Biskra - Tolga (printemps 1980). Au sud d'Oumache, des dunes de sable jaune clair, hautes de 2 à 3 m, progressent vers le SE, provoquant l'ensablement de la route Biskra – El Oued et de la voie ferrée Biskra-Touggourt. Les voiles sableux atteignent leur maximum d'épaisseur sur le front des crêts S du Bou Rhezal, mais ils restent abondants aussi sur leurs revers. Vers l'E, ils disparaissent très vite. On ne les trouve guère au-delà de l'oued Biskra, au N de la ville, où ils forment des placages de sables jaunes, épais de 20 à 30 cm, à *nebkas*, dans le lit majeur, placages que les crues remanient.

La déflation éolienne apparaît peu. Elle est certainement efficace dans le centre du Bled Selga, sur la *sebkha-maader* au sud de laquelle se localisent les dépôts sableux. Plus au N, de violentes tempêtes de sables ont été observées au pied du dj. Melah d'El Outaya, dans le Bled Salahouine et surtout dans le Bled

ed Daya, où sables et poussières alluviaux sont repris par le vent, surtout dans la partie occidentale. Elle s'exerce aussi sur les limons du piémont de l'Atlas saharien, tout particulièrement à El Feidh (Ballais, 1984). Mais les estimations de forte déflation au cours de la période historique, proposées par Williams (1970) à partir d'hypothèses mal fondées sont réfutées par la fossilisation des ruines de la ville romaine de Vescera.

Actuellement, des déplacements importants de sables éoliens s'effectuent dans le Zab Rharbi, car la désertification y progresse sous l'impulsion de la croissance des surfaces cultivées à l'amont vent, c'est à dire au N et au NO : tout particulièrement, dans le Bled Selga, la plasticulture pionnière s'est installée dans les sables mobiles. Cependant, ces sables éoliens mobiles se limitent à des trajectoires bien définies, en partie contrôlées par l'organisation du relief, en dehors desquels le risque d'ensablement est pratiquement nul. Le projet de « bouclier vert» de l'ANAT, autour de Biskra, paraît plus intéressant par son souci de créer une verdure que par son efficacité contre un déplacement très limité des sables éoliens, sauf tout au NO de l'agglomération qui déborde déjà largement dans la combe du djebel Bou Rhezal.

Plus au sud, le Grand Erg Oriental a fait l'objet d'abord d'une étude pionnière (Wilson, 1971), puis de plusieurs études de M. Mainguet (Mainguet et all, 1984 ; Mainguet, Chemin, 1987) qui ont mis en évidence que la localisation des dépôts sableux était due au ralentissement d'un courant éolien transporteur de sable par la convergence de deux ou plusieurs vents, plus précisément de vents de NE (le *bahari*) dominants à l'Est et de vents de NO, dominants à l'Ouest. La désertification est limitée plus au Sud et même une augmentation récente de la phytomasse est probable localement, là où la pression pastorale diminue. Le régime des vents, toujours grossièrement méridien, varie du N au S, mais la stabilité des formes paraît grande : les formes sont en équilibre avec le régime des vents. Cependant, il est moins sûr que le matériel soit stable car le Grand Erg Oriental a un budget sédimentaire positif (Mainguet et all, 1984). Dans le détail, cette tendance est modulée : la hauteur des *siouf* augmente vers le sud, ainsi que, plus généralement, celle des dunes, preuve de l'accroissement de la quantité de sable dans cette direction : tout se passe comme si le nord se vidait au profit du centre puis du sud de l'*erg*. Ainsi, au nord d'Hassi Messaoud, l'*erg* a une balance sédimentaire positive et n'est pas menacé par apport excédentaire de matériel (Mainguet, Jacqueminet, 1984). Les dépressions interdunaires (*sahane*) du Souf paraissent globalement stables et les sables y sont peu mobiles (à Sahbane et à Oued Turk, elles sont d'après les photos aériennes à la même place qu'en 1983).

Dans le sud du Souf, les deux directions de vent NO-SE et NE-SO modèlent des formes à quatre échelles différentes :

- méga-couloirs et méga-crêtes orientés NO-SE, de longueur pluri-kilométrique, de largeur kilométrique, les dénivellations atteignant 10 à 20 m,

- crêtes et couloirs orientés NE-SO et dunes longitudinales étroites longues de 100 à 200 m,
- cloisons orientées NO-SE dans ces couloirs,
- dunes élémentaires orientées NE-SO ou NO-SE.

Cependant, par prudence, les phoeniciculteurs entourent entièrement leurs *ghouts* de palissades de palmes ou/et de *drinn* (*Aristida pungens*) au sud d'El Oued, car des vents efficaces peuvent, d'après eux, souffler de n'importe quelle direction, ce que confirment quelques ensembles dunaires plus denses qui se concentrent en *aklés* à Douiret et sur la route de Sahbane. Quelques rares palmiers sont ensablés à Oued Turk.

Plus au sud, la route vers Touggourt ne semble menacée d'ensablement que dans des zones d'*aklés* peu nombreuses ou de dunes longitudinales orientées NE-SW, séparées par d'étroits couloirs. Cependant, la subdivision des TP de Taïbet doit intervenir fréquemment (une centaine de jours par an), de février à avril surtout, par vent de NE, et en juillet-août par vent de SSW pour dégager la RN 3 d'El Oued à Touggourt. Les communes interviennent également sur les autres voies. En même temps, de nombreux palmiers, dans des *ghouts* peu profonds ou au niveau du sol, sont ensablés jusqu'à la canopée. D'après l'enquête orale, ils ne paraissent pas en être affectés et on n'essaie pas de les dégager. Localement, une partie du matériel transporté par le vent se piège sous forme de gros *rebdous* à *tamarys* alignés NE-SO. Traditionnellement, les agriculteurs protègent leurs habitations comme leurs ghouts avec des talus de sable armés de palmes. A l'inverse, les constructions récentes ne tiennent pas compte de la mobilité du sable et le vent peut dégager les fondations. On y remédie en accumulant du tout venant tassé sur 1 m de large, en bordure de ces fondations. Le vent peut aussi accumuler des dunes d'1 m de haut dans les rues périphériques de Taïbet, surtout sur les bordures nord et sud. La même indifférence se manifeste pour la mise en culture, par exemple à Ben Naceur où les dunes ont été nivelées pour la plantation d'une palmeraie. A El Oued, et ainsi que le prévoit le PDAU, une partie de la progression de l'espace urbain, en particulier dans les nouveaux quartiers occidentaux, se fait par la destruction des dunes, transformées au bulldozer en plateaux à flancs raides. Il s'en suit des remaniements locaux qui menacent les constructions. Ailleurs, au NE par exemple, les dunes sont sporadiquement utilisées comme de gigantesques sablières.

A Touggourt et dans l'oued Rhir, les dunes sont très peu nombreuses et localisées mais c'est là que, paradoxalement, s'observent les seuls cas d'agglomérations envahies par les sables éoliens. Touggourt n'est plus dans le Grand Erg Oriental, mais dans une dépression qui le borde, à l'Ouest. Là (à Beni Issouid, par exemple), ne s'observent, au pied des buttes, que des placages de sables grossiers jaunes, quartzeux et gypseux, à peine consolidés, à fissuration prismatique débutante, utilisés pour amender les palmeraies. Les micro-*yardangs* qui les affectent montrent la prédominance des vents efficaces de

secteur ouest. A l'ouest de la ville, et de la RN 3 en particulier, l'agglomération s'étend sur d'anciennes dunes aplanies et aucune protection ne semble avoir été prise contre l'ensablement. Cependant, des dunes mobiles s'observent, par exemple des *barkhanes* (à déplacement instantané SE-NO ou inverse au nord de Touggourt ou à proximité de Mghraïer) traversant voie ferrée et RN 3. Leur vitesse pourrait atteindre jusqu'à plusieurs dizaines de mètres par an.

Le vieux *ksar* abandonné d'El Harihira est entouré d'une dépression dont l'observation permet de reconstituer l'évolution récente : une palmeraie irriguée (présence de *Melania tuberculata* subfossile) a été ensuite partiellement envahie par des *rebdous* à *Tamarys* dont certains dépassent aujourd'hui 2 à 3 m de haut puis, ou en même temps, par des sables mobiles sous forme de voiles ou de *siouf*. La même évolution est visible à Bram où la répartition actuelle des *rebdous* correspond presque exactement à l'extension des anciennes palmeraies. S'agit-il de désertification ? Non, plutôt d'abandon, par exemple à la suite du tarissement de puits artésiens, observé dès le milieu du 19e siècle (Carette, 1880), puis d'envahissement par les sables éoliens, en deux phases successives. Le déplacement des *ksour* a été fréquent au cours de l'histoire et le moteur en semble bien social. A El Harihira, les habitants disent que le village était vieux et que c'est pour cela qu'il a été abandonné. Ainsi, l'ensablement ne serait pas la cause de l'abandon, mais sa conséquence. En effet, les *rebdous* s'accumulent quand la rugosité, due à la palmeraie, est encore assez forte et l'humidité (due à l'irrigation) encore suffisante pour la croissance des *tamarys*, ce qui n'est plus le cas général aujourd'hui, à l'exception des *rebdous*. L'assèchement progressif par abandon des *séguias* provoque la mort des palmiers et la diminution de la rugosité, ce qui facilite l'arrivée de sables mobiles, qui entaillent les *rebdous*.

Dans le même sens, on observe que le vieux village d'El Goug, abandonné en 1911-1912 (mais dont les marabouts, cimetière et ancienne palmeraie restent partiellement visibles) est envahi par des *barkhanes* venant du nord. L'ancien village de Blidet Amor, occupé jusqu'en 1911 à proximité du précédent, serait maintenant ensablé et tout vestige aurait disparu en surface (APC Blidet Amor). Cependant, dans ces deux cas, l'envahissement de l'agglomération n'est pas la cause de leur abandon, mais sa conséquence car le déplacement s'est fait sous la pression des autorités coloniales.

Plus au sud, les ruines de Sedrata sont couvertes par des *barkhanes* mais, pour la Direction des TP de la wilaya de Ouargla, les problèmes de désensablement se posent surtout sur la route qui joint Hassi Messaoud à El Borma, route orientée OE. Environ 200 jours par an, il faut la dégager des apports par vent du nord (fig. 21). Le *sirocco* avec vent de sable est très rare (quelques jours par an) et semble avoir encore diminué depuis 1992. D'autres tronçons de route de même orientation, comme entre El Hadjira et le carrefour de la route Touggourt - Ouargla, sont l'objet de nombreuses interventions. En revanche, cette route, lorsqu'elle est orientée NS, ne nécessite pas d'interventions ; cependant, des matériaux du ballast de la route ont été étalés de

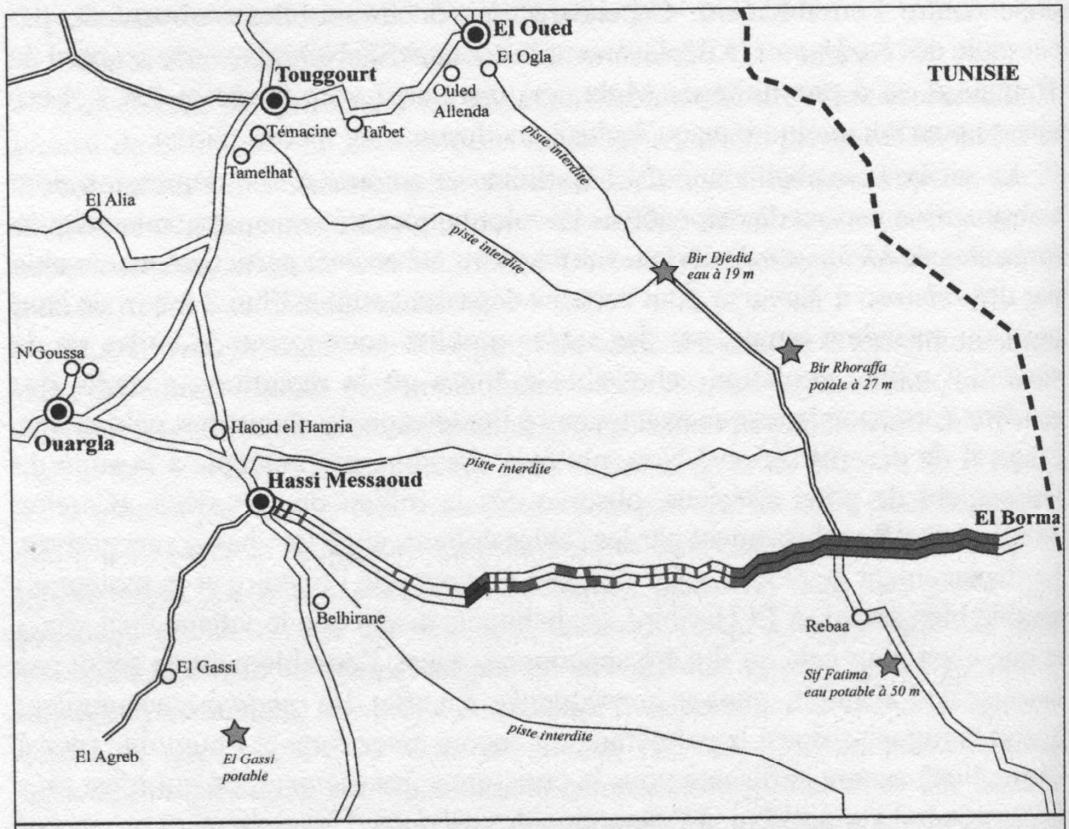


Fig.21: Calendrier des interventions de désensablement de la route Hassi Messaoud - El Borma

Les parties de la route désensablées sont représentées en gris. Les interventions ont affecté soit la totalité de la largeur de la route, soit seulement une moitié, ce qui permet de montrer la prédominance des apports de secteur nord.

part et d'autre pour stabiliser le sable. Les interventions se font aux charnières de l'hiver : d'octobre à décembre et de mars à avril, à peu près jamais en été. Des études sont en cours, à partir de l'observation des méthodes traditionnelles des Soufis (déviation du vent par des talus de *louss*, haies de palmes) pour réduire l'ensablement de la route Hassi Messaoud - El Borma.

Les transports de poussières

Ils sont moins bien connus que les transports de sables. Ils s'effectuent dans le même sens qu'eux, avec les mêmes conséquences pour les ouvertures des constructions. A l'échelle du Sahara, les tonnages venant du sud sont inconnus, mais restent beaucoup plus faibles que ceux partant en direction de l'Atlantique.

Cette estimation générale est confortée par le petit nombre de jours de *sirocco* (16,1 j/an à Ouled-Djellal, 8 à Biskra, 6,6 à Touggourt (Seltzer, 1946) qui, cependant pose le problème de l'orientation des ouvertures des constructions.

Plus localement, des poussières gypseuses sont fournies par le chott el Hodna et les *sebkhas* de la plaine d'El Outaya (Ballais, 1984 ; Benazzouz, 2000) et se déplacent dans le même sens que les sables.

Lors des tempêtes, ces poussières peuvent obscurcir considérablement l'atmosphère, au point de gêner la circulation. En revanche, l'apport de poussières non gypseuses (loess) est bénéfique pour les sols cultivés, qu'ils enrichissent en minéraux utiles pour les plantes. Malheureusement, aucune étude ne permet de quantifier les apports sur le Bas-Sahara algérien. Tout juste peut-on penser qu'ils sont faibles, principalement à cause de la très faible densité du couvert végétal qui limite la rugosité de la surface.

Le Bas-Sahara algérien septentrional présente de fortes contraintes naturelles dans la perspective de l'urbanisation, dont les plus importantes, et les plus visibles sont les contraintes climatiques. Cependant, les contraintes morphogéniques ne doivent pas être négligées. Elles résultent de conditions zonales, la position latitudinale de bordure Nord du Sahara, et de conditions régionales, la position au pied des reliefs de l'Atlas saharien. La position latitudinale est responsable des caractéristiques générales des formations superficielles héritées et actuelles et de la dynamique éolienne. Les risques liés aux dynamiques éoliennes présentent la plus grande fréquence, les risques liés aux crues la plue grande ampleur.