

Croissance urbaine et problèmes d'assainissement liquide et pluvial dans le bassin du Srou (Maroc central)

Moulay Driss El Jihad

Laboratoire ICoTEM (EA n° 2252),
Maison des sciences de l'homme
et de la société (MSHS),
Université de Poitiers,
99, avenue de Recteur Pineau,
86022, Poitiers,
France
<d.eljihad@caramail.com>

Résumé

Au Maroc, la pénurie des ressources en eau est aggravée par la détérioration de leur qualité sous l'effet des rejets polluants liquides tandis que les écosystèmes naturels sont menacés par les inondations et l'érosion des sols. Les problèmes d'assainissement liquide et pluvial affectent, en premier lieu, l'environnement urbain où la population des quartiers pauvres les supporte plutôt mieux que le manque d'eau potable. Cependant, ces problèmes donnent une image déplorable des villes où les règles d'urbanisme ne sont pas respectées. Généralement, il n'y a pas de correspondance entre le développement de l'habitat et l'expansion de l'infrastructure d'assainissement liquide et pluvial. L'exemple étudié dans ce travail concerne les petites villes du bassin du Srou, un affluent du haut Oum-er-Rbia. Ces villes sont situées dans un milieu de moyenne montagne qui souffre d'un sous-équipement dans tous les domaines. À défaut d'être toutes collectées, les eaux usées de ces villes sont déversées dans les fosses septiques et les ravins avoisinant les habitations. La majeure partie est déversée dans des talwegs à sec ou à étiage sévère. Les risques pour la santé des populations et la pollution des nappes et des cours d'eau sont inéluctables. Dans cette région, caractérisée par des averses violentes, surtout en saison chaude, les débordements des torrents sont fréquents. Les pentes fortes et leur substrat argileux et imperméable accélèrent le ruissellement des eaux et sa concentration dans le réseau hydrographique qui traverse, parfois, des zones urbaines. Les dégâts occasionnés par les inondations sont rarement dédommagés. La pauvreté des communes et des populations, ainsi que le désengagement financier de l'État se répercutent négativement sur l'aménagement de l'espace.

Mots clés : Ressource en eau, Pollution, Urbanisation, Dégradation, Assainissement.

Abstract

Urban growth, liquid and pluvial sanitation problems in the Srou basin (Central Morocco)

In Morocco, the scarcity of water resources is worsened by the deterioration of their quality caused by liquid polluting emissions, while natural ecosystems are threatened by floods and soil erosion. The problems of liquid and rainwater sanitation affect, first of all, the urban environment where the population of the poor districts bears with them much better than with the lack of drinking water. Nevertheless, these problems give a bad image of towns where the rules of town planning are not respected. Urban growth is rarely paralleled by the development of corresponding sanitation works or of other necessary infrastructures. The example studied here concerns the towns in the basin of Srou, a tributary of the upper Oum-er-Rbia. These towns are situated in a mid-mountain environment which suffers from a general lack of equipment. Instead of being completely collected, wastewater in these towns is poured into cesspools and ravines near the houses. The major part is poured into dry or severely low-watered talwegs. The impact on people's health and on the pollution of groundwater tables and streams is extremely important. In this area characterized by violent storms,

especially during the warm season, floods are frequent. Steep slopes and their clayey and waterproof substratum accelerate water runoff and its concentration into the hydrographic network which, sometimes, flows through to urban zones. The damage caused by floods is rarely compensated. The poverty of the communes and of the populations as well as the financial disengagement of the State have negative repercussions on space planning.

Keywords: Water resources, Pollution, Urban growth, Degradation, Sanitation.

Au Maroc, la poussée démographique et la mobilité croissante des populations durant le XX^e siècle ont eu pour conséquence l'extension des villes déjà existantes et l'apparition d'autres un peu partout dans le pays. Des villes où il est aisé de remarquer qu'il n'y a pas de correspondance entre la croissance urbaine et le développement des équipements de toutes sortes : eau potable, voirie, assainissement liquide et pluvial¹, éducation, santé, etc. Ces besoins en équipements sont rarement satisfaits, d'autant plus que les communes sont pauvres, et que le désengagement financier de l'État devient de plus en plus une réalité face à une culture d'autonomie communale qui a du mal à se mettre en place avec la mondialisation et la récession économique. Parmi ces équipements qui font défaut, citons l'assainissement liquide et pluvial que nous nous proposons d'étudier ici à travers l'exemple des petites villes d'un bassin-versant de moyenne montagne, le Srou.

Le Srou est le principal affluent du haut Oum-er-Rbia (figure 1). À la confluence avec ce dernier, son bassin a une superficie de 1 536 km². Il s'étend sur trois milieux naturels : le Moyen-Atlas (Causse), le Dir (piémont) et la Meseta (figure 2). Pour une superficie de 1 405 km², le bassin du Srou fournit un débit moyen annuel de 11,2 m³/s, dont 3,7 m³/s proviennent du bassin de Chbouka, son principal affluent [1].

La percée spectaculaire du Srou marque la topographie du Causse moyen-atlasique. L'amincissement du Lias (calcaires) à cet endroit a permis au Srou et à ses affluents d'entailler le Causse et d'atteindre le socle triasique (argiles et marnes) dont l'épaisseur peut avoisiner 300 mètres [2]. Le Causse est découpé en un moutonnement de collines séparées par de larges vallées, au modelé complexe, déblayées dans le Trias, dont les affleurements tendres sont très vulnérables à l'érosion, surtout sur les versants pentus. Les formations argileuses,

riches en sel, sont à l'origine de la salure de nombreux oueds et sources.

En 2000, le bassin du Srou compte une population d'environ 73 800 habitants dont plus de 40 % habitent les quatre villes du bassin (figure 2, tableau I). L'urbanisation, moins rapide qu'ailleurs, ne se réalise pas parallèlement au développement socio-économique, mais surtout par l'étalement du cadre bâti des villes. Si cette extension est, partiellement, le fait des constructions légales des fonctionnaires, des retraités militaires et des émigrés en Europe, elle correspond surtout, dans les secteurs périphériques des villes, à des constructions illicites des migrants ruraux. Cette urbanisation, amputée de tout développement économique, pose le problème de l'aménagement de l'espace et de la mise en place des services publics. L'exemple de l'assainissement liquide et pluvial reflète bien cette problématique dans des villes où les normes de l'urbanisation ne sont pas respectées.

Des villes entre ruralité et urbanité

De par la forme et la qualité de leur habitat, ainsi que par la proportion des ruraux dans leur population totale, les petites villes du bassin du Srou apparaissent comme de gros centres ruraux, animés principalement par l'activité du *souk* (marché hebdomadaire) et la pratique de l'agriculture (tableau II). Ces villes, qui remplissent le rôle du chef-lieu de commune, abritent des services administratifs, des écoles, parfois un collège et même un lycée, des centres de santé, des mosquées, des bains publics, un tribunal, un abattoir, etc. Ces villes sont des refuges pour les ruraux, en particulier les paysans sans terre, en voie d'émigration vers des villes plus grandes. À cause de la crise économique, leur croissance est généralement à la baisse depuis 1982 (tableau I).

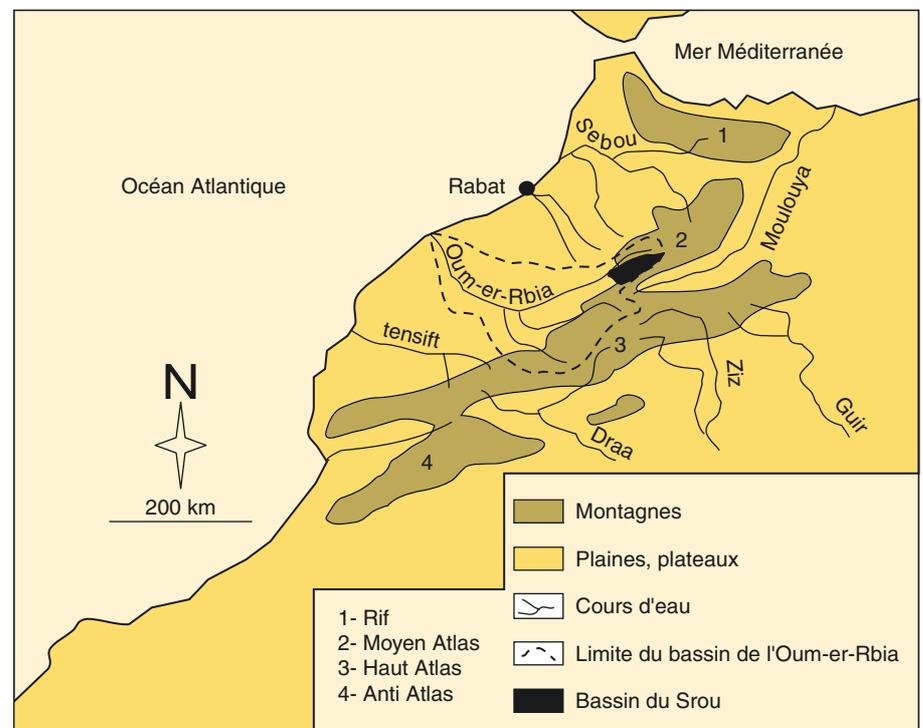


Figure 1. Situation du bassin du Srou dans le bassin de l'Oum-er-Rbia.

¹ Pour distinguer le terme d'assainissement pluvial de celui d'assainissement liquide, ce dernier est réservé dans ce travail aux eaux usées.

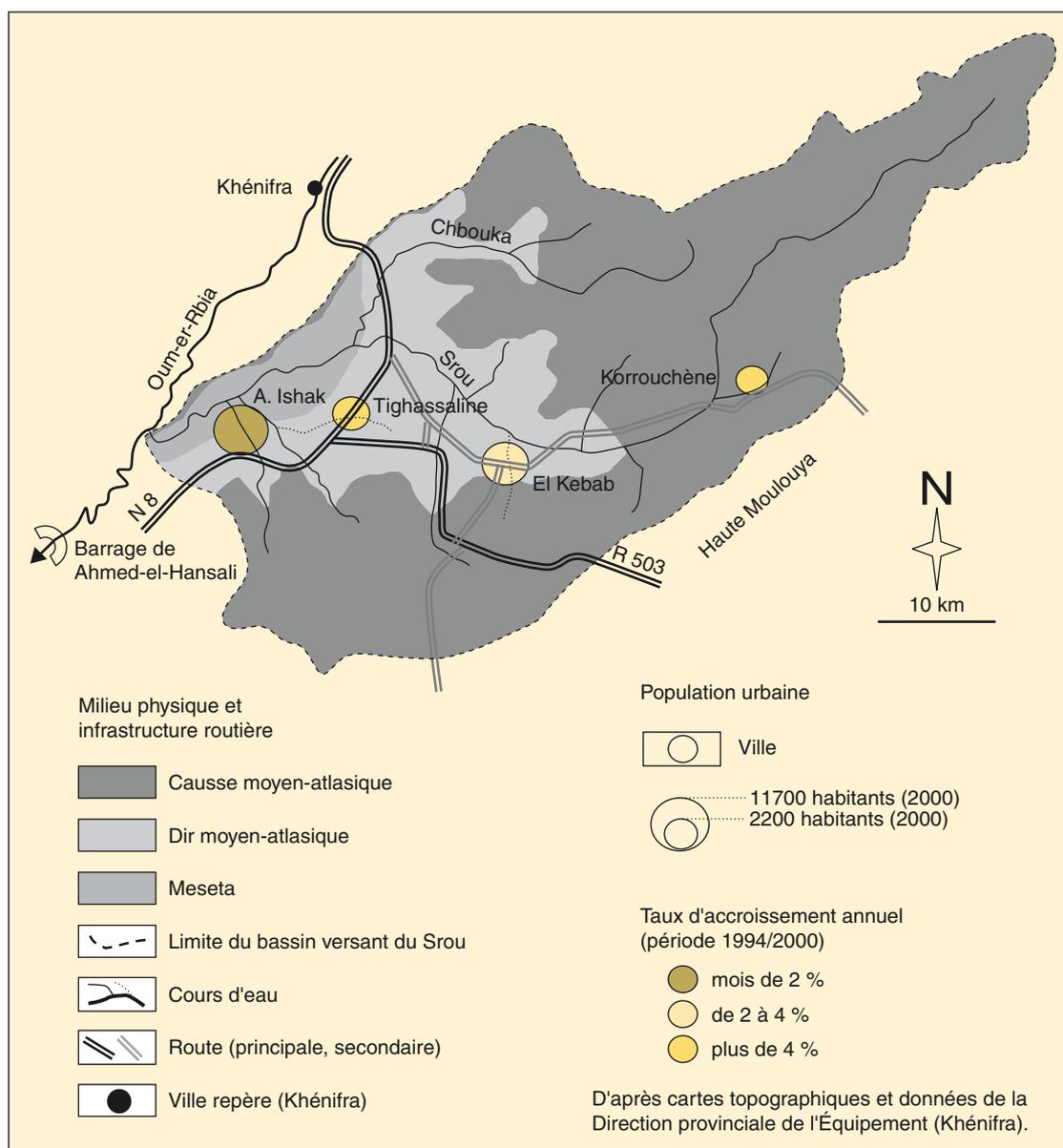


Figure 2. Milieu physique et croissance urbaine dans le bassin-versant du Srou.

Aït Ishak

Aït Ishak, première ville du bassin, est située à proximité de la route nationale n° 8 qui longe le versant occidental des

montagnes atlasiques. Au début du XX^e siècle, le centre ne constituait qu'un hameau d'une dizaine de maisons. L'arrivée des colons français, l'implantation

d'une caserne militaire et la diminution de l'insécurité qui rongait les populations ont contribué à l'expansion du centre. Classé urbain en 1971 avec 4 158 habi-

Tableau I. Évolution de la population des villes du bassin du Srou entre 1971 et 2000 (sources : d'après direction de la Statistique, Rabat, et estimations personnelles (*)).

Ville	Nombre d'habitants				Taux d'accroissement annuel (%)		
	1971	1982	1994	2000*	1971/1982	1982/1994	1994/2000*
Aït Ishak	4 158	6 952	10 457	11 700	4,78	3,46	1,89
El Kebab	4 188	6 223	8 106	9 200	3,66	2,23	2,13
Tighassaline	-	2 921	5 046	6 700	-	4,66	4,84
Kerrouchène	-	-	1 717	2 200	-	-	4,22
Total	8 346	16 096	25 326	29 800	6,15	3,85	2,75

Tableau II. Activité principale des chefs de ménages des villes du bassin du Srou en 2000 (d'après [3], légèrement modifié).

Ville		Activité principale du chef de ménage			Total
		Agriculture	Commerce	Fonction publique	
Aït Ishak	Effectif	2 200	300	300	2 800
	%	78	11	11	100
El Kebab	Effectif	1 600	150	350	2 100
	%	76	7	17	100
Tighassaline	Effectif	1 080	300	120	1 500
	%	72	20	8	100
Kerrouchène	Effectif	390	60	90	540
	%	72	11	17	100
Total	Effectif	5 270	810	860	6 940
	%	76	11	13	100

tants, le centre a connu, ces dernières années, un développement moyen. Le taux d'accroissement annuel, qui était de 4,78 % entre 1971 et 1982, n'a cessé de décroître depuis. Les raisons de l'augmentation importante de la population jusqu'en 1982 tenaient sans doute à l'important essor des fonctions publiques et commerciales qui ont suivi l'élévation d'Aït Ishak au rang de centre urbain. Le *souk* d'Aït Ishak est le plus important du bassin.

El Kebab

La ville d'El Kebab (le nom signifie les coupes), aux ruelles en pente, est accrochée à flanc de montagne. Le relief tourmenté a imposé l'éclatement de l'agglomération. Sa partie ancienne se serre sur un éperon rocheux calcaire qui, à mi-hauteur du Causse, domine la vallée du Srou. Ce site, pour le moins dangereux, aurait été favorisé par la présence d'abondantes sources karstiques. Le centre renferme quelques activités artisanales relativement dynamiques (poteries, tanneries, tissages...).

Bien qu'El Kebab soit le plus vieux centre urbain du bassin du Srou (classé urbain dès 1960 avec 2 633 habitants), son site montagneux défavorable et sa situation décalée par rapport aux grands axes routiers ont induit un développement assez lent. Le taux d'accroissement annuel dépasse de peu 2 % depuis 1982, alors qu'il excédait avant cette date 3,6 %. Le *souk* d'El Kebab est très actif en été, surtout pour les transactions de bétail.

Tighassaline

Cette ville est située au bord d'une large dépression argileuse (Tinghrite), sur la route nationale n° 8. Sa naissance date de la fin des années 1940 lorsqu'elle accueille un *souk* qui se tenait auparavant à Tingtghaline, à 9 km au sud-est. Si le *souk* de Tighassaline n'a pas l'importance de

celui des autres villes du bassin du Srou, l'agglomération, en revanche, possède des activités commerciales et de services relativement développés en relation avec l'augmentation de la circulation routière. À 10 km seulement de la ville, la position décalée d'Aït Ishak par rapport à la route (2 km) a joué en faveur de Tighassaline (figure 2). Les fonctionnaires des écoles et des antennes administratives implantées dans la ville constituent une clientèle de choix pour le commerce local (gargotes, boucheries, commerces de légumes, petits ateliers de réparation mécanique...).

Étant donné sa situation sur un axe routier important et la richesse agricole de son arrière-pays, Tighassaline connaît une croissance démographique remarquable. Elle est passée de 2 921 à 6 700 habitants entre 1982 et 2000, soit un taux d'accroissement annuel dépassant 4,7 %. Ce rythme de croissance pourrait marquer au moins les deux décennies à venir. Cela est d'autant plus vraisemblable que l'axe routier qui traverse l'agglomération, forme, à 3 km seulement au sud, une sorte de carrefour avec la route régionale n° 503 menant vers la haute Moulouya.

Kerrouchène

Kerrouchène (le nom vient de *kerrouch* qui signifie chêne-vert) est le plus petit et le plus rudimentaire des centres urbains du bassin du Srou. Au début des années 1950, les autorités coloniales françaises implantèrent à Kerrouchène, qui n'était qu'un village de quelques dizaines d'habitations, une garnison destinée à contrôler les mouvements de la population. La position du centre sur un petit plateau dans une cuvette argilo-gréseuse, drainée par l'oued Arguerou (affluent du Srou) et cernée de plateaux karstiques, fait qu'elle n'a que deux accès commodes. À l'est, la percée de l'oued Arguerou est empruntée par une route sinueuse mal entretenue qui relie le centre à la haute Moulouya par le col de Tizi n'Rechou. Vers l'ouest, la vallée

du Srou assure le passage de la route qui relie Kerrouchène à la Meseta en passant par El Kebab.

La population du centre est passée de 1 717 à 2 200 habitants entre 1994 et 2000, soit un taux d'accroissement annuel de plus de 4,2 %. Le *souk* établi à Kerrouchène a toujours été très important pour la population de la région. Son activité était de nature à lancer les fondements de l'urbanisation du centre. Toutefois, son rayonnement est limité par les *souks* plus considérables d'El Kebab et des petites villes de la haute Moulouya (Boumia, Itzere, Aghbalou Isserdane...). En somme, Kerrouchène n'est qu'une agglomération de familles rurales pauvres voisinant avec un *souk* relativement développé, ce qui explique la faiblesse de ses activités commerciales propres.

La croissance démographique, l'extension des villes et la différenciation de l'habitat ont des conséquences sur la qualité de la vie et la mise en place des infrastructures urbaines et des services publics, en particulier l'assainissement liquide et pluvial.

Un assainissement liquide et pluvial non maîtrisé

Le problème de l'assainissement liquide et pluvial paraît généralement insoluble. Le développement urbain, la faiblesse des ressources communales, l'insuffisance des revenus de la population ainsi que les problèmes de gestion constituent des obstacles sérieux. Par ailleurs, les données sont quasiment absentes en raison du manque de moyens humains et financiers, ce qui empêche de tenir une statistique chronologique, même à l'échelle annuelle. Les chiffres estimatifs fournis par les services techniques des communes pèchent souvent par excès. Ils sont systématiquement repris d'année en année, sur des périodes de cinq ans, sinon dix.

Tableau III. Pollution domestique urbaine rejetée dans le bassin du Srou en 2000 (calculs de l'auteur à partir des ratios de l'Office national de l'eau potable (Onep) [4]).

Ville	Population (habitants)	TAL* (%)	Quantité d'eau rejetée** (m ³ /an)	Pollution rejetée en tonnes/an		
				DCO***	MES***	N et P***
Aït Ishak	11 700	80 (80)	69 000	325	235	38
El Kebab	9 200	70 (70)	107 000	255	185	30
Tighassaline	6 700	80 (60)	69 000	186	135	22
Kerrouchène	2 200	60 (90)	25 000	61	44	7
Total	29 800	75 (73)	270 000	827	599	97

* : les chiffres entre parenthèses renvoient aux taux d'assainissement liquide (TAL) en 1994 ; ** : estimée à 80 % de la quantité d'eau consommée ; *** : DCO : demande chimique en oxygène (assimilée à la pollution totale rejetée) ; MES : matières en suspension ; N et P : azote et phosphore.

Insuffisance de l'assainissement liquide urbain

Dans le bassin du Srou, la pollution d'origine industrielle et, plus encore, agricole est quasiment nulle. En revanche, la situation est préoccupante pour la pollution urbaine. Le taux moyen d'assainissement liquide est de 75 % en 2000, avec des extrêmes allant de 80 % à Tighassaline ou El Kebab à seulement 60 % à Kerrouchène (tableau III). Toutefois, il est difficile de dresser une analyse comparative à partir des données douteuses, comme on peut le percevoir à travers les cas de Tighassaline et de Kerrouchène. Si la situation de l'assainissement liquide s'est apparemment améliorée à Tighassaline depuis 1994, celle de Kerrouchène, en revanche, semble s'être particulièrement dégradée avec seulement un taux de 60 % en 2000 contre 90 % en 1994.

Ces taux doivent être relativisés car le non-respect des normes d'assainissement liquide est tel que la moindre canalisation d'évacuation des eaux hors de l'habitation (rue, ravin à sec...) est interprétée, aussi bien par les services communaux que par les populations (surtout dans les quartiers partiellement assainis), comme un égout ou un raccordement au réseau ! Cette constatation, qui relève de l'association des problèmes économiques aux facteurs géophysiques (relief accidenté, structure et éclatement relatif de l'habitat...), nuance les données officielles qui qualifient de moyen l'état du réseau d'assainissement liquide. Nos enquêtes sur le terrain montrent que, depuis une décennie, la tendance est à la dégradation des conditions de l'assainissement liquide dans toutes les villes du bassin du Srou. La plupart des nouvelles constructions sont réalisées sans assainissement liquide. En effet, les préoccupations des populations pauvres, au comportement plus rural qu'urbain, sont centrées sur le raccordement au réseau d'eau potable qu'elles considèrent comme une priorité avant l'acquisition de tout autre bien. Les deux équipements sont censés aller de pair, mais ce n'est pas

toujours le cas dans des villes où les normes de l'urbanisation ne sont ni respectées par la population, ni imposées par les communes qui manquent gravement de moyens financiers.

Les anciennes installations datent de 1956 pour El Kebab, de 1960 pour Aït Ishak, de 1970 pour Kerrouchène et de 1982 pour Tighassaline. La qualité médiocre des matériaux des canalisations et les anomalies de pose sont les principales causes de la vétusté rapide du réseau et des fuites difficiles à détecter. Les conséquences dues à la pollution de la nappe et des sources qui jaillissent à l'aval sont graves.

Le réseau d'assainissement pluvial étant quasiment inexistant, la résolution des problèmes de submersion en période de pluies passe par l'aménagement de regards sur le réseau des eaux usées. Ainsi s'explique l'importance du nombre de casses et de bouchages systématiques des conduites en temps de crues.

Le flux de pollution domestique est estimé sur la base des ratios théoriques retenus au Maroc pour évaluer la pollution, organique et solide, générée par les eaux usées [4]. Ces ratios sont de 76 g.hab⁻¹.j⁻¹ pour la demande chimique en oxygène (DCO), de 55 g.hab⁻¹.j⁻¹ pour les matières

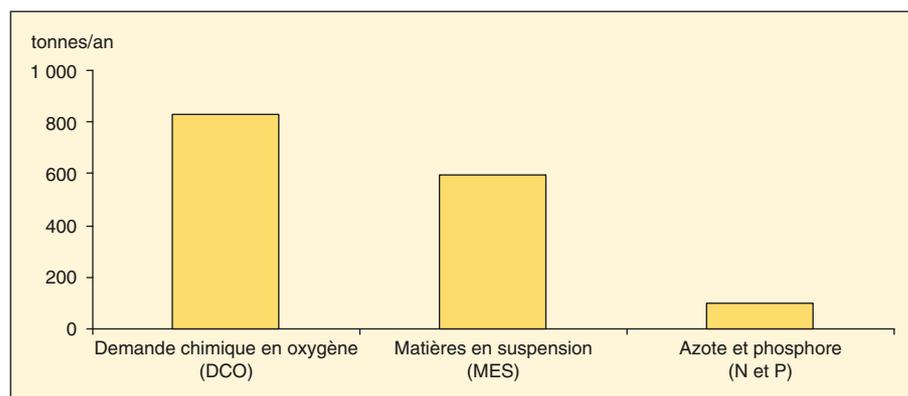


Figure 3. Pollution domestique urbaine rejetée dans le bassin du Srou en 2000.

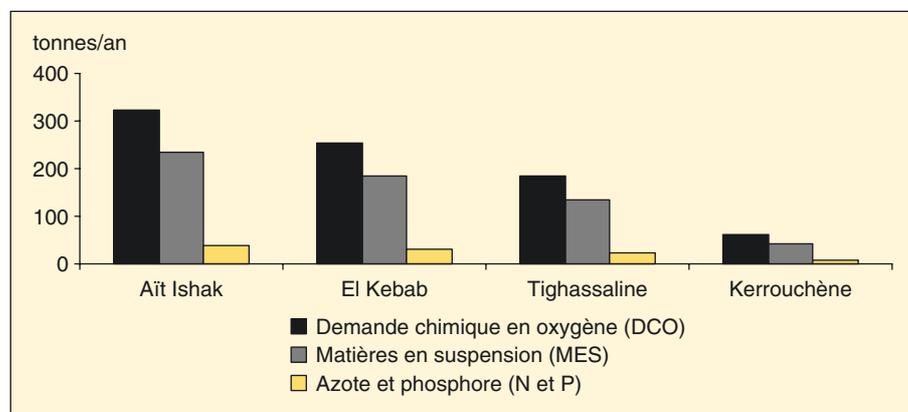


Figure 4. Pollution domestique urbaine, par ville, rejetée dans le bassin du Srou en 2000.

en suspension (MES) et de 9 g.hab⁻¹.j⁻¹ pour la charge en nutriments, en particulier l'azote et le phosphore (N et P).

La pollution totale rejetée (assimilée à la DCO) par les quatre villes est estimée à 827 tonnes/an. Elle est diluée dans une quantité d'eau évaluée à 270 000 m³/an (8,56 L/s), soit plus de 3 kg/m³. L'essentiel de cette pollution est généré par Aït Ishak avec 325 tonnes/an, suivie par El Kebab avec 255 tonnes/an (tableau III, figures 3 et 4). Le quart de ces rejets est déversé, soit dans les ravins avoisinant les habitations, soit dans les puits perdus, surtout dans les quartiers pauvres. Le reste emprunte les réseaux d'assainissement liquide qui se terminent dans des talwegs à sec en moyenne pendant 9 à 10 mois (El Kebab, Tighassaline) ou dans des talwegs à étiage estival sévère (Aït Ishak, Kerrouchène). Aucune ville n'est dotée d'une station d'épuration des eaux usées. D'ailleurs, sur le plan national, seul le tiers des stations d'épuration existantes (une cinquantaine) sont en fonctionnement plus ou moins régulier. C'est dire que l'impact de ces stations en matière de réduction de la pollution des eaux reste insignifiant.

Le flux de pollution domestique rejeté dans les talwegs peine à couler pour atteindre le Srou. Ces talwegs, ne pouvant assurer leur fonction de vecteur d'entraînement, se transforment en un véritable égout à ciel ouvert où les eaux usées stagnent dans l'attente de la prochaine crue. La multiplication d'exutoires sauvages et de rejets en plein air, en milieu urbain comme dans ses environs, provoque la contamination des sols, des nappes phréatiques et la prolifération des insectes porteurs de maladies. L'impact de ces risques sur la santé de la population est grand, mais il est difficile à évaluer en l'absence de données.

Assainissement pluvial : le manque flagrant d'infrastructures

À l'exception de Kerrouchène (construite sur un petit plateau), toutes les villes du bassin du Srou connaissent des problèmes d'assainissement pluvial que nous étudierons à travers l'exemple d'El Kebab lors d'une averse saturante survenue en août 1994.

El Kebab est située sur un versant abrupt. Dans un tel site, le phénomène d'averses peut revêtir un aspect dangereux comme ce fut le cas l'après-midi du 5 août 1994 où une averse (estimée à 60 mm en 30 minutes), localisée et accompagnée de grêle, a entraîné des dégâts considérables. Au moins deux personnes ont trouvé la mort. Une trentaine d'habitations et d'édifices publics ont été sérieusement endommagés, voire détruits (logements en

terre). Les routes ont été très affectées. Une partie des réseaux d'eau potable et d'assainissement liquide a été détériorée. Des sols, des cultures, du bétail, des automobiles et d'autres biens ont été perdus ou emportés. Les travaux de réhabilitation et de remise en état ont été estimés à 385 000 euros [1, 5].

• Les averses violentes : un phénomène récurrent dans la région

Au Maroc, le risque, quelle que soit son origine (naturelle, humaine ou mixte), est généralement perçu comme une fatalité, à forte connotation religieuse. En effet, chaque fois que survient un cataclysme météorologique, les populations se livrent à des explications irrationnelles, comme ce mariage célébré à côté d'une mosquée pendant la prière du vendredi, le jour même où la catastrophe s'est produite. Ainsi, les inondations dévastatrices, tout comme les longues sécheresses, sont assimilées à des punitions divines. Si les inondations invitent à se remettre en question (prières de repentance), le retard des précipitations induit toujours des prières de rogations. Si cela témoigne du poids des croyances, il n'en demeure pas moins que ce sont plutôt la défaillance des responsabilités en matière d'aménagement de l'espace et l'impuissance des techniques qui sont en cause.

Les risques, qu'ils soient d'origine naturelle ou anthropique, sont nombreux et, parfois, imbriqués. Le risque d'inondation fait partie de la famille des risques hydrométéorologiques². Il implique la combinaison d'enjeux matériels vulnérables (concentrations humaines, activités économiques...) soumis à un aléa d'origine naturelle (averses torrentielles...) dont la probabilité d'occurrence revêt un caractère incertain (aléatoire). Toute zone réunissant ces conditions et présentant des caractéristiques géographiques particulières (pentes fortes, sols imperméables...) est considérée comme zone à risques [6, 7]. Les inondations font, en moyenne annuelle, plus d'une centaine de morts et disparus.

² Risques hydrométéorologiques : pluies torrentielles, tempêtes de neige ou de grêle, inondations, avalanches de neige, mouvements de terrains tendres sous l'effet d'imbibition, etc.

Le pic enregistré ces dernières années remonte au 17 août 1995 avec plus de 200 morts dans la vallée de l'Ourika au sud de Marrakech à la suite d'une crue éclair.

La recrudescence des catastrophes relatives aux inondations est-elle liée à ce que les climatologues appellent le « Global change » ? Si certains experts attribuent les récents dérèglements climatiques qui surviennent un peu partout dans le monde (longues sécheresses, inondations catastrophiques, tempêtes inhabituelles de neige...) au réchauffement de la planète dû à l'effet de serre, d'autres soulignent les incertitudes de cette hypothétique évolution du climat, surtout lorsqu'on descend à une échelle locale. Le suivi régulier et précis des paramètres climatiques et des catastrophes ainsi que le progrès scientifique vont, sans doute, contribuer à réduire ces incertitudes [8-12].

La durée de retour de l'intensité des pluies qui ont submergé El Kebab le 5 août 1994, est au plus décennale si l'on se rapporte aux données des stations proches (Fès, Meknès, Midelt) où furent enregistrées des intensités similaires pour une période de retour de 10 ans (tableau IV). ces valeurs peuvent être dépassées en montagne, avec un risque plus menaçant de crue en été, saison d'averses violentes et localisées³, qu'en hiver où les précipitations, bien qu'elles soient d'une intensité modérée, sont souvent suffisamment généralisées et persistantes pour engendrer des glissements de terrains importants [13]. L'impact de ces averses ne s'évalue pas de la même façon selon qu'elles concernent le milieu rural ou le milieu urbain où la concentration des populations est importante. L'ampleur des dégâts à El Kebab a tellement plongé les populations dans une étrange amnésie qu'elles considèrent les inondations du 5 août 1994 comme un événement sans précédent !

³ Malgré la fréquence importante des orages estivaux à El Kebab, les averses sont rarement enregistrées par des pluviomètres très espacés. La moyenne des précipitations (période de 30 ans) des mois les plus chauds et secs de l'année, juillet et août, est respectivement de 2 et 3 mm.

Tableau IV. Intensité maximale des pluies en mm/heure, pour une période de retour de 10 ans (1954-1964). (d'après [14]).

Durée	15 minutes	30 minutes	1 heure	2 heures
Fès	64	41	28	18
Meknès	96	61	38	14
Midelt	38	26	17	10
Moyenne	66	43	28	14

Le climat du Moyen-Atlas occidental est caractérisé par l'alternance de deux saisons thermopluviométriques. Une saison hivernale pluvieuse (novembre à avril) dominée par un régime des vents rattaché à la circulation des régions tempérées, et une saison estivale sèche (mai à octobre) avec un régime des vents rattaché à la circulation des régions tropicales. La saison estivale est marquée par des vents chauds et secs (comme le chergui, d'origine saharienne) qui se rechargent en humidité en grimant les versants sud-est de l'Atlas, où ils donnent lieu à des pluies orageuses. Le versant d'El Kebab se trouve en position « sous le vent » et ne subit qu'un effet de fœhn. On peut penser que l'averse du 5 août à El Kebab est due au réchauffement de l'air par la base, sachant que la vigueur de l'insolation estivale fait grimper les températures, surtout en situation de « marais barométrique » (absence de vent). En journée, la moyenne d'août atteint 40 °C et le maximum absolu est de 47 °C (station de Khénifra). Cette surchauffe des basses couches engendre la formation d'amas convectifs assez puissants et bien développés verticalement du fait de la topographie. La turbulence thermique augmente la charge en eau des cellules nuageuses (cumulo-nimbus) qui, après avoir atteint le point de condensation, provoquent des averses violentes. À l'inverse des perturbations classiques du flux d'ouest ou de nord qui balayent un vaste espace, les temps orageux sont difficiles à prévoir par les services de la météorologie⁴. Bien que les orages soient fréquents en saison estivale (une quarantaine de jours entre mai et octobre, soit 80 % du total annuel), les prévisions faites à 24 heures restent imprécises sur leur déclenchement. C'est ainsi que l'intensité, le point d'impact (rayon de 150 km) et l'heure (décalage possible de 3 à 4 heures) de l'orage sont aléatoires. La formation et le développement des orages sont des phénomènes locaux et limités dans le temps. Ils dépendent en particulier des caractères thermiques et du régime des vents des heures qui précèdent [15-17].

⁴ Les temps orageux sont généralement de deux types [15, 16] : les orages convectifs, nés des cumulonimbus, sont dus à la surchauffe des basses couches, comme ce fut le cas de l'averse d'El Kebab ; les orages frontaux, dépendant de l'arrivée de systèmes perturbés, sont associés à des ascendances forcées d'air chaud soulevé par de l'air plus froid et donc plus dense. Ils sont plus étalés dans l'espace et plus aisément prévisibles que le premier type.

• Les facteurs géographiques et anthropiques aggravants

Les pluies intenses ne peuvent pas expliquer à elles seules le bilan de la catastrophe ; il faut prendre en compte la topographie, la lithologie et l'état d'anthropisation du terrain récepteur. L'examen des figures 5 et 6 montre qu'El Kebab, construite sur un substrat argilo-basaltique du Trias, est adossée à la paroi calcaire du Causse dont le rebord fragmenté présente un risque d'éboulement pour les habitations limitrophes. Ces éboulements sont aggravés par des glissements et des affaissements de terrains argileux sous-jacents. La ville est traversée par plusieurs torrents d'inégale importance. Les parties supérieures de leurs bassins sont étalées sur le Causse déboisé où le réseau hydrographique est mal structuré en raison de la faiblesse de la pente qui joue en faveur de l'infiltration des eaux. Le reste des parties réceptrices des bassins est, en revanche, développé dans un milieu argileux rhéxistatique, pentu, défriché et imperméable. Pour autant, le réseau hydrographique temporaire est plus dense que ne le laisse apparaître la figure 5. Ces conditions rendent possible le déclenchement d'un ruissellement brutal et des crues à chaque averse relativement forte.

Les tableaux V et VI détaillent les paramètres morphométriques du plus important torrent qui traverse la ville à l'est, à savoir Issighiden. Du fait de l'urbanisation, le torrent a été enterré au début des années 1980, au niveau de la route traversant l'agglomération (figure 5, photo 1). Le canal a une section de 3 m² et une longueur de 40 mètres. En milieu montagnard, la traversée des torrents par les routes secondaires s'effectue au moyen de gués et de ponts radiers. Adoptée pour diverses raisons (topographie accidentée, manque de fonds, absence d'enjeux économiques...), cette forme d'aménagement des torrents constitue une alternative aux ponts sous-dimensionnés qui occasionnent, à la suite d'averses violentes, des crues d'embâcle-débâcle (effet de rupture de barrage) dont les conséquences sont encore très graves.

Les intempéries mettent en évidence l'absence d'une politique stricte d'aménagement du territoire propre à la montagne. Les carences de la réglementation de l'occupation des sols, le manque de moyens matériels et humains, l'urbanisation sauvage des secteurs inondables, l'incurie et la spéculation immobilières sont autant de problèmes dont souffrent toutes les villes marocaines. Pour protéger El Kebab, un simple chenal-ceinture a été

aménagé au sud, partiellement en murettes et gabions pour recueillir et dévier les eaux des torrents (figure 5). Ce chenal-ceinture est quasiment comblé de matériaux et entaillé en de nombreux endroits par de petits talwegs à forte pente. La dynamique de l'érosion est si vigoureuse que la topographie des versants et le tracé de certains torrents changent constamment (photo 2). Les différentes anomalies existant entre les cartes topographiques (les dernières versions remontent à 1973) et le terrain compliquent la tâche de l'établissement des plans de prévention des risques.

La topographie plane du Causse du bassin d'Issighiden à El Kebab amortit la déclivité de l'ensemble (l'indice global de pente est seulement de 8,6 %), et la confluence oblique des affluents avec le cours d'eau principal retarde la concentration rapide des eaux. Toutefois, la forme relativement ramassée du bassin (indice de compacité de Gravelius de 1,34 – encadré 1) et son exigüité (6 km²) sont favorables à l'afflux rapide des eaux vers l'aval. Le temps de concentration (encadré 2) des eaux a été estimé à 0,4 heure (24 minutes) pendant l'averse du 5 août 1994, soit trois fois moins que le temps standard de concentration des eaux (1,18 heure) d'après la formule de Giandotti [18]. En plus de l'exigüité du bassin, la raideur des pentes des versants argileux (supérieure par endroits à 30 %) qui surplombent El Kebab raccourcit les temps de concentration des eaux par rapport aux durées des averses [1, 7, 19] (figure 6).

Dans un bassin à dominante karstique, tel que celui d'Issighiden à El Kebab, la propagation des crues dépend de la réponse du Causse à l'averse, réponse qui diffère d'un endroit et d'un moment à l'autre. L'apparition plus ou moins rapide du ruissellement dépend de la valeur que prennent, à chaque instant, l'intensité de la pluie et la vitesse d'infiltration. Tout s'infiltrera si la vitesse d'infiltration dépasse l'intensité d'une averse. À l'inverse, le sol refuse l'excès d'eau qui constitue alors le ruissellement. La vitesse moyenne de l'écoulement dans la partie supérieure du Causse d'El Kebab est de 140 mètres/heure contre plus de 320 m/h dans les calcaires du sud-est de la France [20, 21]. Cela dit, la faible capacité de percolation du Causse permet aux averses intenses de donner lieu à un ruissellement qui rejoint rapidement le flot d'eau important sur les versants argileux et pentus situés en aval. Par ailleurs, l'étroitesse des vallées qui entrecourent le rebord du Causse augmente la vitesse d'écoulement des eaux.

L'espace urbanisé d'El Kebab étant faiblement asphalté, ce sont les crues des petits

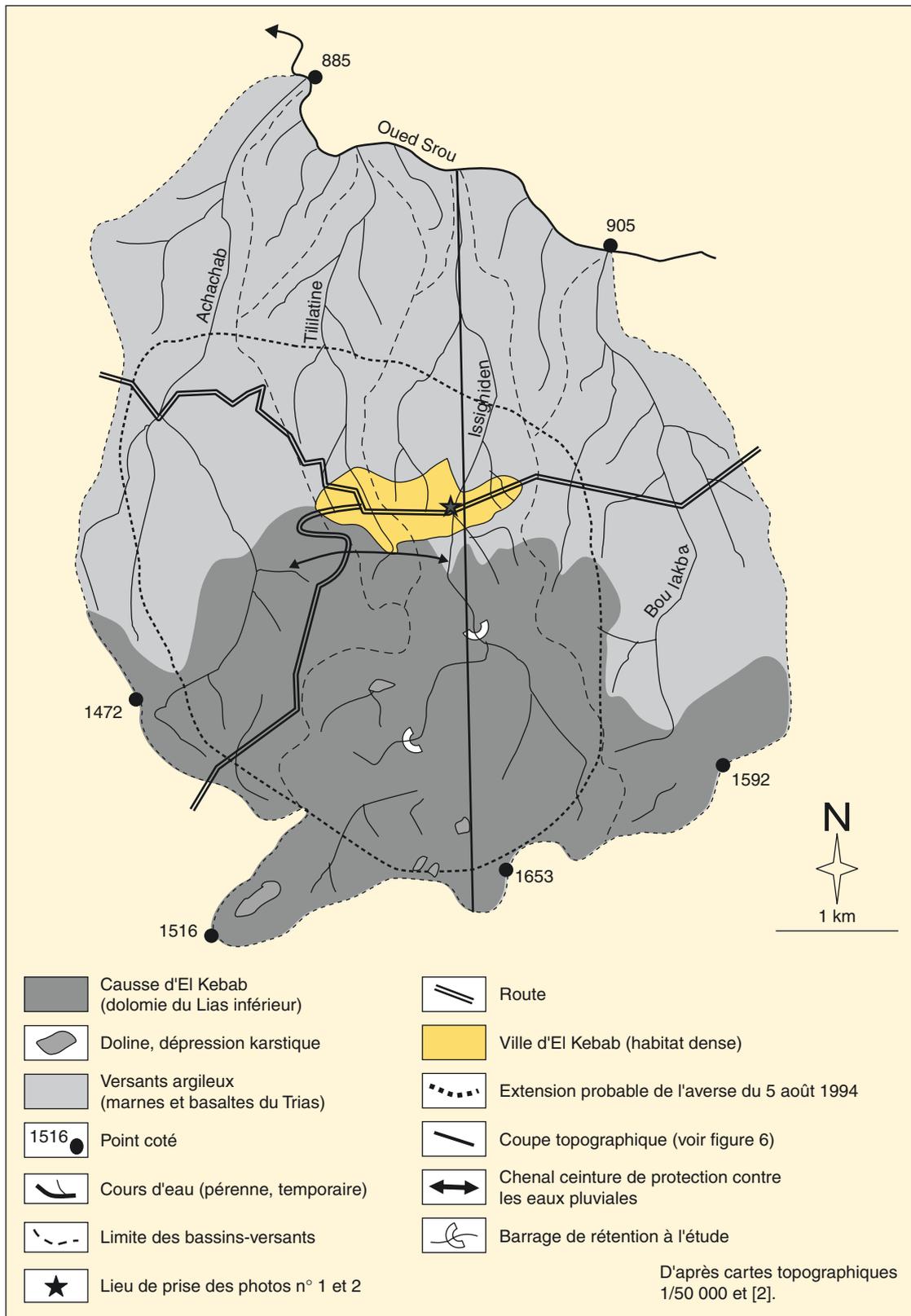


Figure 5. L'environnement topographique, lithologique et hydrographique de la ville d'El Kebab.

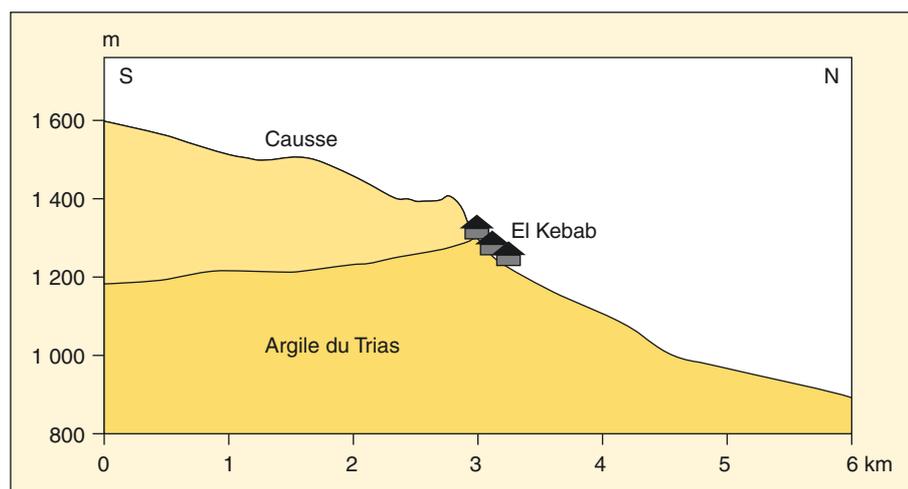


Figure 6. Coupe topographique et géologique du versant d'El Kebab.

Tableau V. Principales caractéristiques morphométriques du bassin d'Issighiden à El Kebab et à la confluence avec le Srou.

Paramètre	Issighiden à El Kebab	Issighiden à la confluence avec le Srou
Périmètre P (km)	11,75	17,50
Superficie S (km ²)	6	8,57
Indice de compacité de Gravelius K	1,34	1,67
Altitude maximale Zx (m)	1 653	1 653
Altitude minimale Zn (m)	1 240	895
Altitude moyenne Z (m)	1 492	1 370
Altitude médiane Zm (m)	1 495	1 445
Longueur L (km) du rectangle équivalent	3,41	7,60
Largeur l (km) du rectangle équivalent	1,76	1,13
Indice global de pente IGP (%)	8,59	8,35
Dénivelée spécifique Ds	210	245
Temps de concentration des eaux (heures)	1,18	1,19

Tableau VI. Répartition par tranche d'altitude de la superficie du bassin d'Issighiden à El Kebab et à la confluence avec le Srou.

Tranche d'altitude en m	Issighiden à El Kebab		Issighiden à la confluence avec le Srou	
	Km ²	%	Km ²	%
900-1 000	-	-	0,63	07,35
1 000-1 100	-	-	0,81	09,45
1 100-1 200	-	-	0,69	08,05
1 200-1 300	0,12	02,00	0,56	06,54
1 300-1 400	0,63	10,50	0,63	07,35
1 400-1 500	2,31	38,50	2,31	26,96
1 500-1 600	2,50	41,67	2,50	29,17
1 600-1 700	0,44	07,33	0,44	05,13
Total	6,00	100	8,57	100

bassins (débouchant sur la ville) imperméables, défrichés et pentus qui occasionnent les inondations importantes. C'est dire que ces bassins montagneux sont presque autant imperméabilisés que les bassins urbanisés (Casablanca...) et les plaines imperméables (Gharb, Chaouia...),

où les inondations sont assimilées à des submersions alors qu'elles sont associées en montagne à des écoulements torrentiels brutaux, souvent limités dans l'espace. A la forte vulnérabilité naturelle (relief accidenté, averses torrentielles, sols imperméables, roches tendres...) s'ajoute la vulnérabilité

socio-économique d'une ruralité dégradée et mal domestiquée se traduisant par le défrichement, l'absence ou l'inadaptation des traitements des versants, le manque d'entretien des exploitations, la méconnaissance des aléas climatiques, l'insuffisance des investissements et le poids des croyances fatalistes des populations pauvres mal préparées à de telles catastrophes. Tous ces facteurs amplifient l'éventualité des risques hydrométéorologiques.

Généralement, les bassins de moins de 200 km² ne sont pas jaugés dans la région. De plus, la structure de l'averse n'étant pas connue, il est difficile d'évaluer l'ampleur du débit de la crue, ainsi que la forme de son hydrogramme. Si nous admettons que la lame précipitée sur le bassin à l'amont d'El Kebab est de 50 mm en 30 minutes, et que la lame d'eau écoulée est de seulement 25 mm (soit un coefficient d'écoulement de 50%)⁵, le débit moyen pendant la durée de base de la crue (estimée à 2,5 heures, soit 9 000 secondes) est égal à 16,7 m³/s, soit un débit spécifique de 2 783 l.s⁻¹.km⁻².

$$\frac{25 \text{ mm} \times (6 \text{ km}^2 \times 1 000)}{9 000 \text{ s}} = 16,7 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ce débit dépasse la débitance initiale de l'ouvrage de traversée qui est de l'ordre de 11,6 m³/s. Encombrée de dépôts divers, la buse de cet ouvrage n'a pas pu canaliser le flot issu de deux talwegs qui confluent à quelques dizaines de mètres en amont (figure 5). A cela s'ajoute le problème du rehaussement du lit du torrent par cet ouvrage qui engendre une modification de la section naturelle d'écoulement et, partant, une tendance au débordement des eaux sur les berges lors des crues. Par ailleurs, nous avons utilisé la formule de Myer pour estimer la crue maximale (le pic de la crue) tributaire de l'averse du 5 août 1994 sur le bassin d'Issighiden à El Kebab. La formule de Myer se présente ainsi

$$Q_{\text{max}} = C \times S^{0,5}$$

Où :

Q_{max} est le débit de la crue maximale en m³/s ;

S, la superficie du bassin en km² ;

C, la cote Myer du bassin, qui est fonction de ses caractéristiques propres ainsi que de son système climatique.

L'exploitation de l'analyse de cette cote faite par Bravard [22] nous a permis d'avancer une valeur de la cote Myer égale à 20 pour le bassin étudié :

$$Q_{\text{max}} = 20 \times 6^{0,5} = 49 \text{ m}^3/\text{s}$$

⁵ Nous avons estimé la lame d'eau précipitée perdue par infiltration dans le Causse et, secondairement, par évaporation (on est en pleine saison estivale) à 25 mm.



Photo 1. Vue vers le sud-est (6 août 1994). El Kebab au niveau d'Issighiden, le plus important torrent traversant l'agglomération. Le torrent est canalisé à partir de son entrée dans l'agglomération, mais le canal est peu entretenu. Les débordements provoqués par l'averse du 5 août 1994 ont causé des dégâts considérables. Au premier plan, la route est encombrée de matériaux divers. En arrière-plan, on observe le rebord du Causse d'El Kebab (cliché MD El Jihad).



Photo 2. Vue vers l'ouest (6 août 1994). La violence de l'érosion dans les terrains argileux situés à deux kilomètres au nord-ouest d'El Kebab. Au premier plan, une poterie, située à proximité d'un torrent (Achachab), a été envahie par les eaux de l'averse torrentielle du 5 août 1994. Le choix de l'emplacement de cette poterie est dicté par la proximité d'une source. En arrière-plan, on observe une colline argileuse en voie de disparition. Pour protéger la route goudronnée, une terrasse a été aménagée au milieu du versant pour recevoir les glissements de terrains (cliché MD El Jihad).

Les matériaux (pierres, boues, branches...) charriés par le torrent ont envahi les voies publiques, les constructions riveraines et les canalisations d'égouts (photo 1). La masse de matériel transporté par Issighiden à El Kebab est estimée à plus de

600 tonnes pendant la crue. La chaleur estivale intense avait rendu la croûte superficielle des sols argileux friable et pulvérulente. La majeure partie de cette masse s'est déversée dans le Srou dont le bassin, largement argileux, contribue activement

à l'envasement de barrage d'Ahmed-el-Hansali (figure 2, photo 2). Sur le plan national, le phénomène de l'érosion des sols entraîne, en moyenne annuelle, une perte de 50 millions de m³ de capacité de stockage des barrages, soit un potentiel en eau d'irrigation de 5 000 ha/an.

- La défaillance du service public d'organisation des secours et du dédommagement des sinistrés

Alors qu'éboulements et glissements de terrain constituent un risque permanent dans cette région, il a fallu attendre le lendemain, plus de 24 heures après la catastrophe, pour que les premiers secours arrivent, en particulier de Khénifra, ville distante de 30 km seulement. Pendant ces 24 heures, la population sinistrée a été livrée à elle-même. La commune d'El Kebab a dû se débrouiller seule pour l'aider, et tenter de coordonner les interventions avec ses faibles moyens. À cela s'ajoute le manque de coordination des sauveteurs, en nombre insuffisant et relevant, en plus, de différentes autorités (protection civile, travaux publics, commune...). Malgré la recrudescence des inondations, il n'existe pas de service structuré d'aide médicale urgente ou de plan d'organisation des secours (comme le plan ORSEC en France). Il y a un retard important dans l'engagement des ressources nécessaires en matière de prise en charge correcte des victimes. Au niveau de la direction générale de la Protection civile (DGPC), on souligne l'absence de textes juridiques et réglementaires régissant les relations entre les divers acteurs de la protection contre les inondations.

Au Maroc, la polémique sur l'importance et l'affectation des fonds débloqués pour dédommager les sinistrés des catastrophes de toutes sortes soulève une foule de questions. N'arrivant pas souvent à destination, ces maigres fonds sont détournés ou, au mieux, investis dans la réfection des dommages publics ou dans d'autres secteurs jugés prioritaires et urgents (eau potable...). À l'inverse des pays développés, il n'existe pas de forme de solidarité, légale et régulière, qui pourrait indemniser les sinistrés. En matière de risques, d'origine naturelle ou humaine, le système d'assurance marocain demeure embryonnaire. Les principales entreprises s'assurent, souvent, auprès de puissantes compagnies étrangères. Pour une population pauvre et analphabète, souscrire une assurance contre les aléas climatiques relève d'autant plus de l'aberration que les contraintes sont nombreuses (langage ésothérique, clauses incomprises, mesures préventives draconiennes, normes inexistantes...). Il s'ensuit que l'absence d'un système d'assurance adéquat tient plus à

Encadré 1

L'indice de compacité de Gravelius (K) d'un bassin-versant renseigne sur sa forme qui commande, en quelque sorte, l'allure des crues. Pour une pluie d'intensité et de durée identiques sur deux bassins ayant la même superficie, les crues enregistrées à l'exutoire d'un bassin de forme ramassée seraient plus importantes que celles d'un bassin allongé. L'indice K est le quotient entre le périmètre (P en km) du bassin et le périmètre (P' en km) du cercle de surface équivalente (S en km²) :

$$K = \frac{P}{P'} = \frac{P}{2\sqrt{\pi S}} = \frac{1}{2\sqrt{\pi}} \times \frac{P}{\sqrt{S}} = 0,28 \times \frac{P}{\sqrt{S}}$$

L'indice K est égal à 1 pour un bassin circulaire ou réduit à un carré et croît d'autant plus que la compacité diminue.

Encadré 2

Le temps de concentration des eaux (Tc) d'un bassin-versant renseigne sur le temps que met une particule d'eau (début de ruissellement) provenant du point le plus éloigné de l'exutoire pour arriver à celui-ci. Cette durée dépend de la topographie, de l'état hydrique et de la capacité d'infiltration du sol, de la pluie antécédente, etc. À défaut de mesures *in situ*, des formules ont été élaborées pour le calcul du temps type (ou standard) de concentration des eaux. Celle de Giandotti (bassins-versants ruraux) se présente ainsi :

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1,5L}{0,8\sqrt{H}}$$

Où :

Tc : temps de concentration en heures ;

S : surface du bassin-versant en km² ;

L : longueur du bassin-versant en km ;

H : dénivelée en mètres entre la cote moyenne du bassin-versant et son exutoire.

la pauvreté et à l'analphabétisme qu'aux pesanteurs culturelles.

En milieu montagnard, le système d'annonce de crues n'est pas valide pour des bassins réduits. Seuls un véritable aménagement du territoire et une meilleure prévision météorologique des orages seraient capables d'amortir l'impact des catastrophes. Encore faut-il disposer d'un cadre juridique pour pouvoir organiser le fonctionnement et l'intervention de tous les organismes concernés par le problème des inondations. Quelques mois après la catastrophe d'El Kebab, des mesures de maîtrise du ruissellement (traitement et correction biologique et mécanique des versants et des ravins, réhabilitation des canaux d'évacuation, bassins de rétention...) ont été identifiées et proposées dans le cadre d'un consensus associant commune d'El Kebab et plusieurs services provinciaux (préfecture, agriculture, équipement, eaux et forêts...). Cependant, ces mesures en sont encore au stade d'études sommaires, en particulier pour les deux petits barrages de rétention prévus à l'amont d'El Kebab (figure 5). Ces bassins de rétention permettraient, d'une part, de limiter les inondations dévastatrices par un largage différé des eaux à un débit mesuré et, d'autre part, de fournir un apport d'eau d'appoint

aux nappes qui alimentent les sources, largement utilisées par les populations pour l'irrigation et les besoins domestiques. De cette manière, ces aménagements amortiraient leur coût. Toutefois, leur exécution bute sur les problèmes de financement, de l'urbanisation sauvage, surtout en zone inondable, et de la délimitation du Domaine public hydraulique (DPH) découlant des péripéties de la mise en place, en 1999, de l'agence de bassin hydraulique (ABH) de l'Oum-er-Rbia conformément aux dispositions de la loi sur l'eau de 1995 [5, 23].

Conclusion

Les ressources hydriques des plaines atlantiques du bassin de l'Oum-er-Rbia souffrent des rejets des villes et des activités des espaces situés en amont tel que celui du bassin du Srou. Si l'autoépuration du Srou et du haut Oum-er-Rbia est efficace pendant les hautes eaux, en étiage la situation devient critique du fait des rejets urbains du bassin du Srou qui s'ajoutent à ceux, plus importants, de Khénifra qui sont véhi-

culés par l'Oum-er-Rbia⁶. Tous ces rejets, en pleine croissance, risquent de provoquer une grave pollution des eaux du barrage d'Ahmed-el-Hansali, destinées aux populations de l'aval. C'est pour cela que des travaux ont été entrepris depuis novembre 2000 dans le cadre de la coopération germano-marocaine pour assainir Khénifra, une agglomération de plus de 130 000 habitants.

Dans les villes du bassin du Srou, les crédits dérisoires de l'Équipement sont centrés plus sur la recherche et l'approvisionnement en eau potable que sur les problèmes d'assainissement, liquide et pluvial. Dans la loi sur l'eau de 1995, les dispositions relatives à la dépollution des rejets domestiques et industriels sont fondées sur le principe de pollueur/payer instauré dans le cadre de la création des ABH. Le bassin du Srou sera impliqué dans un processus de dépollution et d'amélioration de son assainissement liquide au profit, non seulement de son environnement, mais aussi de celui des régions situées à l'aval de l'Oum-er-Rbia. Imposer des redevances à des communes pauvres, habituées depuis longtemps à la « gratuité de polluer », est une mesure difficile à appliquer dans l'immédiat.

Naguère, les risques liés aux inondations, en particulier dans les montagnes, étaient quasiment ignorés par la législation hydraulique marocaine, et même la loi sur l'eau de 1995 ne leur consacre que quelques rares dispositions à caractère très général et toujours en attente de textes d'application. Un plan directeur de protection contre les inondations dans la zone d'action de l'ABH de l'Oum-er-Rbia est en cours d'élaboration. Ce plan associe, en particulier, les efforts de trois acteurs, à savoir la direction générale de l'Hydraulique (ministère de l'Équipement), les communes et l'ABH de l'Oum-er-Rbia. Celle-ci est chargée d'apporter son concours financier aux communes et aux populations qui entreprennent des travaux d'assainissement liquide et de protection contre les inondations. Toutefois, ce concours dépend des redevances de prélèvement et de pollution des eaux qui ne sont pas encore perçues par l'ABH en raison des difficultés que soulève la délimitation du DPH.

Les problèmes liés à l'eau étant très imbriqués, la gestion intégrée des ressources en eau nécessite la mise en place de schémas de gestion, à toutes les échelles spatiales, concernant aussi bien l'assainissement

⁶ Le débit moyen de février et d'août est respectivement de 27 et 12 m³/s pour l'Oum-er-Rbia (au niveau de Khénifra) et de 21 et 4 m³/s pour le Srou (à sa confluence avec l'Oum-er-Rbia) [1].

liquide que l'assainissement pluvial. Ces schémas devraient intégrer, également, les plans de mobilisation de la ressource en eau (eau potable et agricole) et de lutte contre l'érosion. La réalisation de ces schémas pourrait renforcer l'idée d'une solidarité intercommunale qui souffre actuellement, en plus du flou qui entoure la délimitation du DPH, d'un vide juridique et du manque de moyens financiers qui auraient pu être réglés par une vraie réforme communale, reportée sans cesse. Dans la foulée de la privatisation de certains services publics, une éventuelle gestion déléguée du service de l'assainissement (mais aussi de l'eau en général) de ces petites villes posera le problème du faible pouvoir d'achat de leurs populations. Ce facteur économique n'est pas seul en cause ; il faut se rendre compte d'autres tares comme l'analphabétisme, l'absence d'engagement citoyen et la crise de la démocratie représentative dont souffre la population. Cela étant, les ingrédients d'un contre-pouvoir vis-à-vis des puissantes sociétés de l'ingénierie de l'eau font encore défaut. ■

Références

1. El Jihad MD. *L'eau dans le haut bassin-versant de l'Oum-er-Rbia (Maroc), ressources, utilisations et conflits*. Thèse de doctorat, université de Poitiers, 1999, 606 p.
2. Martin J. *Le Moyen Atlas central, étude géomorphologique*. Notes et mémoires du service géologique du Maroc, n° 258 bis. Rabat : Ministère de l'Énergie et des Mines, 1981 ; 446 p.
3. Ministère de l'Équipement. *Étude d'approvisionnement en eau potable des populations rurales de la province de Khénifra*. Rabat : Ministère de l'Équipement, 2000 ; plusieurs rapports.
4. Office national de l'eau potable (Onep). *Étude d'assainissement des villes de Khénifra et Mrirt*. Rabat : Onep, 1993 ; plusieurs rapports.
5. Ministère de l'Équipement. *Étude de protection contre les inondations, province de Khénifra*. Beni Mellal : Agence du bassin hydraulique de l'Oum-er-Rbia, 2002 ; plusieurs rapports.
6. Lamarre D. Le concept de risque lié au climat, une tentative de clarification. In : *Les risques liés au climat*. Dijon : Éditions universitaires de Dijon, 1997 : 7-28.
7. Dauphiné A. *Risques et catastrophes : Observer, spatialiser, comprendre, gérer*. Paris : Armand Colin, 2001 ; 288 p.
8. Douguédroit A. Climat du bassin méditerranéen. In : *Le climat, l'eau et les hommes*. Rennes : Presses universitaires de Rennes, 1997 : 251-80.
9. Les sécheresses de par le monde. *Sécheresse* 1995 ; 6 : 1-158.
10. Delannoy H. Remarques sur la climatologie de la façade atlantique ibéro-marocaine au sud de 40° N. In : *Le climat, l'eau et les hommes*. Rennes : Presses universitaires de Rennes, 1997 : 301-17.
11. Vigneau JP. *Géoclimatologie*. Paris : Ellipses, 2000 ; 334 p.
12. Héty B. Une géomorphologie socialement utile, la question des risques naturels. In : *Géographie et société, vers une géographie citoyenne*. Sainte-Foy : Presses de l'université de Québec, 2001 : 61-92.
13. Millies-Lacroix A. *Observations sur les glissements de terrains au sud-ouest de Kerrouchène*. Rabat : Ministère de l'Énergie et des Mines, Division de la géologie, 1963 ; 17 p.
14. Société grenobloise d'études et d'applications hydrauliques (SOGREAH). *Étude de l'érosion et des transports solides en zone semi-aride, recherche bibliographique sur l'Afrique du Nord*. Grenoble : SOGREAH, 1983 ; 83 p.
15. Vigneau JP. *L'eau atmosphérique et continentale*. Paris : SEDES, 1996 ; 192 p.
16. Tabeaud M. Les orages en Île-de-France, définition et gestion préventive des risques. In : *Les orages dans l'espace francilien*. Paris : Publication de la Sorbonne, 2000 : 13-31.
17. Thillet JJ. *La météo de montagne*. Paris : Seuil, 1997 ; 192 p.
18. Poirée M, Ollier C. *Assainissement agricole : drainage par tuyaux ou fossés, aménagement des cours d'eau et émissaires*. 3^e éd. Paris : Eyrolles, 1969 ; 473 p.
19. Loup J. *Les eaux terrestres : hydrologie continentale*. Paris : Masson, 1974 ; 173 p.
20. Rousset C. Réseaux homogènes et réseaux hétérogènes des karsts du Sud-Est de la France, rôle équilibrant du milieu karstique en matière de dissolution de carbonates. *Bull Ass Géogr Fr* 1971 ; 389-390 : 263-7.
21. Jacob H, Kontny J. *Les sources et les puits dans la vallée du Srou*. Khénifra : Direction provinciale de l'agriculture, 1988 ; 73 p, annexe.
22. Bravard JP, Petit F. *Les cours d'eau : dynamique du système fluvial*. 2^e éd. Paris : Armand Colin, 2000 ; 222 p.
23. Ministère de l'Agriculture. *Plan d'aménagement anti-érosif pour la protection du centre d'El Kebab*. Fès ; Meknès (Maroc) : Direction des eaux, des forêts et de la conservation des sols, Centres régionaux d'études et d'aménagement de Fès et de Meknès, 1995 ; 28 p, annexe.