

CONFERENCE INTERAFRICAINNE  
SUR L'HYDROLOGIE

---

SECTION TECHNIQUE II  
Point 3

NAIROBI, 16-26 Janvier 1961)

DEGRADATION des COURS d'EAU en ZONE ARIDE

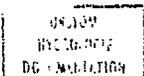
---

Par A. BOUCHARDEAU

Directeur de Recherches de  
l'Office de la Recherche Scientifique  
et Technique Outre-Mer

Directeur du Centre O.R.S.T.O.M. du TCHAD

Décembre 1960



70949

ORSTOM Fonds Documentaire

N° : 33 362

Cote : B

## I - DEFINITION -

Le terme général de "dégradation" désigne l'ensemble des phénomènes qui affectent les cours d'eau lorsque la pluviométrie devient faible.

Ces phénomènes se manifestent de manières très diverses puisqu'ils dépendent des caractéristiques des bassins et des vallées autant que du climat. En fait, il semble que l'on puisse distinguer deux groupes selon que les cours d'eau s'alimentent en zone pluvieuse (cours d'eau exogènes), ou dans la zone aride elle-même.

Dans le premier groupe, nous classerons les cours d'eau dont une partie importante du bassin se trouve dans une zone climatique de pluviométrie suffisante pour leur assurer un débit permanent ou semi-permanent (régimes tropical et soudanien).

Dans le deuxième groupe, les cours d'eau qui ont tout leur bassin en zone sahélienne ou désertique et dont le régime est caractérisé, on le sait, par des pointes de crues séparées par des périodes d'assèchement complet du lit.

Le premier groupe est très bien représenté dans la zone sahélienne de l'hémisphère Nord avec le NIGER, la KOMADOUYOU YOREE, le LOGONE, le CHARI, le NIL et le BA THA (ce dernier constituant la transition entre les deux groupes). Il est remarquable que la majeure partie du réseau hydrographique de cette zone soit exogène. Sans ces apports extérieurs, dans les vastes cuvettes plates du NIGER ou du TCHAD, il n'y aurait d'ailleurs aucun réseau hydrographique actif. La disparition de l'écoulement dans ces régions est autant une affaire d'absence de relief qu'une conséquence de l'aridité.

La deuxième catégorie n'est donc représentée que par des cours d'eau s'alimentant dans des régions montagneuses, dont souvent ils ne dépassent guère le piedmont. Tous les ouadi de l'AIR, de l'ENNEDI, du TIBESTI, de l'OUADDAI, voire même des massifs centraux du TCHAD, subissent ce deuxième genre de dégradation avec des formes très semblables dans tous les cas.

Nous supposons qu'il en est de même dans l'hémisphère Sud. Les rivières décrites par M. WIPPLINGER seraient à classer vraisemblablement dans la deuxième catégorie, bien que les bassins supérieurs de la SWAKOP et de la KUISEB soient beaucoup plus arrosés que leurs cours inférieurs.

## II - COURS d'EAU EXOGENES -

Nous trouvons la description détaillée des dégradations des cours d'eau de ce type dans les communications de M. De LANNOCY (RIMA, YOBE) et de M. AUVRAY (NIGER). Les cas de la RIMA et de la YOBE sont un peu différents de celui du NIGER, fleuve beaucoup plus puissant. Pourtant, on aboutit sensiblement aux mêmes formes de dégradation, qui sont également celles du LOGONE et du CHARI, vastes débordements dans des plaines argileuses, où un débit considérable se perd par évaporation. Dans le cas du NIGER, du LOGONE et du CHARI, l'ensablement du lit est cependant beaucoup moins net que dans les rivières du Nord du NIGERIA. Pour les premières rivières, la puissance de transport est restée suffisante pour que le niveau moyen du lit ne se soit pas élevé sensiblement depuis le début de nos observations, malgré un remaniement constant de ce lit qui prouve le passage d'une quantité très importante de sable. En ce qui concerne le BA THA, rivière encore beaucoup plus "limite" que les autres, nous n'observons pas ces vastes débordements latéraux. Excepté sa grande largeur, le BA THA ne présente aucun signe de dégradation ; ceci est sans doute dû à une pente relativement forte du cours.

Au demeurant, la morphologie décrite par M. AUVRAY n'est pas absolument caractéristique de la zone aride ; on la retrouve en partie dans les zones deltaïques. Les mêmes formes se retrouvent dans des zones qui ne sont pas particulièrement arides, par exemple ; dans le bassin du CHARI, sur le BAHR AZOUM le BAHR SALAMAT, le LOGONE. Il est normal qu'un fleuve évoluant sur son cône d'alluvions dans une région dont la pente générale est très faible, coule dans un lit dont le niveau est supérieur à celui de la plaine, bordé par de puissants bourrelets de berge par dessus lesquels l'eau se déverse à chaque crue dans les plaines voisines. La régularisation qui résulte de ces déversements et de ces accumulations (dans des lacs ou simplement le lit majeur), décrite pour le NIGER, nous la retrouvons particulièrement nette sur le LOGONE entre LAI et KATOA. Or, la pluviométrie est en moyenne, dans cette région, de 1.000 mm.

Cependant, l'aridité accélère certainement le phénomène :

- 1°) Le fleuve aventuré dans la région sahélienne est livré à lui-même et ne reçoit pas les apports latéraux qui lui permettraient d'entretenir sa puissance de transport.

- 2°) La crue, due à des pluies tombées sur le bassin supérieur, parvient dans la zone aride en pleine saison sèche (le décalage sur un parcours aussi long que ceux du NIGER ou du CHARI est, en effet, de un à deux mois).

- 3°) L'évaporation dans les plaines est donc maximale et n'est compensée par aucune pluie, d'où un appel d'eau très important du fleuve vers les plaines d'inondations.

- 4°) L'évaporation dans le lit lui-même n'est pas négligeable et absorbe une part importante du débit.

Tous ces phénomènes contribuent à accentuer les formes normales de dégradation deltaïques.

### III - COURS d'EAU SUBDESERTIQUES -

Le destin des cours d'eau naissant dans la zone aride elle-même est évidemment beaucoup plus précaire. Rappelons d'abord quelques caractères de l'hydrologie en région subdésertique.

Les régions où les précipitations sont rigoureusement nulles sont extrêmement rares. Ces précipitations se présentent de la même façon dans la zone désertique que dans la zone soudanienne, ce sont généralement des tornades de faible durée et d'intensité relativement forte, mais leur extension en surface est moindre.

Ces précipitations seraient susceptibles de ruisseler dans les mêmes conditions qu'en zone soudanienne, si elles ne rencontraient pas souvent un sol rendu très absorbant par une longue sécheresse. Ce n'est qu'après une pluie d'imbibition que le sol acquiert une perméabilité inférieure à l'intensité de précipitation. Mais cette imbibition gaspille souvent la totalité de la pluie, dont il ne reste rien pour alimenter le ruissellement, surtout dans les régions à faible relief.

Une pente, aussi faible soit-elle, améliore considérablement la situation. En zone désertique, on observe des traces d'érosion sur des pentes même très courtes. Ceci provient que sur les pentes, les alluvions les plus meubles et les plus absorbants ont été balayées par l'érosion éolienne et s'accumulent dans les moindres dépressions.

Un relief très accentué permet à ces petites rigoles primaires de se grouper et de constituer un véritable lit. En plaine, elles se perdent dans le sable ou dans une mare.

Sur un bassin situé en zone aride, les surfaces susceptibles de ruisseler sont très réduites pour une précipitation

ordinaire, et peuvent devenir brusquement plus importantes pour une précipitation exceptionnelle ou une série de précipitations rapprochées. Dans ce cas, des matériaux, trop absorbants pour ruisseler en temps ordinaire, peuvent acquérir la cohésion et l'imperméabilité nécessaires.

Les crues sont donc non seulement rares mais d'intensités très différentes suivant les précipitations.

L'extrapolation des résultats aux crues exceptionnelles est très difficile si l'on n'a pas une idée très exacte des sols et notamment de leur perméabilité.

Les crues violentes sont doublement rares, puisque seules quelques précipitations sur un ensemble déjà très réduit sont susceptibles de les provoquer. Or, ce sont presque uniquement ces crues exceptionnelles qui sont responsables du charriage. En effet, le ruissellement attaque, dans ce cas, des parties beaucoup plus meubles du bassin et l'érosion est plus forte qu'à l'ordinaire. Deuxièmement, la puissance de transport de l'Oued est suffisante pour charrier ces matériaux très loin dans le lit, lit qui aura pu rester inactif pendant des années et qui ne pourra être déblayé à nouveau par les crues ordinaires. Ce remblayage, au cours de crues exceptionnelles, et le façonnage général du lit pourront être tels que sa capacité sera trop forte pour les crues ordinaires qui se perdent dans le sable.

Les formes de dégradation que prend ce type de cours d'eau sont décrites par M. AUVRAY dans la publication qu'il présente sous le titre : "Dégradation des lits des petits cours d'eau d'A.C.F."

Ce genre de dégradation est bien le même que celui que nous avons observé au TCHAD.

Le ruissellement en zone prédésertique est plus sensible que dans les autres zones, à la nature du sol et, en particulier, à sa perméabilité. Il est donc très différent d'une région à l'autre.

Par contre, on est frappé par la similitude de formes qu'emprunte la dégradation pour une pluviométrie et des sols variant dans de grandes limites.

En bref, nous pouvons distinguer le cours supérieur où le réseau hydrographique est, en général, peu dégradé, le cours de piedmont et la zone d'épandage où les phénomènes de dégradation s'amplifient.

Le lit supérieur, dans la zone montagneuse, est disposé anarchiquement, encombré de bancs de rochers, de blocs de cailloux, de sables, de fosses argileuses, de débris d'arbres et de végétaux.

A la sortie de la section torrentielle, le lit devient plus large et régulier, constitué de sable homogène et fin, aux berges assez régulières.

L'élargissement se poursuit avec un ensablement de plus en plus important et le lit aboutit soit à un confluent, soit, le plus souvent, à une mare argileuse.

#### IV - CAUSES NATURELLES de la DEGRADATION -

Les documents présentés par M. De LANNOY et M. AUVRAY exposent des causes de dégradation qui sont, dans la partie de l'AFRIQUE qu'ils ont étudiée, presque uniquement des causes naturelles, en l'absence d'une influence notable de l'homme.

L'évolution s'explique par un déséquilibre entre l'érosion des parties hautes et le transfert des matériaux. Les alluvions ne sont transportées qu'en partie par des cours d'eau ayant un débit insuffisant et elles encombrant leur lit.

Ce processus d'alluvionnement du lit s'accroît de lui-même car l'augmentation de la largeur des lits diminue encore le débit disponible pour le transport solide.

L'ensablement des lits a un caractère essentiellement discontinu, car seules, des crues très fortes sont capables d'apporter les alluvions dans la partie aval du réseau hydrographique et de les faire avancer. Les crues les moins importantes se perdent dans le sable. Comme nous l'avons signalé, les crues moyennes s'accompagnent d'ailleurs d'une érosion du bassin infiniment moins importante que les fortes crues, car seules, dans ce cas, les surfaces de sols présentant une certaine cohésion et une certaine imperméabilité sont susceptibles de ruisseler.

La faible extension des tornades en surface est aussi un facteur de la dégradation. La crue produite sur une partie du bassin aboutit généralement à un émissaire plus important complètement sec, où elle se perd rapidement, déposant ainsi les matériaux transportés.

Enfin, vers le Nord, dans l'hémisphère boréal, l'influence éolienne devient très rapidement déterminante par la création de barrages dunaires en travers des vallées ou par l'effacement complet du lit sous des matériaux fins.

La dégradation actuelle de cette partie de l'AFRIQUE est-elle due à une variation récente du climat et peut-on constater actuellement une évolution particulièrement rapide ?

M. De LANNOY écrit qu'il n'est pas démontré que le SAHARA est en marche vers le Sud, mais que l'ensablement des cours d'eau, dans un pays déjà très plat, ne peut certainement que s'aggraver. A quelle échelle de temps : dizaines d'années, siècles ou millénaires ?

Autant de questions qui n'ont pas encore reçu de réponses précises.

#### V - CAUSES HUMAINES -

L'étude de M. WIPPLINGER montre à quel point certains travaux peuvent avoir une influence rapide sur la dégradation.

En dix ans seulement, les rivières OUISEB et SWAKOP, dans le Sud-Ouest Africain, se sont dégradées au point que leur débit s'est annulé dans leur cours inférieur.

Les précipitations annuelles n'ont cependant guère varié depuis le début des observations qui sont très anciennes. Il y a des oscillations de la pluviosité mais aucune décroissance systématique.

D'après M. WIPPLINGER, ce n'est donc pas à la diminution de la pluie, mais à la destruction de la végétation qu'il faut attribuer la dégradation.

Notons les deux temps du phénomène :

Dans le premier temps, on a observé la croissance du coefficient de ruissellement, résultant de la disparition de la couverture végétale, mais parallèlement, l'érosion augmentait considérablement.

Dans le deuxième temps, le lit s'est encombré d'alluvions lui donnant une capacité et une largeur énormes. Le débit, entièrement absorbé dans les alluvions du lit, s'est annulé entièrement.

M. WIPPLINGER touche ainsi du doigt les dangers très réels d'une exploitation trop intense des sols à des fins agricoles ou pastorales en zone aride. C'est un exemple frappant de la rupture inconsidérée de l'équilibre naturel, aboutissant à une dégradation pratiquement irrémédiable.

VI - CONSEQUENCES de la DEGRADATION sur l'EXPLOITATION des EAUX SUPERFICIELLES et SOUTERRAINES -

Si nous exceptons le bénéfice de la régularisation exposée par M. AUVRAY, qui ne se fait d'ailleurs pas sans pertes considérables et ne concerne que les grands cours d'eau exogènes, nous ne voyons que des désavantages à la dégradation en zone aride pour l'exploitation des eaux superficielles.

Dans les ouadi, les sections du cours où l'on peut utiliser les eaux superficielles sont très rares. En effet, les ouvrages de captage doivent être installés aux emplacements où le bed-rock imperméable n'est pas trop profond, emplacements qui ne se trouvent que dans la partie montagneuse ou dans le piedmont immédiat. Plus en aval, tout ou partie du débit est absorbée dans le lit.

Les crues sont, de toute manière, trop brèves pour que l'on puisse s'en servir sans ouvrages de régularisation et de stockage. Si l'ouvrage régularisateur est placé très en amont du point d'utilisation, il ne sera jamais possible d'utiliser le cours d'eau pour le transport jusqu'à ce point et, dans tous les cas, il sera nécessaire de prévoir un canal ou une conduite d'adduction.

Pour le stockage, le procédé préconisé par M. WIPPLINGER des barrages ensablés paraît excellent, en supprimant l'évaporation qui est le gros ennemi des réserves d'eau dans une région où elle atteint 2,5 m à 3,0 m par an.

Les lits dégradés et ensablés ne constituent-ils pas eux-mêmes des réservoirs intéressants ?

L'infiltration est souvent moins important qu'on ne le supposerait en évaluant la quantité d'eau qui se perd dans le lit. Il est exploité dans des trous pendant quelques mois, puis se tarit.

Dans l'OUADDAI, le poste de BILTINE est traversé par l'ouadi ENNE, qui se perd entièrement 6 km en aval de BILTINE. Le volume perdu dans le sable du lit en 1959, mesuré à BILTINE, a atteint plus de 2 millions de m<sup>3</sup>. On peut donc s'étonner que le poste puisse manquer d'eau !

Pour que l'eau s'infiltrant dans le lit soit vraiment exploitable, il faut deux conditions :

- 1°) Qu'elle s'infiltré jusqu'à une nappe phréatique. Or, les crues passent très rapidement sur le lit. Pour les premières crues, nous avons observé que le sable n'était pas mouillé en profondeur.

- 2°) Qu'il existe une gouttière ou une cuvette réellement étanche sous les alluvions du lit.

Ces conditions ne sont généralement pas réalisées et c'est pourquoi des volumes énormes se perdent dans les lits, en pure perte.

Le remède rationnel nous paraît de court-circuiter les sections dégradées, où l'on sait que l'eau n'est pas récupérable, par un canal latéral et, au contraire, de la forcer à s'infiltrer dans les zones où l'on sait que la morphologie promet une bonne retenue en profondeur. Dans d'autres cas, un barrage d'inféreflux pourra remplacer le seuil rocheux naturel, si celui-ci fait défaut.

Ceci demande des études préalables, qui sont coûteuses et rarement entreprises dans une région où la population est pauvre et les ressources économiques rares.

## VII - ÉCHEC des MÉTHODES CLASSIQUES de l'HYDROLOGIE APPLIQUÉES AUX COURS d'EAU DÉGRADÉS -

Comme le signale M. De LANNOY, les études dans la zone aride déroutent l'hydrologue habitué à travailler dans des régions bien pourvues en eau. Ceci provient de trois phénomènes qui n'existent qu'en zone aride :

- 1°) Pertes considérables au cours du transfert des débits.

- 2°) Ruissellement partiel des bassins, la surface ruisselante variant avec l'intensité de la pluie.

- 3°) Perméabilité exceptionnelle des sols desséchés, et très variable suivant l'état de sécheresse.

Nous ne développerons pas ces points qui sont exposés d'autre part. Ce n'est que récemment que nous avons commencé à découvrir les lois générales de l'écoulement dans la zone désertique, en travaillant sur bassins expérimentaux.

Avant d'employer cette technique, il est bien évident que les notions classiques de débits spécifiques ou de coefficient d'écoulement ne pouvaient qu'aboutir à des incohérences.

Nous sommes maintenant convaincus que de nombreuses études connexes doivent être menées de front avec les mesures hydrologiques.

Parmi les plus importantes, nous citerons :

- l'intensité de précipitation,
- les études de perméabilité (accompagnées d'une carte pédologique)
- l'étude hydrogéologique du lit

d'où la nécessité, pour l'étude sur bassins expérimentaux, de réunir une équipe de spécialistes. Autre difficulté n'existant pas dans l'hydrologie classique.

Le résultat des études sur bassins versants expérimentaux en zone aride, sera de fournir une valeur assez exacte du ruissellement pour un sol donné ou un complexe de sols donnés.

Si nous disposons d'une carte pédologique (en admettant que la végétation soit fonction des sols et que ces deux facteurs soient constamment liés à l'état naturel), il sera donc possible de déterminer le ruissellement dans toute une région, en partant des études de base sur bassin expérimental de surface très limitée (quelques km<sup>2</sup>).

Ceci ne nous donnera évidemment pas la quantité d'eau effectivement disponible dans un cours d'eau, puisque des pertes importantes auront lieu dans les lits plus ou moins dégradés.

Cependant, il sera ainsi possible d'évaluer la "ressource potentielle en eaux superficielles", limite supérieure de ce que l'on pourra espérer recueillir dans les meilleures conditions. Nous pensons que la connaissance de cette ressource

potentielle serait déjà très appréciée pour établir les projets d'hydraulique.

Dans un deuxième stade, il est possible de préciser cette donnée de base, en tenant compte de la capacité du lit.

Mais, alors que les études de ruissellement demandent plusieurs années, une seule année d'observations sera nécessaire pour établir la capacité du lit, soit par des sondages, soit par l'observation de quelques crues.

La méthode consiste donc à dissocier l'étude du ruissellement et celle du transfert, car seul le premier élément est susceptible, a priori, de suivre une loi générale.

#### CONCLUSION -

Les études sur les cours d'eau en zone aride ont progressé, ces dernières années, mais il s'en faut de beaucoup que tous les phénomènes soient connus. Malgré la complexité du problème, les résultats obtenus laissent espérer que les hydrologues seront prochainement à même de conseiller des méthodes d'exploitation des eaux superficielles dans des cas jugés désespérés jusqu'alors. Il est souhaitable que les Gouvernements ne se laissent pas arrêter par le coût des études qui semble hors de proportion avec le bénéfice que l'on peut tirer de régions particulièrement ingrates. Les conséquences d'aménagements hydrauliques rationnels, en zones subdésertiques, peuvent avoir de grandes répercussions tant sociales qu'économiques.