

CCTA/CSA
Lagos - Bulawayo - London

/MS

Original : français

Watergate House,
York Buildings,
London W.C.2.

HYD. (61) 80
Point de l'Ordre
du Jour : II.3.

le 13 décembre 1960

CONFERENCE INTERAFRICAINNE SUR L'HYDROLOGIE

Nairobi, 16-26 janvier 1961

- - - -

DEGRADATION DES LITS DES PETITS COURS D'EAU

EN ZONE SUBDESERTIQUE (AFRIQUE OCCIDENTALE)

par Claude AUVRAY,
Hydrologue, Directeur de Recherches à
l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer

—oO—

DEGRADATION DES LITS DES PETITS COURS D'EAU

EN ZONE SUBDESERTIQUE (AFRIQUE OCCIDENTALE)

par Claude AUVRAY,
Hydrologue, Directeur de Recherches à l'Office
de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer

*

* *

Les faibles durées d'écoulement dans les régions arides donnent lieu sur les petits cours d'eau à des caractères morphologiques particuliers. Le profil en long ne correspond pas au profil d'équilibre dynamique par suite de la faible durée des phénomènes d'érosion. Les lits tendent vite à prendre une largeur démesurée jointe à une faible profondeur, puis à disparaître dans une zone d'épandage. L'arrivée d'un nouvel affluent peut ressusciter le cours d'eau mais, de façon générale, il n'y a aucun rapport entre débits et superficie théorique du bassin versant.

*

* *

Il est bien connu que les faibles durées d'écoulement imposées par le régime des pluies en régions arides sont responsables du caractère très particulier du régime hydrologique des petits cours d'eau et de la morphologie de leurs lits.

Sans même tenir compte du paysage ambiant, la considération rapide d'un lit, dans une de ses formes les plus caractéristiques, suffit souvent à apprécier les conditions de pluviométrie.

Nous nous proposons d'exposer sommairement, pour des bassins versants variant de 10 à 15 km² (4 to 6 sq. mile) les conditions d'écoulement dans les réseaux hydrographiques et de leur dégradation dans les régions d'Afrique Occidentale comprises entre les isohyètes 100 et 350 mm. (3.9 and 13.8 inches).

La bande Est-Ouest ainsi définie chevauche la limite entre les variantes sahélienne et subdésertique du climat tropical.

I - LES PRECIPITATIONS

La climatologie est régie par les interférences thermodynamiques entre la mousson du type tropical et les alizés sahariens secs et chauds. La limite septentrionale de pénétration sur le continent du front humide de mousson (Front Inter Tropical) balaye la zone considérée de Juillet à Septembre et y déclenche un processus de formations nuageuses courant d'Est en Ouest. Leurs concentrations localisées (lignes de grains) entraînent des averses violentes appelées communément "Tornados".

Les différentes études hydrologiques entreprises sous ces climats, depuis quelques années, par l'OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE et TECHNIQUE OUTRE-MER ont permis récemment de dégager convenablement les caractéristiques principales de ces sortes de précipitations qui déterminent au sol les conditions d'écoulement.

Le tableau condensé ciaprès fournit ces renseignements pour des régions recevant une hauteur d'eau annuelle de 100, 200 et 350 mm. (3.9 7.9 et 13.8 inches).

Pluviométrie annuelle moyenne en mm. sur 20 années	100 (3.9)	200 (7.9)	350 (13.8)
Amplitude approximative des variations interannuelles sur 20 années en mm. (in.)	10 à 20 mm. (0.4 to 0.8 in.) à 200 mm. (7.9 in)	80 (3.15) à 380 (15 in)	160 (6.3) à 570 (22.4 in)
Précipitation journalière ponctuelle maximale annuelle en mm (in.)	20 à 30 (1 to 1.2)	35 à 40 (1.4 to 1.6)	50 à 60 (2 to 2.4)
Précipitation journalière ponctuelle maximale décen- nale en mm. (in.)	50 (2)	75 à 85 (3 to 3.3)	90 à 100 (3.5 to 4)
Intensité maximale annuelle moyenne pendant 15 minutes en mm/heure (in/hour)	40 à 50 (1.6 to 2)	50 à 60 (2 to 2.4)	75 à 85 (3 to 3.3)
Durée moyenne approxima- tive annuelle de l'écou- lement pour un bassin de 50 km ²	quelques di- zaines d'heures	quelques cen- taines d'heures	de 300 à 600 heures
Nombre approximatif de crues annuelles donnant lieu à un écoulement	1 à 3 0 possible	4 à 8	5 à 10

1. Au-dessous de 100 mm. (3.9 in.) il se peut qu'en année sèche, il n'y ait absolument aucun écoulement dans le lit de l'oued.

2. Au-dessus de 200 mm. (7,9 in.) une averse suffisante pour donner lieu à un écoulement au moins est certaine, sauf en année tout à fait exceptionnelle.
3. Au-dessus de 300 mm. (11,8 in) l'oued coulera certainement plus d'une fois.

II - LES SOIS

Au sol, la bande délimitée par les isohyètes 100 et 350 présente divers aspects :

1) Les plateaux primaires (TAGANT, AFFOLE, ASSABA, GOURMA)

Ce sont des massifs gréseux affectant des formes d'érosion légèrement différentes suivant leur nature géologique :

- Socle précambrien (grès à ciment fragile) avec schistes plissés et chaînes de quartzite dans le GOURMA (Sud de la Boucle du NIGER)
Altération conduisant surtout à des produits fins et à un large ennoisement sableux remanié par l'érosion folienne.
Arêtes schisteuses écrêtant les limites de bassins.
Relief en général assez mou.
Sols imperméables, sauf en bordure des éboulis. Pas de diaclases.
Absence de nappe et de source.
- Grès cambriens du TAGANT à stratifications fines et entrecroisées (Grès de CHINGUETTI) en bancs très épais (50 à 100 mètres), en couronne, donnant des sables et des gros blocs.
- Grès à ciment siliceux très dur (Grès de TAMGA) diaclasés avec érosion en boules et circonvolutions.
Imperméables en grand, mais parfois assez faillés ou redressés pour donner naissance à des nappes phréatiques localisées alimentant de petites sources.
- Grès quartzites de l'AFFOLE et de l'ASSABA (HADH occidental)
Etagés en différents niveaux, peu brédés et peu diaclasés, donnant des éléments détritiques très fins noyant les piedmonts sous le vent.
Fort ruissellement. Multitude de petits bassins imbriqués donnant accidentellement des vallées importantes (Tamourts).
Absence de nappes sauf sous les tamourts barrées.
Pas de source d'éboulis ni de piedmonts.

2) Les Pénéplaines (BRANKA, FERLO - Sud GOURMA)

Le sable reste le matériau détritique prépondérant, très abondant près des massifs ennoyés ou les arêtes siliceuses ou schisteuses.

Dans les niveaux inférieurs on rencontre des matériaux plus fins et argileux (dépôts argilo-sableux de proportions variables) et des plans horizontaux hydromorphes (fonds de mares d'épandage).

C'est dans ces régions que l'on trouve le phénomène de désertification le plus net, encore mal expliqué, conduisant à la formation des "regs".

- "regs" parsemés de petits blocs rocheux et de cailloutis dégagés sans doute par le vent et présentent toujours une pente superficielle appréciable à l'oeil.
- "regs" horizontaux à gravillons latéritiques reposant sur un substratum plus argileux dont l'origine serait sans doute à rapprocher d'un processus de latéritisation subjacente, incomplète et dégagée à posteriori, soit par le vent, soit par le ruissellement diffus.

Dans les pénéplaines, les bassins hydrologiques prennent plus aisément de l'extension et se juxtaposent sans les intrications compliquées par le relief chaotique que l'on trouve sur les plateaux où elles sont créées.

Le ruissellement et plus encore la forme des lits dépendent du facteur pente dont les variations relatives restent faibles.

3) Le faciès dunaire

Dans la zone définie, les dunes vives ne prennent une certaine extension qu'en bordure des larges vallées et au pied des massifs, alors que plus au Nord elles peuvent constituer un faciès saharien généralisé. Elles ne ruissellent pas et leurs formes restent pures.

Les dunes fixées délimitent les tayourts et les vallées sèches. Forcées, elles ruissellent fort peu et ne présentent qu'un mécanisme d'érosion embryonnaire.

4) Ennoissements des piedmonts

Ce sont de vastes dépôts détritiques accumulés au pied des massifs, pitons ou arêtes qui en masquent les formes inférieures et alourdissent l'aspect général du paysage.

Extrêmement perméables, elles coupent net le ruissellement provenant des pentes rocheuses supérieures et modifient localement dans de grandes proportions les débits spécifiques d'écoulement. Elles sont capables d'engloutir de petits torrents et même des cascades (Sud du massif de l'AFI-La et du banc de VREIDI), drainant des pans de massif ou un cirque d'effondrement.

III - La COUVERTURE VEGETALE

Elle intervient fort peu dans la morphologie et le mécanisme d'endométrisme des lits.

La végétation arbustive toujours clairsemée (Acacias divers, Euphorbes, Callotropis, Combretum) n'y joue aucun rôle.

Par contre, le manteau de graminées (pâturages d'hivernage) qui recouvre le sol non stérile immédiatement après les premières pluies, freine le ruissellement, brise sa force vive et peut limiter la formation des griffes et diverticules d'amorce de ruissellement que l'érosion régressive transforme alors en une très courte distance en lit organisé.

Le passage souvent brutal d'un ruissellement en nappe, généralisé, sans axe privilégié, ne laissant aucune trace visible sur les aires d'écoulement, à un lit vaste bien délimité à bords francs, est un trait bien spécifique de l'hydrologie sahélicienne.

IV - PROFILS EN LONG

D'une façon générale, les profils en long des petits cours d'eau suivent sensiblement le profil d'origine du terrain. Les faibles durées d'écoulement limitent la puissance érosive et ne permettent pas un remaniement complet des pentes vers un profil d'équilibre dynamique. Seuls les matériaux arrachés dans les courts tronçons à forts débits spécifiques sont susceptibles de se déposer et de perturber un écoulement déjà précoce.

C'est en particulier le cas des confluences où les affluents encombrant eux-mêmes leur exutoire que le cours principal n'a pas la force de débayer.

En effet, à mesure que le réseau hydrographique se développe, les débits spécifiques de crue vont en décroissant rapidement par le fait même que les zones de fortes intensités d'averses sont localisées dans le temps et dans l'espace (ordre de grandeur : 50 à 100 km² - 19 to 39 sq. miles - pour 30 minutes) et que les infiltrations dans les lits poreux absorbent rapidement une part importante des débits.

Il en résulte que les quelques tributaires intéressés par l'averse et dont le bassin versant ne couvre pas plus de 25 à 50 km² (10 to 19 sq. miles) débitent beaucoup plus que le cours d'eau inférieur collecteur.

Si la pente de ce dernier se trouve assez faible, son lit présente alors des bouchures et des zones d'épandage interconfluentes, son cours devient intermittent et sa vallée évolue vers un stade endocrique typiquement subdésertique.

Lorsque la vallée principale est devenue fossile, elle s'isole complètement et ne participe plus à l'alimentation du grand système fluvial dont elle fait partie. C'est le cas d'une fraction non négligeable du bassin du SENEGAL et surtout du NIGER lorsque leur cours traverse les régions sahélicennes que nous avons définies.

Le mécanisme endocrique est donc dû à la disproportion du pouvoir érosif de l'affluent par rapport à celui du collecteur immédiatement inférieur. C'est l'aspect fondamental du processus de désertification irréversible qui affecte toutes les zones situées en bordure de l'extrême pénétration du Front Inter-Tropical et où, séculairement, la pluviosité semble diminuer.

V - TYPES PRINCIPAUX DE LITS

Prenons l'exemple d'un réseau hydrographique naissant sur un versant de crête gréseux et se développant sur 20 à 30 km² (8 to 12 sq. miles), en direction d'un collecteur inférieur ou d'une vaste zone d'épandage.

Nous suivrons le lit de l'amont vers l'aval :

- 1 - Dans la partie supérieure, l'eau dévale de table en table se frayant un chemin au gré des pentes. En saison sèche les lieux de passage sont presque invisibles. Seule une coulure superficielle plus sombre des grès altérés indique l'emplacement du lit.

Si les grès sont très tendres ou se délitent facilement, il peut y avoir formation d'un cirque d'érosion en tête de bassin.

- 2 - Sur les éboulis chaotiques, l'infiltration est massive. La première ébauche de lit observée plus haut se ramifie en plusieurs branches, il arrive même qu'elle disparaisse.
- 3 - Sur le rocher sain du pédiment, le cours d'eau coule sur des bancs de grès dégagés mais peu ou pas entaillés. L'écoulement se fait sur un large front et souvent en nappe déversante.

En général, dans la partie torrentielle du cours, le pouvoir érosif reste faible. On ne trouve pas de gros blocs roulés ni de creusements puissants au sein du rocher en place. Il n'y a pas de cône de déjection du type classique. De loin, le lit ne se distingue que par la présence d'une traînée, à peine affaissée, dans les bancs rocheux décapés, polis de teinte plus sombre.

- 4 - Il peut arriver que le cours d'eau se retrouve alors sur une table gréseuse intermédiaire où la pente devient très faible. Le lit se disperse alors et disparaît complètement. L'écoulement s'effectue en nappe diffuse et les eaux s'accrurent en une dépression d'épandage perchée, sableuse couverte de cailloutis, de blocs et affleurements rocheux.

La végétation s'y trouve nettement plus fournie. D'autres affluents peuvent rejoindre cette dépression.

- 5 - A l'aval, les eaux se regroupent lentement et par un seuil déversant à peine affouillé, abordent une zone à pente plus régulière vers la vallée inférieure.
- 6 - Apparaît pour la première fois un véritable lit à section vaguement triangulaire, profond. L'affouillement est important. Le fond est encombré de bancs de rocher, de blocs de cailloux, de sable, de fosses argileuses. Les berges entaillées laissant apparaître une stratification alluviale, entrecroisée composée de brèches recimentées et de cailloutis reposant sur un banc rocheux ou sur des schistes redressés et érodés. De nombreux débris végétaux (branches, arbustes) entassés par endroit, donnent des indications sur le niveau atteint par les eaux.
- 7 - Le matériau de fond devient de plus en plus fin, le lit s'élargit, les berges se redressent. Dans le fond, la végétation et les fosses argileuses disparaissent. Il ne reste que le sable homogène, réparti horizontalement sous trace de chenal : c'est "la batha" typique dont la section est rigoureusement rectangulaire.
- 8 - Vers l'aval, la batha s'élargit, sa profondeur diminue mais la section reste toujours rectangulaire.
Si l'on admet que la section mouillée reste constante (ce qui est pratiquement le cas), le rayon hydraulique, la pente superficielle, le coefficient de Chezy diminuent ensemble, en outre, le volume d'écoulement produit par les très courtes crues est absorbé en grande partie par la saturation totale ou plus souvent partielle des alluvions du lit. Quatre facteurs concourent donc à affaiblir la vitesse moyenne de l'écoulement, donc le débit.

On peut en conclure que cette forme de lit indique :

- a) la phase inférieure courante d'un cours d'eau sahélien.
 - b) la partie du cours où le débit absolu transité dans le lit mineur cesse d'augmenter et même diminuer rapidement.
 - c) un pouvoir érosif affaibli capable d'entraîner au plus de minimes modifications du fond du lit (amorces de petits chenaux, remblais de petits seuils sableux).
 - d) une absence de sédimentation argileuse visible. Il n'est pas impossible que les argiles en suspension dans l'eau s'infiltrent dans le lit sableux et se déposent sous l'horizon poreux d'une manière sous-jacente.
- 9 - Puis la batha s'élargit démesurément et disparaît, sa profondeur devenant nulle. L'épaisseur du dépôt, de sable sur l'horizon plus argileux encore invisible diminue progressivement. On rencontre en ce point de fréquents peuplements de *Callotropis Procera*.

La zone d'écoulement devient plus argileuse et le lit présente l'aspect bien caractéristique d'une succession de dépressions profondes isolées, complètement les unes des autres, échelonnées suivant la direction générale de l'écoulement et figurant des sortes de nouilles indépendantes dans lesquelles l'eau stagne plusieurs jours après les crues. Fréquemment le cours d'eau se perd alors dans une vaste cuvette d'épandage.

- 10 - Si le cours d'eau doit cheminer dans une région argileuse, à faible pente, pour rejoindre par exemple une autre batha, il change alors d'aspect.

Le lit devient très sinueux, entièrement argileux, de section triangulaire, le fond vaseux (banco) ne comporte pas de végétation. La vitesse d'écoulement est manifestement très lente. Le lit majeur, au contraire, est couvert de nombreux arbustes qui rendent de loin parfaitement décelable la vallée de l'oued.

Cette forme du lit semble être beaucoup plus instable puisque la "batha", en niveau, elle lui est toujours inférieure. Elle n'existe pratiquement pas dans l'hydrologie des plateaux et se rencontre de préférence dans les schistes. (Écoulement souvent réparti en plusieurs bras).

CONCLUSIONS

En régime sahélien nord ou subdésertique :

- 1 - Un "grand bassin" (de l'ordre de quelques milliers de km²) se comporte hydrologiquement comme une mosaïque de petits bassins soumis à des précipitations localisées sur des superficies de 100 à 200 km² (38 to 77 sq. miles).
- 2 - Il est impossible pour de tels bassins de prévoir des valeurs moyennes de débits spécifiques de crue. Cette méthode de calcul des crues est à proscrire. Seule une étude détaillée de ce qu'on peut appeler le bassin permet d'avoir une idée de ces débits.

- 3 - Les grandes vallées évoluent lentement vers l'endoreisme. Leurs dimensions imposantes encore de nos jours ne sont que les témoignages fossiles d'une pluviosité aujourd'hui fortement atténuée.
- 4 - Il est exceptionnel qu'une particule d'eau ruisselée en un point d'un bassin puisse parcourir plus de quelques dizaines de kilomètres avant de s'infiltrer ou de retourner dans l'atmosphère.
- 5 - Dans un petit impluvium, la présence d'un lit du type "batha" indique la zone des débits de crue maximaux ou même décroissants. Il faut se méfier dans les lits amont instables des débordements qui peuvent être importants.
- 6 - Toutes ces régions présentent une nette tendance au ruissellement diffus. Il faut très peu de chose pour y amorcer un processus puissant d'érosion régressive.

Les cartes ou graphiques auxquels ce document
se réfère seront diffusés séparément.

CCTA/CSA

Lagos - Bukavu - London

Watergate House,
York Buildings,
London, W.C.2.

ANNEX TO DOCUMENT HYD (61) 80
ANNEXE AU DOCUMENT HYD (61) 80

-----oOo-----

Port Etienne

Atar

100

Nouakchott

Tidjika

Tichitt

Moudjeria

Dualata

Aleg

Aéoun el Atrous

Nema

Senegal

Kiffa

Niger



Bilma

Agadès

S^o LOU

350

15°N

15°N

DAKAR

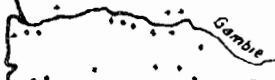
Tahoua

N'Guigmi

Maradi

Zinder

NIAMEY



CONAKRY

BAMAKO

Bani

15°W

Bafing

Toukissou

Niger

Sikharou

Mandara

Milid

Sassandra

NZL

Bandama

Agoué

Volta Noire

Volta rouge

Volta blanche

Volta

Mekrou

Alibory

Sabou

Querna

Yon

Okpa

Houa

Sic

PORTO NOVO

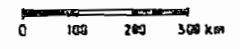
LOME

5°E

Niger

Benoue

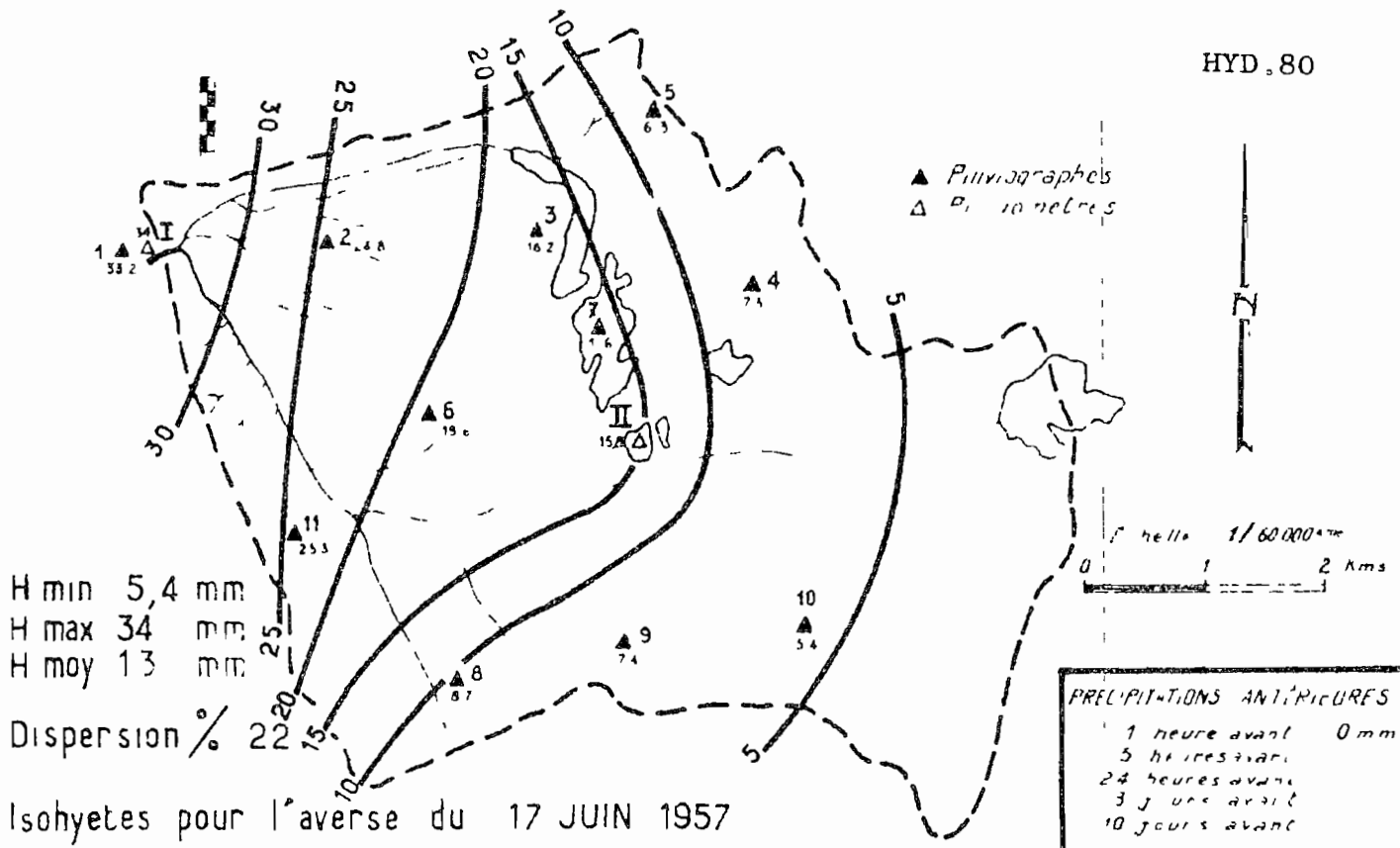
ABIDJAN



Bassin versant de TIN ADJAR

AVERSE N° 15

HYD. 80



Pluviographe N° I (station)

H = 34 mm

