

# Application d'un modèle simplifié aux zones du Sahel

## *Application of a simplified model to areas in the Sahel*

Georges Girard

Directeur de Recherches, ORSTOM

### Introduction

Le présent article apporte une démonstration méthodologique de l'utilité pratique des modèles hydrologiques.

Ils sont les fruits des travaux scientifiques entrepris par les hydrologues de l'ORSTOM pour valoriser l'abondante information hydroclimatologique dont ils disposaient afin de rendre compte des phénomènes engendrés par les aléas climatiques récents dans le Sahel Africain, travaux exécutés dans le cadre d'une convention d'action urgente avec la DGRST.

Le modèle à discrétisation spatiale requérant des données sur le milieu physique souvent indisponibles ne peut être utilisé au maximum de sa puissance sur de très nombreux bassins. Sa fonction de production légèrement modifiée a servi de base à un modèle global, lui plus aisément utilisable.

Nous avons également mis au point un modèle de ruissellement très simplifié pour simuler la lame écoulée journalière d'un petit bassin versant sahélien directement à partir des résultats d'exploitation des bassins représentatifs de l'ORSTOM lorsque les informations sur le milieu physique faisaient totalement défaut. En utilisant les séries pluviométriques aux stations de longue durée, ces modèles permettent de constituer des séries de lames d'écoulement annuelles facilitant l'appréciation de la variabilité interannuelle de la ressource en eau.

La simplicité de ce dernier modèle le rend, sous réserve de certaines contraintes explicitées en fin d'article, applicable à tout bassin représentatif de la zone sahélienne, et le calage des paramètres en est aisé et rapide.

C'est donc un bon outil de l'hydrologie appliquée. Après la présentation des considérations ayant conduit à l'élaboration du modèle simplifié pour le Sahel, nous donnons les résultats de l'application du modèle à divers bassins.

Les figures 1 et 2 situent sur la carte des bassins représentatifs de l'ORSTOM les bassins versants étudiés.

Ces bassins versants sont tous situés dans la région sahélienne moins de 750 mm de pluviosité annuelle ou légèrement plus au sud jusque vers 850 mm de pluviosité. Quelques références sont également faites au bassin de Korhogo (nord Côte d'Ivoire, près de 1400 mm de pluviosité) situé en région tropicale sur lequel des études fines du régime des précipitations ont été effectuées.

### Elaboration du modèle simplifié Sahélien

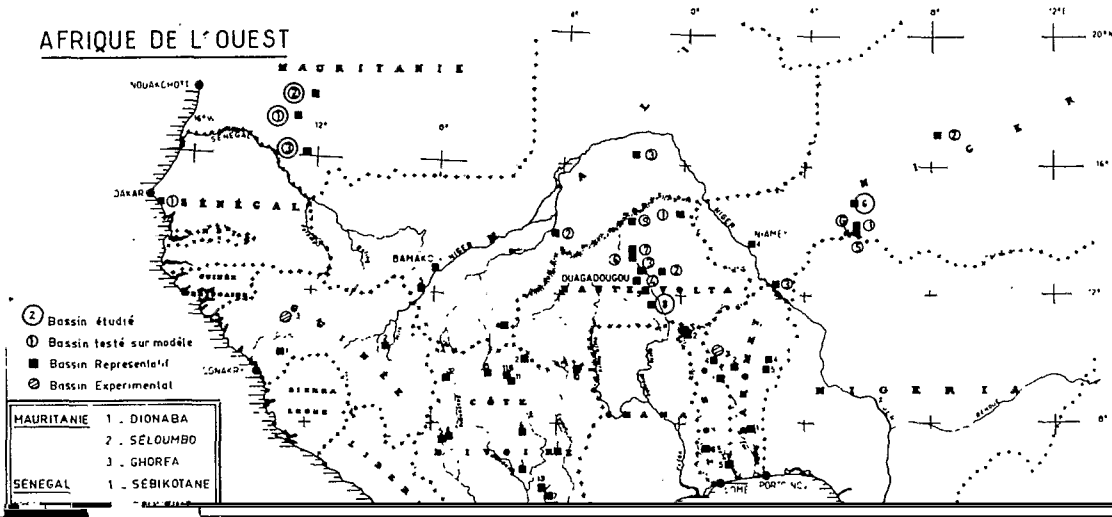
Diverses considérations ont été faites afin de permettre l'élaboration du modèle simplifié applicable au régime sahélien. Ces considérations portent essentiellement sur les relations hydropluviométriques entre précipitations et hauteurs de lame ruisselée résultantes, c'est-à-dire sur la fonction de production de ce modèle.

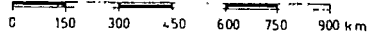
L'orientation prise à cette occasion est étroitement conditionnée par le milieu sahélien d'une part et par l'intention d'autre part d'avoir un modèle simple et rustique. L'hypothèse de départ est que la fonction de production ne doit s'appuyer que sur des relations hydropluviométriques établies. Le modèle ne peut en conséquence qu'être global. Destiné à être mis en œuvre sur de faibles surfaces on admet que la hauteur moyenne de précipitation correspond à la hauteur ponctuelle de référence. C'est à partir de la série des précipitations journalières au poste de référence que l'on reconstituera une longue série de lame annuelle écoulée.

### Analyse de la précipitation journalière

On utilise les notions classiques de pluie totale journalière  $H_t$  en mm et de pluie utile  $H_u$  en mm, cette dernière étant la partie de la précipitation totale dont

AFRIQUE DE L' OUEST





(Document extrait du "Recueil des données de base  
des bassins représentatifs et expérimentaux  
1951-1969" P. DUBREUIL ORSTOM 1972)

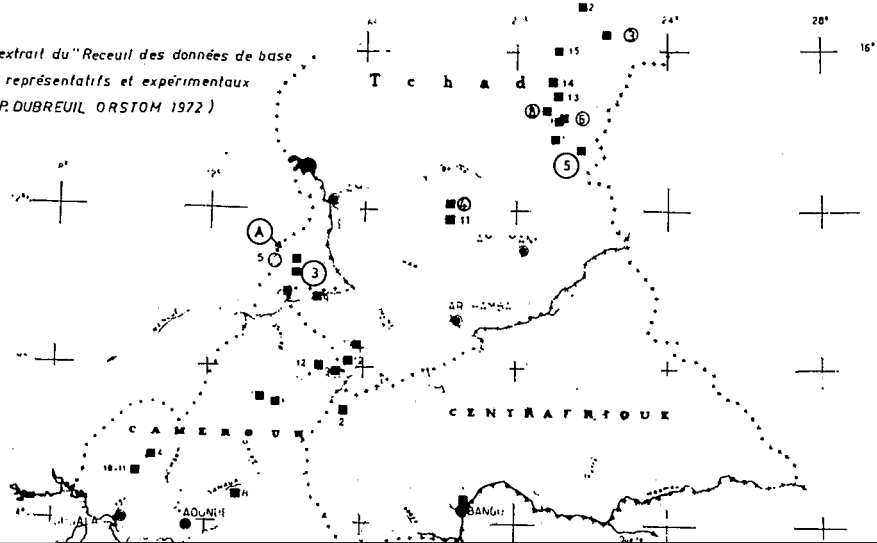


Tableau I. — Tableau des valeurs de  $Ho_{max}$  et  $K_o$  caractéristiques des bassins étudiés.

Bassin	Pays	Bassin (Km <sup>2</sup> )	$Ho_{max}$	$K_o$ (%)	Pluie moyenne annuelle (mm)
Barlo	Tchad	36,6	20	21	750
Koulou	Niger	17,3	31	4	825
Maggia Alokoto	Niger	48,3	32	34	520
In. Tiziouen	Niger	1,3	13	80	165
Koukouzout	Niger	16,6	26	43	405
Kaouara	Niger	3,3	24	50	520

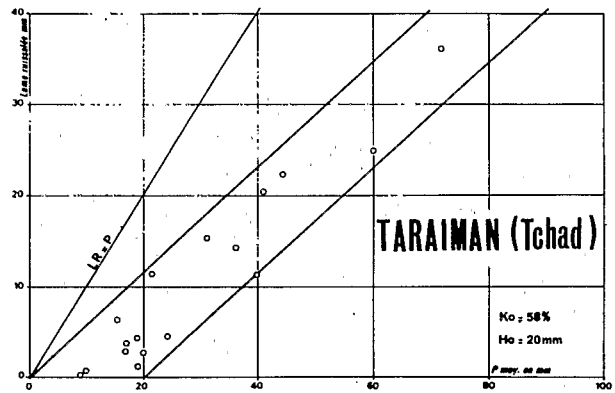
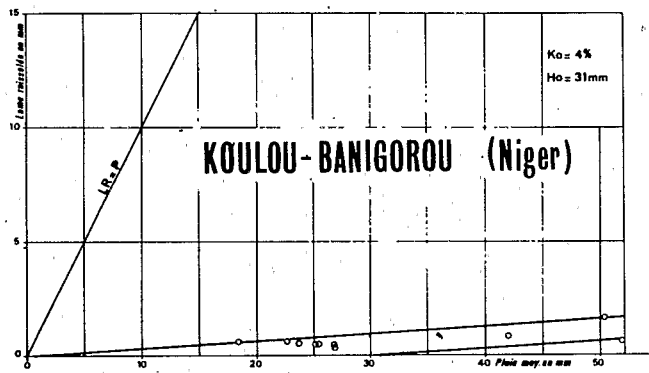
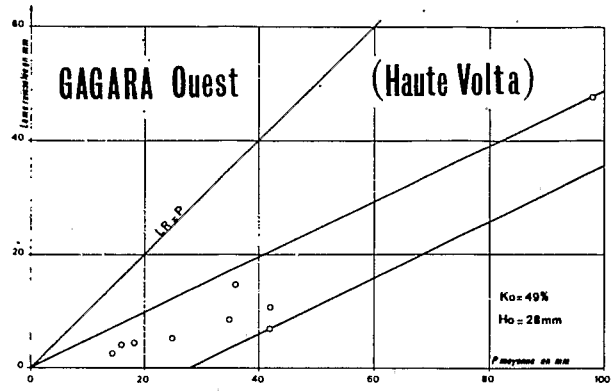
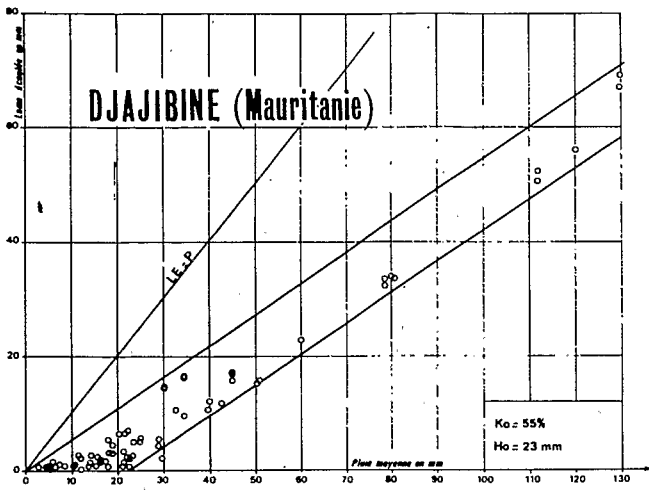
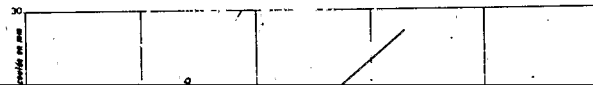


Figure 3

Figure 4



du bassin, à la valeur de la perméabilité et à la dimension du bassin versant. Cette pente décroît avec l'extension des zones de rétention, l'accroissement de la perméabilité et l'augmentation de la superficie du bassin.

L'écartement  $Ho_{max}$  des "rails" dépend de la capacité de rétention des sols, de l'amplitude de variation annuelle du stock d'eau des sols et de la structure des précipitations (fréquence et intensités). On voit ainsi  $Ho_{max}$

en cause. Pour une averse de faible intensité et de longue durée, la lame ruisselée sera très faible étant donné qu'une grosse partie de la pluie aura pénétré dans le sol.

Mais comme très souvent la hauteur de l'averse est liée à l'intensité, on peut admettre qu'une relation moyenne existe. Si le bassin versant est en moyenne beaucoup plus imperméable, l'écartement horizontal de ces droites diminue, ce que l'on observe bien sur tous

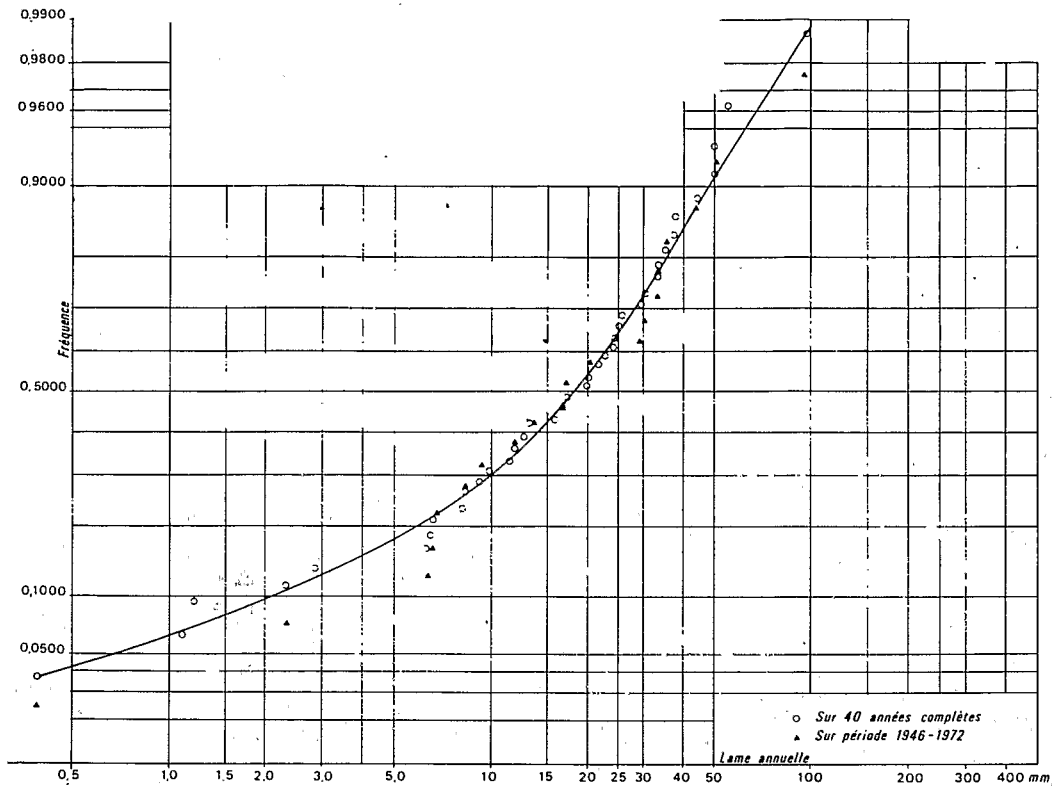


Figure 6. — Distribution des lames annuelles simulées sur le bassin de Dionaba aval à partir du poste de Moudjeria (Mauritanie)

les 16 années complètes de la période 1921-1941 est de 201 mm et que celle calculée pour les 16 années complètes de la période 1950-1972 atteint 257 mm.

De ce fait, nous avons considéré d'une part la série hydrologique des lames écoulées calculée à partir de 40 années complètes et d'autre part celle correspondant aux 20 dernières années (1946 à 1972) pour montrer la

versant de Kadiel (République Islamique de Mauritanie) de superficie 39 km<sup>2</sup>.

#### Les résultats

Il est très intéressant de montrer à la fois la souplesse du modèle et l'homogénéité du régime des pluies dans

Valeurs calculées à partir des données de :	Kankossa (20 années)	De M'Bout et Madaqua	
		(38 années)	(36 années)
Lame moyenne annuelle écoulée	83 mm	95 mm	102 mm
Lame annuelle décennale sèche écoulée	32 mm	40 mm	30 mm
Lame annuelle décennale humide écoulée	142 mm	160 mm	200 mm
Coefficient de variation des lames écoulées	0,51 mm	0,55 mm	0,72 mm
Lame médiane calculée	78 mm	84 mm	90 mm
Lame maximale journalière calculée	35,6 mm	45,6 mm	32,7 mm
Pluie maximale journalière observée	111,0 mm	132,0 mm	98,6 mm
Pluie annuelle moyenne	418 mm	423 mm	484 mm
Pluie annuelle maximale	562 mm	680 mm	830 mm
Pluie annuelle minimale	212 mm	225 mm	205 mm

**Tableau II. — Lames annuelles simulées sur le bassin de Dionaba (Mauritanie) obtenues à partir du poste pluviométrique de Moudjeria**

Année complète	Pluie	Lame écoulée
1923	233,1	24,4
1924	122,0	22,9
1925	188,7	9,8
1926	112,0	1,2
1927	240,4	20,1
1928	173,6	8,2
1929	215,3	15,8
1930	169,5	24,2
1931	156,9	25,8
1932	248,0	37,9
1933	373,3	55,7
1934	145,0	11,5
1935	282,9	25,1
1936	295,0	37,9
1940	202,7	12,6
1941	55,1	0
1942	89,5	1,1
1943	403,3	50,2
1944	234,5	22,6
1945	223,3	21,7
1946	118,6	8,3
1947	251,7	33,6
1948	187,8	17,2
1949	196,3	13,1
1950	282,0	20,1
1951	241,8	11,9
1952	291,9	29,7
1953	174,8	6,6
1954	354,6	44,6
1955	387,7	35,3
1957	250,0	30,3
1961	94,0	0,04
1965	204,8	9,2
1966	325,2	33,3
1967	354,1	50,6
1968	153,4	6,4
1969	535,0	96,5
1970	238,0	16,5
1971	159,0	6,5
1972	66,5	2,3

la bande sahélienne. A cet effet, on a simulé les écoulements du bassin de Kadiel à partir du poste de Madaoua, au Niger, de pluviosité comparable à celle de M'Bout. Le résultat sous la forme de la liaison entre lame écoulée annuelle et hauteur annuelle de pluie est donné pour les données de Madaoua utilisées (Fig. 7).

Des valeurs décennales sèches et humides d'environ 30 mm et 150 mm sont tout à fait acceptables pour l'écoulement du bassin versant de Kadiel.

La meilleure reconstitution reste celle de M'Bout. Elle a permis de dresser la distribution statistique des lames calculées.

#### *Les applications du modèle simplifié aux autres bassins*

- Oued Ali sous bassin de l'Oued Seloumbo et du Gorgol Blanc (République de Mauritanie)
- de Kounkouzout (République du Niger)
- d'Abougoulem (République du Tchad)

ont été réalisées sans difficulté notable ; il est à noter que le calage est réalisé à partir du moment où la distribution des écarts journaliers dans un sens ou dans l'autre reste normale. Ces écarts ne dépassent généralement pas 30 %.

#### **Conclusion**

Dans les zones sahéliennes, où la densité des stations pluviographiques ne dépasse pas un appareil pour 100 000 km<sup>2</sup> ou plus, et la période d'observation est très réduite, il était hors de question pour satisfaire la demande d'utiliser les informations fragmentaires sur les intensités des précipitations. Seules les données pluviométriques journalières pouvaient être utilisées dans cette étude qui montre la fiabilité de la méthode appliquée dans cette zone.

Par ailleurs, il a été montré la nécessité de collecter des données hydropluviométriques de *bonne qualité* et de mettre en place des fichiers opérationnels.



Tableau III. — Lames annuelles simulées sur le bassin de Kadiel à partir de trois postes pluviométriques (mm).

Année	M'Bout	Kankossa	Madaoua	Année	M'Bout	Kankossa	Madaoua
1921	98,0			1947	65,4		92,5
1922				1948	62,3		87,2
1923	55,6			1949	65,4		29,8
1924	204,2			1950	162,8		368,7
1925	41,3			1951	194,7		101,2
1926	22,3			1952	112,2		218,5
1927	62,4			1953	51,0	119,0	70,2
1928	41,4			1954	125,2	140,8	145,4
1929	52,5			1955	112,2	36,9	57,2
1930	143,8			1956	231,4	99,1	111,5
1931	20,8			1957	113,4	77,3	57,7
1932				1958	77,7	154,4	116,8
1933				1959	102,6	75,8	119,6
1934				1960	211,4	32,4	95,9
1935				1961	88,7	35,2	212,2
1936			283,6	1962	79,4	105,8	100,3
1937			117,5	1963	70,8	66,4	45,3
1938				1964	123,3	103,9	28,0
1939			91,4	1965	80,1	142,6	44,2
1940			52,1	1966	50,3	76,3	104,4
1941			79,9	1967	97,0	141,6	51,1
1942			31,5	1968	26,1	43,2	25,9
1943			149,9	1969	64,9	102,0	58,5
1944	143,3		83,1	1970	97,3	45,8	114,6
1945	112,6		126,6	1971	83,9	35,5	45,3
1946	77,1		60,9	1972		26,7	

### Discussion

Président : M. J. JACQUET

*Le Président.* — Je tiens, M. GIRARD, à vous remercier à plusieurs titres.

D'abord, vous nous avez montré comment on peut tirer parti et utiliser les données de bassins versants représentatifs ; de ce point de vue, votre travail est assez exemplaire. Vous avez véritablement fait une synthèse et montré comment on pouvait transposer les résultats de tels bassins.

Vous donnez à ce propos un exemple assez frappant puisque, pour estimer des lames d'eau dans un bassin versant de Mauritanie, vous prenez les pluies d'un poste au Niger et vous en donnez une justification climatique par la morphologie des averses.

Il y a un autre point que je voudrais souligner et qui pourrait d'ailleurs être la conclusion de notre matinée.

Vous insistez, à juste titre, sur les problèmes de qualité de données hydropluviométriques et de la mise en place de fichiers opérationnels.

Il est évident que les travaux d'élaboration de relations pluie-débit ne seront utiles pour la prévision que dans la mesure où l'on dispose effectivement de données fiables et représentatives.

A l'heure actuelle on parle beaucoup d'utiliser ces relations pluie-débit à ce que l'on appelle la gestion des eaux.

Parler de la gestion des eaux c'est bien, mais il faut avant tout faire des mesures.

Nous avons tous connu des ingénieurs et des techniciens qui ont consacré tout ou partie de leur vie professionnelle à exploiter des réseaux de mesures, que ce soient des réseaux hydrométriques ou des réseaux météorologiques. Si nous pouvons faire des travaux, tels que ceux présentés, aujourd'hui, c'est aux qualités de ces gestionnaires qu'on le doit.

Mais, ici, je ne peux m'empêcher d'être inquiet pour l'avenir, car il semble bien que s'instaure une certaine désaffection pour l'exploitation des réseaux de mesures, aussi bien pour la pluviométrie que pour l'hydrométrie : un peu partout on considère qu'il s'agit d'une tâche triviale, dépourvue de noblesse ou même d'intérêt.

Je crois sérieusement qu'il faudrait inverser la tendance et je souhaiterais que des responsables des Agences de bassins, de l'Administration, des différents services publics ou nationaux concernés, prennent conscience que l'avenir, en ce qui concerne les progrès en matière de gestion et d'utilisation rationnelle des ressources en eau, passe de façon absolue par une revalorisation de cette fonction de gestionnaire des réseaux de mesures hydro-météorologiques.

Messieurs, je vous remercie beaucoup de votre collaboration et je lève la séance.

La séance est levée à 12 heures.