

CONFERENCE INTERAFRICAINNE
sur L'HYDROLOGIE

(NAIROBI, 16 - 26 Janvier 1961)

Session Technique II
Point 3

Un CAS de REGULARISATION NATURELLE
par DEBORDEMENT et EFFLUENCE à la STATION
de TILEMBEYA sur le NIGER
(République du Mali)

par Claude AUVRAY

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

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° 33073, ex 1

Cote

B

O.R.S.T.O.M.
HYDROLOGIE
DOCUMENTATION

Novembre 1960

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

Un CAS de REGULARISATION NATURELLE
par DEBORDEMENT et EFFLUENCE à la STATION
de TILEMBEYA sur le NIGER
(République du Mali)

par Claude AUVRAY

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

Les différentes causes de régularisation d'un bassin étendu sont multiples et bien connues.

La grande superficie du Bassin Versant constitue un facteur de régularisation, même si l'ensemble du bassin est soumis à un régime hydrologique uniforme (par exemple Tropical ou Tropical de transition en Afrique Occidentale).

Si les facteurs conditionnels du régime se modifient rapidement de l'amont vers l'aval (cas des fleuves tempérés issus des glaciers), la régularisation naturelle peut être efficace, même pour de faibles bassins.

Enfin, La nature géologique du bassin (par exemple, grande porosité des plateaux Batékés), sa couverture végétale (zone de grandes forêts), représentent également des facteurs régulateurs puissants.

Enfin, lorsqu'un fleuve important traverse une région sahélienne, la dégradation hydrographique qui se manifeste par de vastes débordements et la formation d'effluents dès que la pente devient assez faible, accroissent la régularisation dans de très fortes proportions.

C'est le cas du bassin du NIGER qui, malgré son régime hydrologique non diversifié, bénéficie de bon nombre de ces agents régulateurs. Sur l'ensemble du bassin, les deux plus importants sont :

- 1°- le franchissement de la cuvette centrale lacustre qui, globalement, transforme au prix de pertes énormes, un régime tropical de transition caractérisé par un étiage prolongé très sévère et une puissante onde de crue (station type de KOULIKORO), en une pulsation annuelle présentant la forme d'une sinusoïde pratiquement pure (station de DIRE).
- 2°- surtout, la superposition dans la partie inférieure du cours (aval de MALANVILLE) de l'onde retardée issue de la crue Soudano-Guinéenne avec l'onde de crue venant des pluies locales. Les deux ondes se combinent heureusement, la première atténuant en Février-Mars la rigueur du début de l'étiage tropical.

Plus à l'aval (station de BARO, par exemple), le NIGER a le rare privilège d'harmoniser son régime avec des eaux provenant de deux hivernages successifs.

En ce qui concerne la cuvette deltaïque, son rôle régularisateur est, en fait, extrêmement complexe. Plusieurs facteurs y interfèrent : accumulation proprement dite des eaux, action retardatrice sur l'onde de crue, élimination définitive des volumes d'eau détournés vers des lacs ou mares situés en contrebas du lit principal, restitution en décrue de volumes emmagasinés dans les plaines inondées ou dans la nappe sub-deltaïque, enfin l'évapotranspiration.

Il existe, en bordure amont de la cuvette rive gauche, près de la station de TILLEMBEYA, l'effluence importante du DIAKA qui dérive vers le Nord-Nord-Est une fraction des débits du NIGER.

Pour fixer les idées, indiquons que les volumes annuels dérivés par le DIAKA sont légèrement inférieurs à la moitié des volumes écoulés par le NIGER à TILLEMBEYA.

Le débit instantané prélevé par le DIAKA peut s'annuler en très basses eaux, celui du NIGER reste toujours supérieur à 35 m³/s.

Pour une même cote à TILLEMBEYA, les débits entre NIGER et DIAKA se répartissent comme suit :

Cote échelle TILLEMBEYA	Débit DIAKA à KARA	Débit NIGER à TILLEMBEYA
1.00 m	40 m ³ /s	185 m ³ /s
2.00	205	520
3.00	455	960
4.00	790	1 500
5.00	1 155	2 200
5.90	1 510	2 940

En gros, le DIAKA dérive le tiers du débit du NIGER à l'amont de l'effluence.

C'est surtout en fortes crues que l'action du DIAKA, s'ajoutant à celle des déversements par-dessus les bourrelets de berge et à celle d'autres effluents voisins plus petits (mayos) prend un aspect original.

En effet, dans la zone de l'effluence NIGER-DIAKA, les cotes maximales de crue sont bloquées supérieurement à une cote voisine de 5,95 mètres à l'échelle de TILLEMBEYA. Quelle que soit l'abondance de la crue aux stations amont, il est impossible que la cote du plan d'eau, dans la région considérée, dépasse la cote indiquée à quelques centimètres près.

En année abondante, le limnigramme de TILLEMBEYA affecte la forme d'un palier de hautes eaux entre les cotes 5,90 et 5,95, se prolongeant parfois pendant plus d'un mois (6 semaines en 1955, 8 semaines en 1953, 12 semaines en 1928 d'après des relevés anciens).

Pendant ce temps, le débit aval du NIGER réduit au débit de pleine rive demeure pratiquement constant et voisin de 3 000 m³/s, alors que le débit de pointe à KIRANGO (située 143 km à l'amont seulement) varie en fortes crues entre 6 000 et 6 500 m³/s.

Nous avons vu que le DIAKA en absorbe environ 1 500 m³/s, le reste est dérivé vers le Nord dans les mayos ou dans les plaines inondables.

Le bief KE-MACINA-TILLEMBEYA, marquant l'entrée dans la cuvette lacustre, agit donc comme un déversoir écrétant systématiquement les limnigrammes du NIGER et l'amputant aux plus hautes eaux de plus de la moitié de son débit.

Il en résulte que la station de TILLEMBEYA présente la stabilité interannuelle des cotes maximales, la meilleure du cours du NIGER jusqu'à l'aval de la cuvette.

En effet, depuis le début du siècle, la cote maximale annuelle s'est maintenue entre 5,05 (en année très déficitaire ou faible, le palier 5,95 n'est évidemment pas atteint) et 5,95 mètres à l'échelle, soit une variation de 0,90 mètres seulement.

Il se trouve que la sévérité des étiages est très atténuée par les restitutions au lit mineur provenant de la nappe

alluviale gorgée pendant la période des débordements. Mais cette restitution n'affecte que de très faibles volumes. En fait, nous assistons à un écrêtement des crues avec des pertes extrêmement importantes sur les quantités d'eau mises en réserve.

Il apparaît donc intéressant de comparer les deux effets des facteurs essentiels de régularisation suivants :

- 1°- Ecrêtement systématique avec blocage des hautes eaux dans le bief pré-lacustre,
- 2°- Influence globale de la cuvette proprement dite comprenant principalement l'effet tampon de l'accumulation, l'infiltration et l'évapotranspiration.

Si l'on observe les limnigrammes des stations de KOULIKORO, TILIMBEYA et DIRE relatifs à une année abondante, on a l'impression que l'effet régulateur est nettement plus sensible entre les deux premières stations, plutôt qu'entre les deux dernières encadrant la zone deltaïque.

En est-il réellement ainsi ?

Afin de comparer les progrès de l'aptitude à la régularisation des différentes stations, il est indispensable de définir un coefficient de régularisation permettant de les chiffrer avec précision.

Un tel coefficient doit être en réalité un coefficient de forme de l'hydrogramme annuel à la station considérée.

On peut le définir en rapportant le volume annuel ou bien le module à l'une ou plusieurs des valeurs de débits caractéristiques classiques (débit de 3 mois, de 6 mois, de 9 mois, débits caractéristiques de crue et d'étiage).

Mais, sachant que pour chaque hydrogramme annuel, il est commode par une petite construction graphique de déterminer le volume-réserve (v) dont il faudrait théoriquement disposer pour régulariser entièrement la station au débit moyen annuel, nous avons préféré rapporter, plus simplement, ce volume (v) au volume total annuel écoulé (V) au moyen de la relation suivante :

$$K = \frac{V - v}{V}$$

K variant de 0 à 1

- K = 1 correspond au régime uniforme à débit constant
 K = 0 correspond au régime le plus irrégulier, avec une crue unique instantanée et égale au volume annuel.

Plus K se rapproche de 1, plus la régularisation est bonne.

Le tableau ci-après donne les valeurs de K ainsi que les valeurs des modules correspondants pour chacune des 3 stations caractéristiques :

- KOULIKORO - Régime Tropical de transition du H^t Bassin
 TILLEMBEYA - Effet de la régularisation par écrêtement
 DIRE - Effet régularisateur global en fin de cuvette

pendant 5 années hydrologiques récentes (1952-53 à 1956-57) et une année plus ancienne déficitaire (1942-43).

=====
 : Coefficients de régularisation et modules correspondants en m³/s :
 =====

Année	KOULIKORO	TILLEMBEYA	DIRE
1952-53	0,509 1582	0,542 964	0,696 1356
1953-54	0,547 1923	0,564 1108	0,745 1466
1954-55	0,571 2020	0,583 1208	0,765 1559
1955-56	0,552 1978	0,575 1195	0,749 1510
1956-57	0,509 1306	0,529 815	0,661 1095
1942-43	0,520 957	0,545 662	0,592 794

=====
 =====

On constate que le gain régulateur est nettement plus important entre TILÉMBÉYA et DIRE qu'entre KOULIKORO et TILÉMBÉYA, les différences sont même disproportionnées.

Les améliorations dans la traversée de la zone lacustre sont d'autant plus grandes que la crue est forte. En année très déficitaire, la disproportion précédente a tendance à s'atténuer, cependant que l'amélioration KOULIKORO-TILÉMBÉYA reste appréciable, l'effet déversant du DIAKA s'en est trouvé fortement diminué par la faible pointe de crue.

Ces observations permettent d'analyser plus finement les deux effets régulateurs que nous avons cherché à isoler ; d'une part, le déversement en bordure de cuvette, d'autre part, l'accumulation dans la cuvette et tous ses effets connexes.

Si l'effet du déversement du DIAKA et des mayos apparaît décevant c'est qu'il n'y a pas seulement écrêtement des très hautes eaux, mais aussi prélèvements au détriment des débits moyens et même de basses eaux lorsque les débits du NIGER à TILÉMBÉYA sont supérieurs à $80 \text{ m}^3/\text{s}$, prélèvements dont les conséquences sont funestes à l'amélioration du coefficient de régularisation tel que nous l'avons défini.

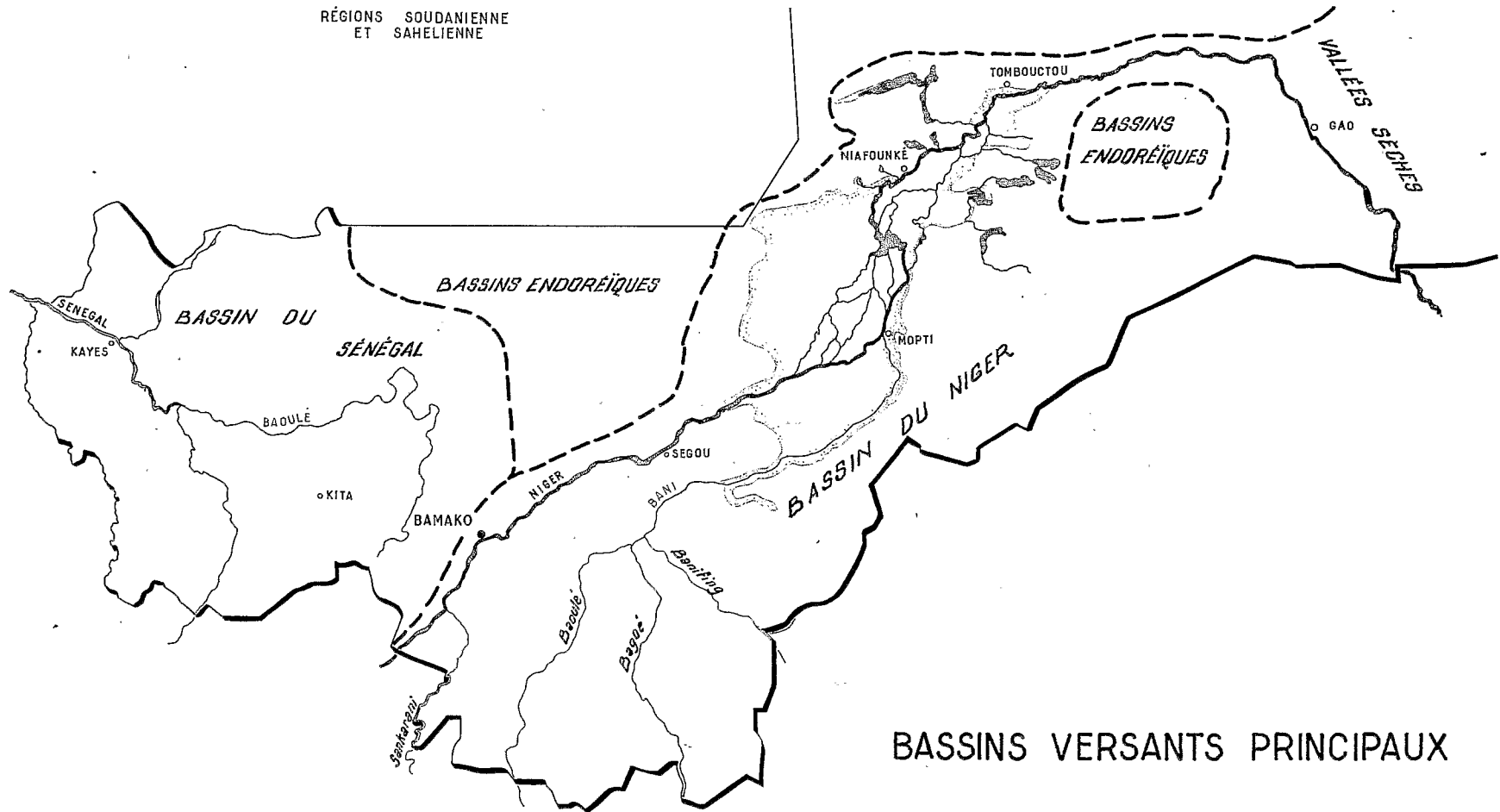
En outre, les restitutions d'étiage que nous avons mentionnées restent insuffisantes pour combler la longue carence du tarissement tropical.

Au contraire, l'effet régulateur fourni par l'accumulation dans le delta intérieur d'un volume représentant sensiblement le tiers du volume annuel écoulé à l'aval de DIRE, est de loin plus profitable en étalant la crue et en retardant la période d'étiage jusqu'à l'arrivée de la crue suivante dont la propagation dans le lit mineur du fleuve se fait avec célérité. L'évapotranspiration est également active en laminant l'onde de crue. Son action grossièrement proportionnelle à la surface d'eau libre frappe davantage les forts débits que les débits moyens.

Enfin, les précipitations annuelles groupées en Août et Septembre apportent localement dans la cuvette lacustre une contribution faible mais sensible, précisément à l'époque de la remontée des eaux.

REPUBLIQUE DU MALI

RÉGIONS SOUDANIENNE
ET SAHÉLIENNE

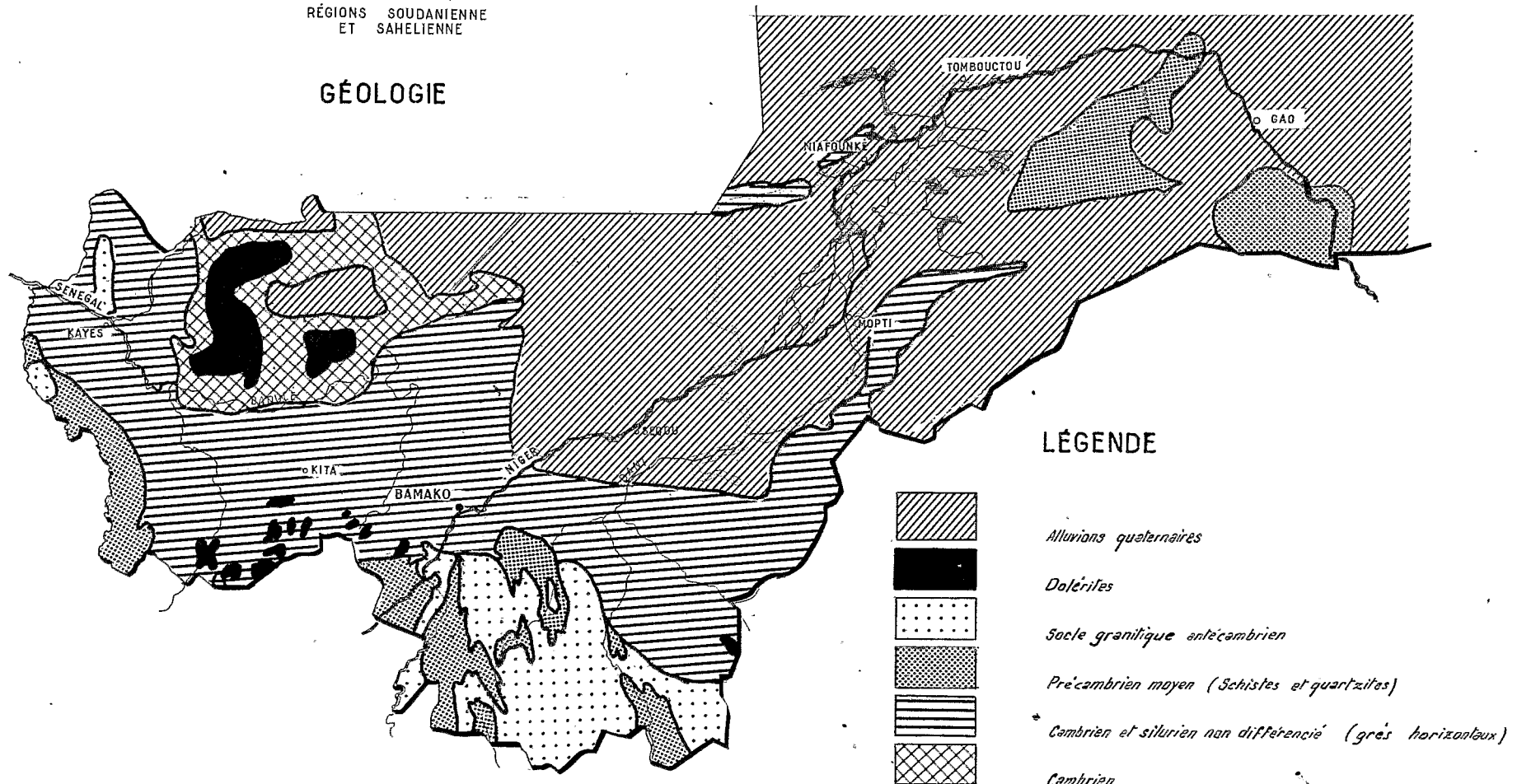


BASSINS VERSANTS PRINCIPAUX

REPUBLIQUE DU MALI

RÉGIONS SOUDANIENNE
ET SAHELIENNE

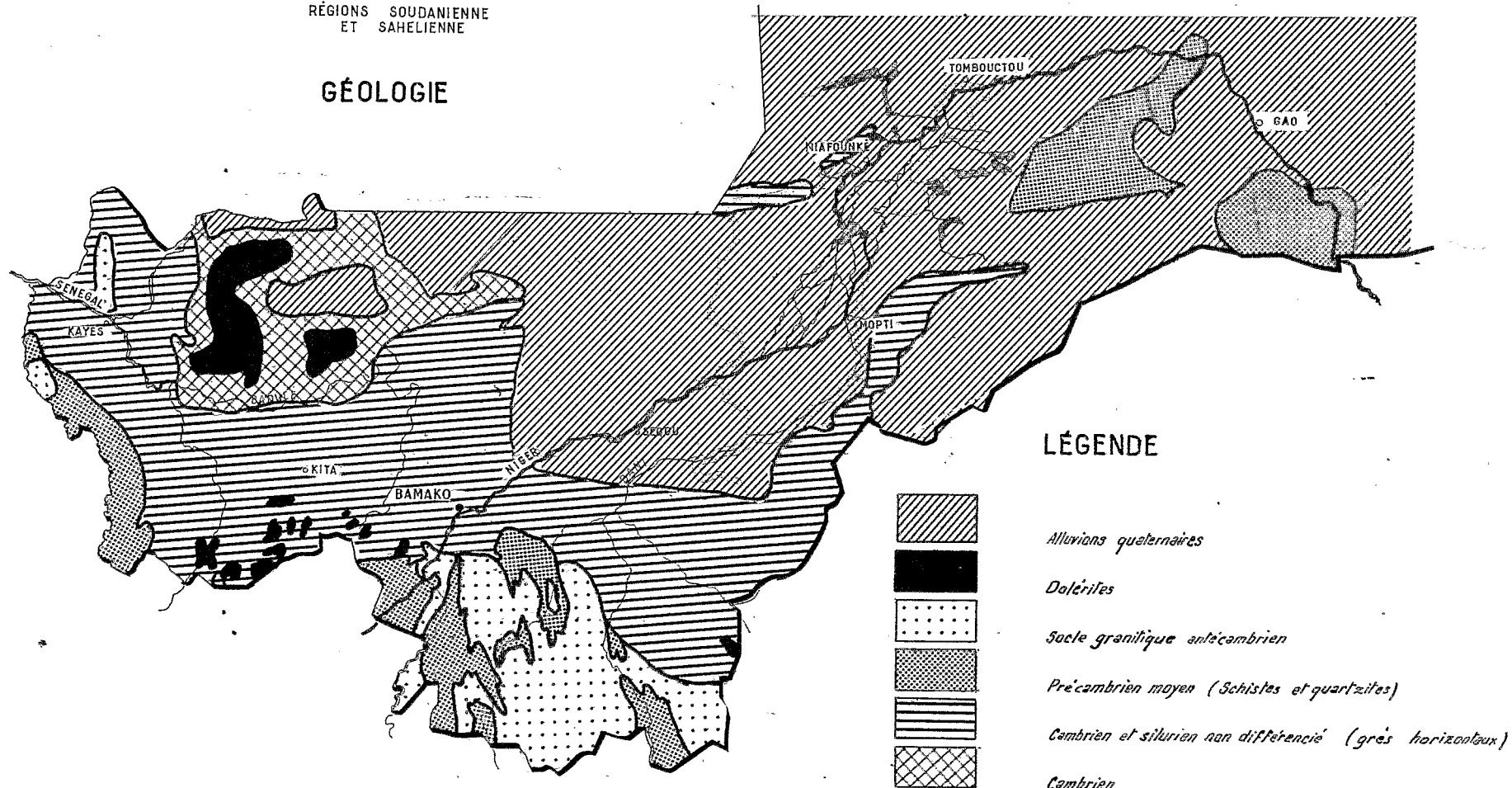
GÉOLOGIE



REPUBLIQUE DU MALI

RÉGIONS SOUDANIENNE
ET SAHÉLIENNE

GÉOLOGIE



LÉGENDE

Alluvions quaternaires

Dalérites

Socle granitique antécambrien

Précambrien moyen (Schistes et quartzites)

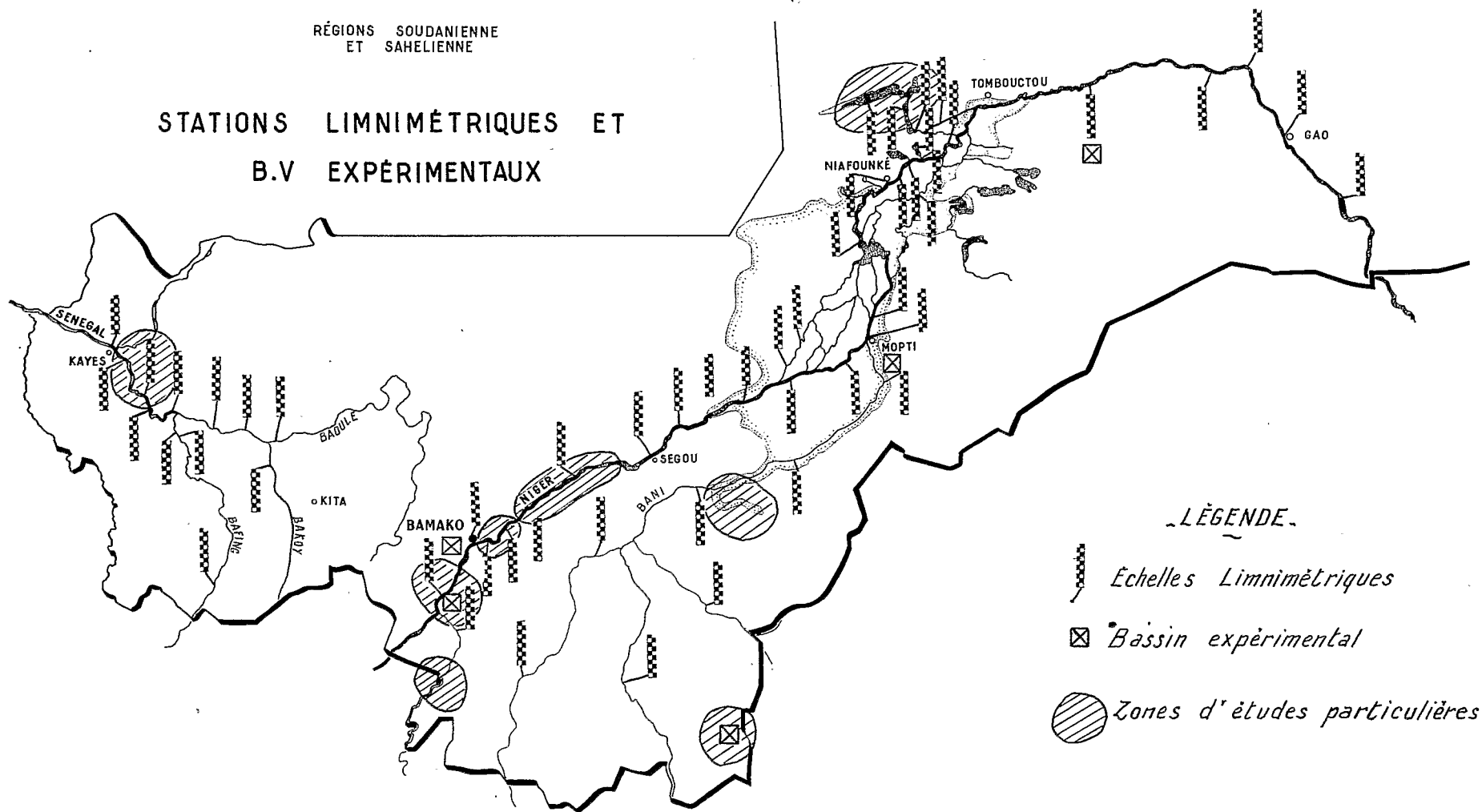
Cambrien et silurien non différencié (grès horizontaux)

Cambrien




REPUBLIQUE DU MALI

RÉGIONS SOUDANIENNE
ET SAHÉLIENNE

STATIONS LIMNIMÉTRIQUES ET B.V EXPÉRIMENTAUX



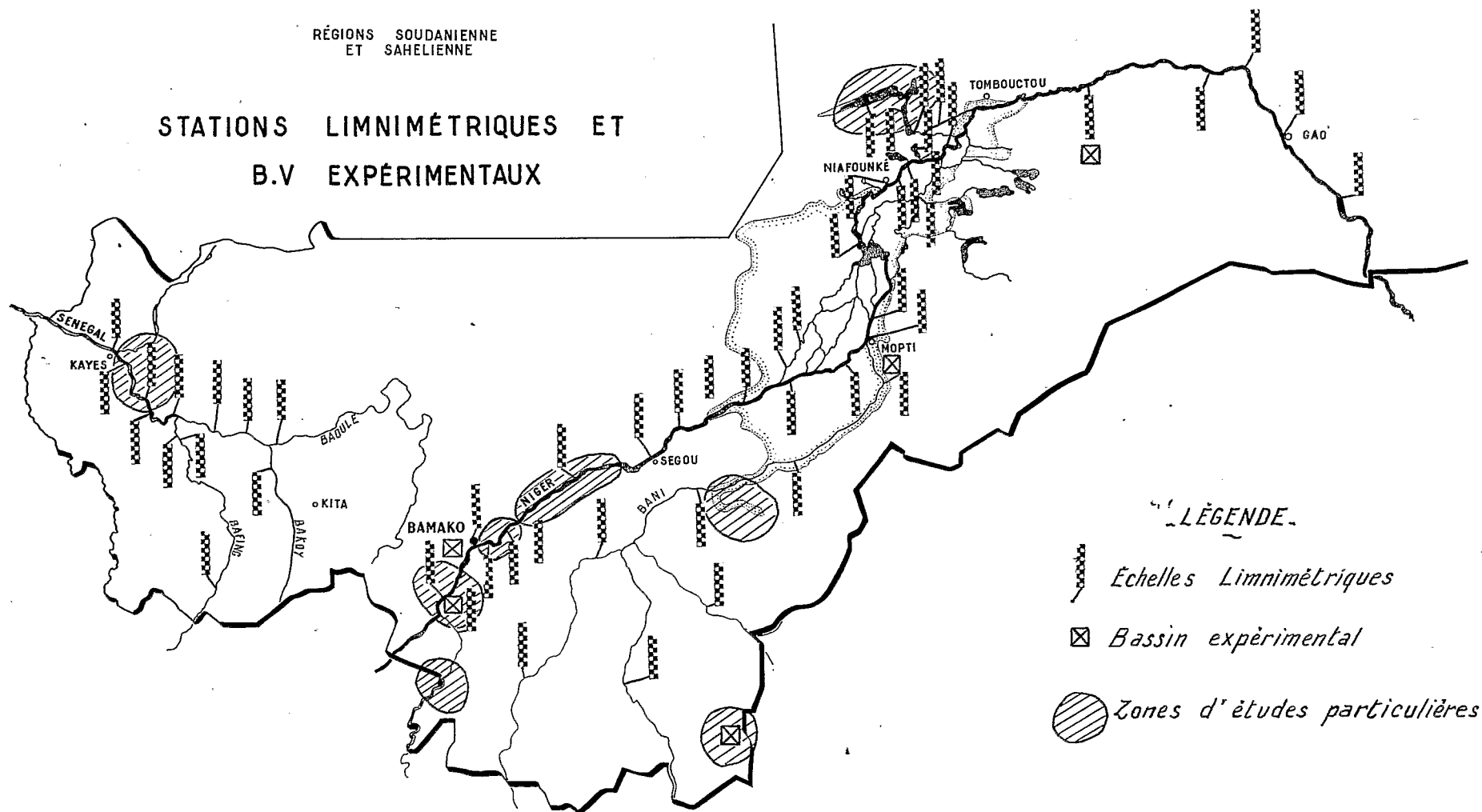
LÉGENDE.

-  Echelles Limnimétriques
-  Bassin expérimental
-  Zones d'études particulières


REPUBLIQUE DU MALI


RÉGIONS SOUDANIENNE
ET SAHÉLIENNE


STATIONS LIMNIMÉTRIQUES ET B.V. EXPÉRIMENTAUX



LÉGENDE.

 *Échelles Limnimétriques*

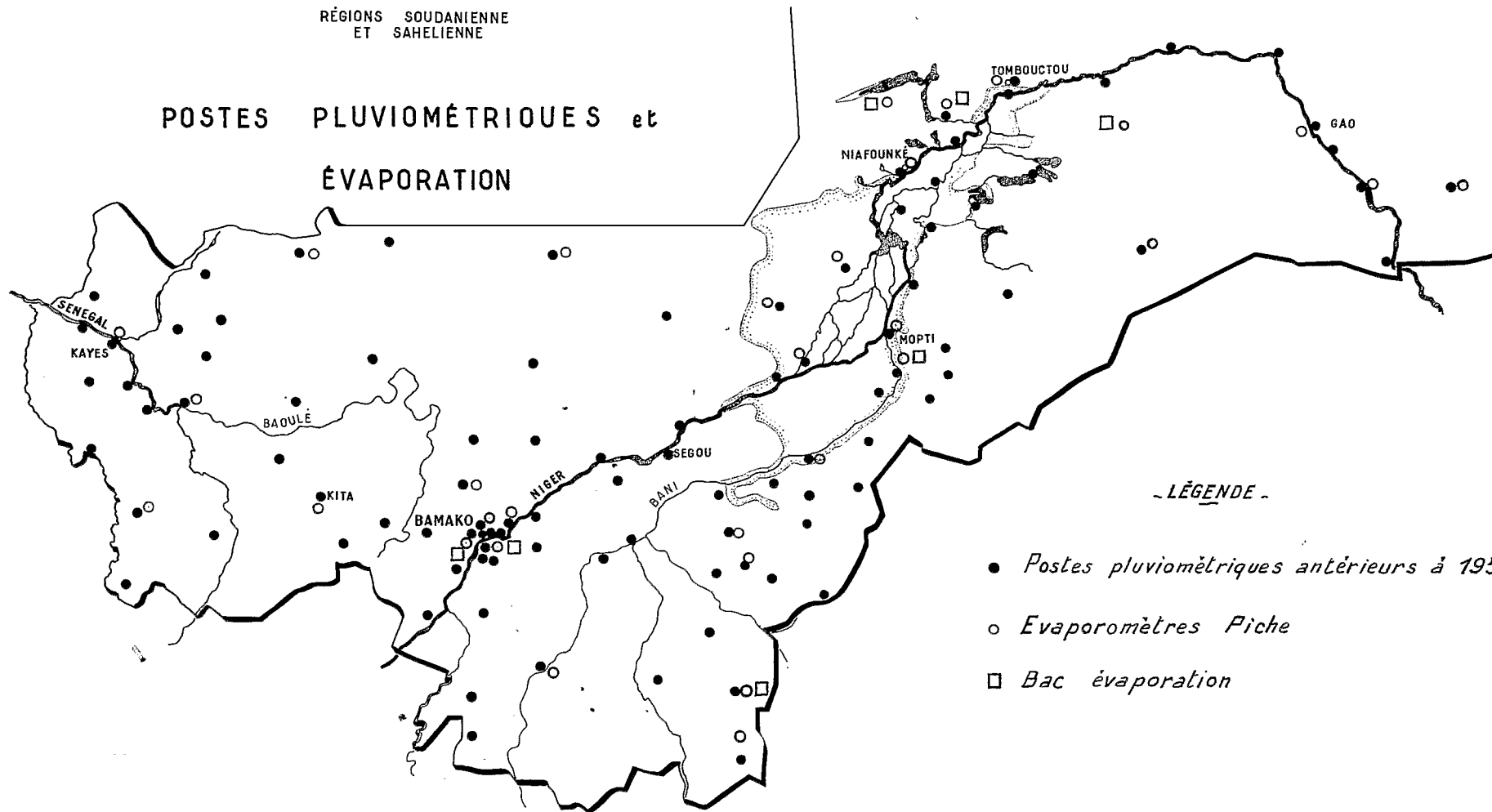
 *Bassin expérimental*

 *Zones d'études particulières*

REPUBLIQUE DU MALI

RÉGIONS SOUDANIENNE
ET SAHELIENNE

POSTES PLUVIOMÉTRIQUES et ÉVAPORATION

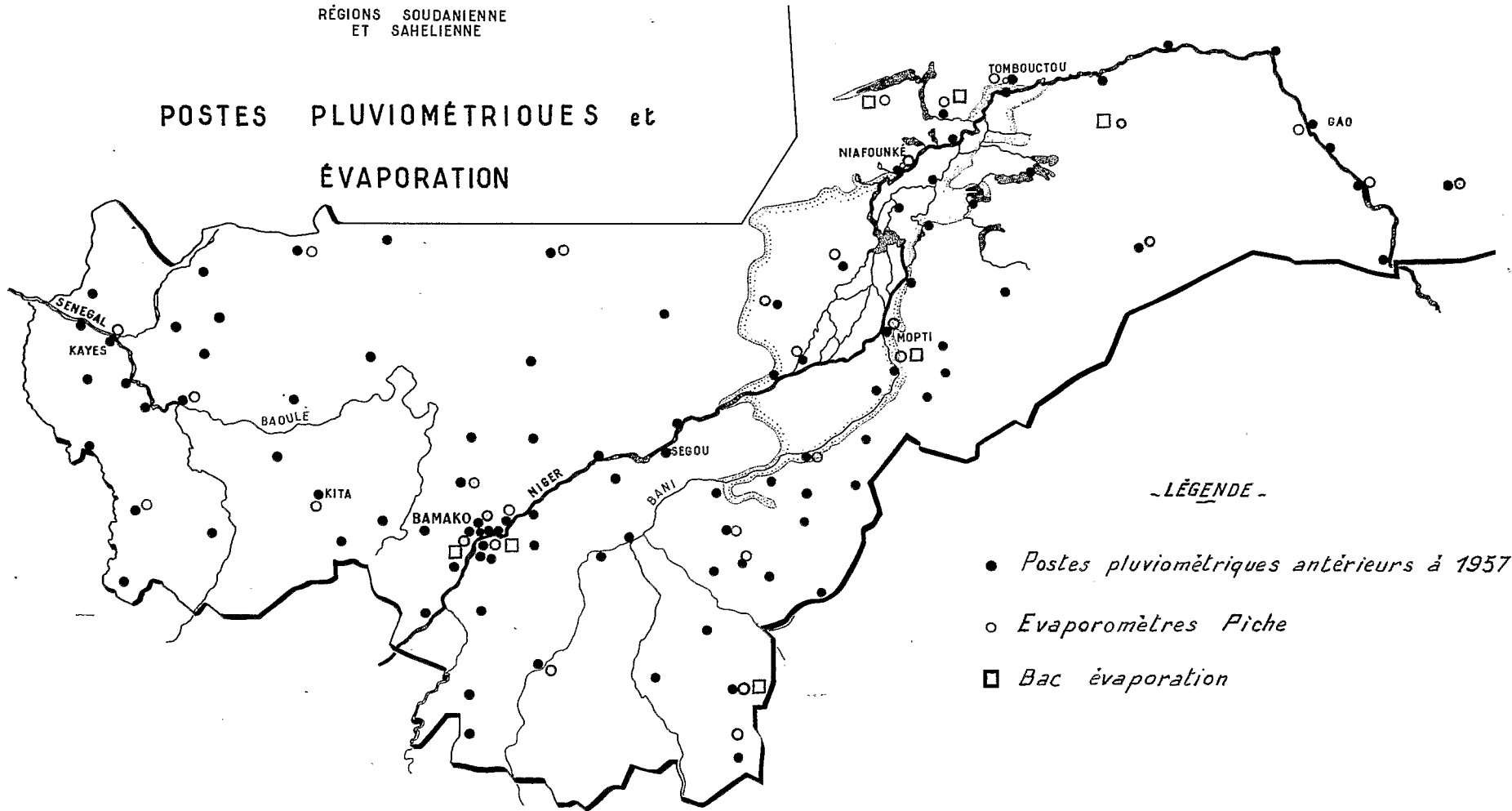


- LÉGENDE -

REPUBLIQUE DU MALI

RÉGIONS SOUDANIENNE
ET SAHELIENNE

POSTES PLUVIOMÉTRIQUES et ÉVAPORATION



- LÉGENDE -

- Postes pluviométriques antérieurs à 1957
- Evaporomètres Piche
- Bac évaporation