

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE DE LOME

L'HYDROLOGIE AU TOGO

(Conférence pour le stage de recyclage
du personnel du Service du Génie Rural à Lomé)

J. COLOMBANI

1 mars 1970

08
EOL

9636

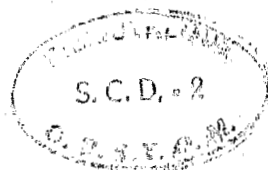
OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE DE LOME

L'HYDROLOGIE AU TOGO

(Conférence pour le stage de recyclage
du personnel du Service du Génie Rural à Lomé)

J. COLOMBANI
mars 1970



12 MAI 1970

D8
COL

9636

L'HYDROLOGIE AU TOGO

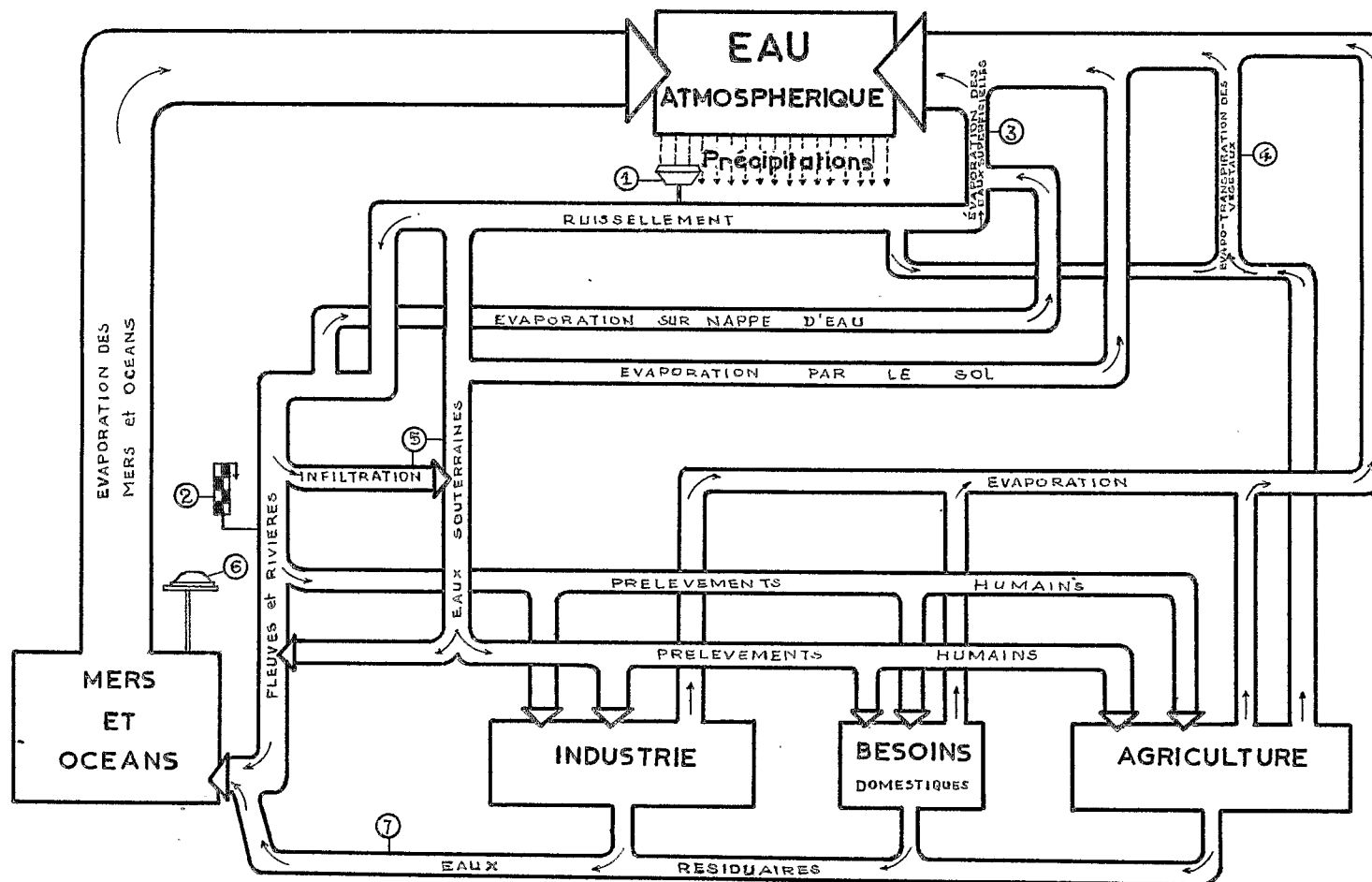
Il convient d'abord de définir ce qu'est l'Hydrologie. C'est une Science qu'on ne peut pas dire nouvelle puisque c'est aux environs de l'an 1 avant J. C. que les premières hypothèses hydrologiques correctes furent énoncées par VITRUVIUS, mais c'est une Science qui n'est reconnue pour telle que depuis peu. La raison en est que c'est tout récemment (à partir de 1930) que les études hydrologiques ont été rationalisées et depuis moins de temps encore (à partir de 1950 environ) que ces études se sont appuyées sur des théories cohérentes.

Diverses définitions peuvent en être données. Au sens le plus large, étymologiquement, l'Hydrologie, c'est la Science qui traite de l'eau. Une définition plus élaborée a été donnée par le Conseil Fédéral pour la Science et la Technologie des USA : "L'Hydrologie est la Science qui traite des eaux sur la terre, de leur abondance, de leur circulation et de leur distribution, de leurs propriétés chimiques et physiques, et de leurs réactions avec l'environnement, y compris leurs relations avec les êtres vivants". Plus brièvement, l'Hydrologie est la Science qui traite du "Cycle hydrologique".

Le cycle hydrologique, phénomène essentiel, c'est l'ensemble des processus par lesquels l'eau circule à la surface du globe terrestre. Les eaux sont réparties dans trois milieux : l'atmosphère, l'hydrosphère et la lithosphère. L'atmosphère, c'est l'enveloppe gazeuse qui entoure la terre, l'hydrosphère, ce sont les océans et les mers, la lithosphère, ce sont les terres (émergées ou immergées). Le cycle hydrologique se déroule pour l'essentiel entre 1 kilomètre de profondeur dans la lithosphère et 20 kilomètres d'altitude dans l'atmosphère.

L'eau s'évapore des océans et des terres émergées se transformant en vapeur d'eau atmosphérique. Les courants aériens transportent cette vapeur d'eau autour du globe terrestre et, dans certaines conditions de température et de pression, elle se condense en nuages. Lorsque les gouttelettes qui composent ces nuages atteignent une taille suffisante, elles sont précipitées à la surface de la terre sous l'effet de la pesanteur donnant lieu aux pluies (sur les terres émergées ou les océans). Notons que la vapeur d'eau atmosphérique peut aussi se condenser sur la végétation et de façon générale sur les objets solides à la surface du sol, formant ainsi

LE CYCLE DE L'EAU



MESURES HYDRO - METEOROLOGIQUES

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> 1 Mesures pluviométriques et climatiques. 2 Stations de mesures de débit - Mesures d'érosion - Analyses chimiques. 3 Mesures d'évaporation. 4 Mesures d'évapo-transpiration. | <ul style="list-style-type: none"> 5 Etudes des écoulements souterrains, - Bilans hydrologiques complets - Analyses chimiques. 6 Marégraphes. 7 Analyses chimiques des eaux résiduaires. |
|---|---|

ce que l'on appelle les précipitations occultes qui en certains lieux peuvent être plus importantes que les pluies et qui apportent souvent un complément non négligeable pour la croissance des végétaux.

Que deviennent ces eaux condensées et précipitées ? Elles ruissellent à la surface du sol et se concentrent en rivières plus ou moins importantes, elles s'infiltrent dans le sol, elles percolent parfois dans les roches sous-jacentes, elles s'évaporent à la surface du sol et des surfaces d'eau libre (y compris les océans), elles sont transpirées par les êtres vivants, elles participent à des réactions biochimiques, essentiellement à l'assimilation chlorophyllienne par laquelle le gaz carbonique de l'air et l'eau se combinent pour donner des hydrates de carbone et de l'oxygène, enfin l'homme en prélève une part pour l'Industrie. L'ensemble de tous ces processus constitue le "Cycle hydrologique".

Où intervient l'hydrologue dans ce cycle hydrologique ? En premier lieu dans la mesure des précipitations et la détermination des conditions climatiques. Pluviomètres, pluviographes, stations météorologiques, bac d'évaporation, lysimètres, héliographes, etc... sont les instruments utilisés.

Un deuxième point d'intervention consiste dans la détermination des fractions ruisselées et de la dynamique des systèmes hydrographiques. Echelles limnimétriques, limnigraphes, appareils pour la mesure des débits liquides et solides, de la qualité des eaux et pour la détermination de l'érosion sont les instruments utilisés.

Sont également étudiés les écoulements souterrains.

Enfin, des études annexes (en ce qui concerne l'hydrologue) peuvent être menées : niveau des mers (marégraphes), pollution des eaux (analyses physicochimiques des eaux polluées) etc...

On peut évaluer très grossièrement le volume annuel moyen de pluie déversé sur les 56 600 km² du Togo à environ 70 milliards de mètres cubes d'eau. Sur ces 70 milliards de mètres cubes, seule ruisselle et s'écoule une fraction de 7 à 11 milliards de mètres cubes. Les cours d'eau ayant leurs sources hors du pays doivent de surcroît importer 3 à 4 milliards de mètres cubes.

Au total ce sont donc 10 à 15 milliards de mètres cubes d'eau qui sont théoriquement disponibles en moyenne dans les cours d'eau par an (les ressources souterraines semblent peu abondantes).

Ce volume d'eau paraît considérable. En fait, pour 1 800 000 habitants (situation actuelle) cela fait 5 500 à 8 300 m³ par an et par habitant. La consommation moyenne actuelle par an doit être de l'ordre de 22 m³ par habitant soit 0,25 à 0,5 % du volume théorique disponible. Compte tenu du fait que les eaux ne sont pas disponibles où il faudrait (concentration de la population dans la zone maritime, le pays Kabrè et les savanes du Nord) ni quand il faudrait (de nombreux cours d'eau sont à sec en fin de saison sèche), du fait que la population croît rapidement (sans doute au moins 3 600 000 habitants en l'an 2000) et que la consommation d'eau individuelle croît en proportion du niveau de vie (si la consommation journalière au Togo est d'environ 60 litres par habitant, elle est aux USA de 1 000 litres), compte tenu de tout cela, la situation du point de vue des ressources en eau du Togo n'est pas très satisfaisante. Des travaux importants devront être réalisés pour aménager au mieux ces ressources. Pour asseoir ces travaux sur des fondements solides, il est de plus en plus indispensable de mener à bien des études sérieuses et approfondies dans le domaine de l'eau au Togo.

Quelles études les hydrologues du Togo mènent-ils actuellement ? Essentiellement des mesures climatiques et la détermination des eaux de surface (les eaux souterraines sont étudiées par le Service des Mines et de la Géologie).

Quels sont les buts poursuivis ? Ils sont de deux ordres :

- 1° La Recherche scientifique ;
- 2° Répondre aux besoins des utilisateurs des services techniques.

En effet, quand il s'agit de préparer un projet de barrage, l'hydrologue doit pouvoir fournir les éléments du régime hydrologique du cours d'eau utilisé (volume d'eau écoulé, débit moyen annuel, débit d'étiage, débits de crue, forme des hydrogrammes, irrégularité interannuelle, débits solides, etc...). De même s'il s'agit de construire un pont ou de

concevoir une adduction d'eau.

Les deux aspects du problème : Recherche scientifique et besoins pratiques, sont fort heureusement tout à fait compatibles et même complémentaires.

Quels sont les moyens dont dispose le Togo ?

1° Le réseau hydrométrique de base

Qu'appelle-t-on "réseau hydrométrique de base" ? C'est un ensemble de stations de mesure des niveaux et des débits réparties sur le réseau hydrographique et une organisation contrôlant et exploitant cet ensemble. Le tableau I schématise assez bien cette définition. Le but d'un tel réseau est d'obtenir le plus grand nombre d'informations possible de bonne qualité pour la dépense minimum.

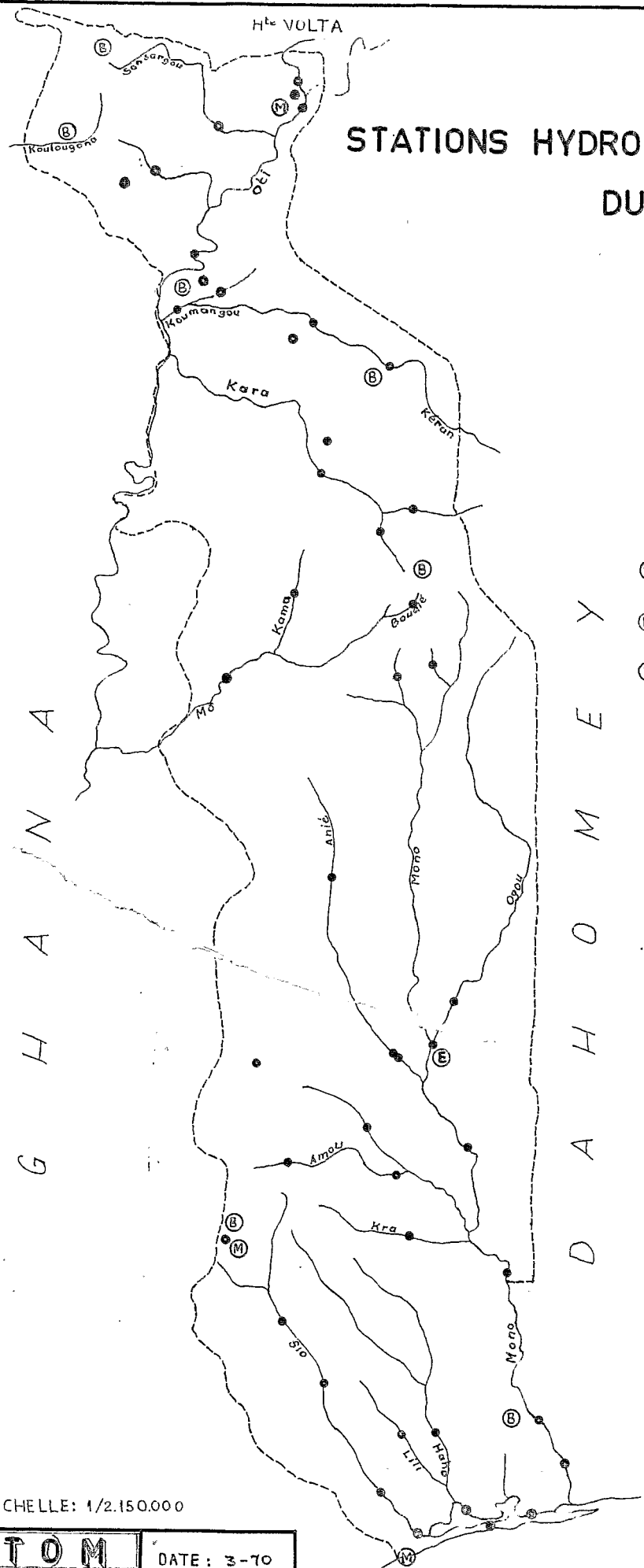
Les connaissances essentielles que fournit un réseau sont :

- La connaissance précise des débits d'étiage,
- La connaissance de toutes les caractéristiques de l'écoulement,
- La connaissance précise des débits de crue.

Accessoirement on détermine l'érosion, les transports solides et la qualité des eaux (dans certains pays la qualité des eaux passe au premier plan des préoccupations en raison de la pollution interne des cours d'eau par les rejets industriels et ménagers. En effet, sans parler de l'alimentation humaine, les eaux d'irrigation peuvent être polluées par exemple par des détergents stables qui entravent les phénomènes de nitrification dans les sols et nuisent donc à leur fertilité).

L'armature du réseau est constituée par les stations principales observées sur de longues périodes et qui sont permanentes. Ces stations doivent être choisies avec le plus grand soin car les bases statistiques de l'information hydrologique reposeront sur elles. Les stations secondaires, implantées soit entre des stations principales sur le même cours d'eau, soit sur des affluents, permettent d'étendre l'information recueil-

STATIONS HYDROMÉTRIQUES DE BASE DU TOGO



LÉGENDE

- Stations hydrométriques
- ⓑ Ex-Bassins représentatifs
- Ⓜ Station Météo
- ⓔ Bac Colorado

G
H
A
N
A

D
A
H
O
M
E
Y

ECHELLE: 1/2.150.000

ORSTOM

DATE: 3-70

DESSINÉ: M. SOSSAH

T 029 H

lie aux stations principales à l'ensemble du réseau hydrographique et de répondre ainsi à des besoins plus immédiats (par exemple implantation d'un barrage, propagation des crues, prévision des inondations, etc...). Ces stations secondaires doivent être observées pendant une période commune de dix années environ avec au moins une échelle principale assez proche.

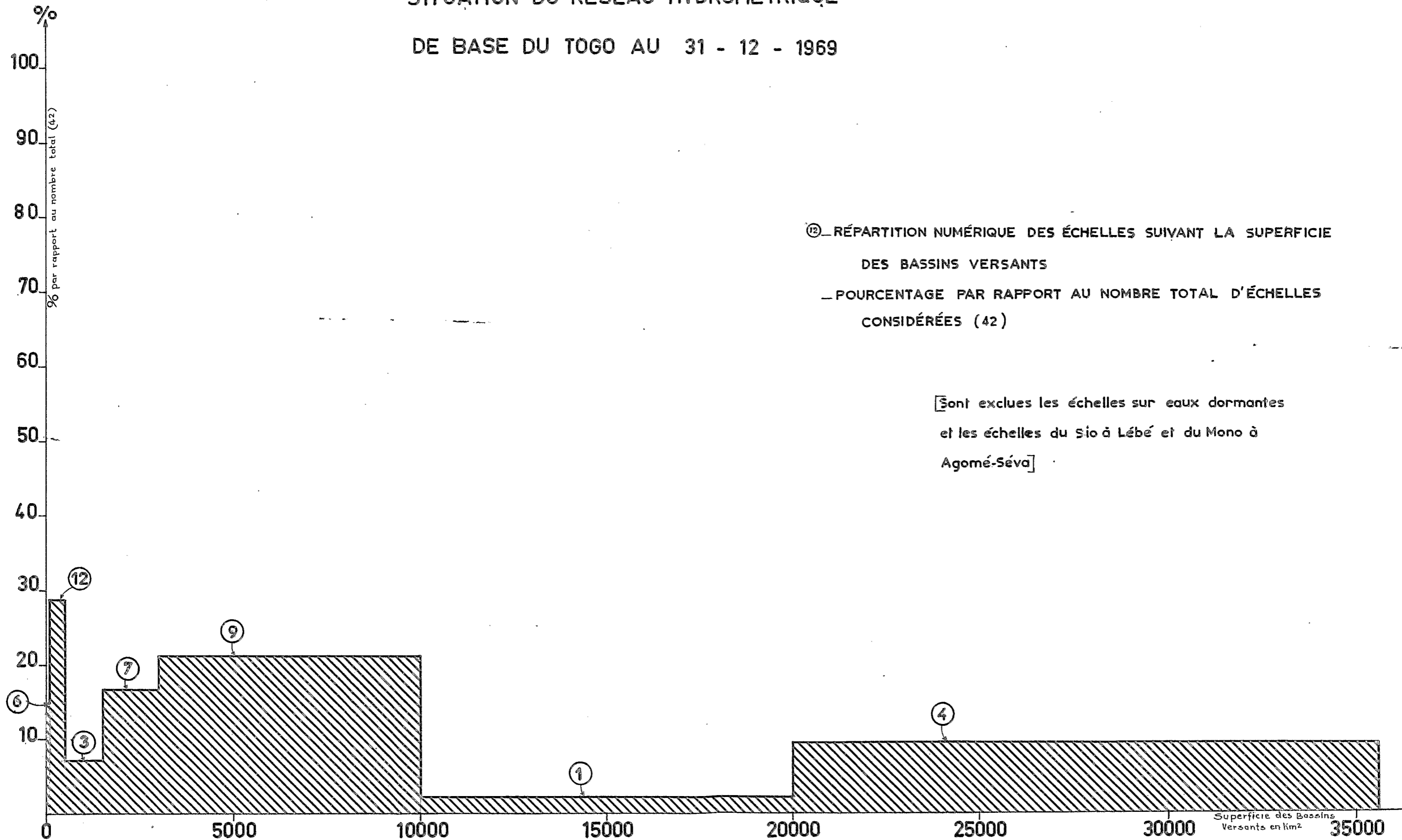
L'implantation d'un réseau doit être aussi rationnelle que possible, mais bien souvent ce sont les conditions naturelles qui seront primordiales pour l'implantation des échelles. Par exemple, dans une zone à faible densité de population, il sera difficile de trouver un lecteur d'échelle et par conséquent on cherchera à implanter l'échelle près d'une agglomération (à moins qu'il ne soit possible d'installer un limnigraphe à longue durée d'enregistrement, solution plus coûteuse à l'investissement). De même dans une région où les pistes sont rares et impraticables en saison des pluies, on n'installera une station qu'en cas de nécessité absolue car son exploitation sera difficile et les mesures de débits entraîneront des dépenses excessives en temps et en moyens, si même on parvient à en faire.

Le réseau hydrométrique de base du Togo est constitué de quarante sept stations limnimétriques (dont une au Dahomey sur le Mono à Athiéomé). Sur la carte du Togo, nous avons indiqué les différentes stations de ce réseau en les classant par superficie de bassins versants. Nous avons distingué les très petits bassins de superficie inférieure ou égale à 100 km², les petits bassins de 100 à 500 km², les petits bassins de 500 à 1 500 km², les bassins moyens de 1 500 à 3 000 km², les grands bassins de 3 000 à 10 000 km², les grands bassins de 10 000 à 20 000 km² et enfin les très grands de plus de 20 000 km². C'est une classification adaptée au Togo. Les pourcentages des stations dans chaque classe sont les suivants :

0-100	100-500	500-1500	1500-3000	3000-10000	10000-20000	>20000
14,3%	28,8%	7,1%	16,7%	21,4%	2,4%	9,5%

On constate que les bassins très petits et petits jusqu'à 500 km² sont bien représentés de même que les bassins de 1 500 à 10 000 km² et les bassins supérieurs à 20 000 km². Par contre, les bassins de 500 à 1 500 km² et de 10 000 à 20 000 km² sont trop peu nombreux. Il faudra donc combler ces lacunes (surtout pour les bassins de 500 à 1 500 km²).

SITUATION DU RÉSEAU HYDROMÉTRIQUE
DE BASE DU TOGO AU 31 - 12 - 1969



On peut constater d'autre part sur cette carte que les stations sont réparties, pour la plupart, le long de voies de communication les plus importantes. Les contraintes données en exemple plus haut ont pleinement joué ici : nécessité de pouvoir accéder aux stations en toute saison et nécessité de trouver un observateur. Certaines stations cependant sont difficilement atteintes en saison des pluies. Pour se rendre à Mandouri par exemple, il est nécessaire d'utiliser le bateau depuis Porga au Dahomey, la Sansargou à Borgou étant infranchissable en saison des pluies. Pour se rendre à la station de l'Ogou à Sirka, il faut en saison des pluies faire une dizaine de kilomètres à pied ou utiliser un bateau depuis Corrèkopé.

Les stations comportent une échelle limnimétrique graduée en centimètres sur laquelle le lecteur d'échelle recruté localement lit une ou deux fois par jour la hauteur d'eau. Cinq stations sont équipées d'un limnigraphe qui enregistre la variation du niveau de l'eau. A toutes les stations (sauf en eaux dormantes) des mesures de débit sont faites régulièrement afin d'établir une correspondance entre les hauteurs et les débits.

On parvient ainsi, théoriquement, à une connaissance précise des cours d'eau. Mais en réalité, il y a de nombreuses difficultés. L'irrégularité interannuelle des cours d'eau est très grande au Togo : sur le Mono à Tététou par exemple on a pu observer une année un débit moyen annuel de $13 \text{ m}^3/\text{s}$ et une autre année un débit moyen annuel de $252 \text{ m}^3/\text{s}$, soit près de vingt fois plus. Le volume d'eau écoulée dans l'année passait ainsi d'environ 410 millions de mètres cubes à près de 8 milliards de mètres cubes. Cette irrégularité interannuelle entraîne la nécessité de période d'observations continues très longues pour pouvoir se fonder sur des statistiques correctes. La plus ancienne échelle du réseau hydrographique togolais est celle du Mono à Athiémé installée sur la rive dahoméenne en 1944 par le Service de l'Hydraulique de l'ancienne fédération de l'Afrique de l'ouest.

Ce n'est qu'à partir de 1951 qu'un réseau rationnel a commencé à être implanté au Togo. La plupart des échelles mises en place à ce jour l'ont été par l'ORSTOM ; certaines parmi les plus récentes, en collaboration avec le Service hydropédologique du Togo et le soutien financier du FSNU. La dernière échelle mise en place (en 1970) l'a été par le Service du Génie Rural sur le Sio à Kati.

A plus ou moins brève échéance, le réseau de base devra être pris entièrement en charge par les Services Togolais. En effet, les observations devront se poursuivre de façon permanente, sans interruption. Les séries chronologiques continues actuelles (19 ans dans les meilleurs cas) permettent de déterminer avec une approximation raisonnable les crues de fréquence décennale ainsi que les volumes moyens écoulés sur des fleuves d'une certaine importance comme le Mono, le Sio, l'Oti.

Pour beaucoup de projets où les investissements mis en jeu sont relativement faibles, cela est bien suffisant mais pour des ouvrages très importants comme le barrage qui sera peut-être bâti sur le Mono à N'Gamboto, l'enjeu financier (26 milliards de francs CFA) est tel qu'il est indispensable de disposer de résultats plus précis. Un modèle mathématique des crues du Mono a donc été établi sur lequel on a simulé les crues exceptionnelles (centenaire et millénaire). Ceci est un travail long et délicat. Ce modèle a été établi à partir des observations existantes mais pourra être perfectionné avec les nouvelles observations.

Malheureusement beaucoup reste à faire sur le réseau, bien des stations sont étalonnées de façon très incomplète, les étiages et les crues étant mal connus. Certaines présentent des difficultés telles que les mesures y sont très dangereuses pour les forts débits et nous avons par conséquent interdit les mesures classiques au moulinet au-dessus d'une certaine cote (Kara à Lama-Kara, MÔ à Bongoulou).

A partir de 1970 on procédera sur ces cours d'eau à des jaugeages chimiques pour lesquels les hydrologues peuvent travailler depuis la berge.

Les hydrologues ont devant eux au Togo (comme partout dans le monde d'ailleurs) des années de travaux laborieux à accomplir. Cela d'autant plus que des mesures complémentaires qui ne sont pas encore courantes au Togo devront être entreprises : débits solides en suspension, charriage, débit solide en solution et qualité des eaux. La qualité des eaux en particulier joue un grand rôle dans la conservation des matériels hydrauliques : les eaux du Togo sont généralement agressives et très corrosives.

Sur les cours d'eau de plus faible taille, les mesures sont plus difficiles : le niveau de l'eau varie très vite, les crues sont vio-

lentes et rapides. Une ou deux lectures d'échelle par jour sont alors insuffisantes. Il faudra développer l'emploi du limnigraphe le plus rapidement possible si l'on veut avoir des données précises. Cependant, quel que soit l'état actuel des recherches, le développement économique du pays doit se poursuivre, et des renseignements hydrologiques indispensables doivent être fournis. C'est alors qu'interviennent les notions de bassins représentatifs et de bassins expérimentaux.

2° Bassins représentatifs et expérimentaux

Qu'est-ce qu'un bassin représentatif ? C'est un bassin versant qui, par ses caractéristiques physiques et climatiques, est susceptible de représenter le bassin-type pour une zone assez vaste. Le bassin est souvent choisi en fonction des besoins immédiats : nécessité de construire un petit barrage par exemple. Ce n'est donc qu'accessoirement dans ce cas que le bassin en question est considéré comme bassin représentatif. Cependant cet aspect de l'étude est important car on pourra pour des bassins analogues sous des climats analogues utiliser les résultats déjà obtenus sur un premier bassin pour se dispenser de tout ou partie de nouvelles études. Un important travail de synthèse des études de bassin déjà effectuées est d'ailleurs en cours à l'échelle de l'Afrique de l'ouest en vue de faciliter cette comparaison de bassin étudié à bassin nouveau.

Les études sur petits bassins représentatifs reposent sur l'idée suivante : "une averse dont la répartition dans l'espace et le temps est parfaitement définie, tombant sur un bassin de caractéristiques physiques bien définies également (morphologie, sol, végétation) avec des conditions initiales climatiques et hydrologiques données, donne nécessairement lieu à l'exutoire du bassin de drainage considéré à un hydrogramme bien défini. L'hydrologie analytique se propose à partir des données relatives à l'averse et au terrain de chercher la suite des opérations permettant le passage du hétérogramme à l'hydrogramme" (1). Il ne s'agit plus d'une étude statistique mais d'une étude déterministe. Théoriquement, cela paraît simple mais en fait, les études analytiques de bassins versants ont donné lieu à de nombreuses méthodes de travail. Nous ne parlerons pas largement ici de ces méthodes. Nous citerons seulement la méthode de

(1) M. ROCHE : Hydrologie de surface - Gauthier-Villars

l'hydrogramme unitaire (très employée par l'ORSTOM) qui repose sur l'affinité des hydrogrammes des crues provoquées par des averses dites unitaires, de durée inférieure à une certaine limite, et la méthode de l'hydrogramme synthétique qui repose sur le découpage du bassin par des lignes isochrones.

Du point de vue pratique comme il s'agit de déterminer les moyens de passer d'une averse à la crue correspondante, le bassin est contrôlé par une série de pluviomètres et pluviographes répartis avec une très forte densité (parfois plus d'un appareil au kilomètre carré). Là où les stations limnimétriques sont équipées de limnigraphes enregistreurs. Il y a une station météorologique où sont relevées les températures, l'évaporation, la pluie, la vitesse du vent, parfois le rayonnement solaire et la durée d'insolation.

Pendant la saison des pluies, un agent technique confirmé est affecté à plein temps au bassin où il travaille sous le contrôle d'un chercheur, ce dernier devant assister à une bonne part des crues. Ce système d'étude est évidemment assez coûteux, mais généralement on ne prolonge pas les travaux au-delà de trois ans. Les résultats obtenus sont extrêmement utiles pour les travaux hydroagricoles de la région et la construction des ouvrages de génie civil.

Au Togo, sept bassins ont été étudiés à ce jour, de tailles diverses. Ces bassins sont les suivants :

- La Sara (près de Bafilo) : 1 seul bassin de 30 km² étudié en un an seulement entre 1957-1958 ;
- La Fosse aux lions (près de Dapango) : 3 bassins Koumfab (95 km²), Napabour (62,4 km²), Koulougouna (réunion des deux premiers 188 km²) étudié trois ans (1959-61) ;
- Nadjoundi (près de Dapango) : 1 bassin de 19 km², étudié deux ans en 1962-63 ;
- Hidenwu (près de Kandé) 2 bassins emboîtés l'un de 25 km², l'autre de 1,44 km² ; étudié pendant trois ans en 1962-64 ;
- Lac Elia (près de Tabligbo) : 2 bassins adjacents de 5,30 et 5,62 km², étudiés pendant trois ans (1962-64) ;

- Païokou (près de Mango) : étude de plaines d'inondation 1959 et 1960 (ce n'est pas vraiment un bassin représentatif) ;

- Dayes à Dzogbégan : bassin de 52 km², étudié de façon intensive en 1963-1964 puis avec un dispositif léger depuis cette date jusqu'à aujourd'hui.

Depuis 1968, l'ORSTOM a repris l'étude de ces bassins par des compléments de mesures : morphologie, carte des sols, profils hydriques, perméabilité des sols, porosité, etc...

Le but de ces travaux est de parvenir à une synthèse des travaux sur bassins versants à l'échelle de l'Afrique de l'ouest, cette synthèse devant permettre d'évaluer le régime hydrologique de n'importe quel petit bassin de la zone géographique intéressée sans beaucoup de mesures complémentaires.

Les bassins expérimentaux diffèrent des bassins représentatifs par le fait qu'on y procède à des expériences. Par exemple déboisement ou reboisement, ou encore travaux antiérosifs, etc... Ces bassins ont d'abord été étudiés comme bassins représentatifs dans un certain état avant leur transformation, ou encore, ils sont étudiés conjointement avec des bassins représentatifs témoins, adjacents ou très proches.

Malheureusement aucune étude de ce genre n'a pu être faite à ce jour au Togo. Ceci est regrettable car ces études donnent des indications précieuses sur l'efficacité ou le danger des travaux humains.

3° Travaux divers exécutés accessoirement

Les études hydrologiques bénéficient de l'important Réseau Météorologique National du Togo géré par l'ASECNA. Cependant, ce réseau, bien que très développé, présente quelques défauts du point de vue de l'hydrologue. En premier lieu, pour les mêmes raisons que pour les postes hydro-métriques de base, les régions peu peuplées ont une densité de pluviomètres trop faible. Nous avons remédié à cette situation dans le bassin du Mono en implantant depuis 1965 treize pluviomètres totalisateurs qui peuvent n'être relevés que deux ou trois fois par an seulement et que par conséquent on a pu placer dans des endroits difficilement accessibles.

Par ailleurs, le réseau météorologique du Togo, à l'origine, était implanté pour les besoins de la sécurité de la navigation aérienne. Cette situation s'améliore lentement en fonction des crédits disponibles, mais de notre côté nous avons implanté des stations météorologiques annexes où sont faites en particulier des mesures d'évaporation. Nous collaborons aussi avec le Service météorologique afin de vérifier certains postes pluviométriques particulièrement difficiles d'accès.

En conclusion, nous devons répéter que, vu les très importants besoins en eau du Togo prévisibles pour les prochaines décennies, il est indispensable de poursuivre sans relâche des études sérieuses d'hydrologie. Pour cela le Togo dispose d'un réseau hydrométrique de base bien implanté mais qu'il faudra améliorer. Il dispose aussi de spécialistes Togolais compétents qui devront peu à peu prendre en charge complètement ce réseau de base, le Service hydrologique de l'ORSTOM étant toujours prêt à collaborer à ces travaux si on le lui en fait la demande, et désirant par ailleurs continuer à mener des recherches qui lui seront propres sur son propre budget.

mars 1970

J. COLOMBANI

TABLEAU I

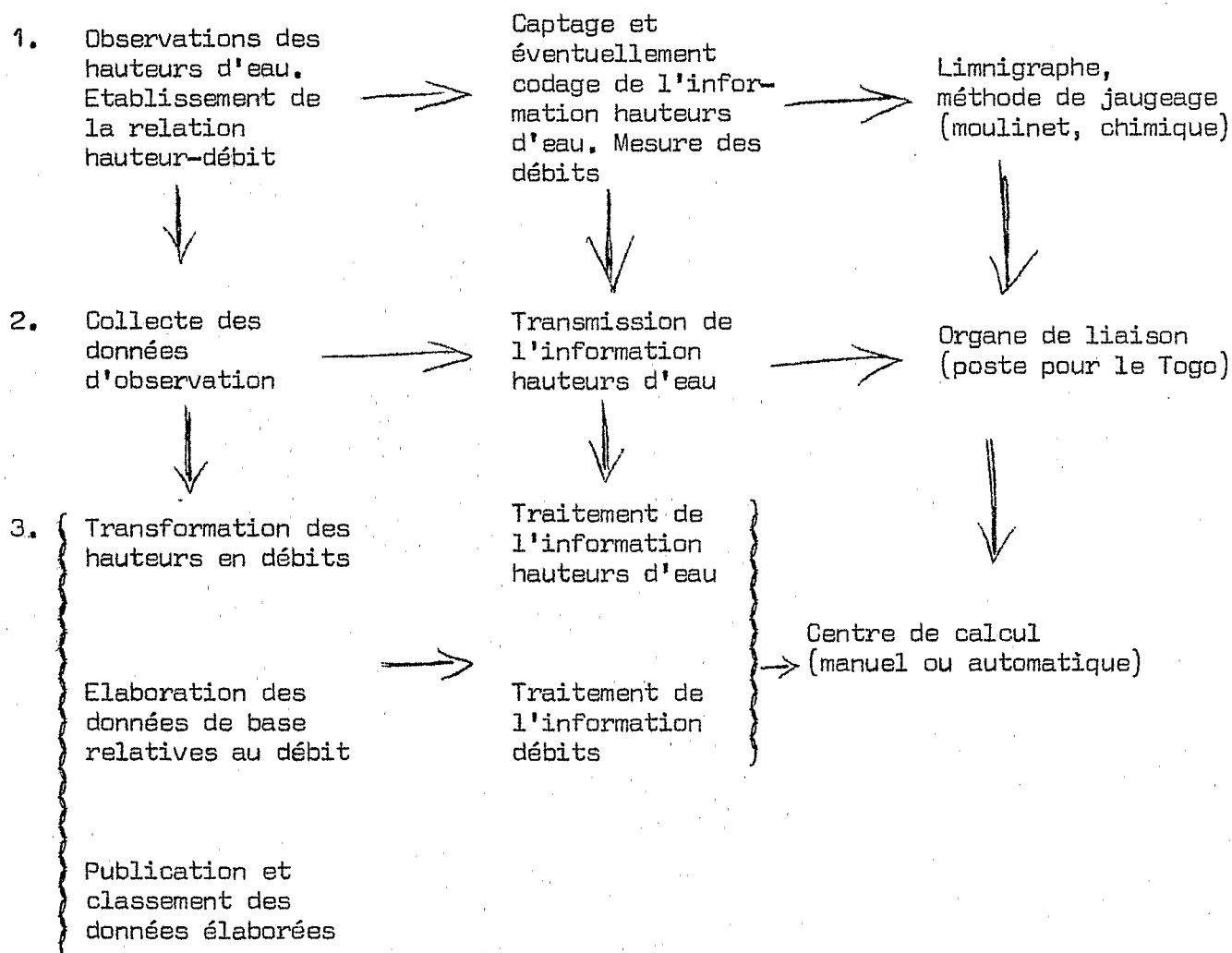


Tableau établi d'après un tableau de P. DUBREUIL dans "Etude de l'extension rationnelle du réseau hydrométrique du Ministère de l'Agriculture Français".