

République Française

Etats-Unis du BRESIL

Ministère des Affaires Economiques

Superintendencia
du Développement du Nord-Est

Mission Française de Coopération Technique
SCET - ORSTOM

GROUPE d'ETUDES de la VALLEE de JAGUARIBE

PROPOSITIONS pour un PROGRAMME d'ETUDES
HYDROLOGIQUES 1963-64

par

Pierre DUBREUIL

Expert Consultant

Maître de Recherches à l'ORSTOM

Décembre 1962

I N T R O D U C T I O N

Nous avons effectué deux missions au BRESIL pendant l'année 1962. La première mission s'est déroulée du 31 Mai au 16 Juin. Elle avait essentiellement pour but de prendre contact avec les autorités brésiliennes et d'installer les deux premiers spécialistes français Pierre LE DUC et René GODEFROY hydrologues, le premier de l'O.R.S.T.O.M., le second de la S.C.E.T.

Après une brève reconnaissance du bassin du JAGUARIBE, nous avons établi un programme de démarrage pour la section hydrologique :

- a) rassemblement des observations hydrométéorologiques existantes,
- b) phase primaire d'analyse de ces données,
- c) mesures de tarissement des cours d'eau du bassin et des débits des principales sources de la CHAPADA de ARARIPE,
- d) préparation de la future campagne d'hivernage qui devait commencer en Décembre 1962.

Notre seconde mission devait s'étendre du 29 Octobre au 15 Décembre. A notre arrivée, nous avons constaté que la réalisation du précédent programme excellente pour le point c), avait subi quelques retards en ce qui concerne les points a) et b) à cause des difficultés de localisation et de reproduction des données anciennes existantes. L'exécution du point a) essentielle, était affectée d'un retard plus considérable, principalement imputable aux problèmes administratifs et financiers soulevés par les achats de matériel, problèmes plus difficiles à résoudre que nous l'avions soupçonné en Juin. Nous n'avons pu évidemment combler tout ce retard ; ce qui compromet un peu l'efficacité de la campagne d'hivernage 1962-1963.

Au cours de cette seconde mission, qui coïncidait avec l'arrivée au BRESIL de Jacques HERBAUD, chargé de recherches à l'O.R.S.T.O.M., chef de la section hydrologique, nous avons passé près de trois semaines sur le bassin du JAGUARIBE.

Le présent rapport livre nos réflexions sur le programme rationnel d'études que nous avons dressé durant cette seconde mission. Certaines parties de ce texte, qui sembleront des évidences pour les résidants au BRESIL, sont destinées à l'information des autorités françaises responsables de notre action de coopération.

Il importe en effet de préciser qu'en ce qui concerne la participation française, la responsabilité des études hydrologiques du Groupe d'Etudes de la Vallée du JAGUARIBE a été confiée par la S.C.E.T.-Coopération et par Convention à l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer O.R.S.T.O.M., seul organisme français de coopération disposant d'hydrologues spécialistes des pays tropicaux et équatoriaux, et dont nous sommes personnellement le représentant consultant.

I - Le Bassin du JAGUARIBE

En Juin s'achevait une saison des pluies satisfaisante. La végétation était verdoyante et les cultures en plein épanouissement. En Novembre, plus de quatre mois chauds secs et ventés avaient flétri les trois quarts de la végétation. De ce diptyque brutal, le voyageur n'a aucun mal à extraire les caractères essentiels du sertao cearense (1).

La semi-aridité affecte la majeure partie du bassin, où, au centre et à l'ouest, affleurent les roches granito-gneissiques et schisteuses du socle cristallin. Sur des sols maigres et caillouteux s'accroche une végétation rabougrie et caducifoliée, la "caatinga", dont les épineux ne sont pas absents. Les cultures vivrières sèches et surtout le cotonnier perenne mocó y attestent, avec les troupeaux de bovins en quasi-liberté, de la présence humaine.

Trois flots de prospérité tranchent sur ce fond : le CARIRI au sud, les bassins d'IGUATÚ et d'ICÓ au centre, la basse vallée au nord. Plaines sédimentaires aux sols de riches alluvions, favorisées pour les deux extrêmes par des ressources en eau souterraine, ces trois zones concentrent la population agricole, les cultures vivrières et fruitières.

Bien que sous des latitudes équatoriales, le bassin du JAGUARIBE est soumis à un régime pluvial de type tropical à une seule saison des pluies de Décembre à Mai, c'est-à-dire durant l'été et l'automne australs. Cet hivernage apporte en moyenne 600 à 1000 mm d'eau par an. Les versants exposés aux vents d'est et de sud-est des SERRAS et des CHAPADAS, au-dessus de 400 m environ, bénéficient seuls de précipitations dépassant 800 mm.

(1) Le SERTAO désigne le milieu physique particulier du nord-est brésilien semi-aride. Le CEARA est l'état dans lequel se trouve le bassin du JAGUARIBE.

L'aridité qui frappe parfois cette région est due à l'extrême variabilité des précipitations autour de cette moyenne ; au cours des grandes sécheresses, c'est seulement 200 à 400 mm qu'enregistrent les pluviomètres. Le drame du CEARA, et du polygone de la sécheresse, réside essentiellement dans l'apparition imprévisible de ces années peu pluvieuses dans un milieu physique et humain habitué à un régime plus humide.

Cet aspect de la pluviosité et l'existence d'un relief relativement accidenté et imperméable provoquent une dégradation sévère et une érosion souvent importante qui façonnent le réseau hydrographique. Les cours d'eau, à sec 5 à 6 mois par an, charrient certains hivers de violentes crues ; leurs lits surdimensionnés de sables grossiers à fonds souvent mobiles dépassent rapidement 100 à 200 mètres de large, tout en gardant un encaissement notable ; les divagations et les débordements, dus à la rupture de pente et à l'alluvionnement consécutif affectent la basse vallée, principalement.

Le bassin d'environ 75 000 km² est drainé par le JAGUARIBE (750 km environ) et ses deux principaux affluents le rio BANABUIÛ (320 km) et le rio SALGADO de longueur comparable.

Que sait-on de ces cours d'eau.

II - Les OBSERVATIONS PLUVIOMETRIQUES et HYDROLOGIQUES EXISTANTES

Les observations hydro-météorologiques ne manquent pas, elles sont même en assez grand nombre. On connaît ainsi relativement bien les cours d'eau du bassin du JAGUARIBE. Avec un peu plus de rigueur dans les observations et un effort accentué pour leur analyse, on pourrait en savoir bien plus aujourd'hui.

Que ces quelques remarques ne cachent pas le grand mérite du Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, DNOCS. Nous devons à cet Organisme public, créé sous un autre nom vers 1909, la quasi-totalité des données hydro-météorologiques existantes.

Dans les années 10, un réseau non négligeable de pluviomètres et d'échelles limnimétriques fonctionnait ; une nouvelle impulsion en accroissait la densité lors des années 30. Depuis, et surtout au cours de la dernière décennie, la régularité et la valeur des observations et des mesures connexes ont eu tendance à se dégrader.

Au bilan de son cinquantenaire, le DNOCS peut verser un réseau d'environ 12 stations hydrométriques et 150 pluviomètres pour 75 000 km². C'est une belle densité dont beaucoup d'autres pays semi-arides et peu industrialisés pourraient être envieux.

Mais toute médaille a peut-être un revers. D'une manière générale, l'absence de contrôle serré des observateurs diminue le crédit que l'on voudrait attribuer à ces données. Les échelles de crue n'étaient souvent que des marques gravées de 10 en 10, ou de 20 en 20 centimètres sur les rochers : lectures imprécises, tarisements négligés. Les jaugeages sont en très grand nombre ; mais l'emploi de normes un peu rigides et applicables seulement à des cours d'eau réguliers, en altère singulièrement l'importance et la précision pour les rivières à fonds mobiles du CEARA.

Le DNOCS a lutté contre la sécheresse en construisant des barrages. Son réseau hydrométrique s'en ressent ; dense sur les hauts bassins du cristallin où existaient des possibilités de retenue, il est quasi-inexistant dans les régions sédimentaires (CARIRI et basse vallée par exemple).

Enfin, nous n'avons eu connaissance d'aucune analyse ou interprétation d'ensemble de toutes ces années d'observations (1). Quarante ans et parfois plus de données accumulées, sans tentative de synthèse vraiment générale, c'est peut-être la dernière remarque à formuler avant d'exprimer la crainte que, peut-être aujourd'hui, tout cela n'est plus totalement exploitable.

En 1960, la SUDENE reprenait le réseau hydrométrique du Nordeste. Chargée de la réorganisation de l'ancien réseau du DNOCS, la Société Hydroservice lui a remis, après avoir assuré la campagne 1961, un dispositif satisfaisant qui comprenait pour le bassin du JAGUARIBE :

- 8 stations hydrométriques de premier ordre,
- près de 200 pluviomètres,
- 5 stations météorologiques dotées d'un bac évaporométrique de classe A.

Le Groupe Exécutif Mixte d'Hydrologie GEMH de la SUDENE-DNOCS gère et améliore depuis 1961 ce réseau de base.

C'est en étroite collaboration avec lui que la section hydrologique du GEVJ se doit de travailler durant son éphémère existence.

(1) Nous mettons à part l'étude hydrologique du JAGUARIBE à OROS, demandée en 1962 par le DNOCS à la Société Hydroservice, et dont l'analyse souvent correcte vise un objectif pratique et limité.

III - ESQUISSE d'un PROGRAMME RATIONNEL d'ETUDES

Nous avons maintenant une bonne vue d'ensemble du bassin du JAGUARIBE, de sa géographie physique, des conditions de travail et de l'importance de la documentation existante.

Les lignes directrices du programme hydrologique en découlant naturellement ; on retrouve ici les deux faces de notre activité : mesures et observations "in situ", analyse statistique "in vitro".

Les données hydro-météorologiques rassemblées par le DNOCS sont une mine que nous nous devons d'exploiter rationnellement et si j'ose dire jusqu'à épuisement. L'établissement d'une monographie hydrologique du bassin du JAGUARIBE sera la première tâche. Première tâche ? Parce que nous estimons indispensable que soient rapidement connues les caractéristiques hydrologiques de base de JAGUARIBE sans lesquelles les études particulières et d'application pratiques risqueront de perdre de leur efficacité et de leur valeur. Négliger cet ordre d'urgence serait mettre la charrue avant les boeufs ; nous ne pouvons qu'attirer fortement l'attention des directeurs du GEVJ sur ce point essentiel.

La vocation à devenir pratique du GEVJ nous incite à faire porter ensuite les efforts là où les richesses naturelles apparaissent ; le développement rationnel et maximal des oasis cearense, CARIRI et basse vallée entre autres, n'est-il pas le meilleur garant contre les sécheresses futures et le meilleur moteur de l'économie du bassin entier. L'étude hydrologique de détail de ces deux régions, telle pourrait être la seconde tâche.

Déjà le sertao sec, dans les zones cristallines, permet la vie là où existe une retenue d'eau publique ou particulière. Participer à l'amélioration de la politique de construction des "açudes", préciser les possibilités en eau de surface de ces régions pour éviter le gaspillage et coordonner les efforts, aider à atteindre ces objectifs par l'analyse

hydrologique de détail, telle serait la troisième tâche à confier à la section hydrologique.

Nous allons maintenant revenir en détail sur les trois faces de ce triptyque, dont la première est la base scientifique indispensable aux deux autres.

3₁ - La MONOGRAPHIE HYDROLOGIQUE du JAGUARIBE -

L'achèvement de cet important travail nécessite le franchissement de trois paliers :

- a) rassemblement de toute la documentation existante,
- b) analyse qualitative primaire de ces documents,
- c) interprétation des données analysées et synthèse.

L'accès au premier palier a occupé la majeure partie des six mois de Juin à Novembre 1962. Certains documents existant à FORTALEZA et à RIO n'ont encore pu être rassemblés; ce qui est assez regrettable, car, avec les travaux de saison des pluies dans le bassin, les disponibilités en personnel à RECIFE vont être très réduites. Nous avons en Juin pensé possible l'achèvement de cette phase avant l'hivernage 1962-1963, nous reconnaissons avoir sous-estimé la patience et le travail de bénédictins que durent déployer les hydrologues pour remplir leur tâche.

L'analyse qualitative de ces documents en est encore aux balbutiements. Il n'était guère possible d'avancer hardiment dans cette voie sans avoir toutes les cartes dans son jeu. Cette analyse porte sur deux secteurs essentiels : pluviométrie et hydrométrie. Nous avons accordé la priorité à la pluviométrie devant l'importance qu'attachent à ces données toutes les sections du GEVJ. D'ores et déjà, l'analyse de validité et d'homogénéisation des données pluviométriques est en cours. Malgré le départ sur le terrain de la plupart des hydrologues durant cet hivernage, nous espérons possible la présentation des hauteurs de pluies mensuelles et annuelles, validées et homogénéisées, aux principales stations du bassin du JAGUARIBE, avant la fin du 1^{er} semestre de 1963. Pour ne pas retarder jusqu'à la sortie de ce recueil, la légitime information des autres sections, nous pensons qu'au fur et à mesure de leur validation, les stations pourraient être mises en fiches, copies en étant distribuées sans attendre à l'ensemble du GEVJ.

De nombreuses stations pluviométriques du JAGUARIBE présentent des anomalies dont l'origine est difficile à déceler. L'histoire d'un poste pluviométrique est souvent mal connue, de nombreuses démarches et enquêtes sont indispensables, elles justifient à elles seules l'apparente lenteur d'analyse des données pluviométriques.

L'analyse des données pluviométriques est à peine commencée ; elle suivra. Reconstituer l'historique d'une station limnimétrique, où se succédèrent plusieurs échelles à des niveaux différents, est une tâche ardue. Malgré les nombreux jaugeages existants, la mobilité relative des lits de rivières accentue la difficulté. L'analyse hydrométrique n'est pas possible sans un contrôle sur le terrain de l'état actuel des relations hauteurs-débits aux diverses stations, et partant de leur degré de stabilité dans le temps.

Ce travail de terrain qui concerne le réseau hydrométrique ancien du DNOCS sort un peu du cadre d'action du GEVJ, la section hydrologique n'a d'ailleurs cet hivernage ni le personnel ni le matériel pour le réaliser. Le chef du G.E.M.H. a bien voulu accepter de nous prêter assistance pour accomplir ce travail. Nous tenons à en remercier ici le Major RANGELL. La campagne de jaugeages de contrôle portera sur les six stations suivantes, pour lesquelles existent plus de 20 ans de relevés continus :

- le rio BANABUIÚ à BANABUIÚ (BOQUEIRAO do MEIO)
- le rio BANABUIÚ à SENADOR POMPEU
- le rio PATÚ à SENADOR POMPEU
- le rio QUIXERAMOBIM à QUIXERAMOBIM
- le rio CARIÚS à CARIÚS
- le rio JAGUARIBE à ARNEIROZ

Une tournée mensuelle durant la période d'écoulement peut représenter une rotation suffisante pour obtenir, après une seule campagne, les résultats désirés.

Le G.E.M.H. met à la disposition du GEVJ deux équipes complètes de jaugeages (techniciens et matériel) ; les hydrologues du GEVJ orienteront et dirigeront les activités de ces équipes.

Ainsi dès la fin de l'hivernage 1963, pourrait être menée à bien l'analyse de validité des données hydrologiques. Elle débouchera sur l'établissement pour chaque station hydrométrique de tableaux de hauteurs d'eau homogénéisés par rapport à un niveau de référence, et de courbes d'étalonnage uniques ou multiples suivant la mobilité des lits et applicables à telle ou telle période d'observations.

L'interprétation et la synthèse des documents devraient pouvoir commencer en 1963. La phase rédactionnelle de la Monographie du JAGUARIBE suivra logiquement.

Le plan d'une telle Monographie est classique :

1 - Etudes des facteurs conditionnels du régime :

- Situation du bassin.
- Géographie physique (géologie, pédologie, végétation, relief..).
- Caractères généraux du climat (températures, humidités, vent, évaporation).
- Analyse détaillée de la pluviométrie (régimes des pluies, moyenne interannuelle, variabilité dans le temps et dans l'espace - fréquence du phénomène annuel, mensuel ou de période plus courte, hauteurs d'eau sur les bassins).

2 - Présentation et contrôle des données hydrologiques ;

- Inventaire et historique des échelles limnimétriques et stations de jaugeages.
- Présentation des relations hauteurs-débits adoptées.
- Débits bruts calculés.

3 - Interprétation des résultats d'observation et synthèse des caractéristiques des régimes hydrologiques.

- Soit par station, soit pour l'ensemble du bassin :
 - Analyse statistique des modules (variabilité et occurrences).

- Etude des tarissements.
- Etude des crues exceptionnelles.
- Déficit d'écoulement.
- Bilan hydrologique.

Nous reviendrons plus longuement sur la réalisation pratique dans le chapitre de notre rapport consacré aux moyens d'exécution du programme.

3₂ - HYDROLOGIE de DETAIL dans la BASSE VALLEE du JAGUARIBE -

De la route fédérale BR.13 à ITAICABA où remonte la marée, la basse vallée du JAGUARIBE est un fertile rectangle d'alluvions large de 15 km sur 75 km de long environ, dans lequel les eaux du fleuve et celles du BANABUIÛ, qui vont confluer près de LIMOEIRO, se frayent péniblement un chemin à l'aide de multiples bras divagants hors desquels elles débordent abondamment en crue. Le caractère souvent néfaste de ces crues sera annihilé quasi complètement par la régulation due aux barrages d'OROS et de BANABUIÛ. Mais la répartition des débits dans les différents bras, l'importance relative des pertes par débordement et évaporation, l'interaction entre l'écoulement de surface et la nappe phréatique sont autant de problèmes à résoudre. Il nous semble utile de connaître le bilan des eaux de surface, tout particulièrement pendant la phase de tarissement.

D'intéressantes perspectives pour l'aménagement rationnel de cette basse vallée découleront des renseignements que des observations détaillées nous apporteront. Il pourrait même en résulter des impératifs en ce qui concerne, par exemple, l'écoulement de surface minimum pour assurer l'alimentation de la nappe, source évidente de l'aménagement ; ces impératifs rejailliraient sur les conditions d'exploitation des grandes retenues d'amont : OROS, BANABUIÛ, et celle prévue sur le rio SALGADO.

Après une reconnaissance approfondie de cette région, nous avons choisi cinq étages de contrôle pour suivre le bilan des eaux de surface :

- 1°) - à l'entrée, le rio JAGUARIBE à PEIXE GORDO
le rio BANABUIÚ au pont de la BR.13 (+)
le rio SECO au pont de la BR.13
- 2°) - le rio JAGUARIBE à FLORES (+)
le CÔRREGO da ARÉIA à QUIXÊRE (+)
- 3°) - le rio JAGUARIBE au gué de la route de
MOSSORÓ à RUSSAS (+)
le rio CAMPO GRANDE au gué de la route de
MOSSORÓ à RUSSAS
le CÔRREGO TABULEIRO à RUSSAS (+)
- 4°) - le rio JAGUARIBE à JAGUARUANA (+)
le CÔRREGO da MELANCIA à JAGUARUANA (+)
le CÔRREGO du km 4 sur la route de JAGUARUANA
à la BR.13
le riacho de FIGUEREDO sur la route de
JAGUARUANA à la BR.13
- 5°) - à la sortie, le rio JAGUARIBE à ITAICABA (+)
" le rio PALHANO à ITAICABA (+)

Aux huit stations marquées d'une croix, une échelle devra être installée au plus tard durant la première quinzaine de Janvier 1963. Ces échelles devront être rattachées à un même nivellement de référence, dans le courant de l'été suivant, par exemple.

Des lectures régulières, une ou deux fois par jour, devront être faites à toutes ces échelles dès leur installation.

A partir de cette date et au moins une fois par mois jusqu'à la cessation de l'écoulement une tournée de jaugeages devra être effectuée, au départ de FORTALEZA.

A ces mesures systématiques, les hydrologues joindront des observations qualitatives sur les processus de débordement, leur ampleur, les directions et changements d'écoulement éventuels dans certains bras, les modalités de l'apparition du tarissement dans la basse vallée, etc...

L'irrégularité des saisons des pluies nous incite à prévoir dès l'abord la poursuite de ces études dans la basse vallée durant deux hivernages successifs. Certains détails du programme et l'implantation des sections de contrôle pourront être revus à la lueur des constatations faites sur l'écoulement durant l'hivernage 1963.

Nous insistons tout particulièrement sur l'importance qu'il faut donner à cette première campagne, car ce sera le dernier hivernage au cours duquel pourra être observé un écoulement naturel du JAGUARIBE. Selon les prévisions du DNOCS, dès 1964, commenceront les remplissages des retenues d'OROS et de BANABUIÛ. Seul le rio SALGADO ne sera pas encore régulé, mais il est peu vraisemblable qu'il puisse à lui seul déclancher des processus de débordements en aval de LIMOEIRO.

33- Les CONDITIONS de RUISSELLEMENT et le BILAN HYDROLOGIQUE dans le CARIRI -

Le CARIRI c'est l'extrême sud du bassin, la région où naissent les formateurs du rio SALGADO; le CARIRI c'est aussi un bassin sédimentaire grésocalcaire aux sols riches, le CARIRI c'est enfin, au pied de la CHAPADA de ARARIPE vaste réservoir d'eau souterraine, une zone verdoyante irriguée par les sources permanentes du massif gréseux et favorisé dans sa partie orientale par des précipitations dont le total annuel dépasse 800 mm en moyenne.

A côté du bilan des eaux souterraines que dressera la section hydrogéologique, les hydrologues de surface devront s'attacher :

- 1° - à préciser les conditions de ruissellement sur les terrains gréseux parce qu'ainsi sera démonté le mécanisme des crues sur de petites surfaces, ce qui pourra servir à recomposer celui du SALGADO, le dernier fleuve indompté du bassin, dont la régulation est envisagée par le DNOCS.
- 2° - à dégager les caractéristiques du bilan hydrologique afin d'offrir une compréhension plus ample des liaisons "eau de ruissellement - nappes souterraines" : précision sur leur drainage par examen du tarissement, évaluation des possibilités en eau de surface disponible pour réalimenter ces nappes, etc...

Pour répondre à ces questions dans une région couvrant moins de 5000 km², la meilleure méthode consiste à installer des bassins versants expérimentaux. Notre expérience de ce procédé particulier d'hydrologie analytique nous permet d'en conseiller vivement l'emploi dans la CARIRI. Nous pourrions ainsi, travaillant sur de petites surfaces homogènes physiquement et climatiquement, analyser les causes de la naissance du ruissellement à partir des précipitations, préciser les modalités de formation des crues, obtenir des indications valables sur la répartition des eaux de pluie dans le bilan hydrique : évaporation, infiltration, écoulement.

L'unité de base d'un groupe expérimental est un bassin d'environ 25 km². La morphologie des cours d'eau du CARIRI est assez simple : des torrents dévalent les pentes de la CHAPADA de ARARIPE ; à l'arrivée dans la plaine, avec la rupture de pente, ils méandrent et alluvionnent. Les agriculteurs profitent de ces conditions pédologiques et hydrologiques favorables, d'autant plus que l'eau des sources de la CHAPADA peut facilement être amenée par gravité en saison sèche pour irriguer ces plaines ; ils ont transformés les vallées en vastes champs de cultures où domine la canne à sucre. Les débordements des torrents en crue sont activés par les travaux culturaux ; l'influence humaine s'associe à celle du terrain pour augmenter la dégradation hydrographique. Dans cette zone, le lit mineur des cours d'eau s'estompe bien souvent et n'est jamais en rapport avec les volumes d'eau ruisselés du relief. A la sortie du bassin sédimentaire, les cours d'eau présentent un lit atrophié en regard de la superficie drainée et du ruissellement des hauts bassins.

Le bassin principal de 25 km² devait donc être choisi sur un torrent avant son entrée en plaine. Nous avons parcouru les divers bassins du CARIRI. Pour des raisons pratiques : visibilité pendant les pluies, accès facile dans le bassin pour installer et contrôler les pluviomètres, notre choix s'est porté sur le rio BATATEIRAS à CRATO. La station de mesures hydro-métriques sera implantée au droit du pont de la principale route reliant la ville à la CHAPADA ; le bassin drainé selon l'esquisse planimétrique au 1/50.000^e aurait une superficie de 29,5 km².

Un second bassin intégrant le premier a été choisi afin qu'il englobe la phase alluviale de débordement caractéristique de la région ; la station de mesures sera implantée avant la confluence avec le rio CARÁS sur le même rio BATATEIRAS, un peu en aval de JUAZEIRO où une petite piste traverse par un pont le lit mineur. Quelques difficultés sont à craindre avec des débordements latéraux en cas de forte crue, mais elles devraient pouvoir être surmontées. Il n'y a d'ailleurs aucune meilleure section dans ce bassin.

Le seul inconvénient hydrologique de ce second bassin d'environ 200 km² est qu'il assure le drainage des villes de CRATO et JUAZEIRO et qu'en conséquence les résultats pourront être entachés d'erreurs par excès, par suite du ruissellement intense en zone urbaine. Nous l'avons cependant choisi car les autres bassins des rios SALAMANCO, SECO et JENIPAPEIRO présentaient des difficultés tant pratiques qu'hydrologiques, elles, insurmontables.

Pour pallier ce léger inconvénient, nous proposons que soient suivis d'une manière plus extensive (c'est-à-dire comme des bassins expérimentaux, mais avec un équipement et des mesures allégés) les deux cours d'eau suivants :

- 1° - le rio GRANGEIRO qui, pris à la sortie de la ville de CRATO dont il est le drain, donnera des renseignements précis sur l'influence de la zone urbanisée par rapport au terrain naturel ; son bassin est limitrophe de celui du BATATEIRAS à CRATO dans lequel il se jette, et de superficie voisine (18 km²),
- 2° - le rio SECO à MISSAO VELHA qui fournira l'exemple d'un drainage naturel, sans zone urbaine, d'une superficie de 266 km² voisine de celle du bassin de JUAZEIRO.

Ces bassins versants expérimentaux seront équipés d'un réseau dense de pluviomètres et pluviographes, de stations hydrométriques avec limnigraphes à leur sortie et d'une station évaporométrique. M. HERBAUD dressera les plans de détail de ces équipements comme celui des travaux à effectuer. Des observations continues devront s'y poursuivre durant les hivernages 1963 et 1964 depuis le début des pluies, jusqu'au tarissement complet.

En plus des études purement hydrologiques, on pourrait envisager de réaliser des mesures annexes :

- a) infiltration superficielle dans les terrains, en liaison avec les pédologues auxquels il serait souhaitable de demander l'établissement d'une carte sommaire des sols du bassin, vus sous l'angle de leur aptitude au ruissellement ;
- b) débits solides en suspension par prélèvement en cours de crue et pesée des extraits secs ;
- c) vitesse et importance de l'écoulement d'inféro-flux.

Etant donné le démarrage tardif de cette campagne et la phase d'installation, ces travaux annexes pourraient n'être entrepris qu'en fin de saison.

Pour parfaire la connaissance du bilan hydrologique du CARIRI, nous proposons d'étudier le régime des deux cours d'eau formateurs du rio SALGADO à leur sortie du bassin sédimentaire. Les deux stations de base choisies sont QUIMAMI (ou OLHO D'ÁGUA do BURACO) sur le rio CARAS et MILAGRES sur le rio dos PORCOS.

Il est certain que ces deux cours d'eau, en ces lieux, drainent déjà des parties cristallines, mais il était impossible de ne pas inclure le versant sud de la SERRA SAN PEDRO et les régions de JATI et MAURITI dans ce bilan, la structure du réseau hydrographique ne s'y prêtant pas. Les données fournies par les bassins expérimentaux permettront de corriger cette hétérogénéité. Il n'est pas exclu d'ailleurs qu'en période de tarissement, l'on procède à des jaugeages en plusieurs sections régulièrement réparties à l'amont de ces deux stations de base.

Ces deux stations seront suivies comme des postes hydrométriques réguliers : lectures d'échelle au moins bi-quotidiennes, jaugeages périodiques pour étalonnage.

34 - Les CONDITIONS de RUISSELLEMENT sur le SOCLE CRISTALLIN - PROBLEMES DIVERS -

L'appréciation exacte des possibilités en eau de surface sur le socle cristallin et le mécanisme de formation des crues sont les deux problèmes essentiels. Il s'agit de fournir des données utiles aux promoteurs de retenues d'eau superficielle. La méthode est donc celle du groupe de bassins expérimentaux, là aussi.

L'implantation exige le choix d'un bassin d'environ 500 à 1000 km² dans lequel on puisse trouver des secteurs de 25 et de 200 km², par exemple, qui soient exempts d'açudes, afin de travailler dans des conditions naturelles. La prospection des bassins n'a pas été faite au cours de nos missions, car nous ne prévoyons l'inclusion de cette étude dans le programme d'exécution que pour l'hivernage 1964. Le choix de la région étudiée, outre les impératifs hydrologiques, pourra dépendre des orientations éventuelles du GEVJ au cours de l'année 1963.

De ces orientations pourront aussi découler de nouvelles tâches secondaires pour la section hydrologique comme par exemple l'estimation, en première approximation, des caractéristiques hydrologiques du rio SALGADO, qui nous a déjà été demandées pour le milieu de 1963, ou tout autre travail de détail sur un projet précis d'aménagement.

Il n'est pas possible dans notre programme original de faire mieux que de soulever ces éventualités, et de laisser toute latitude d'adaptation au chef de la section hydrologique.

Il est en outre évident qu'une collaboration étroite doit s'établir avec la section hydrogéologique, tout particulièrement en ce qui concerne les études de détail de la basse vallée et du CARIRI.

IV - REFLEXION sur les MODALITES d'EXECUTION de ce PROGRAMME

En plus des trois experts hydrologues français déjà cités, la section hydrologique comprend quatre ingénieurs brésiliens presque débutants, dont deux seulement MM. Manoel Sylvio CARNEIRO CAMPELLO et Ruy NÓBREGA ont suivi un cours de formation hydrologique théorique à RIO, l'an passé ; seul Sylvio CAMPELLO a déjà participé à une campagne de jaugeages en 1962 dans le bassin du JAGUARIBE.

C'est avec cet effectif et dans un délai de deux ans, jusqu'en fin de 1964, époque actuellement admise de la fin de la mission française, que devrait être réalisé le programme esquissé précédemment.

Comme nous l'avons signalé dans l'Introduction, un grand retard a été pris dans l'approvisionnement en matériel de la section. L'activité déployée depuis notre arrivée d'Octobre et le voyage d'achat effectué, à la mi-Novembre, à RIO et SAO PAULO par P. LE DUC et Ruy NÓBREGA ont permis de réunir environ les 2/3 du matériel nécessaire aux campagnes d'hivernage 1963. Celles-ci, surtout en ce qui concerne les bassins du CARIRI, auraient dû commencer le 1er Décembre 1962. Dans la dernière semaine de Novembre, étant dans le CARIRI, nous avons eu cinq nuits consécutives de pluies occasionnant plusieurs crues dont l'une très importante après une chute d'eau de plus de 100 mm.

La campagne des bassins versants devrait commencer le 1er Janvier 1963, mais il est dommage d'avoir laissé passer les premiers ruissellements de la saison qui sont souvent très instructifs.

Il manque encore une certaine quantité de matériel hydrométrique qu'il faudrait importer, entre autres les limni-graphes, sans lesquels, l'exploitation de bassins versants de 25 km² est impossible. Une liste en a été dressée et remise aux directeurs du GEVJ ; nous conseillons vivement que la commande de ce matériel soit faite dans les meilleurs délais afin que ces instruments soient disponibles en 1963 pour permettre de rendre ceux qui ont été aimablement prêtés par le G.E.M.H. et le DNOS, et pour que la campagne 1964 ne souffre, elle, aucune restriction.

A - Pour la campagne d'hivernage 1963, nous proposons les dispositifs suivants :

4₁ - BASSINS EXPERIMENTAUX du CARIRI -

Une équipe mixte franco-brésilienne résiderait en permanence à CRATO où un logement avec dépendances devrait être loué et un véhicule affecté. La campagne d'observations théoriques s'étend du 1er Décembre 1962 au 31 Mai 1963, au cours de laquelle les premiers dépouillements des mesures seront effectués durant les accalmies pluvieuses, dans le bureau à aménager dans le local loué.

A partir de Juin 1963, l'équipe pourrait regagner RECIFE, ou rester à CRATO car des mesures de tarissement seront certainement utiles jusqu'en Août. Avant la fin Novembre 1963, les hydrologues devront mettre au net leurs observations, en réaliser l'interprétation et rédiger un rapport préliminaire.

Pierre LE DUC sera responsable permanent des bassins expérimentaux. Sylvio CAMPELLO pourrait lui être associé durant la phase d'installation et de lancement des travaux. Etant donné la nouveauté et le grand intérêt formateur pour les ingénieurs brésiliens de la méthode des bassins expérimentaux, nous conseillons d'envoyer les autres ingénieurs brésiliens alternativement pour relayer leur collègue et parfaire leur formation de terrain.

4₂ - BASSE VALLEE et STATIONS du DNOCS -

Une seconde équipe mixte franco-brésilienne appuyée sur René GODEFROY accomplirait le programme de mesures dans la basse vallée et assumerait le contrôle et l'orientation des équipes d'hydrométristes du G.E.M.H. chargées d'effectuer les jaugeages demandés aux anciennes stations du DNOCS.

Le travail dans la basse vallée nécessiterait de Janvier à Août environ une tournée de jaugeages de quinze jours chaque mois.

Etant donné les particularités des stations de jaugeages et les problèmes de circulation, il est prévu que ces mesures se feront avec un matériel hydrométrique complet itinérant. La totalité de ce matériel, bateau et moteur compris, devrait être entreposé, entre les tournées, dans la zone d'activité, par exemple à la station agricole de RUSSAS, où résidera un agronome du GEVJ. Le véhicule nécessaire à cette équipe

devrait avoir au moins la contenance d'une Willys Rurale, débarrassée de sa banquette arrière et munie d'une galerie-support pour le bateau. Les tournées pourraient avoir lieu en partant de FORTALEZA, où il serait souhaitable que soit entreposé le véhicule.

Si ce véhicule pouvait être affecté à la section hydrologique, il permettrait à M. HERBAUD de réaliser, en dehors des périodes de jaugeages de l'équipe de la basse vallée, des tournées de reconnaissance de l'ensemble du bassin du JAGUARIBE durant l'hivernage. Ces tournées permettraient le contrôle des jaugeages aux stations du DNOCS, et apporteraient à M. HERBAUD, avant d'entreprendre l'interprétation des données hydrologiques anciennes, les informations visuelles sur l'écoulement des rivières dont il ne peut guère se passer.

Entre chaque tournée sur le terrain, l'équipe de la basse vallée dépouillera ses jaugeages et elle devra, avant le 1er Janvier 1964, avoir interprété ses données d'observations et rédigé son rapport préliminaire.

43 - La MONOGRAPHIE du JAGUARIBE -

Ainsi donc, et compte tenu des congés du personnel qui devraient être pris en saison sèche, quatre des sept hydrologues de la section auront la quasi-totalité de leur temps occupé par le programme d'exécution ci-dessus tracé. M. HERBAUD et les deux autres ingénieurs brésiliens seront seuls à pouvoir partiellement s'occuper de la Monographie du JAGUARIBE. Comme le programme de terrain en 1964 sera plus chargé qu'en 1963, et occupera plus de monde, il s'avère difficile à la section hydrologique de mener à bien la tâche principale dans le cadre biennal de la mission française. Nous avons déjà dit pourquoi nous considérerions la Monographie du JAGUARIBE comme la tâche essentielle et pourquoi il importait qu'elle soit achevée rapidement. Nous pensons donc que tous les efforts des hydrologues de la section, quand ils ne seront pas occupés par l'accomplissement de leur tâche de terrain (41 et 42), devront tendre vers la réalisation de cette Monographie. Devant l'ampleur et la complexité de ce travail, nous vous proposons de faire une note spéciale dans laquelle nous examinerons en détail les meilleures modalités d'exécution à proposer, note qui sera rédigée incessamment.

B - La campagne d'hivernage 1964

Sous réserves de modifications pouvant intervenir en 1963, après examen des résultats acquis durant la première campagne, on peut proposer le schéma suivant d'action :

- 1 - Reconduction du programme 1963 pour les bassins expérimentaux du CARIRI et la basse vallée, avec rédaction de rapports définitifs pour ces deux secteurs avant la fin de 1964.
- 2 - Ouverture d'un second chantier de bassins expérimentaux sur le socle cristallin en un lieu à préciser ; un rapport provisoire sera dressé avant la fin de 1964. La poursuite des observations est conseillée pour 1965.

L'exécution de ce programme nécessite trois équipes mixtes ou doubles d'hydrologues. Compte tenu des stages éventuels en France, l'effectif de cinq hydrologues de terrain de la section devient insuffisant.

On pourrait envisager non pas l'engagement de nouveaux ingénieurs brésiliens, mais celui de techniciens dont le rôle est important en hydrologie et dont la formation est souvent négligée. Ainsi avec trois techniciens brésiliens pourraient être formées trois équipes mixtes dirigées chacune soit par un hydrologue français, soit par un ingénieur brésilien déjà formé par la campagne 1963.

Ceci aurait en outre l'avantage de libérer les experts et les ingénieurs brésiliens des tâches matérielles pour qu'ils puissent consacrer plus de temps aux rédactions de rapports qui seront plus importants en 1964, la mission française s'achevant.

Nous remercions le docteur David KITOVER et ses collaborateurs pour leur aimable accueil et les facilités qu'ils nous ont accordées pour accomplir nos deux missions.

Pour compléter notre connaissance du JAGUARIBE, nous nous proposons de revenir soit en Mars, soit en Avril 1963, à l'époque théorique des pluies les plus intenses pour observer le ruissellement et l'écoulement dans le bassin.

RECIFE, Décembre 1962.

