

Les études hydrologiques de l'ORSTOM sur le milieu naturel amazonien.

Par Jean-Marie Fritsch.

L'objet de cette intervention est de vous présenter les travaux réalisés par les équipes de l'ORSTOM et celles, sud-américaines avec lesquelles elles travaillent, dans le cadre général des eaux de surface dans le milieu amazonien.

Par suite des impératifs draconiens imposés par l'horaire, cet exposé s'attachera surtout à identifier les programmes de recherche passés ou en cours, les cadres géographiques et institutionnels de leur implantation, et à préciser leur insertion dans la problématique scientifique actuelle du milieu physique. Mon ambition se limitera donc à regrouper des programmes de recherche éclatés dans l'espace et le temps selon un canevas thématique sur lequel nous aurons sans aucun doute l'occasion de broder au cours des discussions. Ne vous attendez pas à une communication scientifique sur l'hydrologie, qu'il serait au demeurant inconvenant d'infliger à cette assemblée compte tenu de son éclectisme.

Pour l'hydrologue, le milieu amazonien limité au seul bassin-versant du fleuve Amazone, occupe 6 millions de km² et l'extension de ce concept à l'écosystème forestier humide représente sensiblement la même surface sur le continent sud-américain.

C'est évidemment un euphémisme de dire qu'une telle surface ne constitue pas une seule et même unité hydroclimatologique, et que par là-même, c'est un milieu encore mal connu où la quantification et la variabilité des ressources en eaux sont encore très imprécises dans certaines régions. J'étaierai cette affirmation en citant quelques chiffres, prenant comme exemple le Brésil. Dans ce pays qui contrôle les 2/3 du bassin-versant de l'Amazone, 171 stations hydrologiques étaient en opération en 1982, soit une

station pour 23.000 km², ce qui n'est pas considérable; mais à cette date, 5 stations seulement avaient été observées pendant plus de 20 ans. En matière de pluviométrie, la situation est semblable 300 pluviomètres dont 43 avec plus de 20 ans de relevés (sources Departamento Nacional de Aguas e Energia Electrica - DNAEE).

Dans un tel contexte, on ne trouvera rien d'étonnant à ce que la priorité initiale des études hydrologiques soit donnée à l'inventaire des ressources, à l'étude de leur variabilité dans l'espace et dans le temps, pour se situer dans cet immense contexte amazonien.

Le premier point de mon exposé concerne donc les programmes orientés vers l'étude des régimes, visant à l'établissement de bilans hydrologiques sur grands bassins.

C'est le domaine obligé d'études monodisciplinaires, sur des réseaux d'observation permanents, à caractère technique et opérationnel marqué, et à long terme. Par comparaison avec les sciences du monde végétal, ceci constitue une phase méthodologique comparable à l'inventaire floristique d'une région. C'est donc une recherche prioritaire.

C'est en Guyane française que les hydrologues de l'ORSTOM ont fait leur immersion dans le monde hydrologique amazonien, au début des années 50, dans un contexte scientifique complètement vierge. Après la phase de mise en place et de suivi du réseau, la première publication synthétique sur les régimes a pu être produite en 1964.

Au Brésil, l'ORSTOM est le partenaire du DNAEE, qui est la structure d'hydrologie opérationnelle au niveau fédéral, et trois chercheurs, qui siègent à Brasilia, ont une activité tournée pour une partie au moins, vers le bassin amazonien.

De par l'extension spatiale du réseau, avec les contraintes d'accès aux sites de mesure en terme de temps et de coût, le bassin-versant de l'Amazone représente un domaine d'application privilégié pour la télémessure. Il faut savoir que la part du budget consacrée à la collecte de données en Amazonie brésilienne représente 40% des ressources globales, pour moins de 15% du nombre de stations en service sur le réseau fédéral.

L'ORSTOM a proposé la mise en place de la collecte des hauteurs d'eau et des précipitations par le système ARGOS. Cette filière de collecte de données pour l'environnement, gérée par le CNES (Centre National d'Etudes Spatiales) utilise des satellites à défilement placés sur orbite polaire. L'extrême facilité de mise en oeuvre des émetteurs sur le terrain et la possibilité pour l'utilisateur de disposer des résultats grâce à une station de réception directe à bas prix, font de ce système une alternative intéressante par rapport à la collecte assurée par les satellites GOES (Geostationary Orbit Environmental Satellite).

L'implantation des émetteurs sur les stations hydrométriques a commencé en 1984 (4 points de mesure), il y en a 15 en service actuellement et le chiffre de 25 devrait être atteint d'ici la fin de cette année 1985. Une station de réception directe est opérationnelle à Brasilia où est situé le centre de calcul qui gère la base de données du DNAEE.

L'exploitation des données constitue l'étape logique succédant à la collecte et cette phase méthodologique impose le développement de processus spécifiques pour l'analyse hydrologique. En effet, si la quantité des données disponibles est tout juste passable, il est indispensable que leur qualité soit bonne, ou que, pour le moins, on puisse déceler leur plus ou moins bonne qualité de manière à ne pas s'engager dans des hypothèses erronées, par exemple à partir de séries chronologiques qui seraient affectées d'erreurs systématiques.

L'un des procédés consiste confronter les données à une référence - appelée vecteur régional - qui représente en quelque sorte une station fictive, constituant un étalon pour la région considérée, et construite à partir de l'ensemble des stations selon des calculs très savants qui permettent de réduire au minimum l'influence des lacunes d'observation et des erreurs systématiques de chacune d'entre elles.

Ce traitement a été appliqué aux séries de pluies et de hauteurs d'eau collectées en Amazonie brésilienne. Outre le contrôle de qualité, ce processus permet d'optimiser le nombre de stations et le choix de leur situation en fonction de la variabilité climatique et de déceler une évolution à moyen terme d'origine climatique ou provoquée par l'homme.

En Bolivie, l'ORSTOM est partenaire du Service National

d'Hydrologie et de Météorologie (SENAMHI) dont nous avons l'honneur et le plaisir d'accueillir à cette tribune le Directeur, le Docteur DAZA. Le SENAMHI et l'ORSTOM ont associé leurs efforts pour la réalisation d'un programme hydrologique et climatologique en Amazonie bolivienne, projet connu sous le nom de PHICAB. Sont également associés à ce projet l'Université Majeure de San Andres et l'Institut Français d'Etudes Andines

Le programme a commencé par le renforcement du réseau d'observation et l'implantation de 12 stations hydro-métriques sur le cône amazonien de la Bolivie, limité par les Rios Madre de Dios et Guaropo.

La saisie, l'exploitation et l'interprétation des données ont été menées simultanément avec la collecte sur le terrain. Dans le même temps, les données antérieures au début du projet ont été saisies sur support magnétique. Ceci a été possible grâce à l'emploi de micro-ordinateurs, du même type que ceux utilisés par ailleurs par les hydrologues de l'ORSTOM, ce qui a permis un gain de temps considérable dans l'adaptation des logiciels et du savoir-faire au contexte du projet.

Cet effort de coordination méthodologique a été couronné de succès, puisque très rapidement des documents synthétiques ou des études monographiques ont pu être produits. Ainsi, pour un programme qui a effectivement démarré en 1982, un grand nombre de cartes thématiques sont déjà disponibles (isohyètes, températures, humidité, évapotranspiration potentielle, etc.). De même, les bilans hydrologiques de deux collecteurs majeurs de la région, le Rio Beni et le Rio Mamore, ont pu être calculés et ont fait l'objet de thèses soutenues en juin 1985.

Enfin, la mise en place d'une structure opérationnelle sur le terrain a permis d'étendre le programme à des domaines scientifiques plus pointus; je citerai par exemple l'étude de la composition isotopique des précipitations en fonction de l'altitude, en collaboration avec le Laboratoire géochimique d'ORSAY, et l'étude des transports solides par suspension.

J'en ai terminé avec ce premier aspect d'inventaire monographique pour aborder la deuxième unité thématique de cet exposé, à savoir l'analyse fine des mécanismes hydro-

logiques et la compréhension du cycle de l'eau considéré comme une composante de l'écosystème forestier.

Il ne s'agit plus cette fois de couvrir le maximum d'espace et d'établir des références temporelles les plus longues possibles, mais de procéder à un changement de focale en délaissant la vision au grand angle qui a permis de se situer dans les grands ensembles hydroclimatiques, pour une observation plus fouillée destinée à comprendre et à vérifier le fonctionnement des systèmes hydrologiques à l'échelle du micro bassin-versant. Il pourrait sembler aux auditeurs ignorants en matière de science hydrologique que l'on aborde là un aspect théorique et fondamental de la recherche qui s'éloigne des problèmes concrets qui se posent avec acuité dans cette partie du monde; mais en fait il s'agit bien là d'une perception en prise directe avec la réalité du terrain car, par exemple, connaître les mécanismes du cheminement de l'eau dans la voûte forestière, le long des troncs, dans les sols et dans le système racinaire, c'est pouvoir relativiser ce qui se passera si la forêt est détruite, ce qui n'est pas une pure hypothèse d'école.

Les premières tentatives dans cette voie de l'hydrologie analytique faites par l'ORSTOM en Amazonie ont porté sur l'exploitation de bassins représentatifs de quelques km², densément équipés, en Guyane française. De 1960 à 1976, 3 groupes de bassins représentatifs ont ainsi été suivis sur des périodes de 3 à 8 ans.

Cette étape a également été atteinte par nos collègues brésiliens de l'Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), avec la mise en service et l'exploitation de bassins forestiers modèles. Je laisserai au Dr. SCHUBART, Directeur de cet Institut et présent parmi nous, le soin de vous présenter ce programme de bassin-versant représentatif et les enseignements que l'on peut en tirer.

Enfin, il est possible de s'engager dans des études encore plus incisives et confronter les observations hydrologiques avec les alternatives du développement économique en étudiant expérimentalement les effets du défrichement mécanisé sur des bassins-versants expérimentaux, sur lesquels on reproduit des scénarios de mise en valeur après avoir observé et modélisé l'état initial. Je veux parler du programme d'étude et de mise en valeur de l'écosystème forestier (ECEREX) qui se déroule en Guyane depuis 1977 et qui a mobilisé des chercheurs de l'ORSTOM et de plusieurs grandes centrales de recherche (CIRAD, CNRS, INRA, MUSEUM) et Universités françaises.

Les modifications de l'écoulement de surface et de l'érosion, corrélées avec des conditions de sols, ont pu être mises en évidence, tant sur le sol nu que sur des aménagements tels que pâturage brouté, plantations de pin, d'eucalyptus ou de fruitiers (agrumes), recru naturel, culture traditionnelle sur brûlis.

Au chapitre de l'appréciation des effets de l'homme sur le milieu, on doit citer encore le programme d'études en marais côtiers de Guyane française, où la poldérisation à vocation rizicole pourrait concurrencer la fonction naturelle de nurserie de ces marais pour certaines espèces de crevettes pêchées au large. Ces recherches, menées dans des conditions hydrauliques extrêmement complexes ont été à l'origine de la conception et de la mise au point d'un système de mesure et de mémorisation des données sur le terrain, qui est en passe de devenir un standard dans les techniques hydrométriques actuelles.

La formation, enfin, constituera le dernier thème de mon intervention, partout présente dans nos activités, sous des aspects très variés.

La formation est implicitement contenue dans certains programmes; il en est ainsi pour la télétransmission qui est un transfert de technologie mais aussi de savoir-faire. De même manière, la mise en place d'unités de traitement micro-informatique, utilisant des logiciels parés des qualités de "décentralisé"; "conversationnel", "convivial" ou "interactif", permet d'apprécier l'intérêt porté à la qualification des hommes en ce domaine.

La formation peut être formalisée comme dans le programme bolivien, avec pour objectif la formation à la recherche. C'est ainsi que deux bourses du Ministère de la Recherche et de la Technologie ont été octroyées à des étudiants boliviens, et l'un d'eux travaille actuellement au Laboratoire d'Hydrologie de l'ORSTOM à Montpellier. Le programme PHICAB a également proposé des bourses à 4 étudiants de l'Université Majeure de San Andres, pour la réalisation d'études monographiques portant sur les régimes des principaux fleuves de la région.

La formation peut enfin constituer un objectif tout à la fois explicite et faire l'objet d'un programme déterminé.

C'est la tâche d'un des hydrologues en poste au DNAEE à Brasilia sur un programme qui s'intitule "Optimisation de Techniques Opérationnelles". Cours, séminaires, travaux pratiques sur le terrain, éditions de normes et de fascicules spécialisés constituent le produit de telles options.

Enfin, l'échange d'informations, la confrontation des résultats et le débat scientifique constituent sans doute l'aspect le plus vivant de la formation permanente; je pense aux journées de Cayenne de mars 1983, consacrées à l'étude de l'écosystème forestier amazonien avec la participation de nos collègues du Brésil, du Pérou, de l'Equateur et du Suriname.