

Problèmes de navigation fluviale dans les bassins de l'Amazone et de l'Orénoque dans les pays andins *

par

J. J. PETERS **

MOTS-CLÉS. — Amazone ; Amérique du Sud ; Groupe Andin ; Navigation fluviale ; Orénoque.

RÉSUMÉ. — La Junta du «Groupe Andin» formé par la Bolivie, la Colombie, l'Équateur, le Pérou et le Venezuela, a pris, dans les années septante, des décisions concernant les transports et communications dans la perspective d'une «intégration physique» des états membres. L'amélioration des transports dans et entre ces pays comprend notamment le développement du réseau routier le long de la grande forêt amazonienne, au pied de la Cordillère des Andes, et l'amélioration des conditions de navigation des rivières dans les bassins de l'Amazone et de l'Orénoque. Certains projets sont analysés : l'axe des rivières Apure et Orénoque au Venezuela ; la création de canaux de connexion entre les affluents de l'Orénoque et de l'Amazone en Colombie et les problèmes des ports sur l'Amazone et ses deux affluents principaux au Pérou. Ces cas montrent les problèmes particuliers que posent le régime de ces fleuves et la nécessité d'approfondir nos connaissances de l'hydraulique fluviale de ces grands fleuves alluvionnaires à l'état sauvage. Il faut développer une approche nouvelle et commencer par financer des programmes de recherche communs, plutôt que d'investir dans des réalisations coûteuses et souvent risquées. L'exemple du Venezuela illustre l'approche intégrée multidisciplinaire. Le cas de la Colombie montre que la route et la voie d'eau y sont trop souvent concurrentes, alors qu'elles pourraient être parfaitement complémentaires. Enfin, la construction d'ouvrages d'art hydraulique en pleine forêt amazonienne pourrait, en l'absence des matériaux classiques, profiter de nouvelles technologies du bois.

SAMENVATTING. — *Problemen van binnenscheepvaart in de bekkens van de Amazone en de Orinoco in de Andeslanden.* — De Junta van de «Groep van de Andes» gevormd door Bolivia, Columbia, Ecuador, Peru en Venezuela, heeft in de jaren zeventig beslissingen genomen betreffende transport en communicatie in het vooruitzicht van een «fysieke integratie» van de lidstaten. De verbetering van het transport in en tussen deze landen omvat onder andere het ontwikkelen van het wegennet langs het

* Communication présentée à la séance de la Classe des Sciences techniques tenue le 28 juin 1991. Texte reçu le 4 août 1992.

** Membre associé de l'Académie ; rue Philippe de Champagne 44, B-1000 Bruxelles (Belgique).

grote Amazonewoud, aan de voet van het Andesgebergte, en de verbetering van de bevaarbaarheid van de rivieren in de Amazone en Orinoco bekkens. Enkele projecten worden besproken : de as gevormd door de rivieren Apure en Orinoco in Venezuela ; het aanleggen van kanalen tussen de bijrivieren van de Orinoco en van de Amazone in Columbia en de problemen van de havens op de Amazone en zijn twee belangrijkste bijrivieren in Peru. Deze gevallen leggen de nadruk op de bijzondere problemen gesteld door het regime van deze stromen en de noodzaak om onze kennis van de rivierhydraulica van de grote alluviale stromen in ongerepte toestand te verdiepen. Het is noodzakelijk een nieuwe benadering te ontwikkelen en gemeenschappelijke onderzoeksprogramma's te financieren, eerder dan te investeren in dure en meestal riskante realisaties. Venezuela is een mooi voorbeeld van multidisciplinaire en geïntegreerde benadering. Het geval van Bolivia toont aan dat weg en waterweg te dikwijls elkaar concurrentie aandoen, terwijl ze perfect complementair zouden kunnen zijn. Tenslotte zou de bouw van grote waterbouwkundige werken in het hart van het Amazonewoud, bij gebrek aan de gangbare materialen, gebruik kunnen maken van de nieuwe houttechnologieën.

SUMMARY. — *Inland navigation problems in the Amazon and Orinoco basins in the Andean countries.* — The Junta of the «Andes Group», comprising Bolivia, Colombia, Ecuador, Peru and Venezuela, have taken, during the seventies, some measures concerning transport and communications in view of a «physical integration» of the member states. The improvement of transport in and between these countries includes in particular the development of the road network along the Amazon forest at the foot of the Andean Cordillera, and in the improvement of navigation conditions on rivers in the Amazon and Orinoco basins. Some projects are discussed : the principal routes formed by the Apure and Orinoco rivers in Venezuela ; the digging of canals to connect the affluents of the Orinoco and the Amazon in Colombia and the problems of the ports along the Amazon and its two main affluents in Peru. These cases demonstrate the particular problems caused by the flow of these rivers and the need to enlarge our knowledge of the fluvial hydrology of these large, wild alluvial rivers. A new approach must be developed and joint research programmes must be financed before there is any investment in costly and often hazardous realisations. The example of Venezuela illustrates the integral multidisciplinary approach. The case of Colombia shows that road and waterway are too often in competition there, while they could be perfectly complementary. Finally, the building of hydrological works in the midst of the Amazon forest could, in the absence of classical materials, make use of new wood technologies.

Introduction

La crise économique a provoqué au niveau mondial, et certainement dans les pays en voie de développement, un regain d'intérêt pour des modes de communication économiques que sont les voies navigables intérieures. Il n'est donc pas étonnant qu'au cours de la dernière décennie de nombreux projets, restés dans les tiroirs, ont été réévalués en vue d'un financement éventuel, et que certains ont été suivis d'exécution.

L'Europe et l'Amérique du Nord ont développé de façon progressive des réseaux de voies navigables intérieures avec des moyens techniques et financiers conséquents, souvent sur des rivières dont le régime hydrologique et les caractéristiques hydrauliques étaient peu exceptionnels, comparés à ce qui se rencontre dans les pays en voie de développement. Les aménagements ne se sont pas toujours faits sans déboires, sans que les cours d'eau ne réagissent, comme illustré par les cas du Rhin ou du Mississippi.

Les cours d'eau du tiers monde pouvant être pris en considération pour y aménager une voie navigable à des coûts acceptables ne sont pas légion. Ils doivent profiter d'un régime hydrologique relativement stable, avec des débits suffisants pour assurer des profondeurs acceptables pendant la période la plus longue possible au cours de l'année. Mais beaucoup de cours d'eau du tiers monde connaissent malheureusement un régime fluvio-morphologique peu stable, avec des changements de cours fréquents, ce qui, avec les fluctuations de niveau d'eau parfois élevées en crue, rend complexe le choix du type de port et de sa localisation.

Le présent exposé a pour sujet les problèmes de navigation fluviale dans les bassins de l'Amazone et de l'Orénoque dans les pays andins (figure 1).

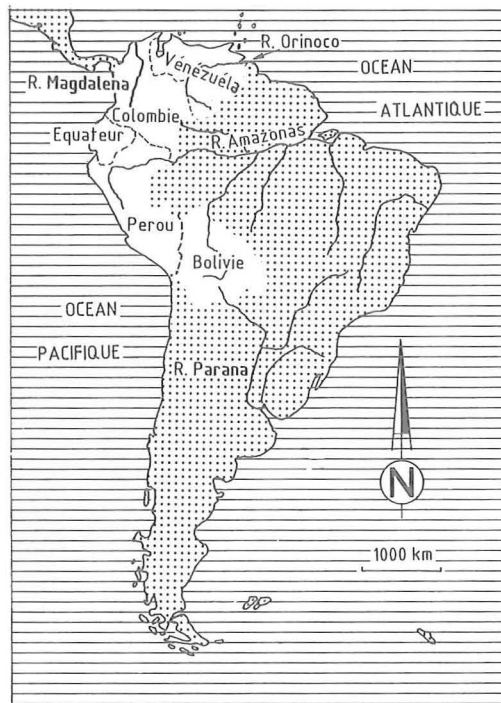


Fig. 1. — L'Amérique du Sud, ses rivières principales et les pays du «Groupe Andin».

Chacun des pays de ce qu'on appelle le «Groupe Andin» (Grupo Andino) désire développer son infrastructure fluviale au sein d'un système intégral des transports, en vertu d'une décision prise dans ce qui s'appelle l'Accord de Cartagène (Acuerdo de Cartagena). Un système de transport multimodal est une nécessité dans cette partie du continent sud-américain où les modes de transport se complètent parfaitement selon les régions : transport par route et voie ferrée dans les Andes et la plaine, transport maritime le long de la côte de l'Océan Pacifique et de la Mer des Antilles, navigation fluviale dans la forêt amazonienne ou de l'Orénoque.

La figure 2 illustre parfaitement le projet ambitieux de route marginale de la forêt (Carretera Marginal de la Selva) qui devrait compléter un réseau de transport multi-modal dans lequel la voie d'eau jouerait un rôle clé pour désenclaver les régions éloignées de la forêt, dont certaines ont vu leur économie liée inexorablement à celle du Brésil.

Il est remarquable de constater que les pays du Groupe Andin ont étudié parfois dans le détail un très grand nombre de projets, mais que manquent souvent une connaissance suffisante en hydraulique fluviale de ces fleuves et rivières encore à l'état sauvage, ainsi que les technologies d'aménagement faisant appel aux matériaux locaux, principalement le bois dans les régions reculées de la forêt vierge.

Les projets présentés ici concernent le Venezuela (bassin de l'Orénoque), la Colombie (bassins de l'Orénoque et de l'Amazone) et le Pérou (bassin de l'Amazone). Ils permettent d'illustrer divers aspects de l'aménagement des voies navigables, allant des projets à l'état d'ébauche jusqu'aux réalisations et les problèmes qu'ils ont fait surgir.

Description des grandes rivières sur le flanc est des Andes

La plupart des grandes rivières prenant leur source sur le flanc est de la Cordillère des Andes sont caractérisées par de fortes pentes dans leur cours supérieur, passant brusquement à des pentes faibles au pied des montagnes, presque sans transition.

Les principales rivières prises en considération dans les projets de navigation dans le bassin hydrographique de l'Orénoque sont l'Apure, l'Arauca, le Meta et le Guaviare, tous affluents de rive gauche. Celles dans le bassin hydrographique de l'Amazone sont le Vaupés, le Caqueta, le Putumayo, le Napo (affluents de rive gauche) et le Ucayali, le Río Grande et ses affluents Madre de Dios, Beni, Mamore et San Miguel (affluents de rive droite), le Marañón formant le cours supérieur de l'Amazone. Chacune de ces rivières a des affluents de moindre importance mais dont la navigabilité est souvent aussi considérée.

Les crues dans les têtes de rivières sont généralement brutales, capables de transporter de grandes quantités de sédiments assez grossiers jusqu'au pied des Andes où la rupture de pente provoque soit un cours «tressé» ou «enche-

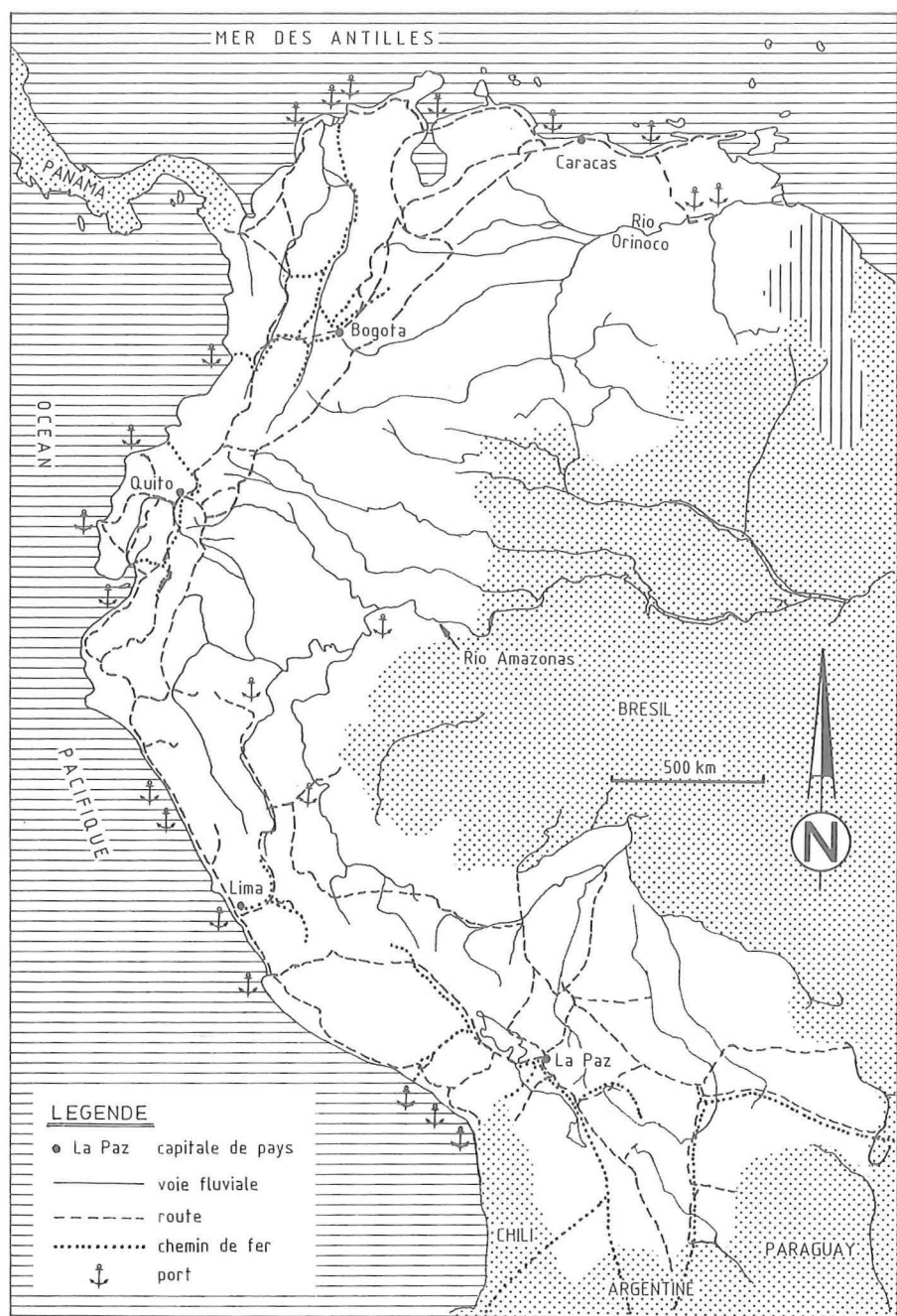


Fig. 2. — Le réseau des transports multimodal dans les pays du «Groupe Andin» (les pays ne sont pas indiqués à la figure ; la zone des cinq pays du Groupe Andin est reproduite en clair).

vêtré» («braided» en anglais), soit un cône de déjection (sorte de delta intérieur avec des bras du type tressé).

La transition vers un chenal à méandres est généralement rapide mais, dans la plaine, le cours des rivières est souvent contrôlé par les formations géologiques. Dans la région équatoriale, la régularité et l'importance de la pluviosité maintiennent toute l'année des débits suffisants pour garantir au moins une navigation mineure.

Les problèmes de navigation dans beaucoup de cours d'eau de la région ont trait aux barres rocheuses et les rapides qui y sont associés, à l'évolution parfois rapide des formes en plan et aux obstacles formés par les arbres érodés des rives et fichés dans les fonds des cours d'eau («palissades» ou «palos» en espagnol).

Les problèmes portuaires sont liés au marnage parfois important et aux changements morphologiques des cours d'eau rendant aléatoire l'accès des accostages.

Analyse de cas

VENEZUELA : L'AXE NAVIGABLE ORÉNOQUE-APURE

La rivière Orénoque et son affluent Apure forment un axe ouest-est reliant les régions minières de la Cordillère des Andes à l'océan Atlantique, sous-utilisé comme voie navigable. Une des raisons de cette sous-utilisation est naturelle, à savoir les eaux trop basses en période d'étiage. L'autre raison est économique et politique, liée à la découverte et à l'exploitation des réserves pétrolières dans les années soixante. Le Venezuela a utilisé ses pétrodollars pour s'équiper d'un réseau routier imposant reliant la région de San Cristóbal à l'Océan Atlantique, via les ports de Barcelona sur la côte et les ports de Puerto Ordaz (Ciudad Guyana) et Ciudad Bolívar sur l'Orénoque (figure 3). Les minerais et le charbon sont actuellement transportés par route sur des distances de 1400 km par des camions de grand tonnage.

La crise économique a frappé durement le pays au moment où les infrastructures routières atteignaient les 25 ans d'âge et requéraient un entretien et des réparations coûteuses. Pour cette raison, le gouvernement décida de lancer son projet de transport par barges sur les voies navigables, notamment sur l'axe Orénoque-Apure à partir du port de Guasdalito.

Le Venezuela possède des ressources hydro-électriques aussi bien dans les Andes que sur le fleuve Caroni dans l'est du pays. Dans les Andes, près de la Ville de San Cristóbal, un ensemble de barrages est en construction sur plusieurs affluents de la rivière Apure (figure 4) : le Río Uribante, le Río Doradas et le Río Caparo. Le complexe hydro-électrique est conçu de façon originale, permettant le transfert d'eau de sous-bassin à sous-bassin.

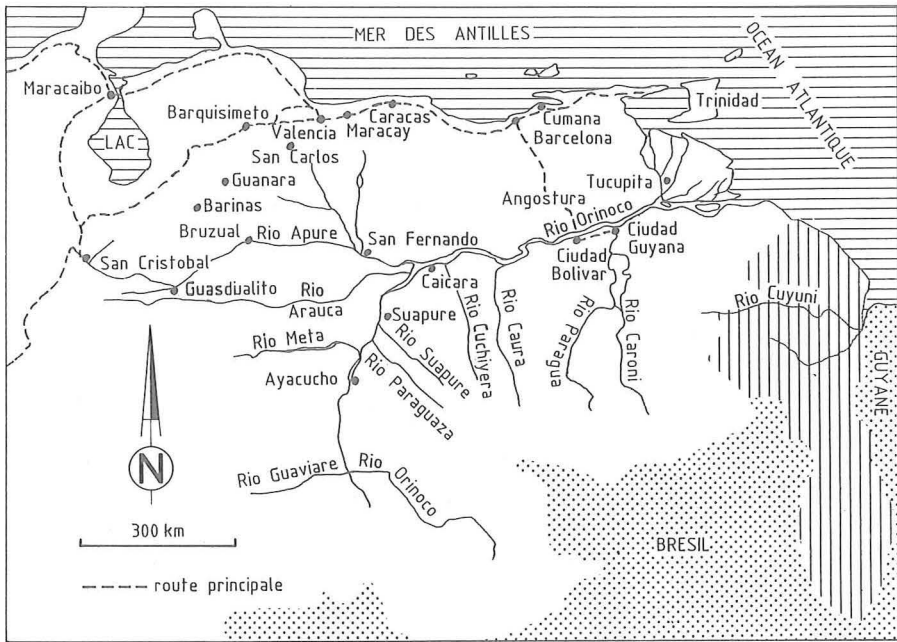


Fig. 3. — Routes et réseau hydrographique au Venezuela ; l'axe San Cristóbal-Ciudad Bolívar.

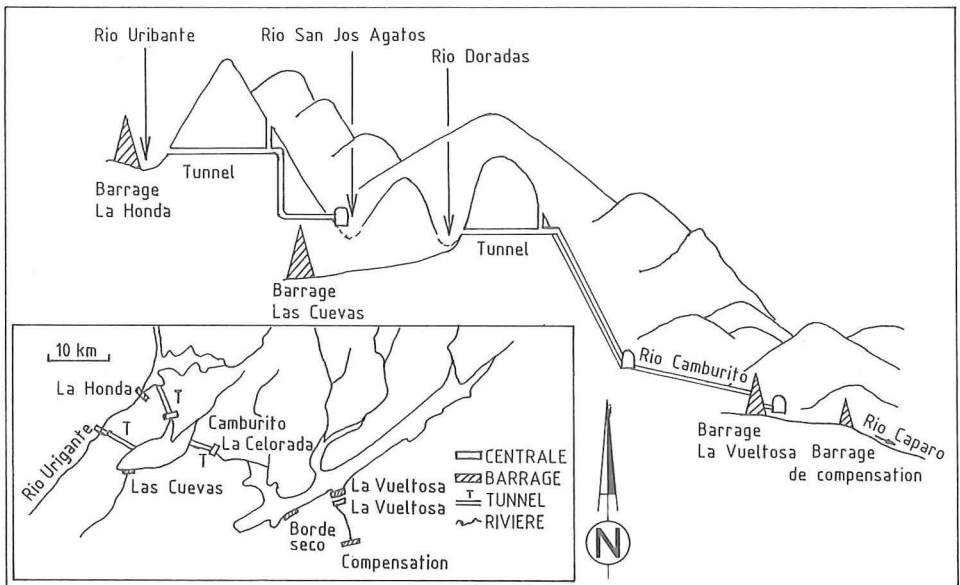


Fig. 4. — Le complexe hydro-électrique «Caparo-Uribante» des Andes vénézuéliennes.

Les barrages sont établis en lisière des Andes, juste en amont des cônes de déjection des rivières. Cette zone est caractérisée par des cours d'eau instables, certains s'asséchant alors que d'autres s'amplifient, selon le jeu de la sédimentation. C'est ainsi que la rivière Uribante avait quitté en 1938 son ancien lit pour être capturée par une petite rivière, le Caño Burgüita, devenu depuis le (nouveau) Uribante Nuevo (figure 4).

Par le jeu des transferts au sein du complexe hydro-électrique, l'eau des rivières Uribante et Doradas est ramenée dans le Río Caparo qui se jette dans le Río Apure loin en aval du port de Guasdalito. De ce fait, contrairement au tronçon situé en aval de cette jonction, la partie en amont jusqu'au port ne profiterait pas d'un mouillage suffisant en époque d'étiage. Pour pallier cette difficulté a été projetée, dans la plaine, la construction d'un canal de dérivation retournant une partie des eaux transférées vers l'ancien Río Uribante Viejo.

Une gestion à objectifs multiples du complexe, en cours d'étude en 1987 au moment de notre mission sur place, devait permettre d'optimiser le bénéfice de l'exploitation des ressources en eau, un des objectifs étant de maintenir en permanence dans le Río Apure un débit suffisant pour garantir le mouillage requis pour la navigation des barges de minerais.

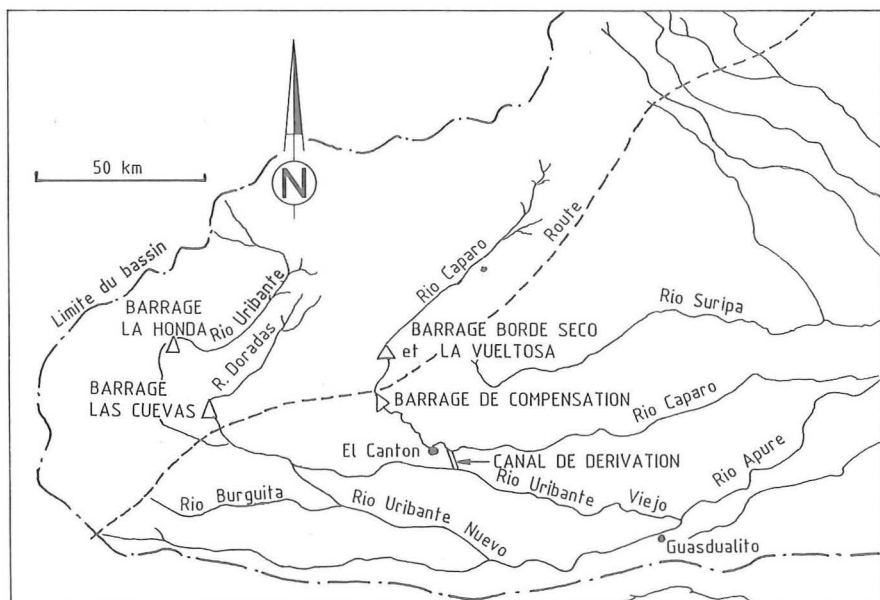


Fig. 5. — Le complexe hydro-électrique «Caparo-Uribante» : projet de régulation et de transfert d'eau au profit du port de Guasdalito.

Les points faibles du projet concernaient principalement l'impact des transferts d'eau sur la dynamique fluvio-morphologique des rivières et la conception de l'ouvrage de dérivation à construire entre le Río Caparo et le Río Uribante Viejo. En effet, peu de choses sont connues actuellement sur les changements induits par une modification du régime des crues sur le régime fluvio-morphologique des rivières alluvionnaires, tout comme sur la conception des prises et restitutions d'eau dans ces rivières au cours instable.

Les calculs faits au Venezuela par les groupes d'études *ad hoc* — ceux-ci peuvent être pris comme exemple de collaboration remarquable entre le secteur public, le secteur privé et les universités — ne considéraient que l'aspect «ligne d'eau», c'est-à-dire l'accroissement de profondeur à l'étiage consécutif à l'augmentation artificielle du débit minimum.

Préoccupant était le projet de rectification du Río Uribante Viejo, pouvant, avec l'augmentation de débit, provoquer des ensablements dans le Río Apure à la confluence entre ces deux rivières, juste en aval de Guasdalito.

Enfin, lors du choix du lieu pour le nouveau port de Guasdalito les aspects de dynamique fluviale n'avaient pas été pris en compte. Le site se trouve sur une zone argileuse locale qui, bien que favorable du point de vue géotechnique pour les fondations, risque fort de provoquer, à plus ou moins longue échéance, le blocage du méandre. Une possible coupure de méandre isolerait le port dans un bras mort (à ce sujet voir plus loin la discussion du port d'Iquitos au Pérou).

COLOMBIE : RÉSEAU DE VOIES NAVIGABLES DU NORD AU SUD

La Colombie dispose d'un réseau étendu de voies navigables intérieures dans les bassins du Magdalena (face ouest de la Cordillère des Andes), de l'Orénoque et de l'Amazone (face est de la Cordillère) (voir figure 1). Le Ministère des Travaux Publics de Colombie a établi un plan ambitieux de connexion des affluents de l'Orénoque et de l'Amazone par cinq canaux (tableau 1). En 1987, ces projets étaient à des stades de développement différents, depuis le stade de l'idée jusqu'à celui de l'étude d'avant-projet. Une première analyse montre que le canal PG-B3, c'est-à-dire le canal unissant les bassins de l'Orénoque et de l'Amazone n'est sans doute pas réalisable pour des raisons hydrauliques.

Les projets PG-B1 et PG-B5 (figure 6) avaient été étudiés avec assez bien de détails. Une analyse succincte de ces avant-projets montre que se posent des problèmes divers liés à l'environnement, notamment l'évaluation de l'impact des aménagements sur la dynamique du système fluvial. Par ailleurs, le canal Arauca-Meta suscite des problèmes politiques qui sont liés à la migration de la rivière frontalière Arauca en territoire colombien. Le Venezuela accusait la Colombie d'avoir provoqué cette migration par des formations

Tableau 1
Canaux de connexion des affluents de l'Orénoque et de l'Amazone

CODE	CANAL	RIVIERE	SOUS-BASSIN	BASSIN
			Arauca	Orénoque
		Arauca		
PG-B1	Arauca-Meta			
		Casanare		
			Meta	Orénoque
		Metica		
PG-B2	Meta-Ariari			
		Ariari		
			Guaviare	Orénoque
		Guayabero		
PG-B3	Ariari-Caguan			
		Guayas		
			Caquetá	Amazone
		Caquetá		
PG-B4	La Tagua-Leguizamo			
		Putumayo		
			Putumayo	Amazone
		Putumayo		
PG-B5	Amacayacu-Cotuhé			
		Amazone		
				Amazone

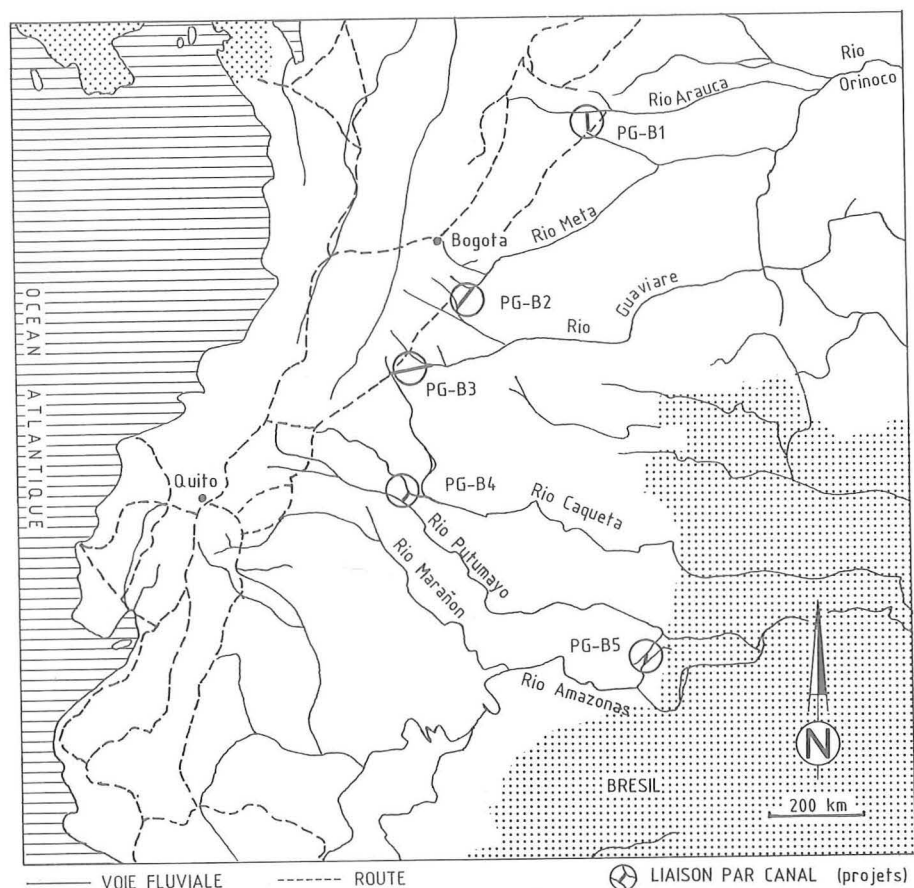


Fig. 6. — Projet de 5 canaux pour connecter entre elles les voies d'eau principales dans le cadre du projet de route marginale de la forêt.

artificielles de «palissades» (ensembles de débris d'arbres fichés dans le lit de la rivière).

Le projet de canal Amacayacu-Cotuhé (figure 7) entre la rivière Putumayo et l'Amazone avait aussi des implications politiques, car il devait permettre à la Colombie de s'affranchir du passage par le Brésil pour son trafic à partir du port de Leticia situé sur un petit tronçon colombien de l'Amazone. La liaison passe par la canalisation de deux affluents, l'Amacayacu sur l'Amazone et le Cotuhé sur le Putumayo. Comme, en crue, les plaines d'inondation des deux fleuves se rejoignent, les projeteurs en avaient déduit que le relief était plat, mais un relevé avait démontré qu'existait une dénivelée assez

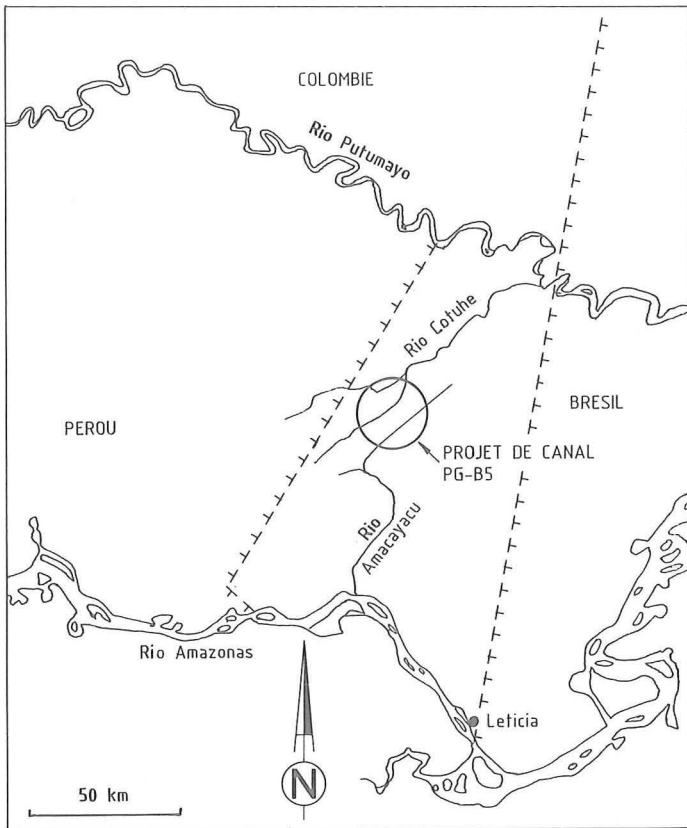


Fig. 7. — Projet de canal PG-B5 pour relier la rivière Putumayo et l'Amazonie.

importante entre la crête de partage et les cours d'eau. Pour la mesure de cette dénivellée en pleine forêt amazonienne, une entreprise spécialisée avait créé 35 clairières pour l'atterrissage d'hélicoptères, permettant les travaux de géodésie par satellite.

Les projecteurs ont prévu la construction d'écluses, servant en même temps d'ouvrages d'évacuation des débits des rivières canalisées Amacayacu et Cotuhé. Si ce genre d'ouvrage est déjà fort inhabituel, il l'est certainement pour des sites éloignés dans une forêt vierge comme celle de l'Amazonie, où les matériaux de construction d'écluses devraient être importés sur de grandes distances. Le bureau d'étude avait dès lors conçu des écluses entièrement en bois, mais les concepteurs cherchaient désespérément des informations sur la technologie du bois à appliquer dans de tels ouvrages.

Nous nous sommes penchés avec plus d'attention sur la liaison Metica-Ariari (PG-B2) connectant les bassins du Meta et du Guaviare. À l'état d'ébauche, ce projet (figure 8) séduit par sa simplicité (apparente) puisqu'en plan, les deux cours d'eau semblent pouvoir être facilement reliés par un canal fort court. Actuellement, la navigation fluviale majeure remonte le Meta jusqu'au port de Puerto Gaitán (point 14 sur la figure 8) et l'Ariari jusqu'au port de Puerto Lleras (point 5), alors que la navigation mineure s'arrête sur le Metica au port de Puerto Lopez (point 6) et sur l'Ariari au port de Puerto Limón (point 4). L'idée était de dévier une partie du débit de l'Ariari vers le Metica par la liaison projetée de façon à soutenir le débit d'étiage et de garantir ainsi un mouillage suffisant. Nous avons attiré l'attention des autorités responsables sur l'impact possible de cette augmentation de débit sur la dynamique de la rivière, le cours d'eau pouvant passer à l'état de cours «enchevêtré», impropre au maintien d'une route de navigation sûre, par suite de l'augmentation artificielle du débit.

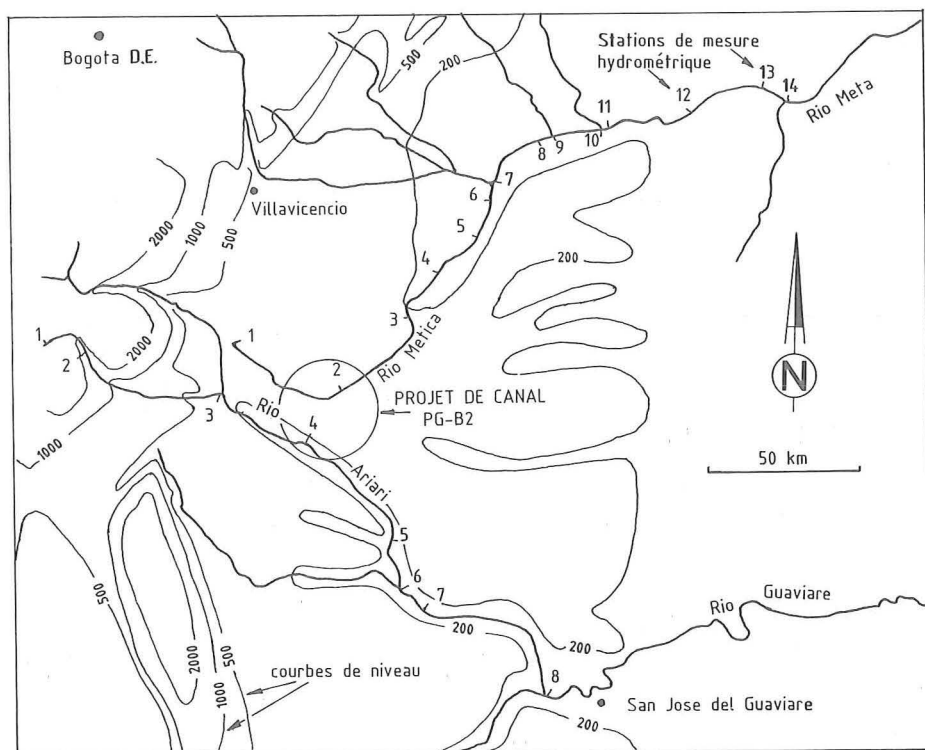


Fig. 8. — Projet de canal PG-B2 pour relier les rivières Meta (via le Metica) et Guaviare (via l'Ariari).

PÉROU : PORTS FLUVIAUX AMAZONIENS

Le Pérou dispose d'un réseau fluvial important permettant de relier les régions amazoniennes du pays et du Brésil à la région des Andes par transport multimodal (figure 9). Le fleuve Amazone est navigable en tout temps jusqu'au port d'Iquitos pour des caboteurs calant jusqu'à 22 pieds en provenance de l'océan Atlantique. Le transport en direction des Andes se poursuit ensuite à l'aide de plus petites unités par le Río Marañón et le Río Huallaga jusqu'au port de Yurimaguas, ou via le Río Ucayali jusqu'au port de Pucallpa, continuant ensuite par route jusqu'aux hauts plateaux andins. L'inauguration des nouvelles installations portuaires de Iquitos, Yurimaguas et Pucallpa, res-

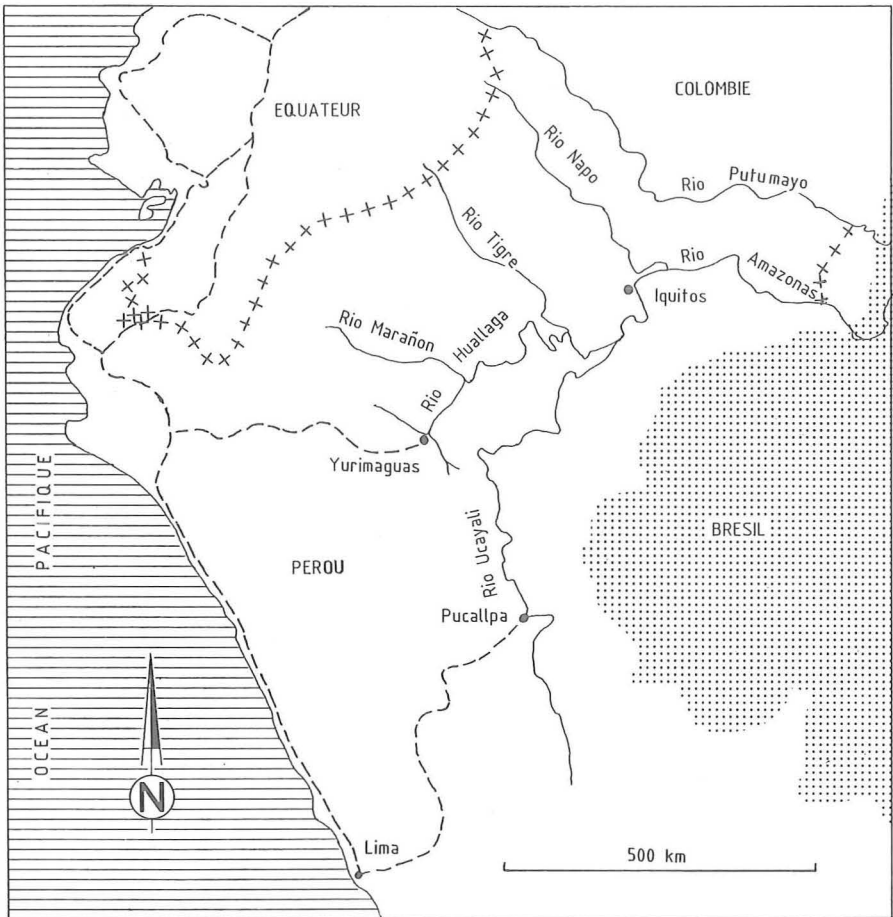


Fig. 9. — Principaux ports et liaisons par route et par eau au Pérou.

pectivement en 1980, 1981 et 1982, avait fait naître de grands espoirs de développement rapide du trafic sur ces axes de transport. Malheureusement, il fallut rapidement déchanter, suite à des évolutions défavorables dans chacun des ports.

Port de Pucallpa

Au moment de sa conception, le nouveau terminal portuaire de Pucallpa était menacé par un grand banc de sable dont l'avancement progressif pouvait être aisément détecté sur les cartes et photos aériennes. Malgré cela, le bureau d'étude implanta un ouvrage d'accostage constitué d'un ponton flottant relié à la terre ferme par un pont articulé supporté par des flotteurs. En 1987, le banc avait atteint au droit de l'accostage une étendue d'environ un kilomètre, laissant un accès réduit par un reste de chenal peu profond.

Pour s'expliquer cette situation, il faut analyser la forme du chenal en amont du port (figure 10). Pucallpa, comme beaucoup de ports sur des rivières alluvionnaires, avait été établi sur des formations géologiques stables que le chenal avait toujours pris comme point d'appui, assurant un accès aisé. Cependant, les méandres du fleuve, migrant lentement vers l'aval, avaient fini par être bloqués par des formations géologiques plus stables, notamment dans une grande boucle en amont de Pucallpa. La forme de plus en plus prononcée des méandres avait modifié l'orientation du courant à hauteur du port, cause de l'avancement du banc de sable précité. En 1986 se produisit une coupure de méandre qui orienta différemment les courants et dont l'effet à terme devrait être de ramener le chenal plus près de la ville.

La solution au problème de l'accessibilité du port de Pucallpa passe nécessairement par une analyse des évolutions morphologiques du lit de la rivière, basée notamment sur des informations hydrologiques, hydrauliques et géologiques. Le dragage d'un chenal d'accès serait peu économique car travaillerait contre la tendance naturelle de la rivière. En revanche, des ouvrages d'ampleur limitée devraient permettre d'influencer dans un sens favorable le développement d'un nouveau chenal suite à la coupure de méandre survenue en 1986.

Port de Yurimaguas

La ville de Yurimaguas se trouve sur une formation géologique résistante, à la jonction de la rivière Río Huallaga avec son affluent, le Río Paranapura (figure 11). La crainte de voir le ponton soumis à des efforts d'ancrage trop importants dans le Huallaga amena les concepteurs à localiser le port dans l'affluent Paranapura. Comme cette rivière charrie des débris de toute sorte, notamment des arbres, un ancrage (indiqué 'C' sur la figure 11) avec chaînes supportées par des troncs d'arbres maintenait fermement le ponton flottant à la rive.

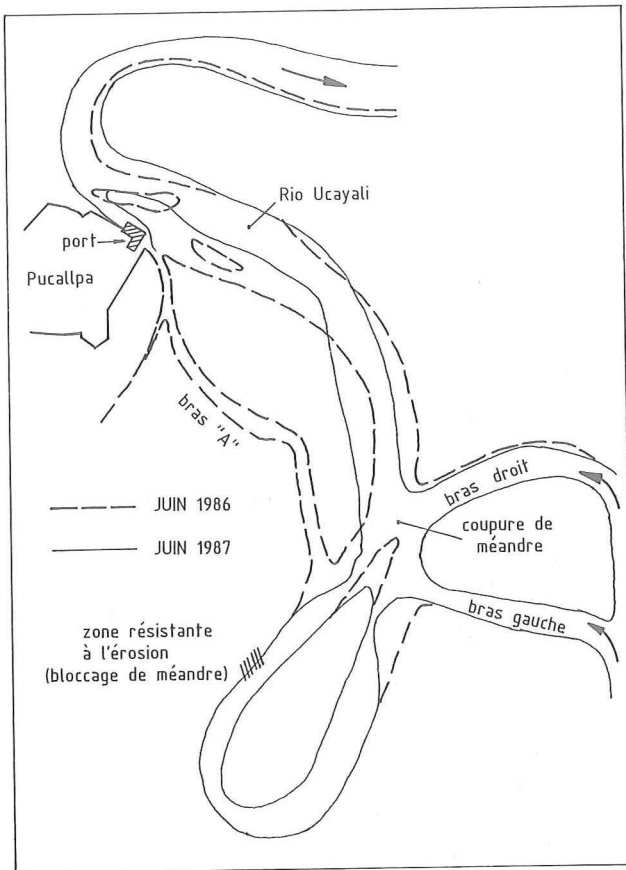


Fig. 10. — Mouvements de méandres de la rivière Ucayali de 1986 à 1987 près du port de Pucallpa.

Dès la mise en service de l'ouvrage se produisirent des ensablements et lors de notre visite en 1987, le ponton (figure 11 'A') trônait par dessus un banc de sable à sec, sur des amas de branches et d'arbres (figure 11 'B'). Le port était devenu inaccessible pendant huit mois sur l'année. Les crues sur la rivière Paranapura sont plus rapides que sur le Huallaga et provoquent près de son embouchure soit un courant violent, soit un ralentissement suite aux courbes de remous. Les câbles d'ancrage et leurs flotteurs jouent en surface le rôle de déflecteurs de courant (sortes de panneaux de «Potapov»). Ces deux phénomènes contribuent à la création du banc de sable. Un banc de sable existait déjà à l'embouchure avant la création du nouveau port, mais à un



Fig. 11. — Photos du port de Yurimaguas : sur la photo prise d'avion se remarque la confluence des rivières Ucayali (gauche à droite) et Paranapura (haut en bas) et l'ensablement provoqué par le ponton et ses ancrages (A) ; sur la photo prise du fleuve se voit le ponton posé sur le banc de sable et sur les troncs d'arbres et branchages (B), ainsi que le câble d'ancrage munis de troncs d'arbres (C).

autre endroit et son emplacement avait été modifié par les structures mises en place.

La solution la plus logique pour remédier à cette situation consistait à réimplanter le ponton flottant dans le Huallaga, les installations portuaires pouvant heureusement demeurer en place.

Port d'Iquitos

Le port d'Iquitos lui aussi est localisé sur des formations géologiques résistantes à l'érosion (figure 12). L'ouvrage de SÁNCHEZ (1987) publié sous le titre «El Río que se aleja — ¿Se despide el Amazonas de Iquitos ?». (Le fleuve qui s'éloigne — L'Amazone dit-il adieu à Iquitos ?) fait une analyse assez complète du problème.

Ici encore se produit un changement morphologique important, déplacement naturel de méandres influencé par les formations géologiques plus résistantes. Une coupure de méandre se prépare et le débit de l'ancien bras principal du fleuve diminue, alors que l'orientation du courant à hauteur de la ville provoque une attaque forte de la rive, mettant en péril la route de corniche et les édifices qui la bordent. Le port, inauguré en 1980, est constitué d'un ponton de grande dimension capable d'accueillir les caboteurs remontant l'Amazone à partir de l'Océan Atlantique. Le ponton est relié à terre par deux ponts-poutres, le tout maintenu en place avec des haubans. Le revêtement de rive avait été réalisé suivant une nouvelle technique qui devait résister aux forces d'érosion lors des fortes crues du fleuve. Dès la mise en service du terminal portuaire, de fortes érosions se sont produites, nécessitant d'importants travaux de réparation. C'est apparemment la forme peu hydrodynamique du ponton qui cause la formation de vagues d'étrave, origine de l'attaque de la berge.

L'histoire des nouvelles installations portuaires d'Iquitos, de Pucallpa et de Yurimaguas illustre la difficulté de concevoir des constructions adaptées à leur environnement lorsque les mécanismes hydrauliques (ou potamologiques) * sont mal connus (ou méconnus). L'avenir des ports d'Iquitos et de Pucallpa dépendra d'une analyse des évolutions morphologiques et le Ministère des Transports et Communications l'a parfaitement compris. Malheureusement, il ne trouvait pas d'organisme disposé à financer ce genre de projet.

Les ports cités ont tous été conçus par des Consultants réputés, avec un financement de la Banque Mondiale. L'échec partiel de ces réalisations pose le problème de la responsabilité : faut-il incriminer le maître de l'ouvrage pour

* Potamologie : néologisme créé dans les années 60 pour définir de façon générale la science s'occupant des rivières sous tous leurs aspects ; aux États-Unis d'Amérique, le U.S. Corps of Engineers a créé une Section de Potamologie dont une des tâches consiste à analyser et tirer les leçons des accidents et catastrophes provoqués par des aménagements de rivières.

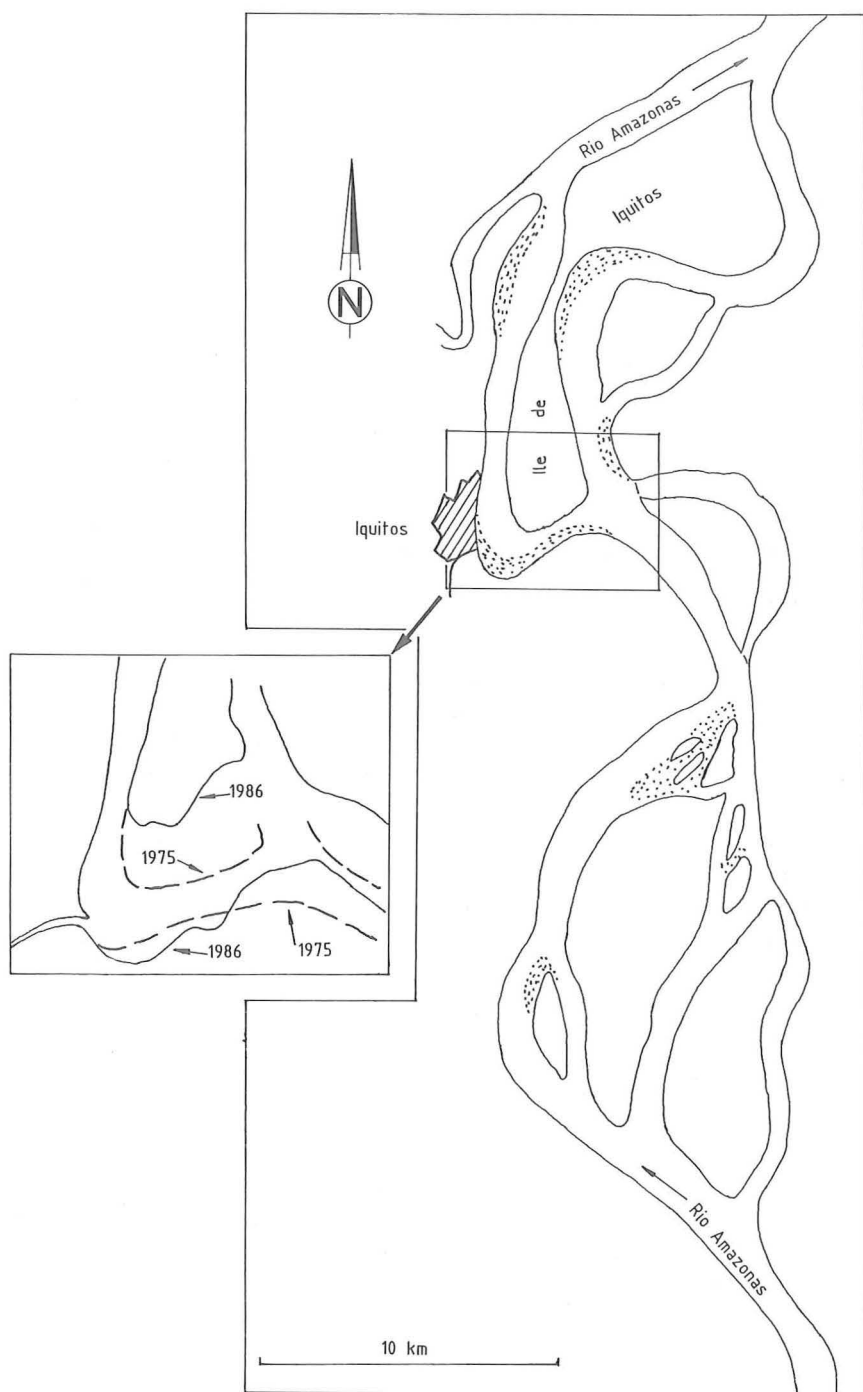


Fig. 12. — Le fleuve Amazone dans la région d'Iquitos (l'encart montre le mouvement de méandre entre 1975 et 1986).

avoir mal défini les données de base du projet, l'organisme de financement pour avoir sous-estimé les difficultés et/ou le bureau d'étude pour avoir négligé certains aspects de potamologie ?

Conclusions

Des cas analogues peuvent être décrits dans d'autres pays de la région. La Belgique finance notamment un projet d'amélioration de la navigabilité de l'axe Ichilo-Mamoré en Bolivie, autre pays du Groupe Andin ; le port Puerto Villaroel y pose des problèmes similaires à ceux du Pérou décrits ci-avant.

Les cas cités dans mon exposé illustrent certaines des difficultés auxquelles doivent faire face les autorités des pays andins pour arriver à développer leur infrastructure de voies navigables intérieures. On y retrouve une constante : la compréhension des comportements des rivières alluvionnaires à l'état sauvage. Ce genre de problème se pose d'ailleurs dans d'autres parties du monde, mais il faut bien constater que peu a été fait pour initier des programmes de recherche dans ce domaine. Les organismes de financement ont malheureusement souvent préféré financer des ouvrages coûteux, plutôt que des observations et études dont l'objectif serait de mieux comprendre les mécanismes responsables des phénomènes contre lesquels on veut se prémunir ; cet état d'esprit est en train d'évoluer.

Bien entendu, la difficulté majeure reste d'ordre économique puisque les coûts des études et des ouvrages sont souvent élevés, alors que les trafics sont encore faibles. Les études peuvent être prises en charge par des aides bilatérales, mais les résultats que l'on peut espérer à court terme sont généralement faibles, compte tenu du manque de connaissance et d'expérience illustré dans cet exposé.

Ceci nous amène à proposer un changement d'attitude ou de tactique : mieux coordonner les aides internationales en essayant de créer des équipes locales et de leur permettre d'acquérir cette expérience pour ensuite la faire mettre à disposition dans d'autres sites du pays ou de la région. Il faudrait donc remplacer le transfert de technologie «Nord-Sud» par un transfert «Sud-Sud» avec l'aide financière et technique du «Nord».

RÉFÉRENCE

- SÁNCHEZ, S. G. 1987. El Río que se aleja — ¿ Se despide el Amazonas de Iquitos ? — Servicio de Hidrografía y de Navegación de la Amazonía. Coll. «Temas de Actualidad, Iquitos».

DISCUSSION

A. Lederer. — L'exposé de M. J.-J. Peters m'a vivement intéressé, car j'ai également été dans les Andes, en Bolivie, pour examiner, avec notre confrère A. Sterling, les problèmes de navigation sur le Rio Ichilo-Mamore, qui se jette dans le rio Madeire, lui-même un important affluent de l'Amazone.

Comme l'a signalé M. Peters, dans la plaine au pied des Andes, le sol est formé d'alluvions composées de pierres et de terres sans cohésion. Ce sol étant de qualité médiocre, les arbres qui y poussent n'ont pas de racine-pivot, mais au contraire, les racines s'étalent près de la surface du sol. Il en résulte que dans les nombreux méandres de ces rivières à lit mal formé, à la rive concave, l'eau érode la terre sous les racines, jusqu'au moment où des arbres entiers tombent dans la rivière, formant ainsi des «snags». Avec des crues de 8 à 10 m de hauteur, c'est-à-dire deux à trois fois plus fortes que dans le bassin du Zaïre, les troncs sont emportés vers l'aval et parfois échouent dans la passe navigable, ou bien se groupent à plusieurs, formant ce qu'on appelle des «palissades».

Certains Boliviens estiment qu'il faut enlever tous ces obstacles de la rivière avant d'organiser la navigation. Ceci serait une tâche insurmontable, tant ils sont nombreux. Comme au Zaïre, il suffit de tirer ceux qui sont vraiment gênants parce que situés dans la passe de navigation ; ceux qui sont hors de la passe et ceux qui sont visibles, peuvent être évités. Ayant parcouru environ 20 km sur l'Ichilo-Mamore, j'estime que la navigation n'y est pas plus difficile que sur la Loporé ou la Maringa au Zaïre.

Ce qui est déconcertant dans le réseau fluvial andin, c'est la vitesse du changement de lit des rivières. Lors de la formation des méandres avec des boucles d'une dizaine de kilomètres de longueur, même avec une faible pente de 6 cm/km, lorsqu'une boucle se referme, raccourcissant la longueur de la rivière, il se forme une chute de l'ordre de 60 cm ; l'eau peut heurter la rive opposée et créer ainsi un nouveau canal qui peut rejoindre un bras d'un autre méandre et former ainsi un nouveau lit, tout à fait différent.

M. Peters a exposé qu'on choisit un emplacement de port en un point dur de la rive qui restera stable. Encore ne faut-il pas faire des travaux inopportuns qui risquent d'ensabler la zone portuaire. Il faut également examiner les alentours de l'emplacement choisi, car il ne faudrait pas que le lit du fleuve se déplace derrière le noyau dur. Citons le cas de la ville de Trinidad, qui était située sur la rive gauche de l'Ichilo-Mamore ; le lit de la rivière se déplaça, si bien qu'en trois ans, Trinidad se trouva sur la rive droite. Ceci est évidemment désastreux pour les équipements portuaires.

Mentionnons encore que l'importance des crues peut provoquer des changements de sens de l'écoulement dans certains affluents. Tel est le cas au Napo, au Pérou, qui se jette dans l'Ucayali un peu en aval d'Iquitos ; la crue de l'Ucayali survient alors que la Napo est en décrue, si bien que le flot du premier pénètre dans le second et inverse le sens du courant pendant quelques semaines sur une certaine longueur.

Telles sont quelques considérations relatives à des différences importantes avec les fleuves africains dont les rives sont assez stables et dans lesquels, seuls des bancs de sable peuvent se déplacer à une vitesse modérée.