Travaux d'assainissement au Brésil

Drainage work in Brazil

PAR H. ALVARENGA

INGÉNIEUR AU DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS DE SANEAMENTO (DNOS)

Existence, au Brésil, de zones sujettes à inondations périodiques. Création d'un organisme chargé d'organiser la lutte contre le fléau, avec gain simultané de terrains jadis submergés. Les méthodes de travail sont modernes et mettent en œuvre un matériel puissant. La régulation du niveau dans les lagunes côtières soumises à de fâcheuses alternances de remplissage et de vidage est assurée par le maintien, en état d'ouverture, d'un émissaire pour les eaux lagunaires; description du dispositif adopté. Nécessité de mettre les ouvrages d'art en harmonie avec le rôle accru qui leur est dévolu. La protection des villes de Juiz de Fora et de Porto Alegre a mis en œuvre des solutions originales et audacieuses. Description de six nouveaux barrages hydro-électriques.

Existence in Brazil of areas subject to periodic flooding. Creation of an authority charged with organising the fight against plague, with the simultaneous reclamation of previously submerged land. The working methods are modern and make use of powerful equipment. Regulation of the level in coastal lagoons, subject to disturbing alternations of filling and emptying, is ensured by keeping an emissary open for the lagoons waters; description of the method adopted. Necessity of adapting structures to their increased activities. Protection of the towns of Juiz de Fora and Porto Alegre has resulted in bold and original solutions. Description of six new hydro-electric dams.

En 1935, le gouvernement du Brésil a fortement intensifié études et travaux pour assainir la partie littorale de l'Etat de Rio de Janeiro, voisine de la capitale fédérale. Cette grande plaine, d'une largeur moyenne de 50 km, est connue sous le nom de Baixada Fluminense. Elle est au débouché d'un ensemble de bassins hydrographiques couvrant environ 17.000 km².

Dès le début, les travaux révélèrent leur intérêt de façon indiscutable, ce qui incita le gouvernement à en envisager l'extension sur le plan national, grâce à un nouvel organisme, créé en 1940, l'actuel Departamento Nacional de Obras de Saneamento (DNOS). Le DNOS est chargé de l'assèchement et de la récupération, à des fins agricoles, des régions inondées ou inondables, ainsi que de la protection des villes contre les crues. Son activité se manifeste également dans le cadre de certains plans régionaux d'électrification, en se chargeant parfois d'une partie importante des travaux.

Récupération des terres

Le plus souvent, les travaux de récupération consistent à creuser un nouveau chenal pour les

rivières qui nourrissent les zones marécageuses et à endiguer les basses vallées (maritime et fluvio-maritime) dans lesquelles le niveau des grandes crues est fréquemment au-dessus du terrain naturel.

Les digues sont généralement construites en terre, en utilisant les déblais du canal principal et des canaux secondaires.

La section transversale des digues en terre est trapézoïdale, avec 3 à 6 m, ou davantage, de largeur en crête; la pente des talus atteint 1/2 du côté de la rivière et 1/4 à 1/6 du côté de la terre. Leur hauteur moyenne, sur le littoral brésilien, est de 3 m. Dans certains cas spéciaux, elles ont été portées à 6 m.

Les petits « polders » ainsi formés sont convenablement drainés vers les collecteurs, qui communiquent avec la rivière par l'intermédiaire de vannes automatiques ou de stations de pompage.

Naturellement, des pompes ne sont installées que dans les « polders » dont l'exploitation interdit toute inondation et où le rendement économique justifie un tel investissement.

Plus haut dans ces vallées, les crues peuvent, en général, être contenues dans le lit lui-même, s'il est entretenu par dragage; le drainage est

FIG. 1. — Lagune de Jacarepaguá.
Vue de l'épi de fixation de la barre du canal d'embouchure.

FIG. 2. — Rio Guandu-Açu.
Vue générale de la partie limitée
par les digues en terre.

FIG. 3. — Barrage d'Ernestina, en béton précontraint.
Hauteur : 14 m ; longueur : 400 m ; épaisseur maximum à la base : 3,15 m.

direct et ne pose pas de problèmes trop complexes.

Lorsque les canaux projetés traversent des zones marécageuses étendues où des relevés topographiques seraient difficiles, on combine la photographie aérienne et le nivellement terrestre. Ce procédé simplifié, tout en donnant une approximation suffisante pour le type de projet à élaborer, réduit grandement les travaux sur le terrain, particulièrement pénibles en zones marécageuses, et permet une économie appréciable de temps, d'argent et de matériel.

Le tracé en plan du canal est exécuté sur la carte obtenue grâce aux photographies aériennes, puis, grâce aux cotes de quelques sections transversales assez exactement localisées, on établit son profil en long.

Les travaux effectués depuis 1936, soit dans divers marais du littoral, soit à l'intérieur, représentant le dragage de 2.900 km de canaux ou un volume total de déblais de 95.000.000 m³.

Ces résultats n'ont pu être obtenus que par l'emploi massif de puissants draglines, dont plus de 180 unités, achetés par le DNOS, cons-

FIG. 4. — Barrage d'Ernestina.
Détail des câbles de précontrainte.

tituent la plus grande flotte du monde. Grâce à leur mobilité, à leur facilité de manœuvre et à leur prix relativement peu élevé, ces engins ont toujours été utilisés avec succès, même dans les pires terrains.

En les installant sur d'épaisses plates-formes en bois, afin de diminuer la charge du terrain, tous les marécages ont pu être franchis par des machines pesant jusqu'à 60 tonnes.

L'usage généralisé de cet appareillage, sur n'importe quel terrain, a simplifié les travaux, car l'emploi de dragues flottantes est limité aux canaux dont la profondeur d'eau est suffisante; les ponts et les rapides rendent, d'autre part, leurs déplacements difficiles.

Les « draglines » ont permis d'atteindre les extrémités des divers bassins, offrant ainsi un domaine d'application beaucoup plus étendu.

Liaison permanente entre les lagunes côtières et la mer

Il est relativement fréquent de rencontrer, sur le littoral brésilien, des rivières débouchant dans les lagunes côtières fermées par des barres instables.

Quand l'eau monte dans ces lagunes, le cordon littoral se rompt, provoquant un violent courant de chasse qui fait rapidement baisser le niveau. Les lagunes une fois vidées partiellement, l'action de la mer redevient prédominante, la barre se reforme, et la brèche ouverte dans le cordon littoral est bouchée.

Pendant les périodes de hautes eaux dans la lagune, le niveau des affluents demeure élevé et des débordements se produisent dans les basses vallées.

Du point de vue hydraulique, la solution consiste à maintenir la communication toujours ouverte. Quand la barre est appuyée sur l'une des rives, à une saillie rocheuse naturelle, on peut y parvenir en construisant, à partir de la rive sablonneuse, une jetée s'avancant vers le large au-delà de la ligne neutre, de manière à dévier les sables charriés.

Les jetées sont construites en blocs de carrière disposés de façon à former une section transversale trapézoïdale avec talus à faible pente. L'extrémité de la jetée atteint la zone où les courants sont suffisamment rapides pour empêcher les dépôts. Dans cette partie, son orientation est parallèle à la direction de l'entraînement. Ainsi, tout déplacement de sables le long de la plage est intercepté par la jetée. Les particules qui atteignent l'extrémité sont déjà orientées dans le sens des courants qui les entraînent. La plage s'engraisse évidemment sur la face externe de la jetée, dans la zone où la vitesse des courants permet aux sables de se

déposer. C'est ainsi qu'à Jacarepaguá, la construction de la jetée fait progresser la plage d'environ 50 m. Au-delà de cette limite, les sables sont entraînés. Il y a huit ans que la passe se maintient toujours ouverte et le niveau maximum dans la lagune a diminué de 1 m.

Quand le cours d'eau débouche sur une plage de sable (cas moins fréquent), on a recours à la construction de deux jetées convenablement orientées par rapport à la direction du cheminement littoral.

Ces méthodes ont déjà permis de fixer deux barres dans la Baixada Fluminense : celle de Jacarepaguá, dans le District Fédéral, et celle de Ponta Negra, à Maricá, dans l'Etat de Rio de Janeiro.

Travaux complémentaires

Le dragage des canaux a amené le DNOS à exécuter de nouveaux ouvrages d'art en remplacement des anciens, dont la portée était insuffisante. Sur les voies ferrées et sur les routes, ont été construits de nouveaux ponts; d'autres ont pu être conservés après augmentation de leur portée et reprise en sous-œuvre de leurs fondations. On a construit des viaducs sur les traversées des digues. Sur les petits affluents, un grand nombre de fossés de drainage a été creusé ou aménagé par élargissement et approfondissement.

Le nombre de ponts réalisés s'élève aujourd'hui à 553, parmi lesquels 153 en béton armé.

Défense des villes contre les inondations

Quelques villes brésiliennes, périodiquement inondées par les rivières qui les traversent, ont demandé au DNOS d'organiser leur protection. Juiz de Fora, la ville la plus industrielle de l'Etat de Minas Gerais, inondée par les crues de la rivière Paraibuna; Porto Alegre, constamment menacé par le Guaíba, et d'autres cités de moindre importance.

La solution adoptée pour Juiz de Fora a consisté à ouvrir à la rivière un nouveau lit sur 21 km, en tenant compte de l'importance actuelle de la ville et de son développement ultérieur. Tous les ponts ont été réaménagés, le nouveau lit, de section trapézoïdale, ayant 33 m de largeur au plafond et des talus à 1/1. Dans certains tronçons, les berges ont été revêtues en maçonnerie. A l'amont, un réservoir d'accumulation a été prévu pour régulariser les débits entre un maximum de 340 m³/s et un minimum de 10 m³/s correspondant aux besoins de quatre usines hydro-électriques situées à l'aval.

Le problème de Porto Alegre est plus vaste.

FIG. 5. — Porto Alegre, Quai des Navegantes.
Vue du début du quai (darses).

FIG. 6. — Porto Alegre.
Quai des Navegantes.
Vue d'une partie des darses au cours des travaux de terrassement.

FIG. 7. — Schéma des travaux de défense contre les inondations et de drainage de la rive droite du Rio Paraíba.

Les grandes crues de la rivière Guaíba, qui atteignent un débit maximum de 35.000 m³ par seconde, inondaient la zone portuaire, commerciale et industrielle de la ville. La grande crue de 1941 est montée jusqu'à 1,63 m au-dessus des quais.

La solution qui s'imposait était l'endiguement des rives. Le projet de Porto Alegre comporte, en particulier, la réalisation d'une digue contournant la ville. Son tracé et ses caractéristiques sont naturellement conditionnés par les données locales, telles que l'exploitation du port ou l'urbanisme.

Une première tranche comporte une digue en terre contournant la plaine jusqu'aux quais du port; elle a 8 m de largeur en crête et des talus à 1/2.

Pour le port, en raison des difficultés de réalisation d'une digue dans la ville, il a fallu empiéter sur l'estuaire. Un quai en béton armé, de 5.000 m de longueur, a été construit; il constitue un mur de soutènement pour un terre-plein s'étendant sur 1 km² et représentant 5 millions de m³ de remblai. Le quai est presque achevé et le remblayage hydraulique très avancé.

FIG. 8. — Zones de travail du département national des travaux d'assainissement (DNOS).

La surface défendue est de 18 km². Pendant les crues, les précipitations locales seront évacuées par un système de canaux et de pompes d'une capacité totale de 18 m³/s pour une hauteur de refoulement de 6 m. Les hauts quartiers de la ville seront drainés par un canal circulaire débouchant directement dans la rivière par gravité.

Barrages

En collaboration avec l'Etat de Rio Grande do Sul, le DNOS réalise tout un ensemble de barrages prévus dans le plan général d'électrification de l'Etat. Il est également chargé de la construction des galeries d'amenée.

Les barrages de Salto, de Capingui et d'Ernestina, qui font partie du plan général, sont terminés.

Le barrage de Salto, situé sur la rivière Santa Cruz, accumule 13 millions de m³ d'eau, qui sont dérivés grâce à un tunnel de 2.087 m vers la vallée de la rivière Santa Maria. La chute utilisée est de 680 m et la puissance totale s'élève à 85.000 ch. Le barrage a 15 m de hauteur et 580 m de longueur. C'est un barrage poids, en béton cyclopéen, à profil triangulaire; son tracé en plan est circulaire. Le tunnel d'amenée a 2.087 m de longueur, 2 m de diamètre et une capacité de 7,320 m³/s.

Le barrage de Capingui est également en béton cyclopéen. Il a 23 m de hauteur, 220 m de longueur et un rayon de courbure de 150 m. Il retiendra 40 millions de m³.

Le barrage d'Ernestina est en béton précontraint. Il a 400 m de longueur, 14 m de hauteur et seulement 3,15 m de largeur à la base. Encasté dans le rocher, il travaille à la flexion.

Trois autres barrages sont en cours de réalisation : José Maia Filho, Blang et Canastra.

Le barrage José Maia Filho est en béton cyclopéen. Il a 358,50 m de longueur et 23 m de hauteur. Son profil est triangulaire.

Le barrage du Passo do Blang est en béton cyclopéen et possède un déversoir de 220 m de longueur, limité latéralement par des murs également en béton cyclopéen. Le développement

total du barrage est de 720 m et sa hauteur maximum est de 20 m.

Le barrage de Canastra est en béton armé, type Ambursen, à contreforts. Il a 179 m de longueur et 26 m de hauteur maximum. Il est formé d'une dalle frontale d'étanchéité, inclinée à 45°, constituant le parement amont et s'appuyant sur 32 contreforts.

Toujours dans le cadre de sa collaboration avec les Etats, le DNOS construit un barrage en béton cyclopéen dans l'Etat de Santa Catarina pour la production d'énergie électrique, et deux barrages en terre pour la défense contre les crues de la ville de Bela Horizonte, capitale du Minas Gerais.

Le programme prévoit, pour 1955, la construction d'un grand barrage en béton cyclopéen, le barrage de Suissa, dans l'Etat de Espírito-Santo, barrage qui permettra l'installation d'une puissance de 70.000 ch. Ce barrage doit avoir 46 m de hauteur et 270 m de longueur.

Conclusion

En dix-huit ans d'activité, le DNOS a réalisé les travaux suivants, pour ne citer que les principaux :

	km	m ³
- Nettoyage de cours d'eau.	12.000	
- Dragage de canaux	2.900	95.000.000
- Construction de digues	200	11.000.000
- Construction de fossés de drainage.	4.000	12.000.000
- Ponts en béton.	153	
- Barrages en béton déjà terminés.	3	
- Remblayages.		10.000.000
		128.000.000

Ces chiffres illustrent parfaitement, dans leur sécheresse, l'ampleur de l'effort accompli et des moyens mis en œuvre.