

# HYDRO RIVES

Le complexe

5 517 010 kW



LA SOCIÉTÉ HISTORIQUE DE QUÉBEC  
PROPRIÉTÉ DE  
PROPRIÉTÉ DE  
PROPRIÉTÉ DE  
PROPRIÉTÉ DE

Postes à 735 kV  
Centrales



Vers Churchill Falls

Manic 5

Manic 3

Manic 2

Manic 1

Outardes 4

Outardes 3

Outardes 2

Lévis

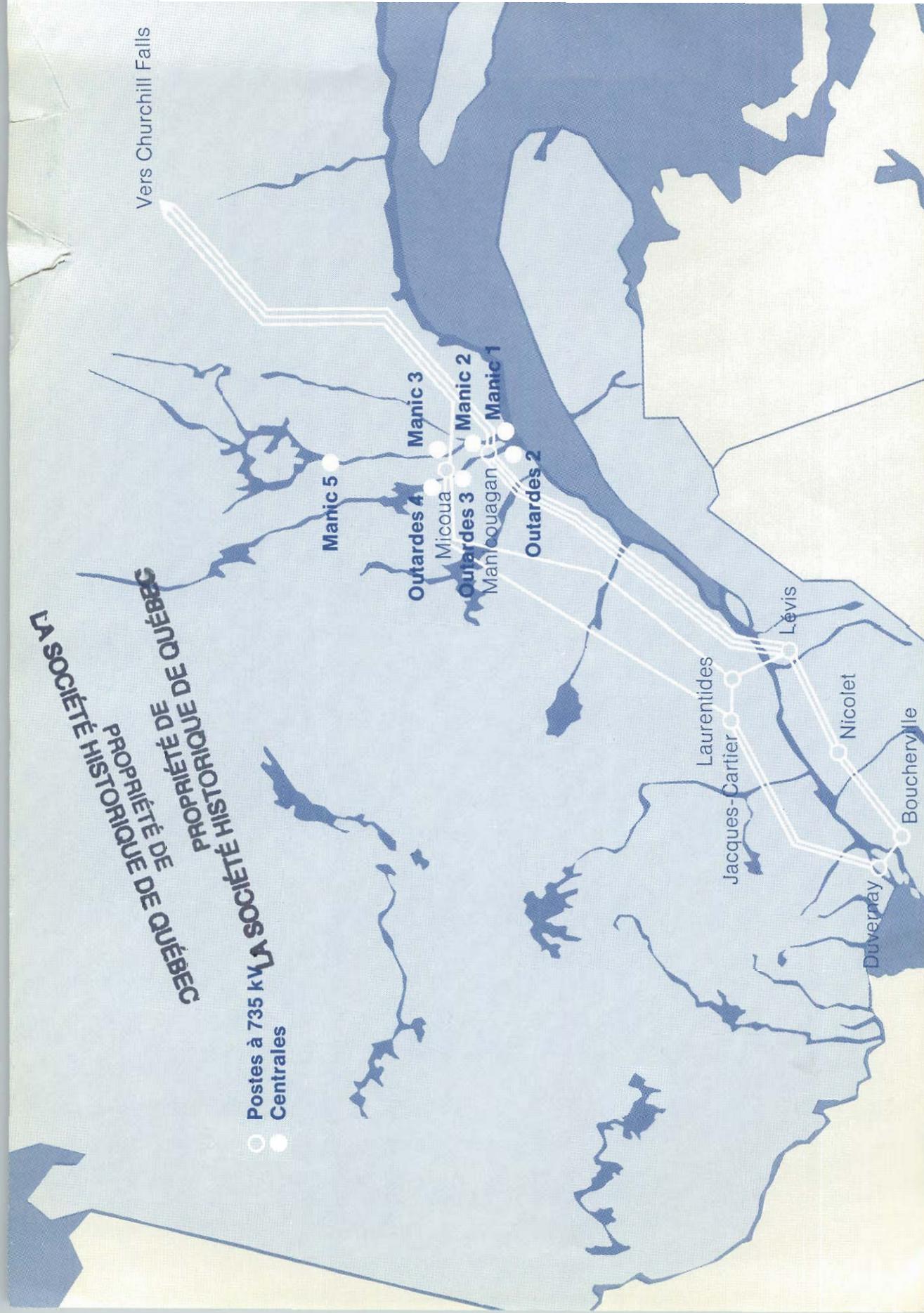
Laurentides

Jacques-Cartier

Nicolet

Boucherville

Duvertray



## Le complexe Manic-Outardes

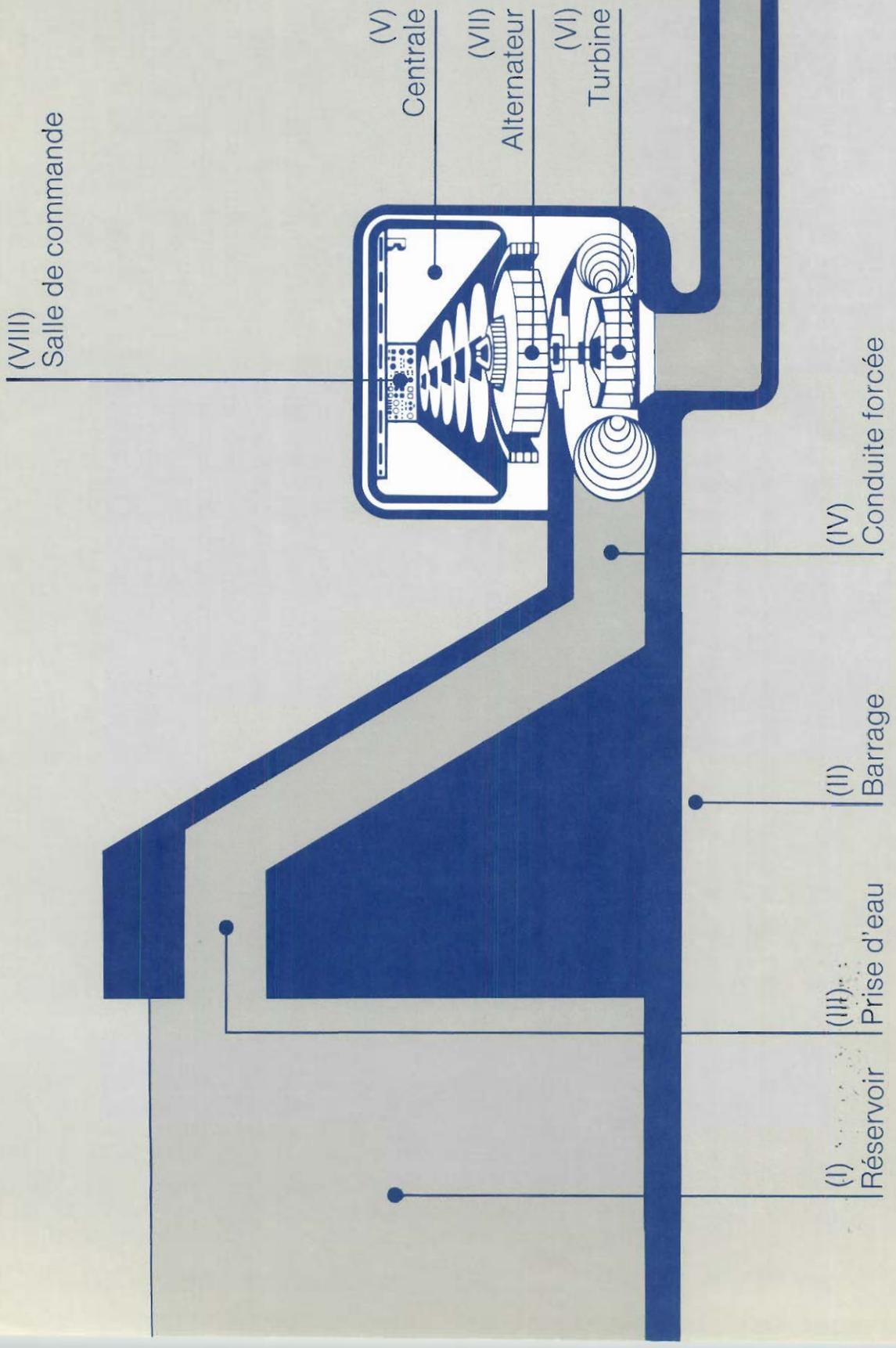
La mise en service de la centrale d'Outardes 2, en 1978, a marqué la fin des travaux au complexe hydro-électrique Manic-Outardes.

Pendant 20 ans, une extraordinaire mobilisation d'hommes et de moyens techniques a fait de ce chantier l'un des plus impressionnants de l'époque.

Sept centrales offrant une puissance installée de 5 517 010 kilowatts ont été progressivement raccordées au réseau. La construction du complexe a fourni aux ingénieurs d'Hydro-Québec l'occasion de réaliser trois premières mondiales : la première ligne commerciale de transport d'énergie à 735 000 volts ; le plus grand barrage à voutes et contreforts :

le barrage Daniel-Johnson (Manic 5) ; le plus grand barrage-poids à joints évidés : celui de Manic 2.

Enfin, de nombreux problèmes techniques ont exigé des solutions innovatrices, entre autres celui qui s'est posé lors de la construction du barrage de Manic 3. La présence, sous le lit de la rivière, d'une gorge remplie d'alluvions perméables a nécessité la construction, sous le barrage, d'un double mur d'étanchéité de 131 mètres de profondeur.



# La centrale hydroélectrique

Dans le mot hydroélectrique, *hydro* signifie *eau*. Une centrale hydroélectrique est donc une centrale qui produit de l'électricité à partir du mouvement de l'eau activant une turbine.

L'exploitation des ressources hydrauliques d'un cours d'eau suppose un certain nombre d'ouvrages qui se retrouvent dans la majorité des aménagements. La disposition de ces ouvrages les uns par rapport aux autres est cependant variable et constitue une des principales originalités d'un aménagement.

## 1. Le réservoir

Un *réservoir* (I) a pour fonction d'emmagasiner l'eau en attendant que la demande d'électricité exige qu'on l'utilise.

## 2. Le barrage

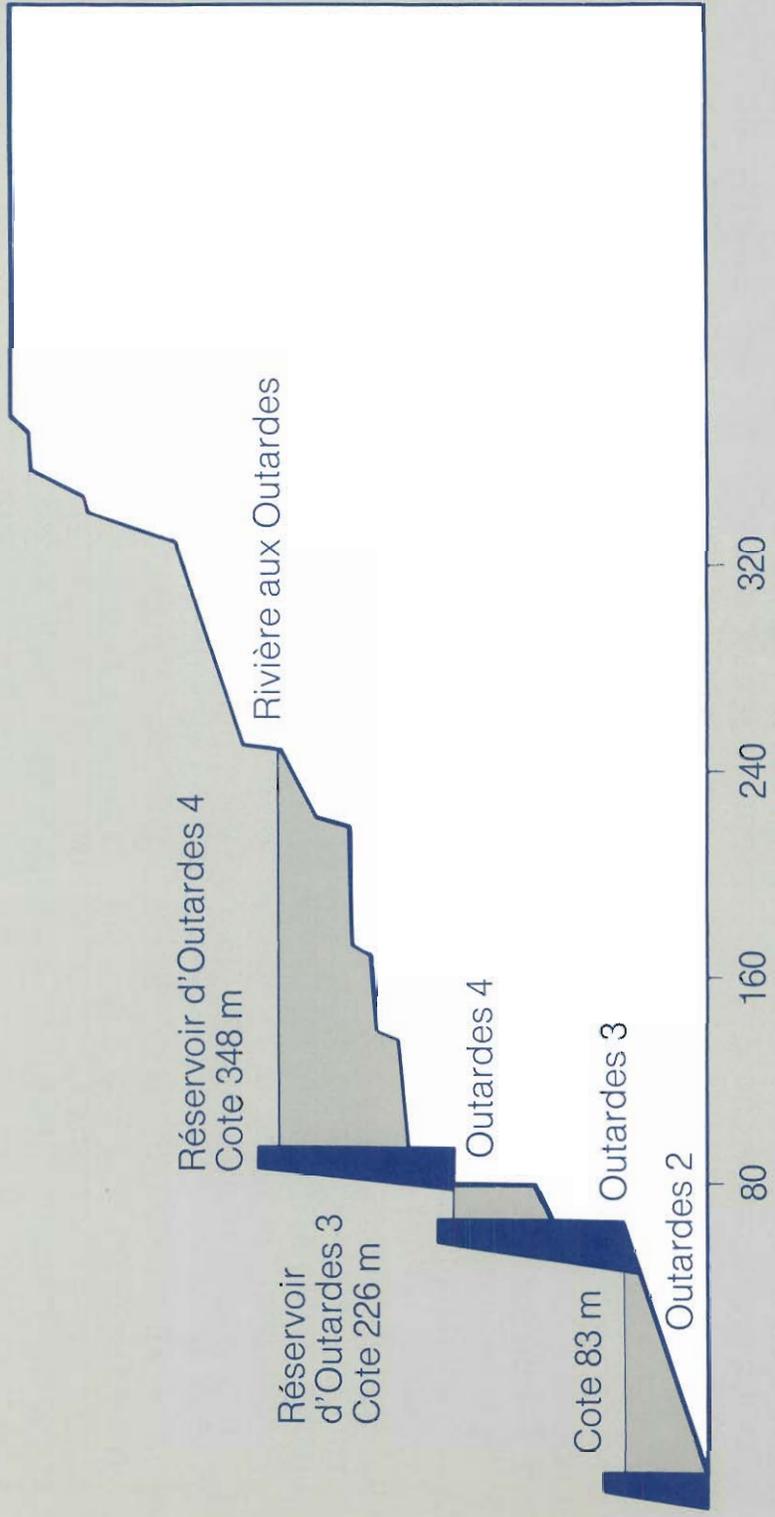
Un *barrage* (II) sert en premier lieu à créer une chute exploitable. Il sert également à retenir une provision d'eau qui sera ensuite utilisée en fonction des besoins. Il existe cependant des centrales dites « au fil de l'eau » qui doivent utiliser le débit du cours d'eau presque sans délai parce qu'elles sont aménagées à des endroits qui ne se prêtent pas à la création d'un réservoir. Tous les barrages du complexe Manic-Outardes servent à créer des retenues plus ou moins étendues.

## 3. Les ouvrages d'aménée d'eau

L'eau, retenue dans le réservoir, pénètre dans les conduites forcées par une *prise d'eau* (III). Les *conduites forcées* (IV) sont des canalisations qui conduisent l'eau vers les turbines.

## 4. La centrale

C'est dans la *centrale* (V) qu'est produite l'électricité, grâce aux turbines et aux alternateurs. La centrale peut être plus ou moins éloignée du barrage ou même en faire partie. Grâce à la force de l'eau, la *turbine* (VI) tourne et entraîne un alternateur. Il existe plusieurs sortes de turbines. Celle qui est illustrée ci-contre est une turbine Francis comme toutes celles du complexe. L'*alternateur* (VII) produit l'électricité grâce à un ensemble d'électro-aimants (appelé « rotor ») qui tourne à l'intérieur de boucles de cuivre (appelées « stator ») qui sont fixes. De la *salle de commande* (VIII), des opérateurs ou des appareils télécommandés assurent la bonne marche de la centrale.



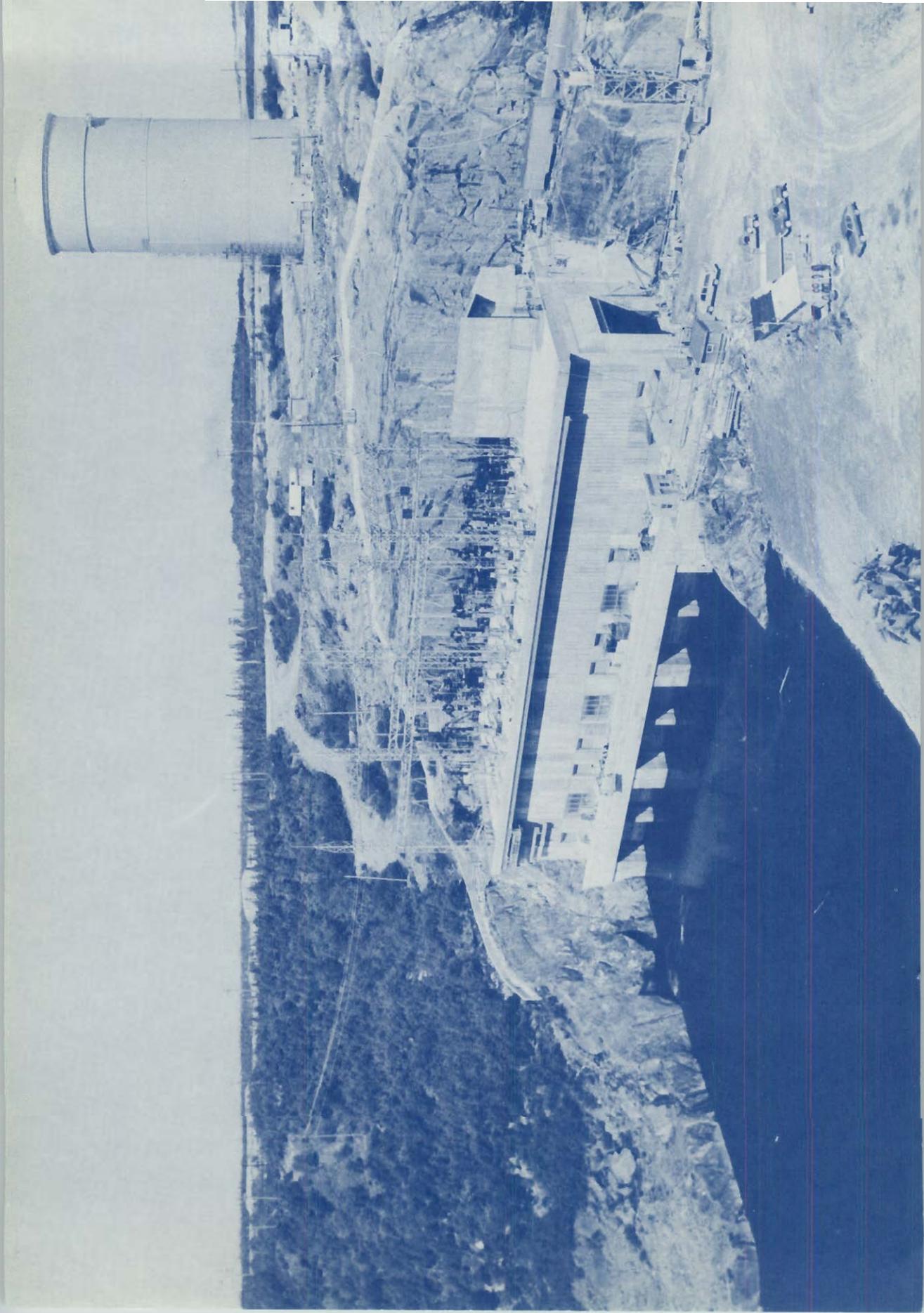
**Distance en kilomètres depuis Outardes 2**

## Profil de la **rivière aux Outardes**

Pour régulariser le débit de la rivière aux Outardes, il a fallu aménager un réservoir principal à 93 kilomètres du confluent de cette rivière avec le Saint-Laurent. C'est ce réservoir qui permet d'alimenter régulièrement en eau les centrales d'Outardes 4, Outardes 3 et Outardes 2.

La plupart des barrages et des digues de la rivière aux Outardes sont faits de matériaux naturels, c'est-à-dire en sable et en gravier ou en enrochement.

Un barrage *en sable et en gravier* est composé de matériaux pris sur place, classés selon leur diamètre et placés de telle manière que le barrage présente des surfaces lisses et arrondies. Un barrage *en enrochement* est constitué de blocs angulaires de diverses grosseurs obtenus par dynamitage du roc.



# Outardes 2

## 454 000 kW

### 1. L'emplacement

Outardes 2 est situé à l'embouchure de la rivière aux Outardes, à environ 24 kilomètres de Baie-Comeau.

L'emplacement, connu sous le nom de Chute-aux-Outardes, a servi, de 1937 au 1<sup>er</sup> avril 1978, à la Compagnie de papier Q.N.S. Ltée qui l'a aménagé pour alimenter son usine de Baie-Comeau.

### 3. Les ouvrages d'aménée d'eau

La galerie d'aménée qui conduit l'eau du réservoir aux conduites forcées a 13 mètres de diamètre et une longueur de 970 mètres. Les conduites forcées mesurent 7 mètres de diamètre et 73 mètres de longueur.

### 4. La centrale

La centrale mesure 90 mètres de longueur et abrite trois groupes turbo-alternateurs.

Les vannes papillons qui servent, entre autres, à arrêter le débit d'eau quand on veut procéder à l'entretien des turbines, sont les plus grosses au monde. Les 454 000 kilowatts de la centrale produisent annuellement 2,6 milliards de kilowattheures. La centrale est entrée en service en 1978.

### 2. Le barrage et les digues

Les digues reposent sur une argile sensible et compressible, partiellement couverte d'une couche épaisse de sable et de gravier perméable. Par contre, les assises du barrage principal sont constituées d'un rocher sain, approprié à la construction d'un barrage en enrochement.

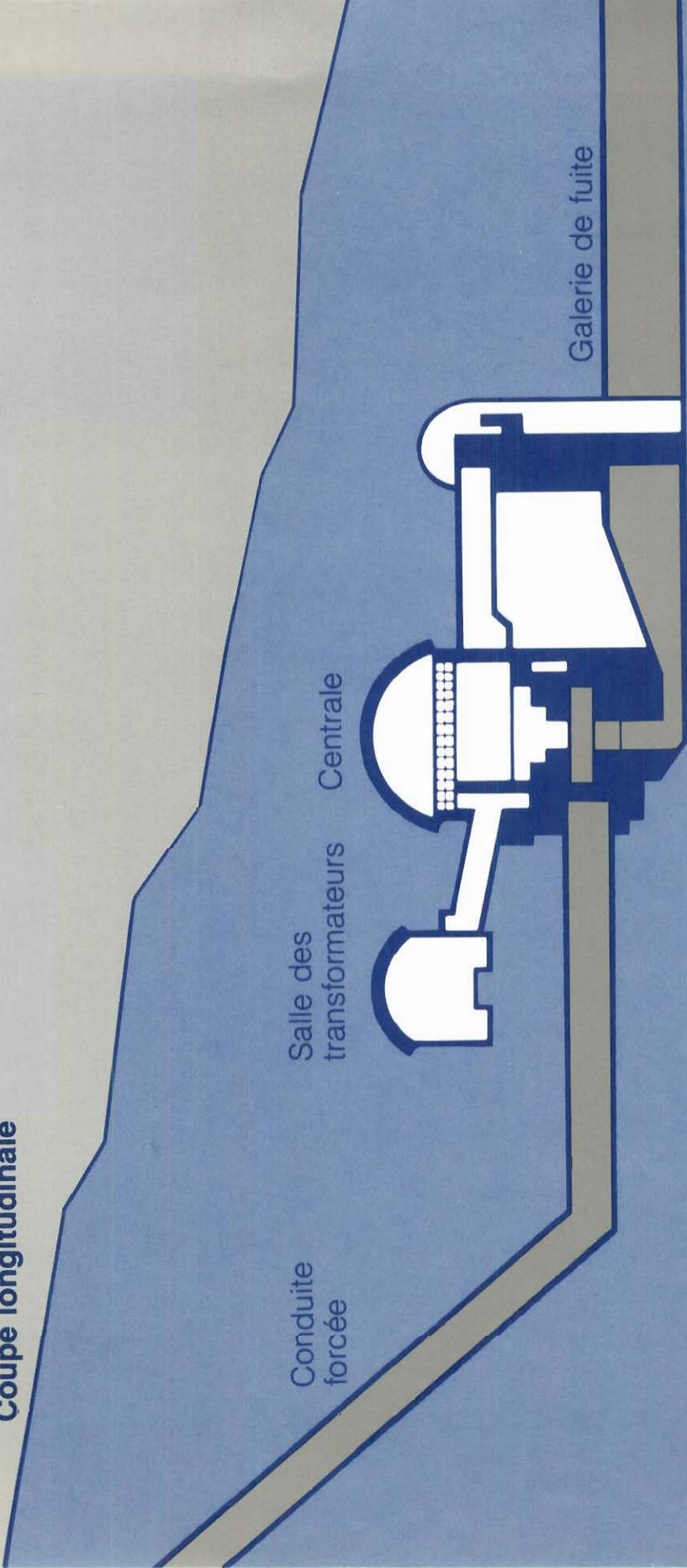
Coupe longitudinale

Conduite forcée

Salle des transformateurs

Centrale

Galerie de fuite



## Outardes 3 756 200 kW

### 1. Le réservoir

Le réservoir d'Outardes 3 a une capacité relativement faible. Il englobe l'ancien lac Tirebouchon et s'étend d'Outardes 3 au bief aval d'Outardes 4, soit une distance d'environ 20 kilomètres.

### 2. Le barrage

C'est un barrage-poids classique en béton, c'est-à-dire que sa masse seule s'oppose à la poussée hydraulique. Sa hauteur de 85 mètres est relativement faible si on la compare à la hauteur de chute de 146 mètres que l'ensemble des ouvrages permet d'obtenir.

### 3. Les ouvrages d'aménée d'eau

De l'extrémité sud-est du lac Tirebouchon, un canal d'aménée de 650 mètres de longueur conduit à la prise d'eau. De là, quatre conduites forcées percent la montagne jusqu'à la centrale souterraine.

### 4. La centrale

À 7 kilomètres en aval du barrage principal, la centrale d'Outardes 3, avec ses quatre groupes, loge dans une salle excavée dans le roc. Des vannes fourreaux ont permis de réduire au minimum l'espace nécessaire à la machinerie et, du même coup, les frais d'excavation. Les vannes fourreaux sont des cylindres coulissants placés à la péri-

phérie des aubages des turbines et qui servent à couper l'admission d'eau. C'était la première fois que ce système était employé avec des turbines aussi puissantes. Des vannes du même type, mais d'un gabarit supérieur, furent par la suite installées à la centrale de Manic 3.



Outardes 4

**632 000 kW**

### **1. Le réservoir**

D'une superficie de 652 kilomètres carrés, il domine la centrale d'Outardes 4 située à ses pieds.

### **2. Les barrages et les digues**

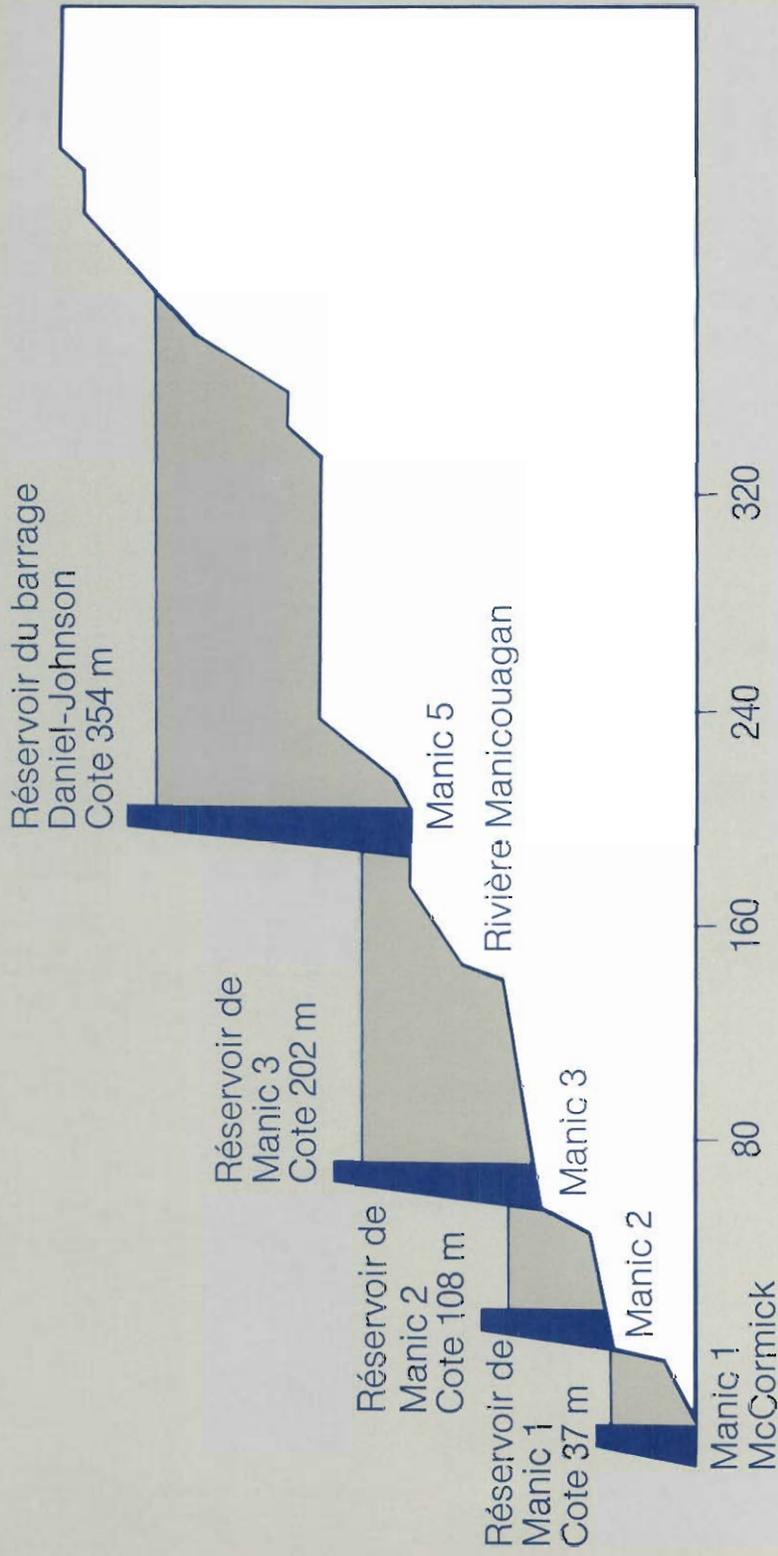
Pour constituer le réservoir, deux barrages et six digues ont été nécessaires. Seul le barrage-déversoir est en béton ; tous les autres ouvrages sont fabriqués avec des matériaux naturels disponibles à proximité. Les trois plus importants sont en enrochement.

### **3. Les ouvrages d'aménée d'eau**

À Outardes 4, la prise d'eau est située au bout d'un court canal d'aménée creusé dans le roc.

### **4. La centrale**

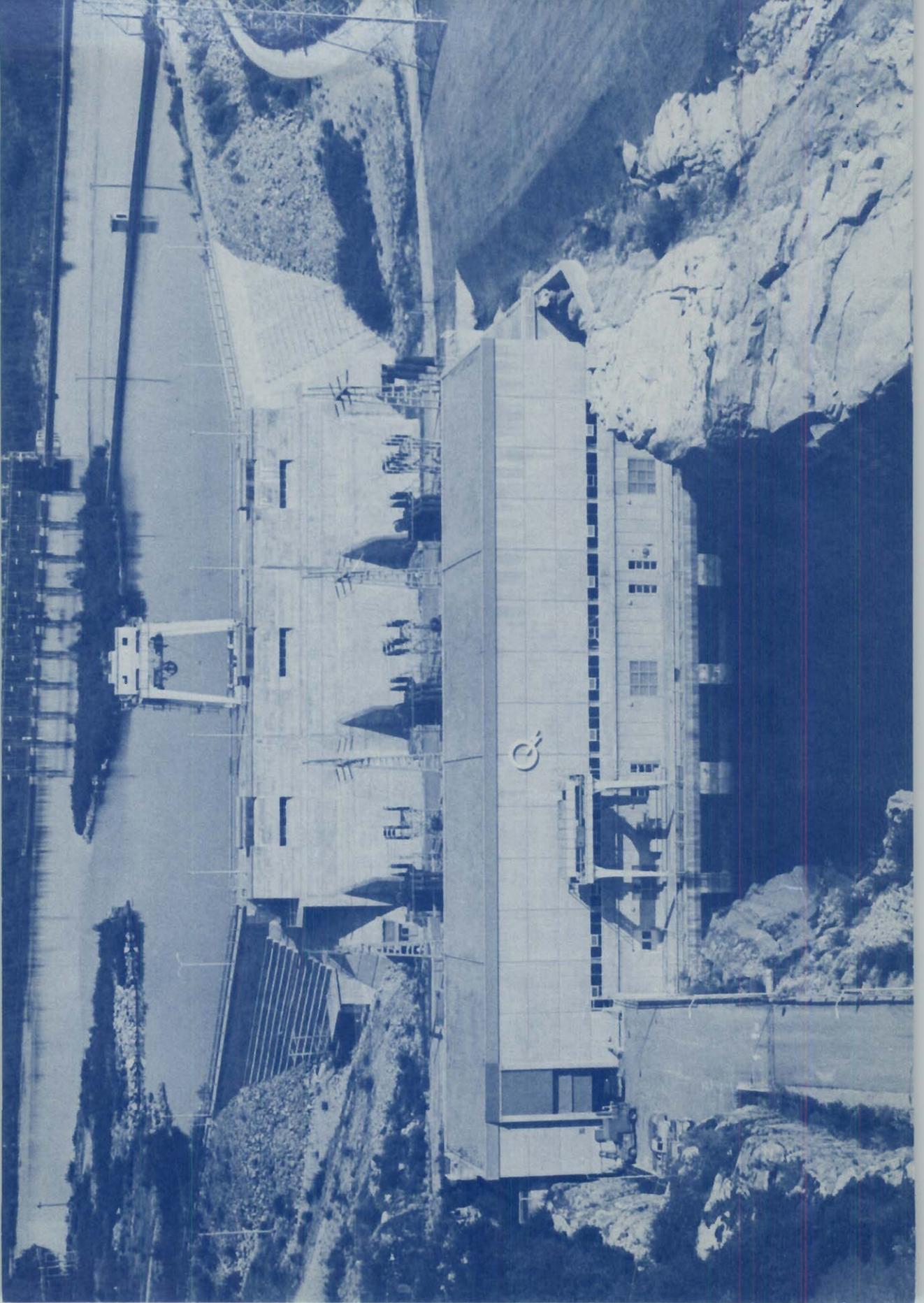
C'est une usine de haute chute (120 mètres). Elle est construite en aval du barrage, sur un emplacement creusé dans le roc bordant la rive droite de la rivière aux Outardes. Elle comprend quatre groupes dont la puissance installée est de 632 000 kilowatts.



**Distance en kilomètres depuis Manic 1**

## Profil de la **rivière Manicouagan**

Le barrage Daniel-Johnson, situé à 216 kilomètres de Baie-Comeau, est le maître ouvrage de la rivière Manicouagan. Son réservoir permet de régulariser l'alimentation en eau de toutes les centrales de la Manicouagan : Manic 5, Manic 3, Manic 2 et Manic 1.



Manic 1

**184 410 KW**

### **1. Le réservoir**

La centrale de Manic 1 n'a pas de réservoir propre. Elle partage celui de la centrale McCormick (la centrale McCormick est exploitée par la Compagnie hydroélectrique Manicouagan, filiale de la Compagnie de papier Q.N.S. Ltée), construite la première et située à côté d'elle.

### **2. Le barrage**

C'est le moins imposant du complexe, mais il représente une synthèse de procédés de construction. Il comporte, en effet, trois parties : un barrage-poids classique en béton, au centre ; à sa droite et à

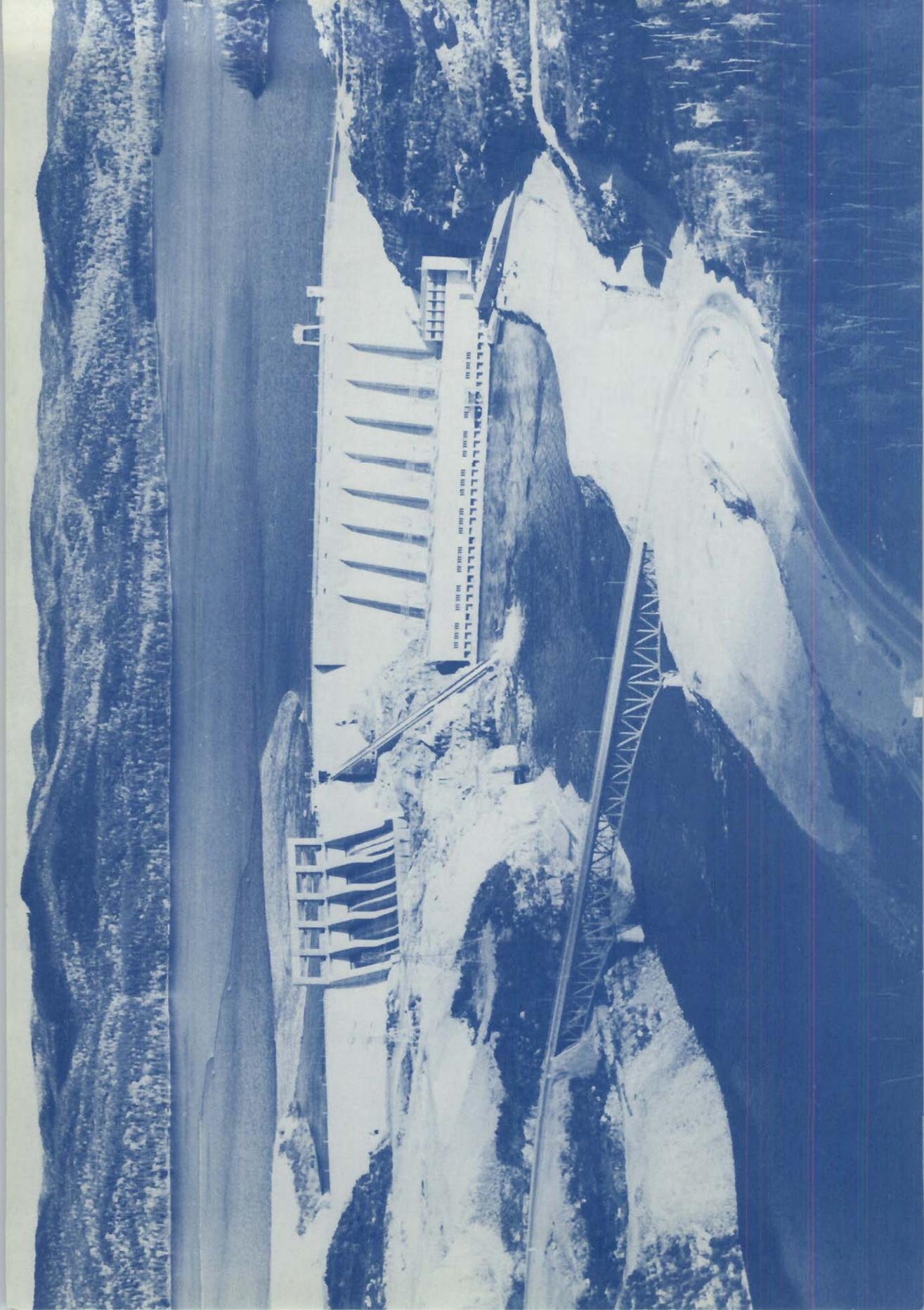
sa gauche, deux ailerons construits à l'aide d'éléments préfabriqués en béton (il s'agit d'une méthode qui a permis d'accélérer et de simplifier les travaux) ; enfin, deux digues en enrochement, dans le prolongement des ailerons de béton.

### **3. Les ouvrages d'amenée d'eau**

L'emplacement de Manic 1 a été creusé dans le roc en dehors du lit de la rivière Manicouagan. Une fois la centrale construite, le canal d'amenée a été parachévé. La prise d'eau fait partie du barrage de même que les conduites forcées partiellement en saillie sur la face aval du barrage.

### **4. La centrale**

La centrale de Manic 1 est, avec ses trois groupes et sa puissance installée de 184 410 kilowatts, la moins puissante du complexe. Elle a la particularité d'avoir une hauteur de chute variable, en raison de la marée qui fait varier le niveau d'eau du canal de fuite d'environ cinq mètres.



Manic 2

## **1 015 200 kW**

### **1. Le réservoir**

En amont du barrage s'étend un réservoir d'une superficie de 518 kilomètres carrés. Il permet de régulariser, dans une certaine mesure, le débit d'eau en provenance de Manic 3 et du lac Sainte-Anne.

### **2. Le barrage**

Cet ouvrage en béton de 692 mètres de longueur et de 94 mètres de hauteur est le plus grand barrage-poids à joints évidés au monde. Cela signifie que la masse du barrage permet d'équilibrer la poussée hydraulique mais qu'à la jonction des éléments de béton qui le composent,

de hautes cheminées closes allant du roc de fondation jusqu'au sommet du barrage forment une soupape naturelle aux sous-pressions causées par les infiltrations d'eau ; celles-ci ont en effet tendance à soulever les barrages et sont leur principale menace.

### **3. Les ouvrages d'aménée d'eau**

Ils sont simplifiés au maximum, la prise d'eau et les conduites forcées faisant partie intégrante du barrage. Ces dernières, enveloppées de béton, sont visibles sur la face aval du barrage.

### **4. La centrale**

Construite au pied du barrage lui-même, c'est une usine de moyenne chute comprenant huit groupes. Mise en service en 1965, elle a été la première du complexe Manic-Outardes à produire de l'électricité. Lorsque son huitième et dernier groupe a été mis en exploitation au début de 1967, elle est devenue la deuxième centrale en importance d'Hydro-Québec avec une puissance installée de plus de 1 000 000 de kilowatts.



Manic 3

**1 183 200 KW**

### **1. Le barrage principal**

Le barrage principal de Manic 3 est un ouvrage en sable et en gravier de 107 mètres de hauteur, 395 mètres de longueur en crête et 732 mètres de largeur à la base. Son volume est d'environ 8,4 millions de mètres cubes.

### **2. Le barrage secondaire**

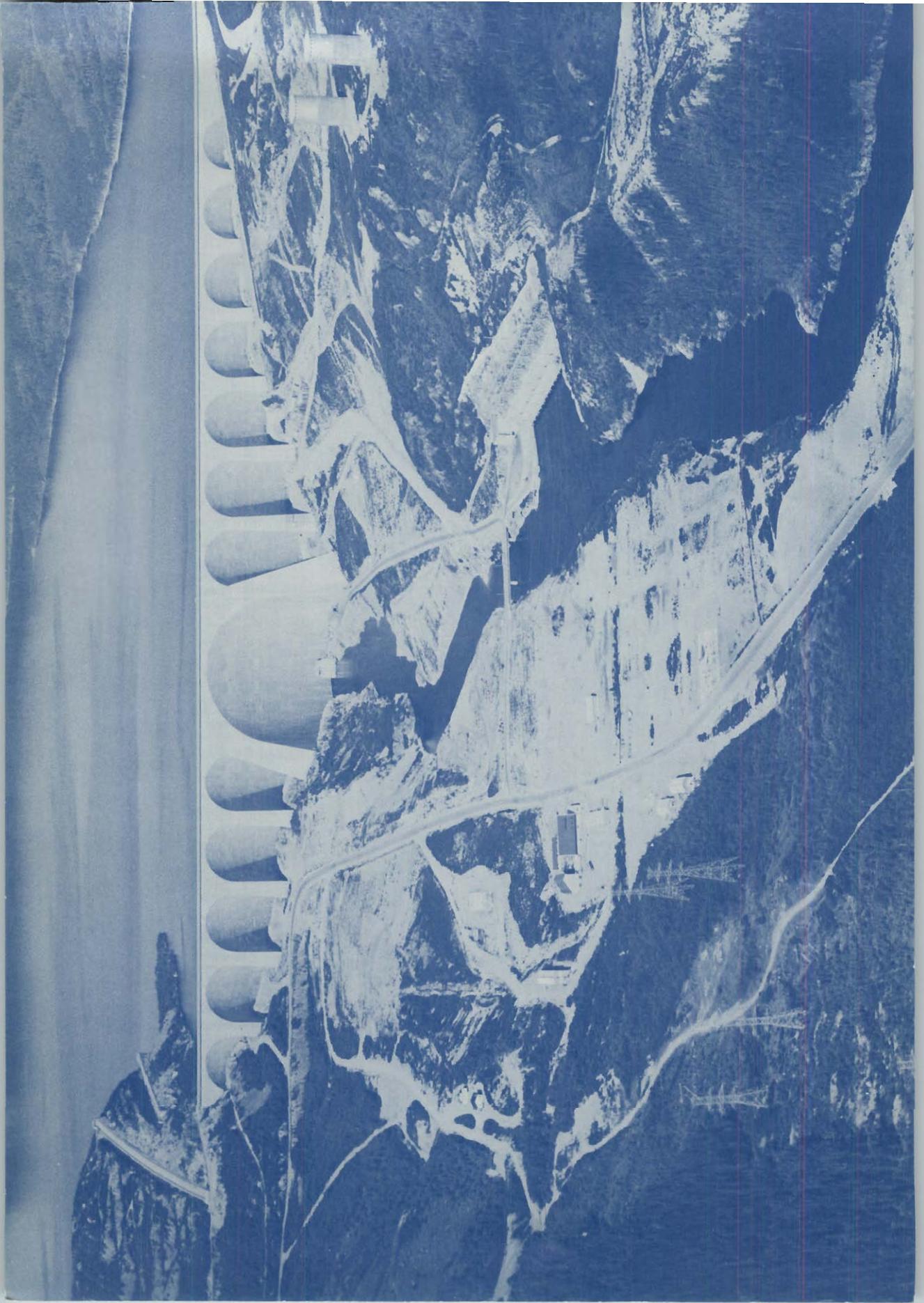
Un barrage-poids en béton de 378 mètres de longueur et de 71 mètres de hauteur sert à boucher une vallée auxiliaire où coulait la rivière à une lointaine époque. Ce barrage comprend un déversoir, une chute à billes et la prise d'eau de la centrale. Le déversoir comporte quatre vannes à rouleaux pouvant débiter jusqu'à 3 700 mètres cubes d'eau par seconde en temps de crue.

### **3. Le mur d'étanchéité**

Un problème majeur se posait à Manic 3 : la présence sous le lit de la rivière d'une gorge remplie d'alluvions perméables, d'une profondeur de 122 mètres à l'emplacement du barrage principal. Pour empêcher l'eau de s'infiltrer sous le barrage à travers ces alluvions et de provoquer l'éroulement de l'ouvrage, les ingénieurs ont établi une coupure étanche au moyen d'un double mur de béton de 131 mètres de profondeur. Cet écran est constitué de deux rangées de pieux et de panneaux moulés dans des trous de forage qui pénètrent jusqu'à 60 centimètres dans le roc de fondation.

### **4. La centrale**

La centrale forme une cavité de 177 mètres de longueur, 23 mètres de largeur et 36 mètres de hauteur. Les turbines, sous une hauteur de chute de 94 mètres, entraînent six génératrices d'une puissance de 1 183 200 kilowatts.



# Manic 5

## 1 292 000 KW

### 1. Le réservoir

Le lac artificiel d'une superficie de 2 000 kilomètres carrés qui s'étend derrière le barrage Daniel-Johnson est le plus important du complexe. Il a pour fonction d'alimenter régulièrement en eau les centrales construites sur la Manicouagan.

### 2. Le barrage

Le barrage Daniel-Johnson est un barrage à vôtues et à contreforts. À la différence des barrages-poids classiques qui opposent leur masse à la poussée hydraulique, les barrages à vôtues multiples résistent à celle-ci en prenant appui sur des contreforts assis sur le roc de fondation. Divers instruments placés dans les galeries intérieures

permettent de connaître les moindres mouvements de l'ouvrage, ainsi que les tensions internes qui s'y exercent.

### 3. Les ouvrages d'aménée d'eau

La prise d'eau est située à l'est du barrage. Elle est reliée à deux galeries d'aménée souterraines, elles-mêmes raccordées aux conduites forcées. À la jonction des galeries d'aménée et des conduites forcées, se dressent les deux cheminées d'équilibre qui permettent d'amoindrir le coup de bélier que provoque la fermeture des vannes protégeant les turbines.

### 4. La centrale

La centrale de Manic 5 est la plus puissante du complexe avec une puissance installée de 1 292 000 kilowatts. Implantée sur la rive gauche

de la Manicouagan, elle est située à près d'un kilomètre en aval du barrage Daniel-Johnson. Sa hauteur de chute de 155 mètres la classe dans la catégorie des centrales de haute chute. Elle est équipée de huit groupes générateurs.

### 5. Une puissance additionnelle de 1 000 MW

Hydro-Québec a commencé, en 1980, des travaux visant à ajouter 1 000 mégawatts de puissance à Manic 5. Une nouvelle centrale qui comportera quatre groupes sera en effet construite sous terre, en rive droite, c'est-à-dire du côté opposé à la centrale actuelle. Cette installation sera terminée en 1985. Les deux centrales seront surtout mises à contribution durant les périodes de l'année où l'appel de puissance des abonnés est le plus élevé.

	Début de la construction	Installation du dernier groupe	Hauteur de chute (mètres)	Nombre de groupes	Puissance totale (kilowatts)
Outardes 2	1974	1978	84	3	454 000
Outardes 3	1965	1969	146	4	756 200
Outardes 4	1964	1969	124	4	632 000
Manic 1	1964	1967	37	3	184 410
Manic 2	1961	1967	72	8	1 015 200
Manic 3	1970	1976	95	6	1 183 200
Manic 5	1959	1970	155	8	1 292 000
<b>TOTAL :</b>					<b>5 517 010</b>



Hydro-Québec  
 Vice-présidence Information  
 Dépôt légal — 2<sup>e</sup> trimestre 1981  
 Bibliothèque nationale du Québec  
 Bibliothèque nationale du Canada  
 963-0118 (81-06) M (0199)  
 ISBN 2-550-00884-7