

## Article

---

« Les variations de niveau des réservoirs de la Volga et leurs conséquences sur l'environnement »

P. Marchand

*Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, vol. 3, n° 1, 1990, p. 3-20.

Pour citer cet article, utiliser l'information suivante :

URI: <http://id.erudit.org/iderudit/705062ar>

DOI: 10.7202/705062ar

Note : les règles d'écriture des références bibliographiques peuvent varier selon les différents domaines du savoir.

---

Ce document est protégé par la loi sur le droit d'auteur. L'utilisation des services d'Érudit (y compris la reproduction) est assujettie à sa politique d'utilisation que vous pouvez consulter à l'URI <https://apropos.erudit.org/fr/usagers/politique-dutilisation/>

---

Érudit est un consortium interuniversitaire sans but lucratif composé de l'Université de Montréal, l'Université Laval et l'Université du Québec à Montréal. Il a pour mission la promotion et la valorisation de la recherche. Érudit offre des services d'édition numérique de documents scientifiques depuis 1998.

Pour communiquer avec les responsables d'Érudit : [info@erudit.org](mailto:info@erudit.org)

# Les variations de niveau des réservoirs de la Volga et leurs conséquences sur l'environnement

The level variations of the Volga reservoirs  
and their consequences on the environment

P. MARCHAND<sup>1</sup>

## RÉSUMÉ

Les réservoirs volgiens ont pour but de retenir les eaux de fonte de printemps pour les redistribuer dans le cadre de l'année hydrologique (avril-mars). Cette fonction implique des variations de niveau des lacs de retenue et ceci est à l'origine de conséquences négatives. Le remplissage de printemps peut être une menace hydrologique sérieuse pour l'agriculture. Le déstockage qui suit est mené en saison de navigation (il intéresse donc tous les secteurs impliqués dans l'aménagement) ou en hiver (il n'intéresse plus que l'hydro-électricité). D'après les règles établies, le déstockage devrait être mené selon un rythme précis et devrait être régulier d'une année sur l'autre pour ne pas porter préjudice à la pêche dans les réservoirs et pour ne pas entretenir l'érosion sur les rives. Depuis vingt ans, la pêche attribue toutefois ses mauvais résultats au non-respect des règles. D'autres ministères se plaignent du même fait. Les règles sont-elles respectées ? Seule l'étude des niveaux réels des réservoirs permet de répondre à cette question. Elle fait apparaître depuis vingt ans des remplissages de printemps anarchiques, d'importantes et imprévisibles variations de niveau en saison de navigation, des déstockages massifs d'hiver. Cette pratique est partiellement responsable du développement en URSS d'un puissant mouvement de contestation écologique.

Mots clés : *aménagement, environnement, impact, Volga, URSS.*

## SUMMARY

Since 1962, the Volga river has become a series of cascades of eight reservoirs. Initially, the main object of the development was hydro-electricity but fishing, irrigation and transport became more and more important. Since 1962, the function of Volgian reservoirs has been to retain spring water for its redistribution during the navigation season – for all the sectors involved in the management – and during the winter – only for hydro-electricity. This function implies lake level variations, which can generate negative environmental effects.

1. URA 260 – 1, rue Metz-Juteau, 90000 Belfort, France.

According to Soviet economic principles, each Ministry manages its own equipment, which means that the Volga development is controlled from Moscow by different Ministries. The Ministry of Energy, controlling dams and turbines, has an enormous power. Hence, there are rules for defending the interests of the other economic sectors. The Ministry of Energy, allegedly, is concerned only about its own plans and does not comply with the rules, which naturally it denies. These rules have not been published but their main lines are well-known as they are largely referred to in scientific publications concerning the Volga management problem. The only way to check is to compare the rules with the available hydrological data on lake levels.

The most significant part of annual Volgian runoff proceeds from the spring melting of snow. This water must be used to fill the Volgian reservoirs and to satisfy the Lower-Volga artificial flood (110 km<sup>3</sup>). Actual data about Kuybyshev dam water discharge shows that the Lower-Volga water requirements are not satisfied. The true data about Kuybyshev and Rybinsk lakes shows disorganized fillings: the reservoirs are filled up to different levels every year, which contributes to activate bank erosion and prevents the constitution of aquatic vegetation. Bank erosion supplies a lot of sediments which, certain years, obstruct access to storm shelters or, sometimes, to harbours (Dimitrovgrad, for example). The lack of aquatic vegetation reduces the possibilities of fish reproduction.

By raising the level of groundwaters around the reservoirs, this spring filling jeopardizes agriculture, so it is not allowed to fill reservoirs over the maximum water level. Yet, the data shows that the Kuybyshev reservoir, right in the middle of the agricultural zone of the USSR, was filled more than 16 years out of 26.

The drawdown must be carried out with moderation and according to a specific rhythm particularly before winter in order to force the fish to leave the shallows. During the winter it is better to avoid massive drawdowns. The study of winter levels reveals very deep drawdowns. In this case the lake surfaces reduce and the ice collapses down to the lake bottom causing very important prejudice to the aquatic fauna.

According to the numerous scientific publications by Soviet fishing institutes, the non-observation of the rules accounts for the poor production of fish. (500-600 kg a year per km<sup>2</sup> on Kuybyshev and Rybinsk lakes) and for the increase of bank erosion. The study of the lake levels shows that the Volgian water is used only in the interest of hydro-electricity and without any care for the other users (agriculture, fishing, navigation) or for the effects on the environment. The Energy lobby is so strong that 25 years of scientific protest has not changed anything.

Such inconsistent management has played a great part in the determination of an environmental movement in the USSR. Over the last forty years significant areas of territory have been submerged under the large reservoirs (on the Volga alone more than 300,000 people have been resettled on account of submersion) so the scientific protest met with the approval by a show of hostility to hydro-energy. Since the instauration of the « glasnost », the protest against the « hydro-lobby » has taken a symbolical value, a facet of the opposition to the « old order », and the poor management of Volga development largely contributed to this.

**Key-words :** *development, hydro-management, environmental effects, Volga, USSR.*

## INTRODUCTION

La mise en place, en 1962, du huitième barrage de la Volga, celui de Volgograd, achève la transformation du fleuve en une « cascade » de lacs-réservoirs (fig. 1) dont les caractères ont déjà été présentés par ailleurs (MAR-

CHAND, 1986). La gestion de l'écoulement de la Volga par l'homme est depuis lors possible. L'eau peut être mise en réserve au printemps puis déstockée en fonction des besoins pendant le reste de l'année hydrologique (jusqu'au printemps suivant).

La position d'utilisateur prioritaire était conférée primitivement au seul secteur de l'énergie. Elle a été ensuite étendue à la pêche, à l'irrigation, au transport et la difficulté de cette mutation provient du fait que les intérêts des différents secteurs sont contradictoires. On ne reviendra pas ici sur la nature de ces contradictions, tant quantitatives que qualitatives (MARCHAND, 1989), mais il faut par contre rappeler le mode de gestion de la cascade (détailé dans l'article cité).

En URSS, chaque secteur économique est dirigé par un ministère. Chaque ministère sectoriel dirige ses installations et a comme objectif principal de remplir son plan. Dans le cas d'un aménagement fluvial, le ministère de l'Energie (Minenergo) fait fonctionner les barrages, celui de l'Agriculture, les canaux d'irrigation. Le ministère de la Navigation fluviale gère la voie d'eau, celui de la Pêche s'occupe des activités halieutiques et piscicoles. Attendu qu'il n'y a pas d'autorité de bassin et que les régions économiques sont des cadres sans pouvoirs, la cascade est donc gérée depuis Moscou par quatre ministères distincts.

Le Minenergo ayant, par l'intermédiaire des barrages, un pouvoir énorme, des règles de gestion de l'eau garantissent les intérêts des autres secteurs économiques. Ces documents ne sont pas publics mais il n'y a pas lieu de douter de leur existence car leur contenu est fréquemment évoqué dans les publications scientifiques émanant des spécialistes de la pêche et de l'agriculture qui s'élèvent, depuis 1962, non pas contre ces règles mais contre leur transgression par le Minenergo, lequel, naturellement, s'en défend.

Qu'un ministère, dans le but de remplir son plan, ne respecte pas les règles de protection de l'environnement est un cas fréquemment signalé en URSS. Le soupçon peut donc peser sur le Minenergo. Il ne faut toutefois pas oublier une autre pratique fréquente : un ministère qui n'arrive pas à remplir son plan a tendance à en rejeter la faute sur un autre.

Le seul moyen de trancher entre les deux hypothèses est de confronter les règles de gestion et les données chiffrées représentatives du fonctionnement réel de la cascade volgienne, débits et niveau des retenues. Dans le cadre de ce court article, on se limitera à l'examen du niveau. Ce choix repose sur deux raisons, génétiquement liées :

- quantitativement, les variations de niveau sont considérables sur la Volga en raison de la conjonction de deux facteurs. Le premier est climatique : 60 % de l'écoulement provenant de la fonte des neiges, le remplissage est effectué, massivement, au printemps, et le reste de l'année hydrologique est surtout consacré au déstockage. Le second est que la cascade est constituée de réservoirs de plaine, donc de profondeur moyenne faible (MARCHAND, 1986), ce qui explique que les variations de volume des réservoirs aient de fortes implications spatiales.

- psychologiquement, les conséquences sur l'environnement de ces grandes fluctuations de niveau sont particulièrement perceptibles pour la population et ont contribué à la naissance d'une violente réaction écologique en URSS.

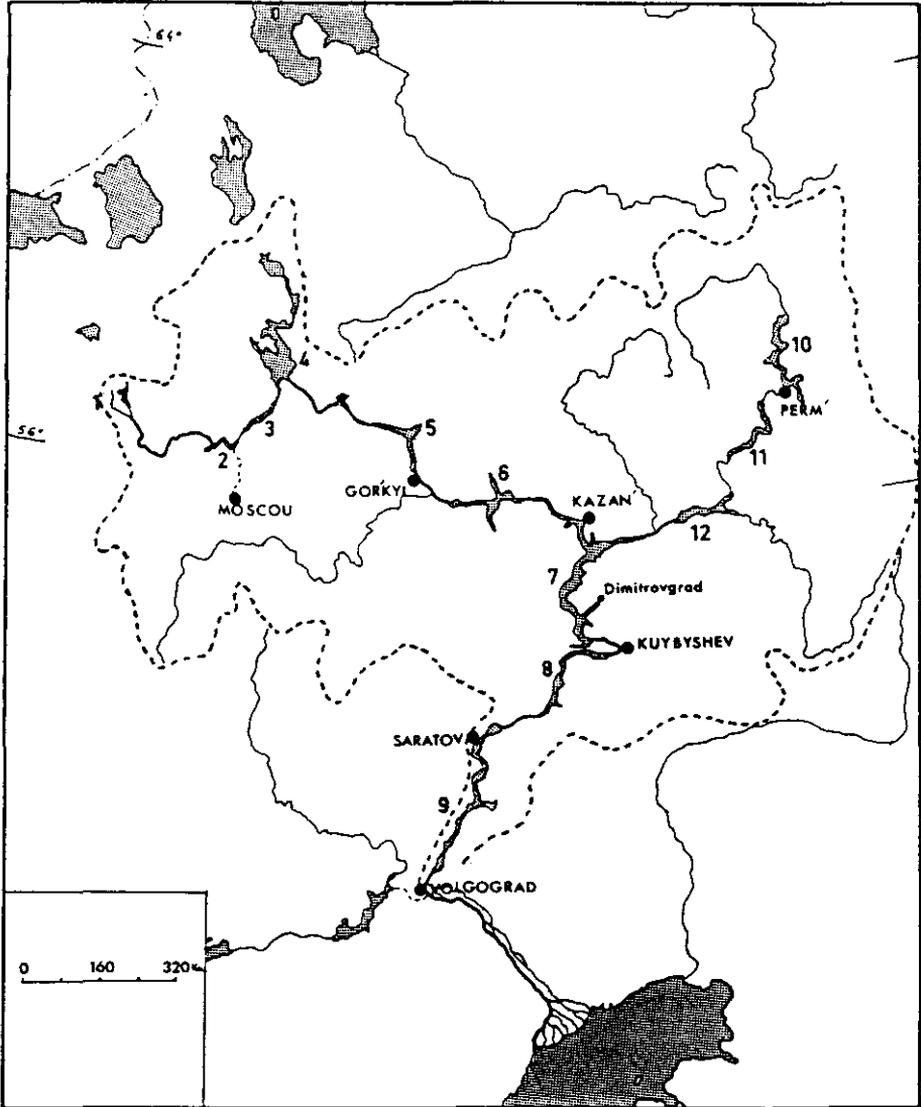


Figure 1 La cascade Volga-Kama  
The Volga-Kama cascade

Limites du bassin/Bassin limits : - - - - -

Réservoirs/Reservoirs

1 : Verkhne-Volznsk

2 : Ivan'kovo

3 : Uglich

4 : Rybinsk

5 : Gor'ki

6 : Cheboksary

7 : Kuybyshev

8 : Saratov

9 : Volgograd

10 : Kamsk

11 : Vol'kinsk

12 : Nizhne-Kamsk

On recensera donc dans un premier temps les conséquences économiques et écologiques des variations de niveau et les grandes lignes des règles de gestion telles qu'elles sont évoquées dans les publications. On examinera ensuite des séries de niveaux réels afin de tenter de déterminer si ces règles sont approximativement respectées.

## 1 - LA PHASE DE REMPLISSAGE

En vertu du principe de gestion le plus connu de l'aménagement volgien, une partie importante de l'apport printanier (au moins 110 km<sup>3</sup>) doit être dirigé vers la Basse-Volga pour la crue artificielle nécessaire à l'équilibre écologique de cette région (MARCHAND, 1989), le reste sert à remplir les réservoirs. Réduits à leur plus simple expression au cours de l'hiver, ils prennent au printemps leur taille de niveau normal de retenue. Ceci conduit, par la formation de trois cercles hydrologiques, à des conséquences négatives.

### 1.1 Les trois cercles hydrologiques

#### 1.1.1 Le réservoir

Le tableau 1 donne l'extension des lacs à leur minimum d'hiver et à leur niveau normal de retenue. Il est inutile de commenter l'ampleur spatiale du phénomène, les chiffres sont éloquents.

Tableau 1 Caractères des réservoirs de la cascade Volga-Kama.

Table 1 The reservoirs of the Volga-Kama cascade.

Réservoirs	Niveau minimal d'hiver		Niveau normal de retenue			Surcharge de niveau	
	Valeur m	surface km <sup>2</sup>	Valeur m	surface km <sup>2</sup>	dont % de hauts-fds	Valeur cm	surface km <sup>2</sup>
IvanKovo	117	80	123,9	327	48	10	342
Uglich	107,3	90	112,8	249	36	40	260
Sheksninsk	111,8	1 440	113	1 665	?	100	1 916
Rybinsk	96,9	2 417	101,8	4 550	21	60	5 000
Gor'kiy	81	1 030	84	1 591	25	na	
Cheboksary				2 270		na	
Kuybyshev	47	3 070	53	6 450	16	na	
Saratov	27	1 660	28	1 830	18	na	
Volgograd	12	2 426	15	3 120	17	na	
Verkhne-Kamsk	101	650	108,5	1 920	21	?	?
Voltkïnsk	85	800	89	1 130	14	?	?
Nizhne-Kamsk	66	2 100	68	2 650	?	?	?

(na = non autorisé).

(na : non-authorized).

### 1.1.2 La zone d'inondation

Si l'hydraulicité le permet, certains réservoirs sont autorisés à procéder à une surcharge de niveau, variable selon le lac (*tableau 1*), pour retenir davantage d'eau que prévu par le plan normal de fonctionnement. En cas de « nécessité », on peut également recourir au même procédé sur un réservoir où pourtant il n'est pas autorisé. Des zones littorales peuvent ainsi être submergées certaines années. A l'aval de Kazan', ce problème concerne surtout la rive gauche, basse, la rive droite, escarpée, n'étant que rarement affectée. Sur le réservoir de Kujbysev, le plan d'eau peut ainsi connaître une avancée maximum de 7 km au détriment de la rive gauche en cas de surcharge de niveau (PETROV, 1986).

### 1.1.3 La zone de forte influence hydrique

Au printemps, saison où l'eau (de fonte et de pluie) stagne partout dans la plaine russe, la montée du niveau des réservoirs exerce une influence considérable. En retardant l'écoulement, elle favorise l'allongement de cette période sur le bassin. En créant un niveau de base durable, elle suscite et fait perdurer autour du réservoir une aire où le niveau de la nappe est relevé jusqu'à noyer les racines ou sub-affleurer en formant des zones marécageuses. Cette aire s'étend irrégulièrement autour des réservoirs. Pour celui de Kuybyshev, elle s'étend au maximum sur 12 km au-delà de la ligne de rivage du niveau normal de retenue. Le phénomène peut toutefois se produire par taches à des distances plus grandes encore, notamment dans les régions au drainage indécis de Haute-Volga : on voit des zones de marécage se former à 50 km du réservoir de Rybinsk lorsque celui-ci est rempli. Si l'on s'en tient uniquement à l'« influence très forte », c'est-à-dire aboutissant à l'apparition de marécages, le phénomène affecte 2 550 km<sup>2</sup> sur l'ensemble de la cascade (POGOREL'TSEVA et SHARAPOV, 1975). Il est inévitable, mais est très mal ressenti par les riverains et la pratique de la surcharge de niveau ne fait que l'accroître.

## 1.2 Les conséquences

Les installations humaines riveraines ont été « adaptées » lors de la création des réservoirs. Plus de 330 000 personnes ont été déplacées (AVAKYAN et SHARAPOV, 1977), près de 200 km de digues édifiées pour protéger des zones habitées (VASIL'EV *et al.*, 1984), dont notamment la ville de Kazan', jadis située à 7 km de la Volga, aujourd'hui baignée par le réservoir de Kuybyshev et devenue un grand port fluvial. Ces travaux ont tenu compte des variations de niveau prévues. Ainsi, les embarcadères des grands ports voyageurs (60 millions de personnes par an sur la Volga) sont pourvus de dispositifs variés leur permettant de s'adapter aux fluctuations de niveau.

Le problème est autre sur le plan agricole. Le remplissage des réservoirs s'y ressent de trois façons. Des terres se trouvent certainement dans les aires d'inondation mais nous n'avons pas trouvé de données à ce sujet. D'autres se trouvent dans la zone d'influence hydrique forte. On trouve des données à ce propos, mais elles sont rares et divergentes (AVAKYAN et SHARAPOV, 1977 ; PETROV, 1981) (*tableau 2*). Un total ne portant que sur 6 des 12 réservoirs de

la cascade montre déjà que 50 à 70 000 ha de terres agricoles sont affectées. Enfin, les exploitations riveraines des réservoirs se plaignent du retard apporté aux façons agricoles par le maintien à haut niveau des nappes et la stagnation de l'eau sur les interfluves en cas de surcharge de niveau (AVAKYAN, 1975) mais c'est un phénomène difficilement quantifiable. Sa durée est par contre parfaitement mesurée : la période de haut niveau des réservoirs, donc de gêne agricole, s'étend sur un à deux mois et, en cas de surcharge de niveau, sur trois à quatre mois (PETROV, 1981).

Tableau 2 Surfaces agricoles menacées par la remontée de la nappe.

Table 2 Agricultural surfaces threatened by ground water raising.

Réservoirs	Hectares	dont	
		labours	prés et prairies
IvanKovo	17 600		
Gor'kiy	1 100	300	800
Cheboksary	3 900		
Kuybyshev (1)	14 800	4 800	10 000
(2)	20 500	9 000	11 500
Volgograd (1)	5 800	1 700	4 100
(2)	20 500	5 000	15 500
Nizhne-Kamsk	7 500		

(1) Selon PETROV (1981)

(2) selon AVAKYAN et SHARAPOV (1977).

Le seul réservoir pour lequel on connaisse le total des terres agricoles affectées par les inondations périodiques, les influences hydriques fortes ou légères (retards des travaux) est celui de Kuybyshev : Petrov l'évalue à 140 000 ha (PETROV, 1986). L'agriculture, autour des réservoirs, souffre donc largement du remplissage printanier, surtout s'il dépasse le niveau normal de retenue. C'est un problème qui prend toute son ampleur si on se souvient que la création des réservoirs a englouti 836 000 ha de terres agricoles (AVAKYAN, 1975).

## 2 - LA PÉRIODE DE DÉSTOCKAGE

Les soviétiques la divisent en deux : déstockage en période de navigation et déstockage en période d'englacement. Nous reprendrons cette classification car en la mettant en rapport avec les saisons d'utilisation essentielles de chaque secteur économique impliqué dans l'aménagement, on voit s'opérer une répartition dans le temps comme le montre le schéma suivant :

	Printemps	Été	Automne	Hiver
Hydro-électricité			XXXX	XXXXXXXX
Navigation		XXXXXXXX	XXXX	
Irrigation	XXXXXXXX	XXXXXXXX		
Pêche	XXXXXXXX	XXXXXXXX		
Récréation	XXXXXXXX	XXXXXXXX	XXXX	

## 2.1. Le déstockage en période de navigation

### 2.1.1 Les déboires de la pêche

C'est de la pêche, confrontée à l'impossibilité d'atteindre les objectifs fixés (MARCHAND, 1989) que sont venues les premières observations à propos des variations de niveau. Depuis 1961, la pêche réclame un rythme de déstockage précis et répété chaque année (IL'INA et GORDEEV, 1980). D'après les publications, les règles de gestion prévoient pourtant un rythme satisfaisant :

- Les réservoirs devraient être remplis au maximum au printemps et ce le plus rapidement possible, afin que les reproducteurs trouvent les hauts-fonds nécessaires à la ponte.

- Le niveau devrait rester stable au printemps pour permettre l'incubation des œufs, les variations de niveau en mai étant particulièrement nocives. Des fluctuations se produisent pourtant en raison de la réduction d'activité des centrales les week-ends et jours fériés (1er et 9 mai). Sur le réservoir de Kuybyshev, un week-end d'activité réduite représente un relèvement puis un abaissement du plan d'eau de 0,2 à 1 m (PETROV, 1981) or, au niveau normal de retenue, 10 cm représentent une variation de 50 km<sup>2</sup> de hauts-fonds (IVANOVA, 1987).

- Une baisse de niveau d'un mètre devrait avoir lieu en juillet pour le bon développement de la végétation aquatique qui améliorera les frayères de l'année suivante.

- Une nouvelle baisse d'un mètre devrait avoir lieu avant l'englacement pour inciter les immatures à quitter les hauts-fonds et gagner des zones profondes.

En plus de ces impératifs, la pêche subit de toute façon au second degré le contrecoup des variations de niveau d'été sur la flore des réservoirs. Celles-ci ont pour effet, si elles se produisent, de contrarier l'installation de ceintures de macrophytes stables sur les hauts-fonds à la périphérie des réservoirs. Or, cette végétation est le substrat idéal des frayères.

Les variations de niveau ont également pour effet, selon certains (KUKK, 1965), d'orienter l'évolution du phytoplancton. Elles contribueraient à favoriser le développement des algues cyanophycées, qui s'adapteraient bien à ce régime. On constate en tous cas que les cyanophycées prolifèrent au détriment des autres algues, orientant les lacs vers l'eutrophisation, aboutissant parfois à des destructions massives de poissons (par suffocation), comme c'est le cas dans le Sud de la cascade (AVAKYAN, 1975). Le rôle des variations de niveau dans leur prolifération n'est cependant pas admis par tous les auteurs.

### 2.1.2 Le développement de l'érosion

Les problèmes d'érosion ont également très tôt attiré l'attention sur les variations de niveau. La mise en eau des réservoirs a provoqué l'apparition d'un littoral au détriment d'un relief continental. Une « crise d'érosion » avait été prévue, elle a eu lieu. On pensait qu'ensuite un équilibre allait s'installer et que l'érosion allait décliner, il n'en a rien été. L'abrasion par la houle s'est maintenue et même, sur tous les réservoirs à l'aval de Cheboksary, s'est étendue. Sur le réservoir de Kuybyshev, le plus vaste, 40 % du littoral était soumis à abrasion en 1959, 66 % en 1963 (STUPISHIN, 1981), 70 % des 2 100 km de côtes aujourd'hui (PETROV, 1986). On estime que pour l'ensemble de la cascade 7 000 ha ont déjà été emportés par l'abrasion (SHIROKOV, 1985).

La houle ne fait certes qu'activer un phénomène qui a toujours existé à l'aval de Cheboksary pour des raisons lithologiques (présence d'argiles dont le volume varie avec la teneur en eau), l'« opolzen' » (sorte de glissement de terrain). Toutefois le maintien, voire le développement, de l'action de la houle est directement lié à l'instabilité du niveau en saison libre de glaces. Chaque année en effet, comme on le verra dans la seconde partie, les réservoirs sont remplis au printemps à des cotes différentes. Donc, chaque année, c'est un « nouveau » littoral qui est soumis à l'action de la houle. Les variations de niveau font de surcroît varier ce littoral dans l'année. Aucun équilibre ne peut par conséquent s'établir, le littoral n'étant pas fixe. Et ce d'autant plus que le meilleur facteur d'équilibre qui serait la constitution d'un haut-fond protecteur constitué à partir des produits de destruction de la rive ne peut pas se réaliser, lesdits matériaux étant érodés au cours des oscillations de niveau (KACHUGIN, 1975).

C'est surtout la rive gauche constituée au détriment d'une basse plaine, donc où les conséquences spatiales des variations de niveau sont maximales, et entaillée dans les dépôts meubles des terrasses volgiennes, qui est la plus affectée. Ainsi, sur le réservoir de Volgograd, la rive gauche est considérée dès 1964 comme une côte d'abrasion, les secteurs d'accumulation étant quasiment inexistantes (ZUBENKO, 1964). Le développement de l'abrasion a provoqué des reculs de la ligne de rivage très importants : Zubenko enregistrait un recul maximum de 145 m sur la période 1959-63, GREBENKI et KOSTROMAROV (1968) relevaient 214 m sur la période 1959-66. Ces données proviennent d'études ponctuelles car il n'y a pas d'observation systématique, et GREBENKI écrit que des cas aussi importants ont pu se présenter ailleurs. Depuis ces études, aucune donnée nouvelle n'a été publiée concernant ce plan d'eau.

La rive droite à partir de Kasan', par contre, malgré ses falaises spectaculaires et malgré le développement des « opolzni », est beaucoup plus stable : sur cette rive élevée, les différences de niveau d'une année sur l'autre, les variations intra-annuelles, ne font pas beaucoup varier l'emplacement de la ligne de rivage. La stabilisation peut donc survenir par opposition à la rive opposée, constamment en état de crise érosive.

### 2.1.3 Les problèmes de la navigation

La profondeur minimale de 3,5 m est garantie sur le chenal de navigation tout au long de la cascade. En cas de déstockage prononcé en été, l'accès à

certain sites peut toutefois devenir difficile mais les principaux problèmes sont venus des conséquences indirectes des variations de niveau.

Les matériaux provenant de l'abrasion des rives viennent en effet s'accumuler dans le réservoir. Ils y provoquent des phénomènes d'envasement localisés ou alimentent des courants littoraux capables d'édifier des barres. L'année 1964 a été celle de la découverte de ce type de problèmes. Sur le réservoir de Kuybyshev, des courants littoraux se sont établis sur la rive droite, rendant inaccessibles une bonne partie des refuges de tempête. Dans le même temps, des phénomènes d'envasement bloquaient totalement l'accès au golfe de Dimitrovgrad sur la rive gauche. Comme le note VENDROV (1966), ce fut « une surprise que de constater que des moyens de dragage étaient nécessaire également sur des réservoirs profonds ». Le lac de retenue de Rybinsk connaît lui aussi des problèmes d'accès à certains refuges de tempête.

Or le maintien en service de ces sites est très important car les tempêtes (vents de plus de 13 m/s) ne sont pas rares. On en compte par exemple en moyenne 38 par saison de navigation sur le réservoir de Kuybyshev, surtout en septembre et en octobre. Elles sont parfois très violentes, 4 à 5 en moyenne se produisent par vent dépassant 20 m/s sur le réservoir de Kuybyshev et on a déjà relevé des vagues de trois mètres sur au moins trois réservoirs (RYBINSK, GORKIY et KUYBYSHEV) (CHIGIRINSKIY, 1975). De tels événements météorologiques sont dangereux pour les navires fluviaux et plus encore pour les nombreux trains de bois flottés qui circulent sur la Volga. Il faudrait bien connaître les courants d'alluvions pour protéger les abris de tempête or, nous n'avons jamais trouvé la moindre étude à ce propos. Cela se comprend en fait aisément : le niveau étant variable chaque année et variable dans l'année, l'établissement d'un courant d'alluvions littoral est un phénomène conjoncturel et éphémère.

#### 2.1.4 Une contrainte nouvelle : la fonction récréative

Dans un pays continental comme l'URSS, les grands plans d'eau artificiels ont pris une importance de plus en plus grande dans les loisirs. Dans le même temps, la « patrie des travailleurs » découvrait la dimension économique et humaine de ces mêmes loisirs, comme en témoigne l'accroissement dans les années 80 du nombre des articles dans les revues scientifiques et des ouvrages consacrés à ce thème.

Aujourd'hui, la fonction récréative a acquis droit de cité. Les premières données sur la géographie du tourisme en URSS indiquent que 30 millions de citoyens vivent sur les rives des réservoirs et que 80 millions les utilisent pour leurs loisirs. Au bord des réservoirs sont installés 50 % des sanatoriums, 80 % des maisons de repos, 60 % des bases touristiques. Sur la Volga on ne dispose de dénombrements précis que pour le réservoir d'Ivan'kovo : deux millions de « journées » de séjour en 1976, trois millions en 1985 (AVAKYAN, 1986). L'observation sur le terrain permet cependant de constater que la Volga est particulièrement concernée par le développement des loisirs nautiques.

Toutes ces installations ont été édifiées en fonction d'un niveau d'été approximativement assuré d'une année sur l'autre. Elles ne sauraient supporter les grandes variations inter-annuelles des années soixante - soixante-dix.

## 2.2 Le déstockage d'hiver

Le dispatching soviétique utilise la cascade Volga-Kama en tant que fournisseur d'énergie de pointe et comme réserve en cas de panne. Le déstockage d'hiver est donc massif et très sensible à la régularisation hebdomadaire et journalière. Les données sur les débits horaires des centrales sont toutefois très rares. Les tableaux 3 et 4 reproduisent celles indiquées par GOTLIB (1983). Elles sont, selon l'auteur, démonstratives du régime hivernal des centrales volgiennes.

**Tableau 3** Débits d'hiver sur le site de la centrale de Gor'kiy en 1979-80 ( $m^3/s$ ).

**Table 3** *Winter water discharge of the Gorkiy hydro-electric station in 1979-80 ( $m^3/s$ ).*

	X	XI	XII	I	II	III
Moyen mensuel	1 310	1 060	910	1 370	1 310	1 915
Le plus fort	5 060	4 600	4 770	4 960	4 860	4 720
Le moins fort	0	336	0	0	0	0

**Tableau 4** Débits horaires sur le site de la centrale de Gor'kiy le 9 janvier 1980.

**Table 4** *Hourly water discharge of the Gorkiy hydro-electric station (January 9, 1980).*

01 h :	0	07 h :	687	13 h :	836	19 h :	4 790
02 h :	0	08 h :	1 560	14 h :	832	20 h :	1 600
03 h :	0	09 h :	4 750	15 h :	828	21 h :	477
04 h :	0	10 h :	4 540	16 h :	824	22 h :	424
05 h :	373	11 h :	948	17 h :	1 240	23 h :	418
06 h :	394	12 h :	848	18 h :	4 740	24 h :	0

Entre la 2<sup>e</sup> décade de novembre et la 2<sup>e</sup> décade de décembre, tous les réservoirs de la cascade se couvrent d'une carapace glaciaire dont l'épaisseur ira croissant jusqu'à atteindre 50 cm à 1 m en février-mars. C'est précisément dans ces mois d'hiver qu'a lieu le déstockage massif et ceci a pour effet de réduire les plans d'eau de façon drastique jusqu'à leur minimum indiqué dans le tableau 1. Au fur et à mesure du retrait des plans d'eau des volumes importants de glace s'affaissent sur le fond des cuvettes. Pour le réservoir de Rybinsk par exemple, d'après les statistiques des services d'observation soviétiques, le volume de glace affaissé est en moyenne de 500 millions de  $m^3$  (1949-72) avec des valeurs extrêmes de 183 et 940 millions de  $m^3$ .

Ce phénomène a des conséquences négatives sur l'ichtyofaune des réservoirs, et donc sur la pêche. Des poissons sont bloqués dans des cuvettes sans issues lors du retrait du plan d'eau et ils y meurent massivement soit par déficit d'oxygène, soit par écrasement par les glaces (BUTORIN, 1984). C'est

pour éviter ce piège que la pêche a obtenu que les règles de gestion précisent la nécessité d'un déstockage mesuré juste avant la prise en glace, pour que les poissons soient incités à quitter les hauts-fonds et la prohibition des déstockages massifs et brutaux en hiver. Depuis que la cascade fonctionne, elle se plaint toutefois du non-respect de ces règles.

### 3 - LA PRATIQUE DU DÉSTOCKAGE

C'est à travers cette pratique qu'on peut voir dans quelle mesure on tient compte des conséquences négatives de certaines variations de niveau, dans quelle mesure on respecte approximativement les règles de fonctionnement. Nous l'examinerons à partir du cas des deux plus grands réservoirs de la cascade, Rybinsk et Kuybyshev.

#### 3.1 Le réservoir de Rybinsk

On dispose pour ce lac de retenue de la série complète des niveaux moyens mensuels de 1948 à 1971 (*tableau 5*). La série postérieure est encore trop lacunaire pour être utilisée. Le *tableau 6* précise la surface du lac à certains niveaux.

On remarque que la cote maximale autorisée en cas de surcharge de niveau (102,41 m) n'a jamais été atteinte durablement (rappelons toutefois qu'il s'agit de niveaux moyens mensuels). Le niveau normal de retenue n'a été maintenu que 11 fois en 24 ans. Sur les treize fois où il n'a pu l'être, dans cinq cas il s'en est fallu de plus d'un mètre. Ce mètre représente une différence de surface de 500 km<sup>2</sup>, ce qui pour un lac de 4 500 km<sup>2</sup> au niveau normal de retenue est considérable. Les années cinquante ont été particulièrement affectées par les variations de niveau, donc de surface du plan d'eau. En comparant les *tableaux 5* et *6* on peut en effet constater que le lac a eu une extension moyenne approximative au mois de juin de 3 600 km<sup>2</sup> en 1952, de 4 600 km<sup>2</sup> en 1953, de 3 800 km<sup>2</sup> en 1954, de 5 000 km<sup>2</sup> en 1955 etc. Ces fluctuations n'ont pas contribué, au contraire, à limiter l'abrasion des rives mais elles ont au surplus empêché l'installation de la végétation aquatique qui aurait dû normalement coloniser les bords du nouveau lac. Chaque année des embryons de foyers de végétation s'installaient dans les niches écologiques constituées en fonction du niveau de printemps, l'année suivante ils ne pouvaient pas se reconstituer au même endroit, les conditions étant radicalement différentes. Cette absence de végétation a été très néfaste pour la constitution de l'ichtyofaune qui ne trouvait pas de substrat approprié pour les frayères (EKZERTSEV et LISITSYNA, 1984).

L'incohérence du déstockage d'été a été manifeste jusqu'en 1962. Si on excepte le cas très particulier de 1952, la situation la plus mauvaise a été observée en 1953-56 où il a varié d'une année sur l'autre de 2,50 m à 30 cm. La variation la plus forte au sein d'une même saison de navigation, en 1955, a

conduit le lac à varier d'environ 5 000 km<sup>2</sup> en juin à 3 500 km<sup>2</sup> en octobre. Le déstockage d'hiver fut tout aussi irrégulier (1 cm à 3,3 m !) mais on a vu que ses conséquences étaient moins graves.

Tableau 5 Niveaux moyens caractéristiques du réservoir de Rybinsk (m).

Table 5 Average levels of the Rybinsk lake (m).

Année	Remplissage de printemps		Saison de navigation		Hiver	
	Niveau moyen maximal (IV)	Niveau moyen en fin de saison (XI)	Déstockage pendant la période	Niveau moyen en fin de saison (III)	Déstockage pendant la période	
1948	101,40	100,29	1,11	99,44	0,85	
1949	101,78	100,62	1,16	98,48	2,14	
1950	101,28	100,63	0,65	98,77	1,86	
1951	102,02	100,13	1,89	96,83	3,30	
1952	99,83	100,89	+ 1,06	99,09	1,80	
1953	101,96	101,63	0,33	98,86	2,77	
1954	100,41	99,36	1,05	97,31	2,05	
1955	102,20	99,63	2,57	96,78	2,85	
1956	101,45	101,14	0,31	99,05	2,09	
1957	101,92	101,23	0,69	98,40	2,83	
1958	102,05	100,72	1,33	98,50	2,22	
1959	102,20	100,55	1,65	97,80	2,75	
1960	100,42	99,47	0,95	99,46	0,01	
1961	102,02	100,80	1,22	98,53	2,27	
1962	102,00	101,27	0,73	98,69	2,58	
1963	100,56	99,24	1,32	98,03	1,21	
1964	100,78	98,85	1,93	98,23	0,62	
1965	101,62	100,44	1,18	98,36	2,08	
1966	101,99	100,14	1,85	98,55	1,59	
1967	101,73	99,78	1,95	98,53	1,25	
1968	101,82	100,08	1,74	98,50	1,58	
1969	101,56	99,99	1,57	98,95	1,04	
1970	102,04	99,54	2,50	98,84	0,68	
1971	101,31	99,67	1,64	98,65	1,02	

Tableau 6 Surface (km<sup>2</sup>) du lac de Rybinsk à certains niveaux (m).

Table 6 Surface (km<sup>2</sup>) of the Rybinsk lake at characteristic levels (m).

102,41 : 5 050	100,31 : 3 817	98,31 : 3 010
101,81 : 4 550	99,81 : 3 582	97,81 : 2 683
101,31 : 4 295	99,31 : 3 361	97,31 : 2 514
100,81 : 4 044	98,81 : 3 127	96,81 : 2 337

Depuis 1962, le déstockage d'été est plus régulier mais sans exclure les à-coups, 2,5 m en 1970, une année qui fut pourtant de bonne hydraulicité (276 km<sup>3</sup> à Volgograd alors que la moyenne sur un siècle est de 244). Le

déstockage d'hiver a été moins irrégulier et plus modéré (il n'a pas excédé 2,5 m).

On n'a pas l'impression à la vue de ces données que le ministère de l'Energie tienne beaucoup compte des besoins des autres secteurs (régularité interannuelle du remplissage de printemps, limitation et régularité du déstockage d'été...). Dans toutes les publications sur la pêche dans le réservoir de Rybinsk les fluctuations de niveau sont jugées responsables des résultats catastrophiques enregistrés dans ce réservoir : 5-6 kg de poissons capturés par hectare et par an. Cette médiocrité est attribuée aux fluctuations des premières années d'existence de la retenue, phénomène qui a empêché la constitution d'une ichthyofaune d'intérêt halieutique en annihilant les générations de brochets, brèmes et carpes.

### 3.2 Le réservoir de Kuybyshev

Il ne fonctionne que depuis 1958. Il permet d'examiner la période plus récente mais à partir des cotes maximales (*tableau 7*) atteintes et non plus des moyennes mensuelles.

On peut constater que 16 années sur 26 on a dépassé la cote de la surcharge de niveau autorisée alors que le réservoir de Kuybyshev se trouve dans une importante zone agricole de l'URSS. Il a été rempli 6 fois jusqu'à une cote voisine du niveau normal de retenue (53 m + 0,1) mais 11 fois l'écart a été supérieur à 50 cm en plus (1969, 1970, 1974, 1978, 1979, 1985) ou en moins (1967, 1973, 1976, 1977, 1984). Comme pour le réservoir de Rybinsk, l'irrégularité interannuelle du niveau de remplissage est jugé responsable des médiocres performances halieutiques de la retenue. Elle est également la cause du développement de l'érosion littorale.

Ces écarts ne sont pas conformes aux grands principes des règles de gestion. Il est permis de se demander s'ils sont provoqués par des problèmes naturels. Nous mettrons donc le remplissage en rapport avec les deux facteurs que sont l'apport de printemps à la cascade et le volume de la crue artificielle qui doit être organisée à partir du barrage de Kuybyshev (minimum requis 110 km<sup>3</sup>) (*tableau 8*).

Les années de faible remplissage, regroupées dans le *tableau 8*, correspondent à des années de faible apport printanier mais curieusement, le plus faible apport de printemps, en 1975, correspond à une année où le niveau normal de retenue a été atteint. Dans tous les cas la crue artificielle n'a pas été assurée mais pour une cause « objective », la faiblesse de l'apport. Les six années de fort remplissage (*tableau 8*) correspondent à des années d'apport de printemps important sauf dans deux cas où le fort remplissage n'a pu être obtenu que par non satisfaction de la crue artificielle. Rappelons au passage que cette crue est absolument vitale pour l'écologie et l'économie de la Basse-Volga et pour la Caspienne du Nord (MARCHAND, 1989).

Le déstockage de saison de navigation est très irrégulier et ce sans guère de rapports avec l'hydraulicité de l'année. Si on met à part le cas de 1973, les six années de plus faible déstockage d'été (inférieur à 1,15 m) correspondent à des années d'hydraulicité moyenne ou inférieure à la moyenne sauf 1978

qui a connu une très bonne hydraullicité. Les six déstockages les plus forts peuvent correspondre à des années de très basse (1967, 1975) comme de très bonne hydraullicité (1981).

Tableau 7 Niveaux extrêmes caractéristiques du réservoir de Kuybyshev (m) et volume de l'écoulement annuel à Volgograd (km<sup>3</sup>).

Table 7 Extreme levels of the Kuybyshev lake (m) and volume of annual runoff at Volgograd (km<sup>3</sup>).

Année	Remplissage de printemps	Saison de navigation		Hiver		Volume
	Niveau maximal	Niveau minimal en fin de saison	Déstockage pendant la période	Niveau minimal en fin de saison	Déstockage pendant la période	
1961	53,33	52,18	1,15	49,37	2,81	229
1962	53,16	52,7	0,46	48,52	4,18	244
1963	53,42	50,12	3,30	47,03	3,09	265
1964	53,12	49	4,12	46,12	2,88	217
1965	53,09	52,24	0,85	46,65	5,59	223
1966	53,49	51,70	1,79	47,53	4,17	296
1967	52,21	49	3,21	47,50	1,50	182
1968	53,17	51,12	2,05	47,73	3,39	218
1969	53,50	51,48	2,02	47,07	4,41	222
1970	53,65	51,29	2,36	47,96	3,33	276
1971	53,33	52,33	1,00	48,11	4,22	231
1972	53,01	49,89	3,12	47,90	1,99	217
1973	50,40	51,93	+ 1,53	47,78	4,15	171
1974	53,65	51,28	2,37	48,20	3,08	261
1975	53,06	49	4,06	48,00	1,00	169
1976	51,49	49,50	1,99	45,58	3,92	179
1977	52,46	51	1,46	45,74	5,26	184
1978	53,55	52,70	0,85	46,69	6,08	272
1979	53,96	51,50	2,46	46,65	4,85	319
1980	53,40	52,25	1,15	45,34	6,91	247
1981	53,43	48,95	4,48	48,13	0,82	293
1982	53,03	50,42	2,61	45,85	4,57	225
1983	53,20	51,48	1,72	48,53	2,95	237
1984	52,26	49,86	2,40	48,94	0,92	225
1985	53,52	51,19	2,33	46,81	4,38	290

Depuis 1979, le déstockage d'été a tendance à être le plus souvent supérieur à la moyenne. Il est maximal en 1981 alors que l'hydraullicité est très bonne. Pour une même hydraullicité, en 1985, le déstockage d'été est moitié inférieur.

Le déstockage d'hiver est en moyenne de 3,62 m. Il est inutile d'essayer de le mettre en rapport avec l'hydraullicité de l'année passée ou en cours car il est lié à la demande électrique, elle-même fonction des rigueurs de l'hiver sur le bassin et dans les régions où est envoyée l'énergie volgienne (Oural, Ukraine). Normalement, la situation de l'approvisionnement énergétique du pays

s'améliorant régulièrement depuis 1960, la pression sur la cascade aurait dû baisser. C'est l'inverse qui s'est produit : sur les 16 premières années, le déstockage d'hiver n'est que de 3,34 m, sur les dix dernières années, il atteint en moyenne 4,06 m. C'est tout simplement que la cascade, est de plus en plus affectée à la fourniture d'énergie de pointe, ce qui s'explique par sa situation géographique en plein cœur du pays utile.

**Tableau 8** Niveaux extrêmes caractéristiques (m) et données hydrologiques (km<sup>3</sup>) sur le réservoir de Kuybyshev.

*Table 8* Extreme levels (m) and hydrological data on the Kuybyshev lake (km<sup>3</sup>).

Année	Niveau de printemps	Apport de printemps à la cascade	Volume de la crue artificielle
1967	52,21	114	67
1973	50,40	108	78
1976	51,49	131	64
1977	52,46	134	71
1984	52,26	?	70
1975	53,06	93	57
1969	53,50	147	86
1970	53,65	197	136
1974	53,65	187	125
1978	53,55	156	88
1979	53,96	208	146
1985	53,52	?	?

L'examen des variations de niveau des réservoirs de Kuybyshev et Rybinsk, les deux pièces maîtresses de l'aménagement volgien, montrent que, malgré les conséquences négatives des battements intempestifs de niveau, ceux-ci sont de règle. Ils ne semblent obéir à aucune logique suivie. On ne discerne pas en effet de logique hydrologique, les variations de niveau pouvant être fortes ou faibles sans rapport avec l'hydraulicité de l'année. On ne distingue pas non plus de logique d'aménagement à l'échelle du bassin : les contraintes de niveau des différents secteurs ne sont guère prises en compte, pas plus que ne sont respectés les besoins de la crue artificielle de la Basse-Volga. Le Minenergo fait fonctionner les turbines des barrages sans précaution particulière pour le niveau des retenues situées à l'amont. On ne « gère donc pas l'écoulement du bassin, on se contente d'utiliser l'eau en fonction des besoins énergétiques, eux-mêmes fluctuants au gré de la rigueur de l'hiver dans différentes régions extérieures ou des pannes pouvant survenir inopinément dans le parc des centrales soviétiques.

Les effets des fortes variations de niveau décrits ici se trouvent dans la littérature scientifique soviétique depuis que la cascade existe. L'analyse du niveau des retenues montre que le Minenergo n'en a jamais tenu sérieusement compte. Une telle situation s'explique par la puissance du lobby énergétique dans le système planifié : tous les autres ministères « sectoriels » (c'est-à-dire administrant un secteur économique, une soixantaine en tout) tiennent à la couverture de leurs besoins énergétiques et nui n'oserait mettre en cause la réalisation du plan du Minenergo.

Depuis 1985, la nouveauté est l'apparition progressive d'une « opinion publique », dans le cadre de la « glasnost ». La constatation écologique en est l'un des éléments essentiels car c'est un domaine réputé « non politique ». On a donc vu se former une conjonction d'intérêts entre les scientifiques qui contestaient la mauvaise gestion des cascades notamment celle de la Volga, et une population largement traumatisée par la très active politique hydraulique des années 50-70 qui a conduit à engloutir 60 000 km<sup>2</sup> de territoire sous les retenues artificielles et a nécessité le déplacement de plus d'un million trois cent mille personnes.

Le projet de transfert d'écoulement, prévoyant de nouvelles submersions, a servi de catalyseur. Les intellectuels, entraînant l'opinion, se sont dressés contre ce projet et les réservoirs de plaine ( du type de ceux de la Volga) sont devenus les modèles de l'agression contre le cadre de vie. Le mode de gestion de la cascade de la Volga dans le seul intérêt d'un secteur économique est venu illustrer l'absence de rationalité de cette « gestion ». Les tenants du projet ont eu beau spécifier que les volumes avaient été réduits, que des engagements seraient pris : personne ne croit qu'ils seront plus respectés que les règles de gestion des cascades.

Le mouvement écologiste est d'autant plus puissant qu'il a l'aval de l'équipe Gorbatchev. L'un de ses leaders, Zalyguin, est même devenu depuis 1987 rédacteur en chef de l'une des plus prestigieuses revues intellectuelles soviétiques, « *Novyi Mir* ». La politique Gorbatchev se heurtant à l'inertie de l'administration et notamment des ministères sectoriels on comprend l'intérêt politique d'un courant d'opinion s'attaquant à la toute puissance des ministères. La grande perdante de cet affrontement est la notion d'aménagement, réduite au rang d'enjeu d'une lutte politique masquée entre tenants et adversaires de la « perestroïka », mais il faut convenir que la « gestion » déplorable des cascades, dont celle de la Volga, a été un facteur décisif dans le déclenchement de ces événements.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

### En français :

MARCHAND P., 1986. La Volga aménagée, essai de régionalisation sur des bases hydrologiques et écologiques. *Rev. Géogr. Est*, 1-2 : 57-70.

MARCHAND P., 1989. Les contradictions de l'aménagement volgien. Actes du colloque *Régions et pouvoirs régionaux en Europe de l'Est et en URSS*. Masson, Paris.

### En Russe :

ASARIN A.E., 1987. Le régime actuel de l'apport d'eau au delta de la Volga et ses modifications possibles. *Vodnye Resursy*, 3 : 5-12.

AVAKYAN A.B., SHARAPOV V.A., 1977. Les réservoirs des hydrocentrales d'URSS. *Energiya*, Moscou, 384 p.

AVAKYAN A.B., 1975. Les problèmes de l'utilisation complexe des ressources en eau du bassin de la Volga. *Vodnye Resursy*, 4 : 5-22.

AVAKYAN A.B., 1986. Quelques questions sur l'utilisation récréative des réservoirs. *Vodnye Resursy*, 3 : 77-83.

- BUTORIN N.V., 1984. Les facteurs abiotiques de la productivité des réservoirs. In : *Ressources biologiques des réservoirs*, Nauka, Moscou : 8-23.
- CHIGIRINSKIY K.P., 1975. Les processus atmosphériques lors des tempêtes particulièrement dangereuses sur le réservoir de Kuybyshev et l'activité de la flotte pendant ces périodes. In : *Matériaux de la conférence scientifique sur le problème de l'utilisation complexe des ressources hydrauliques du bassin de la Volga*, Perm' : 163-164.
- EKZERTSEV V.A., LISITSYNA L.I., 1984. Etude des ressources végétales des réservoirs de la cascade volgienne. In : *Ressources biologiques des réservoirs*, Nauka, Moscou : 89-99.
- GOTLIB YA.L., 1983. *La glace dans les réservoirs et les biefs inférieurs des hydrocentrales*. Gidrometeoizdat, Léningrad, 199 p.
- GREBENKI V.G., KOSTROMAROV V.M., 1968. La destruction de la rive près du village de Levchunovki sur le réservoir de Volgograd. *Gidrotekhnicheskoe Stroitel'stvo*, 1 : 30-31.
- IL'NA K.K., GORDEEV N.A., 1980. Importance du régime de niveau pour la pêche dans les réservoirs. *Vodnye Resursy*, 2 : 123-136.
- IVANOVA T.N., 1987. Recommandations pour la précision des « Principales Règles d'Utilisation des Ressources en Eau des Réservoirs de la Cascade Volga-Kama » sur la base de l'analyse de son exploitation. *Vodnye Resursy*, 3 : 23-33.
- KACHUGIN E.G., 1975. *Etude géologique de la dynamique des rives des réservoirs*. Nauka, Moscou, 146 p.
- KÜKK E.G., 1965. A propos de la répartition des algues cyanophycées entraînant la floraison de l'eau. In : *Ecologie et physiologie des algues cyanophycées*. Gidrometeoizdat, Léningrad : 5-12.
- PETROV GN, 1981. Le développement de l'influence hydrique sur les terres et sa prévision près des grands réservoirs. *Vodnye Resursy*, 2 : 98-108.
- PETROV G.N., 1986. Bases théoriques de l'organisation des zones de protection hydrique des réservoirs de plaine. *Geografiya i Prirodnye Resursy*, 3 : 33-42.
- POGORELTSEVA G.V., SHARAPOV B.A., 1975. Etat actuel et voies pour l'amélioration du rendement de l'utilisation des hauts-fonds des réservoirs du bassin de la Volga. In : *Matériaux de la conférence scientifique sur le problème de l'utilisation complexe et de la protection des ressources hydrauliques du bassin de la Volga*. Perm' : 66-71.
- STUPISHIN A.B., 1981. *Particularités géographiques de la formation des rives et de la cuvette du réservoir de Kuybyshev*. Ed. Université de Kazan', 147 p.
- SHIROKOV V.M., 1985. *Géographie constructive des rivières*. Universitetskoe, Minsk, 189 p.
- VASIL'EV JU. S., KHRISANOV N.I., 1984. *Aspects écologiques de l'hydro-énergie*. Ed. Université de Léningrad, 248 p.
- VENDROV S.L., 1966. « Dynamique des rives des grands réservoirs en liaison avec l'utilisation des ressources hydrauliques », *Izv. Akademii Nauk*, 2 : 15-27.
- ZUBENKO F.S., 1964. Les rives du réservoir de Volgograd. Matériaux sur l'étude de la déformation des rives du réservoir de Volgograd. Nauka, Moscou : 78-124.