

## RÉGIONALISATION DE DÉBITS DANS LE RIO GRANDE DO SUL - BRÉSIL

C.E.M. TUCCI<sup>1</sup>, J.A. GOLDENFUM<sup>1</sup>,  
J.C. BERTONI<sup>1</sup>, A.L.L. SILVEIRA<sup>1</sup>

---

### RÉSUMÉ

Dans les pays en développement, l'information hydrologique possède, en plus des erreurs traditionnelles, des incertitudes supplémentaires dues au manque d'uniformité dans la distribution des réseaux de mesure, à la quasi-inexistence d'observations sur les bassins de faible superficie, au faible volume des données enregistrées et enfin au manque chronique de moyens financiers qui fréquemment paralyse les jaugeages et augmente les défaillances des séries continues.

La régionalisation des variables hydrologiques tente d'utiliser les informations existantes dans une région pour mieux estimer ces variables en des lieux où les données sont absentes. Elle permet de plus la critique d'une partie de l'information.

Le Rio Grande do Sul est l'un des États économiquement importants du Brésil. Les principales activités concernées par le développement des ressources hydriques et leur impact environnemental sont : l'approvisionnement en eau, l'irrigation, la navigation fluviale, le contrôle des crues et de la qualité des eaux.

Pour ces activités liées aux ressources hydriques et à l'environnement, la connaissance hydrologique est nécessaire pour la planification et la gestion des interventions. Dans ce but, les fonctions hydrologiques suivantes ont été identifiées : courbes de probabilités de débits maximaux, moyens et minimaux ; courbes de permanence et de régularisation.

---

<sup>1</sup>Institut de recherches hydrauliques. Université fédérale du Rio Grande do Sul IPH-UFRGS  
Porto Alegre - Brésil

Ces fonctions ont été régionalisées à partir de 126 postes hydrométriques sélectionnés dans la région possédant des séries de taille variable, mais totalisant environ 2 684 stations-années. La méthode consiste à combiner, d'une part une courbe adimensionnelle et, d'autre part, l'équation de régression de la variable d'adimensionnalisation avec les caractéristiques physiques. Les débits caractéristiques sont utilisés seulement dans le cas de la courbe de permanence pour régionaliser une partie de la courbe. Les résultats obtenus ont été bons pour la région où la disponibilité de données est acceptable, mettant en évidence le manque d'information sur les petits bassins et l'absence de données dans le sud de l'État.

## INTRODUCTION

La régionalisation hydrologique est un ensemble de procédures méthodologiques qui cherchent à exploiter au maximum les données existantes dans une région, dans le but d'estimer une variable en un point qui ne dispose pas de données mesurées. On peut régionaliser des fonctions statistiques comme les courbes de probabilité des débits extrêmes ou moyens, ou des précipitations maximales, des fonctions spécifiques comme les courbes de régularisation et de permanence des débits ou de l'infiltration, ainsi que des paramètres de modèles hydrologiques.

Dans cette étude (CEEEE/IPH, 1991), la régionalisation a porté, pour l'État du Rio Grande do Sul (Brésil), sur les courbes de probabilité de débits extrêmes et moyens, sur la courbe de permanence des débits moyens journaliers et sur la courbe de régularisation des débits moyens mensuels. Des études antérieures partielles avaient été réalisées par FARQUHARSON (1981), CRESPO (1982) ET LANNA *et al.* (1983, 1989).

La courbe de probabilité des débits maximaux sert dans différents types de projets pour estimer les débits ou les cotes d'inondation et pour dimensionner les ouvrages hydrauliques de contrôle des crues (digues, déversoirs, buses, etc.). La courbe de probabilité des débits minimaux est utilisée pour estimer les débits minimaux autorisés pour la navigation ou pour la dilution d'un polluant. La courbe de probabilité des débits moyens permet d'obtenir une vision d'ensemble de la disponibilité moyenne en eau dans la région. La courbe de permanence sert au dimensionnement de petites centrales hydro-électriques, à l'évaluation des cotes de navigation et aux études préliminaires d'aménagements hydro-électriques de grande portée. La courbe de régularisation est une fonction qui donne le rapport entre le volume disponible et la demande, en un lieu déterminé, sur la base des débits moyens mensuels. C'est une alternative pour estimer le volume de régularisation d'un cours d'eau.

## RÉGION ÉTUDIÉE ET DONNÉES DISPONIBLES

La région d'étude (figure 1) recouvre l'État du Rio Grande do Sul et la partie de l'État de Santa Catarina qui correspond au bassin versant du Rio Uruguay. Elle couvre une superficie d'environ 320 000 km<sup>2</sup> et possède une population approximative de 10 millions d'habitants. Le climat de la région est subtropical avec une période pluvieuse plus concentrée en hiver et un étiage d'été.

126 stations hydrométriques ont été choisies sur la base de la qualité de leur courbe d'étalonnage et de la longueur de leur série de données observées. On a obtenu un total de 2 684 stations-années complètes de données hydrométriques, correspondant à une longueur moyenne de 21,3 années par station. Les 126 stations ont été classées à partir de leur courbe d'étalonnage et de son extrapolation, compte tenu du fait que pour les débits maximaux, c'est la qualité de la partie supérieure de la courbe qui est importante, et que pour les débits minimaux, c'est celle de la partie inférieure. Les plus grands problèmes se sont posés pour les débits maximaux et on a trouvé peu de bonnes stations. Pour les débits minimaux, la situation est meilleure. La densité spatiale des postes n'est pas homogène. Alors que sur le bassin de l'Uruguay on dénombre une quantité raisonnable de stations acceptables, il y en a peu dans le sud du Rio Grande do Sul et sur les bassins des tributaires de la lagune Mirim et de la lagune dos Patos.

Les bassins avec des mesures de débits sont de taille moyenne à grande. Les plus petits ont une surface de l'ordre de 300 km<sup>2</sup>. Il n'y a pratiquement pas de données pour les petits bassins de 10 à 30 km<sup>2</sup> où se concentrent les ouvrages d'approvisionnement en eau ou d'irrigation. L'extrapolation des résultats à ces petits bassins peut conduire à des biais, surtout pour les débits extrêmes.

Les données physiographiques suivantes ont été prises en compte pour chaque bassin : surface, longueur du cours d'eau principal, pente moyenne du cours d'eau principal, et un indice de densité de drainage donné par le nombre de confluences par unité de surface.

## MÉTHODOLOGIE

### COURBES DE PROBABILITÉ DE DÉBITS

La courbe de probabilité établit une relation entre le débit (maximal, moyen ou minimal) et la probabilité qu'il soit dépassé (ou non dépassé dans le cas du débit minimal) pour une année donnée. Les débits de l'échantillon sont ajustés à une distribution théorique ou empirique.

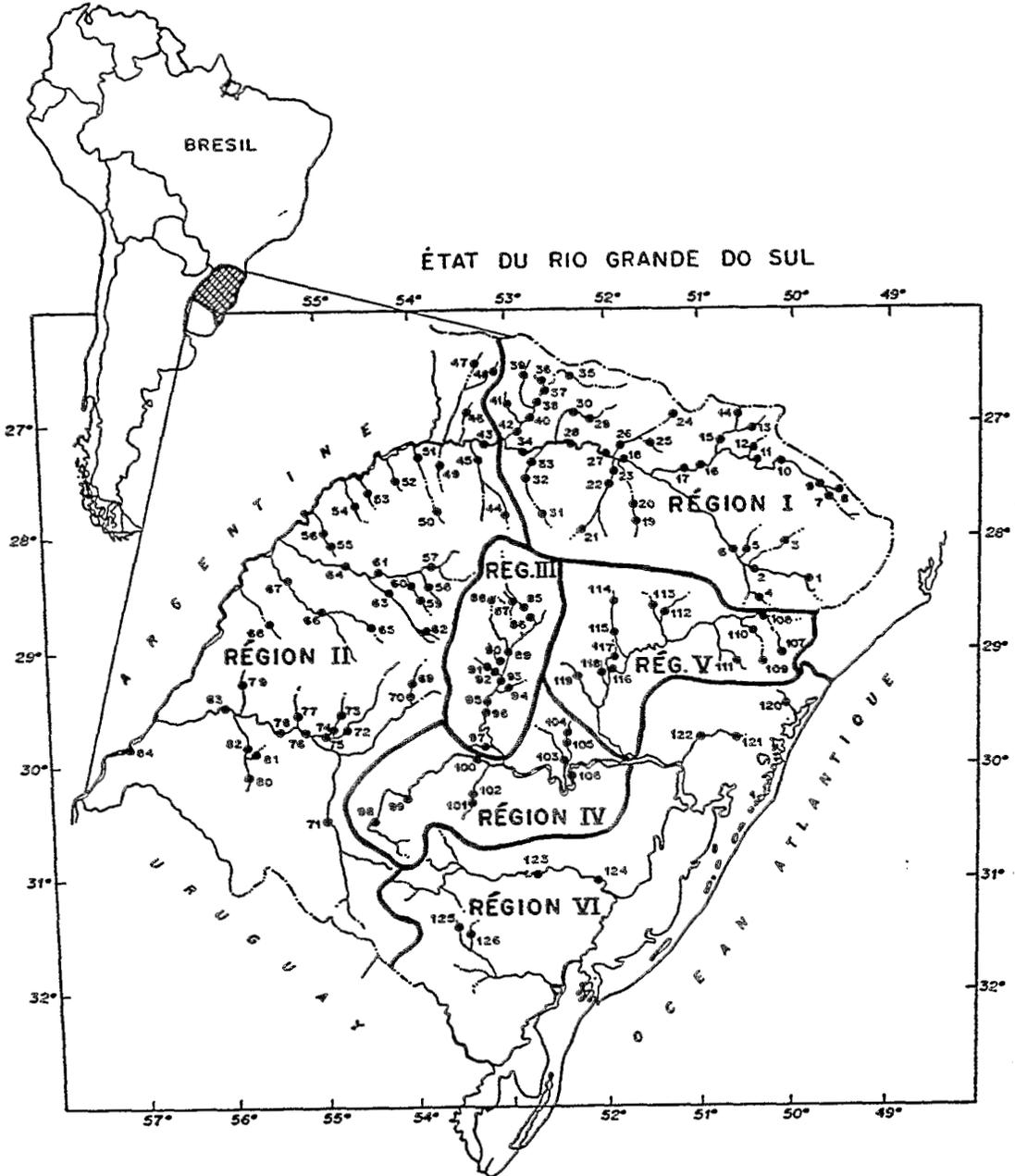


Figure 1

Région d'étude et régions homogènes pour les débits maximaux et moyens

NERC (1975) a proposé une procédure de régionalisation des débits représentant la courbe de probabilité selon :

$$P(Q_i \leq Q) = f(Q) \quad (1)$$

où  $P$  est la probabilité que  $Q_i$  soit inférieur ou égal à une valeur  $Q$  du débit avec la distribution donnée par la fonction  $f(Q)$ .

La courbe de probabilité, pour un bassin donné, peut être transformée en courbe adimensionnelle ; il suffit de diviser les débits par un débit constant d'adimensionnalisation,  $Q_m$ . Cela donne :

$$P(Q_i/Q_m \leq Q/Q_m) = f(Q/Q_m) \quad (2)$$

La courbe adimensionnelle régionale est obtenue par l'ajustement des courbes adimensionnelles des bassins et peut s'exprimer par :

$$Pr(Q_i/Q_m \leq Q/Q_m) = fr(Q/Q_m) \quad (3)$$

Le débit d'adimensionnalisation  $Q_m$  est lié aux caractéristiques physiques et climatiques qui peuvent être facilement obtenues pour chaque bassin. En utilisant les caractéristiques physiographiques définies plus haut et la précipitation moyenne annuelle, le calcul de  $Q_m$  peut s'exprimer sous la forme :

$$Q_m = a A^b L^c D^d DD^e P^f t^g \quad (4)$$

où  $A$  est la surface du bassin,  $L$ , la longueur du cours d'eau principal,  $D$ , sa pente,  $DD$ , l'indice de densité de drainage,  $P$ , la précipitation moyenne annuelle et  $t$ , la durée (prise en compte seulement dans le cas des débits minimaux). Les paramètres  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$ ,  $e$ ,  $f$  et  $g$  sont ajustés par les moindres carrés, après une linéarisation de l'équation. Dans cette équation, le nombre de variables indépendantes peut être réduit selon leur capacité à expliquer la variable dépendante.

Dans le cas des débits maximaux,  $Q_m$  est le débit moyen de crue. Pour la régionalisation des débits moyens,  $Q_m$  est le débit moyen de période longue. Pour le débit minimal,  $Q_m$  est le débit minimal moyen pendant une durée  $t$ .

Le pointage des points de l'échantillon sur la courbe adimensionnelle est réalisé en utilisant l'expression :

$$F = (i - a) / (N + b) \quad (5)$$

où  $F$  est la probabilité que le débit soit égal ou dépassé (non dépassé dans le cas des débits minimaux),  $i$ , le numéro d'ordre décroissant du débit (croissant pour les débits minimaux),  $a = 0,44$  et  $b = 0,12$  ( $a = 0,4$  et  $b = 0,2$  pour le débit minimal).

Après l'obtention de la courbe régionale et de l'équation de régression, il est possible d'estimer le débit avec la probabilité désirée en utilisant la formulation suivante :

$$Q_p = fr^{-1}(Q_p/Q_m) \cdot Q_m \quad (6)$$

où le premier terme de droite est le débit adimensionnel tiré de la courbe régionale avec la probabilité  $p$ ,  $Q_m$  étant calculé à l'aide de la régression.

Les courbes régionales sont définies pour des régions homogènes qui ont été établies pour cette étude à l'aide de deux critères. Le premier critère est basé sur les courbes adimensionnelles proprement dites, en regroupant les stations possédant des courbes de tendances similaires, et en respectant le fait qu'elles doivent appartenir à une même région géographique avec un régime hydrologique comparable. Le deuxième critère est basé sur l'analyse des résidus de l'estimation donnée par l'équation de régression, en regroupant les stations dont les écarts aux valeurs observées suivent une même tendance. La combinaison de ces deux critères permet la caractérisation des régions homogènes, regroupant les aspects physiographiques et les caractéristiques spécifiques des séries hydrométriques.

La procédure pour déterminer la courbe régionale d'une région homogène est basée sur la superposition des courbes adimensionnelles. Le calcul de la courbe moyenne de superposition est fait à partir du point moyen d'un groupe de points.

### COURBE DE PERMANENCE

La méthode de régionalisation de la courbe de permanence est basée sur l'ajustement à une distribution log-normale (BEARD, 1943) en utilisant comme paramètres les débits non-dépassés pendant 50 % et 95 % de l'année (Q50 et Q95) :

$$Q = \exp(aP + b) \quad (7)$$

où  $Q$  est le débit de probabilité au dépassement  $P$ ,  $a = (\ln(Q50/Q95))$  et  $b = \ln(Q50) - 0,5 a$ . Q50 et Q95 sont calculés à partir des courbes régionales obtenues par régression avec les caractéristiques physiographiques des bassins. La définition des régions homogènes est faite sur la base des résidus de ces régressions, les stations possédant des écarts similaires étant réunies dans une même région.

### COURBE DE RÉGULARISATION DES DÉBITS

Les courbes de régularisation individuelle des stations ont été déterminées avec les débits moyens mensuels en utilisant les critères de la méthode de Rippl (GOMIDE, 1983). Avec la série des débits mensuels, sont simulées différentes demandes constantes de façon à obtenir une fonction du type :

$$V = F(Qr) \quad (8)$$

où  $V$  est le volume à stocker pour régulariser le débit  $Qr$ .

En introduisant une adimensionnalisation à l'aide du débit moyen de longue période  $Qm$ , on obtient une nouvelle fonction de la forme :

$$v = f(q) \quad (9)$$

où

$$v = V / (Qm \cdot 1 \text{ an}) \text{ et } q = Qr / Qm$$

Les courbes de régularisation adimensionnelles des stations hydrométriques ont été regroupées par régions homogènes où les tendances sont similaires. Pour chaque région homogène, on obtient une courbe régionale, en considérant, pour chaque demande adimensionnelle, la moyenne des volumes adimensionnels fournis par les courbes adimensionnelles de chaque station de la région.

$Q_m$  est obtenu par régression à partir des caractéristiques physiographiques des bassins.

## RÉSULTATS

### COURBES DE PROBABILITÉ DES DÉBITS

#### DÉBITS MOYENS

Six régions homogènes ont été identifiées pour le débit moyen. Il n'a cependant pas été possible de définir les paramètres de l'une d'elles, faute de données suffisantes. La figure 1 localise les régions et la figure 2a montre l'une des courbes adimensionnelles.

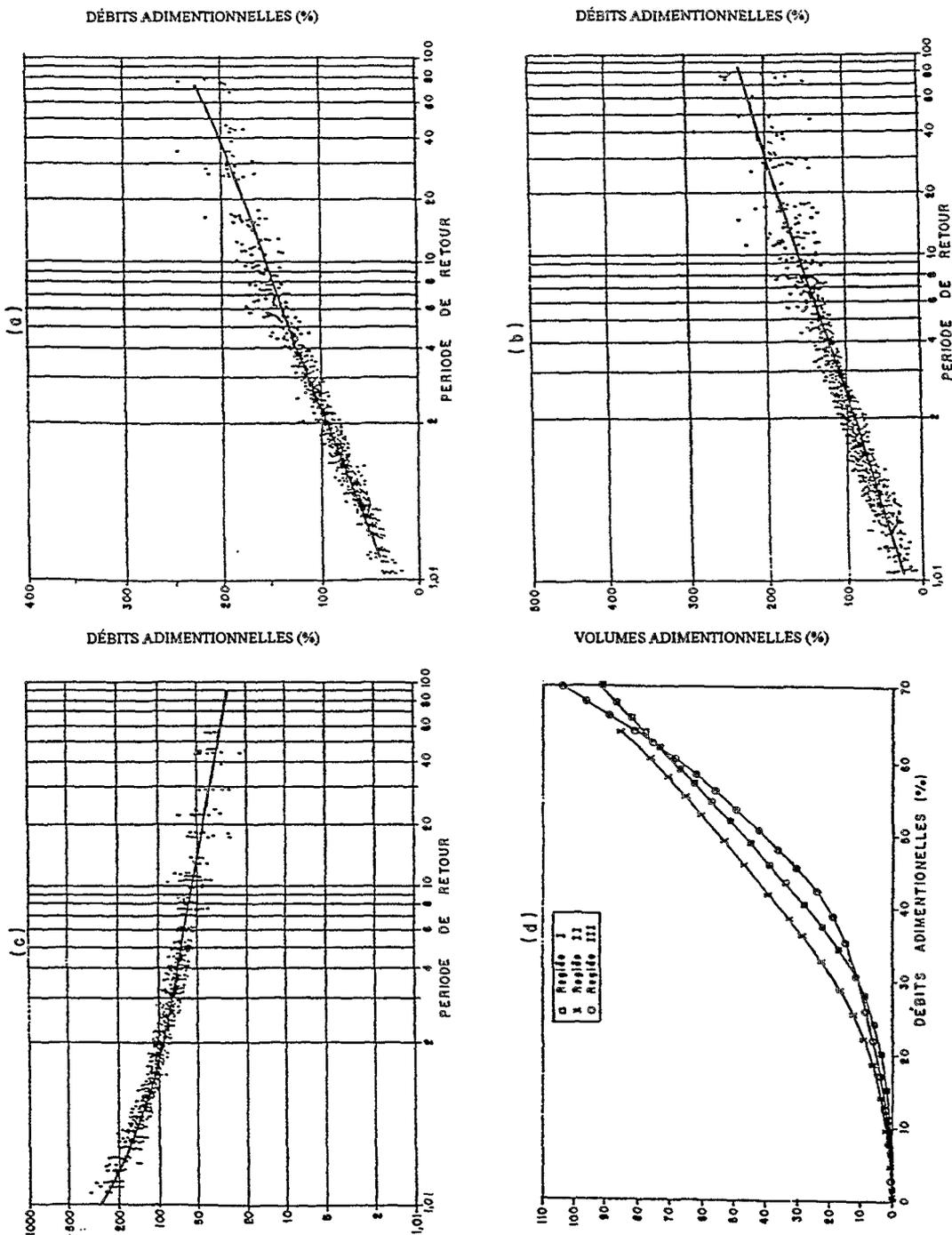
Le tableau 1 présente les paramètres des meilleures équations de régression calculées (dans la dernière colonne, on trouve le débit spécifique moyen observé,  $q$ , en l/s.km<sup>2</sup>).

La régionalisation des débits moyens dans l'État du Rio Grande do Sul a permis de visualiser la disponibilité en eau. En observant les débits spécifiques, on remarque que la région nord de l'État présente un débit spécifique élevé ; il est décroissant vers le sud. C'est un reflet direct de la distribution des précipitations. Il y a pourtant dans le nord une très petite capacité de régularisation par les aquifères, ce qui conduit à une grande variation des débits au cours de l'année.

**Tableau 1**  
Régionalisation des débits moyens dans le Rio Grande do Sul

Région	a	b	f	R <sup>2</sup>	S	q
I. Alto Uruguai	0,017	0,99	0,86	0,99	1,16	24,0
II. Médio Uruguai	0,023	0,96	0,69	0,99	1,16	24,0
III. Alto Jacuí	0,031	0,96	0,043	0,99	1,13	24,4
IV. Médio Jacuí et Vacacaí	0,014	1,01	—	0,99	1,15	14,5
V. Taquari	0,014	0,90	1,20	0,99	1,15	23,3
VI. Guaíba et lagunes	—	—	—	—	—	—

$R^2$  est le coefficient de détermination de la régression et  $S$  est l'écart-type de l'estimation. Les paramètres  $a$ ,  $b$ ,  $f$  sont compatibles avec des surfaces données en km<sup>2</sup>, des précipitations en m et des débits en m<sup>3</sup>/s.



**Figure 2**  
 Courbes de probabilité de débits : (a) moyens (b) maximaux (c) minimaux, région II et (d) courbes de régularisation des débits, régions I, II, III

**DÉBITS MAXIMAUX**

Les données de débits maximaux utilisées en l'absence d'enregistrement limnigraphique correspondent à la plus forte des deux observations quotidiennes. Avec un enregistrement limnigraphique, c'est la valeur instantanée qui a été considérée. Comme la majorité des stations ne possèdent pas de limnigraphe et que lorsqu'il y en a un, la série est généralement courte, le maximum annuel à une station est très proche du débit moyen journalier maximal de l'année.

Les régions homogènes définies sont les mêmes que celles déterminées pour la régionalisation des débits moyens ; pour la même raison d'insuffisance de données, il n'est pas possible de déterminer l'équation de régression de la région « Guaiba et lagunes ». Les meilleures équations de régression pour le débit moyen de crue (débit d'adimensionnalisation) ont leurs paramètres rassemblés dans le tableau 2. Une courbe d'adimensionnalisation est donnée sur la figure 2b.

**Tableau 2**  
Régionalisation des débits maximaux dans le Rio Grande do Sul

Région	a	b	c	d	e	f	R <sup>2</sup>	S
I. Alto Uruguai	0,054	0,68	0,71	0,62	—	—	0,91	1,57
II. Médio Uruguai	0,451	0,89	—	0,35	—	1,43	0,91	1,43
III. Alto Jacuí	0,018	1,98	—	-0,96	—	—	0,96	1,32
IV. Médio Jacuí et Vacacaí	4,500	0,69	—	—	—	-2,25	0,92	1,42
V. Taquari	0,112	1,11	—	—	0,42	—	0,96	1,36
VI. Guaiba et lagunes								

*Les exposants a, b, c, d, e et f correspondent respectivement à la surface en km<sup>2</sup>, à la longueur du cours d'eau principal en km, à la pente en m/km, à l'indice de densité de drainage en unités comptées sur la carte au 1:250 000, à la précipitation en m. Le débit obtenu est donné en m<sup>3</sup>/s.*

Étant donné la nature des données employées, d'après ce qui a été expliqué plus haut, les régressions obtenues ont tendance à sous-estimer le débit maximal instantané sur les petits bassins. La différence entre le maximum instantané et le maximum moyen journalier dépend du temps de concentration du bassin. Pour des petits bassins, ce temps est réduit avec un gradient de débit élevé et de fortes valeurs de pointe par rapport à la moyenne journalière. Au fur et à mesure que les surfaces augmentent, les gradients de crue deviennent plus faibles et la différence entre le débit maximal instantané et le débit maximal moyen journalier

diminue. D'autres facteurs comme la pente moyenne et la longueur du cours d'eau, la densité de drainage et la distribution de la précipitation, influencent cette relation.

La régionalisation des débits maximaux a exploité les données existantes, mais présente des limitations liées à la grande extrapolation de la courbe d'étalonnage à de nombreuses stations et au problème, déjà évoqué, de ne pas pouvoir en général utiliser les maxima instantanés.

### DÉBITS MINIMAUX

Les débits minimaux ont été calculés pour des durées de 1, 3, 7, 15, 30, 60, 90, 180, 270 et 365 jours consécutifs.

Huit régions homogènes pour les débits minimaux ont été identifiées. Les paramètres des meilleures équations de régression de la variable d'adimensionnement et le débit minimum à la durée  $t$ , sont présentés dans le tableau 3. Une courbe d'adimensionnement est donnée sur la figure 2c.

**Tableau 3**  
Régionalisation des débits minimaux dans le Rio Grande do Sul

Région	a	b	c	d	e	f	g	R <sup>2</sup>	S
1	$7,60 \cdot 10^{-4}$	0,99	—	—	—	1,88	0,37	0,91	1,43
2	$1,92 \cdot 10^{-3}$	1,04	—	—	—	—	0,33	0,98	1,32
3	$1,65 \cdot 10^{-3}$	1,03	—	—	—	—	0,36	0,93	1,66
4A	1,91	-0,92	—	-0,70	1,43	—	0,48	0,87	1,72
4B	$9,38 \cdot 10^{-3}$	1,12	-0,67	—	—	—	0,47	0,81	1,94
5	$6,39 \cdot 10^{-6}$	$6,3 \cdot 10^{-3}$	2,48	—	—	3,64	0,31	0,90	1,64
6	$3,64 \cdot 10^{-5}$	1,30	—	0,49	—	—	0,52	0,92	1,66
7	$1,27 \cdot 10^{-3}$	0,99	—	—	—	—	0,42	0,92	1,56
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Les résultats de la régionalisation du débit minimal ont montré une grande variabilité de tendance de la courbe de probabilité de débits minimaux et des équations de régression. Cette variabilité est due, parmi d'autres facteurs, aux incertitudes concernant la partie inférieure de la courbe d'étalonnage des stations, liées à l'impact de la modification du lit sur les faibles débits. De même, l'extrapolation de la partie inférieure de la courbe d'étalonnage est sujette à des erreurs relatives d'autant plus grandes que les débits sont faibles. Des raisons pratiques comme le changement de section de mesure à un poste donné peuvent affecter l'analyse des débits minimaux. Physiquement, cette variabilité peut s'expliquer par la nature des aquifères. Dans des régions comme au nord de l'État où la formation géologique est constituée par du basalte, le grand nombre de fractures dans un petit bassin peut augmenter les débits minimaux. Étant donné

son occurrence spatialement aléatoire, la régionalisation est obtenue par une distribution aléatoire dans l'espace plutôt que par une distribution hydrologique représentative.

### COURBE DE PERMANENCE

Dans les régressions de débits pour des permanence de 50 % et de 95 % (Q50 et Q95), les essais de régionalisation ont pris en compte, dans un premier temps, la surface du bassin et la précipitation moyenne annuelle. On observe que le gain supplémentaire avec le paramètre de précipitation est minimal pour toutes les stations. Il est donc conseillé de n'utiliser que la surface dans les régressions. La détermination des régions a été basée sur le résidu de l'équation de régression pour toutes les stations. On trouve pour les régions ainsi déterminées les paramètres de régression pour Q50 dans le tableau 4 et pour Q95 dans le tableau 5.

**Tableau 4**  
Régressions des débits Q50 dans le Rio Grande do Sul

Région	a	b	R <sup>2</sup>	S
1	0,01517	0,982	0,99	1,16
2	0,00468	1,073	0,97	1,25
3	0,01389	1,010	0,95	1,34
4	0,00210	1,145	0,97	1,36
5	0,01294	0,979	0,99	1,12
6	0,00309	1,121	—	—

*Les paramètres a et b correspondent à des surfaces en km<sup>2</sup>  
et à des débits en m<sup>3</sup>/s.*

**Tableau 5**  
Régression des débits Q95 dans le Rio Grande do Sul

Région	a	b	R <sup>2</sup>	S
1	0,00263	1,018	0,96	1,37
2	0,00031	1,134	0,94	1,45
3	0,00458	0,981	0,89	1,58
4	0,00038	1,106	0,91	1,66
5	0,00249	0,958	0,90	1,53
6	0,00035	1,165	—	—

*Les paramètres a et b correspondent à des surfaces en km<sup>2</sup>  
et à des débits en m<sup>3</sup>/s.*

En observant les coefficients de détermination  $R^2$  et les écarts-types  $S$  des estimations dans les deux tableaux, on s'aperçoit que les régressions de Q95 sont inférieures en qualité à celles de Q50. Cela est dû aux plus grandes incertitudes associées aux parties inférieures des courbes d'étalonnage des stations hydrométriques. Il est probable qu'une amélioration de ces estimations puisse être obtenue en ajoutant aux régressions des variables explicatives supplémentaires qui aient un rapport avec les caractéristiques des aquifères.

Les limitations aux résultats obtenus sont dues au fait que seules ont été étudiées les parties de courbe entre les permanences de 50 % et de 95 % sur des bassins sans réservoir de régularisation à l'amont. Il faut noter également que les résultats de la dernière région sont précaires à cause du nombre réduit de postes étudiés.

### **COURBE DE RÉGULARISATION DE DÉBITS**

Onze régions homogènes ont été définies pour la courbe de régularisation des débits. Comme il est rare de chercher à régulariser le débit moyen, on a pris en compte, dans le processus d'obtention des meilleures courbes régionales, l'établissement d'un indice maximal de régularisation qui donne le meilleur ajustement des courbes de régularisation adimensionnelles des postes d'une même région. Les résultats des ajustements de chaque région sont présentés dans le tableau 6 où  $Q_{rmax}/Q_m$  représente l'indice maximal de régularisation.

**Tableau 6**  
Ajustement des régularisations

Région	$Q_{rmax} / Q_m$ (%)	$R^2$	S
1	70	0,99	2,06
2	65	0,99	1,86
3	70	0,99	2,59
4	55	0,93	3,45
5	60	0,96	3,28
6	65	0,98	2,85
7	60	0,97	1,78
8	45	0,95	1,72
9	65	0,96	2,44
10	55	0,98	1,80
11	60	0,98	1,83

La figure 2d présente quelques courbes de régularisation adimensionnelles.

## CONCLUSION

La régionalisation a cherché à extraire le plus grand nombre d'informations des données hydrologiques existantes pour appuyer la planification de l'aménagement des ressources hydriques dans l'État du Rio Grande do Sul (Brésil).

La régionalisation du débit moyen indique une disponibilité en eau appréciable, avec un débit spécifique régional qui varie entre 14,5 et 24,0 l/s.km<sup>2</sup>. La régionalisation des débits maximaux présente plusieurs estimations selon la localisation du bassin, mais il convient de rappeler ses limitations liées à la qualité des données (grandes extrapolations vers le haut des courbes d'étalonnage, et nombre réduit de postes limnigraphiques). La régionalisation des débits minimaux a été faite pour plusieurs durées, permettant une estimation dans un grand éventail de situations pour plusieurs régions de l'État ; il faut cependant noter les limitations qui concernent la grande variabilité trouvée entre les stations, probablement due à la diversité du comportement des aquifères.

La régionalisation de la courbe de permanence a été faite sur un tronçon de cette courbe pour les probabilités d'occurrence comprises entre 50 % et 95 % qui sont les plus utilisées dans la pratique. La régionalisation, en ne prenant en compte que la surface de contribution, a donné des résultats acceptables pour des estimations sur l'État du Rio Grande do Sul. Pour des bassins très petits, les résultats doivent être utilisés avec prudence, surtout pour des permanences très élevées qui subissent une forte influence des caractéristiques des aquifères et qui sont très sensibles aux changements dans les sections de mesure.

Les résultats obtenus avec les courbes de régularisation indiquent que la décade de 1940 est particulièrement importante pour leur définition, principalement dans la partie moyenne et supérieure du Rio Uruguay, au nord de la région d'étude. C'est ainsi que l'on a cherché à utiliser des postes avec des séries incluant cette décade, ce qui a réduit l'échantillon disponible et la représentativité de la régionalisation, c'est-à-dire que, pour chaque région homogène, les postes présentent des tendances très proches.

En recommandation générale pour toutes les régionalisations, il faut noter qu'on doit les utiliser sur des bassins qui ne doivent pas être régularisés à l'amont. Pour les projets de moyenne et grande taille, elles doivent être adoptées en première estimation des variables hydrologiques ; une étude hydrologique plus détaillée reste nécessaire.

[Traduction du Portugais : H.L. Hoffmann, P. Chevallier]

**BIBLIOGRAPHIE**

- BEARD L.R., 1943. *Statistical Analysis in Hydrology*. Trans. Am. Soc. Civil Engineers, New York, vol. 108 p, 1110-1160.
- CEEE/IPH., 1991. *Regionalização de vazões do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre. 2 vol..
- CRESPO C.E.J., 1982. *Regionalização de vazão máxima do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. Porto Alegre. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. IPH/UFRGS, 83 p.
- FARQUHARSON F., 1981. *Manual do projeto de estimativa de cheias para o estado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre. UFRGS/UNESCO (Proj. PNUD/UNESCO/BRA/75/007, Publ. 18).
- GOMIDE F.L.S., 1983. *Dimensionamento de sistemas de reservatórios*. In : *Curso de engenharia hidrológica*. São Paulo, EPUSP. vol. 2, p. I.1-34.
- LANNA A.E., BELTRAME L., AGUINSKY S, FARIAS FILHO D., FRES F., 1989. *Estudos de disponibilidade de águas fluviais e solo na região sul do Brasil*. Relatório final. Porto Alegre, IPH/UFRGS.
- LANNA A.E., SILVEIRA, G.L., TUCCI, C.E., 1983. *Regionalização de vazões mínimas na bacia do Rio Jacuí, RS*. In : *Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos*, 5, 1983, Blumenau. Anais vol. 3, 109-132.
- NERC, 1975. *Flood Studies Report*. London. 5 vol..