

## L'UTILISATION DE MODÈLES QdF DANS LES SYNTHÈSES RÉGIONALES DE L'ÉCOULEMENT MAXIMAL

V. OANCÉA<sup>1</sup>, G. GALÉA<sup>2</sup>, G. OBERLIN<sup>3</sup>

---

### RÉSUMÉ

Les courbes QdF (Débit - durées - Fréquence), qui synthétisent les connaissances du régime hydrologique d'un bassin, permettent d'alimenter en caractéristiques de débits certains types de modèles d'aménagements de bassins entiers. Ces courbes ne peuvent être directement déterminées qu'aux sites de mesure, par force en nombre limité. Le problème de leur transposabilité se pose donc.

Dans cette communication, les auteurs montrent qu'il est possible de définir des courbes QdF normées qui soient applicables sur de vastes zones (3 modèles suffisent à décrire des dizaines de régimes de crues observées sur l'ensemble de la France). Ils en donnent un exemple d'application.

---

<sup>1</sup>CEMAGREF, Lyon, Div. Hydrologie-Hydraulique  
INMH, Bucarest (Projet UNESCO PHI IV, Friend/Amhy)

<sup>2</sup>CEMAGREF, Lyon, Div. Hydrologie-Hydraulique

<sup>3</sup>CEMAGREF, Lyon, Div. Hydrologie-Hydraulique

## INTRODUCTION

Le recours à l'analyse régionale des paramètres hydrologiques se pose chaque fois qu'on ne dispose pas de données suffisantes pour caractériser d'une manière satisfaisante le régime hydrologique en tous points du bassin versant à étudier, ce qui est le cas général, même si le bassin est bien fourni en stations hydrométriques, ou a fait l'objet de calages réussis de modèles de génération de débits.

Une démarche classique de synthèse est alors d'entreprendre d'abord des analyses statistiques ponctuelles (*sur les données des stations hydrométriques disponibles et/ou aux sites de génération de débits accessibles aux modèles calés*) puis, à l'aide d'une méthode régionale, d'essayer d'étendre la validité de ces caractéristiques locales à des surfaces voisines, ou sur d'autres bassins hydrologiquement équivalents.

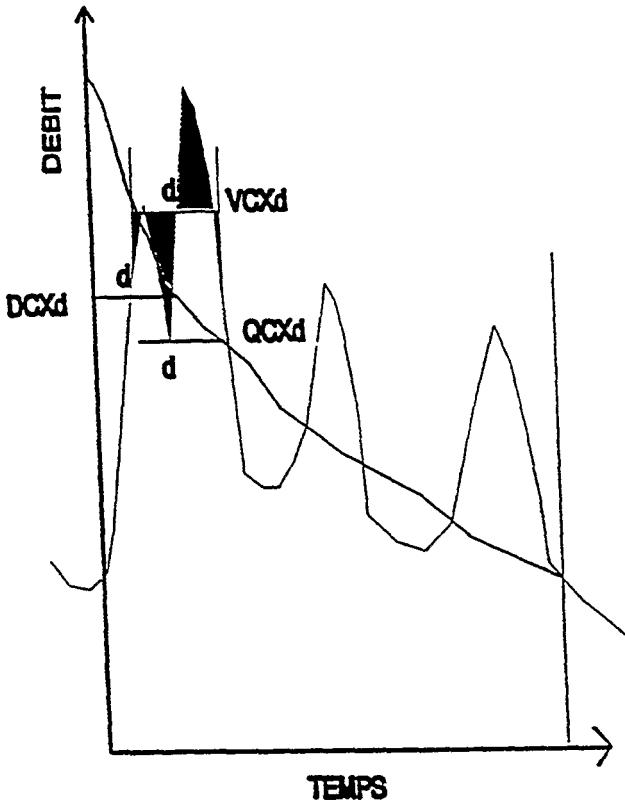
Dans ce qui suit on propose comme solution régionale les modèles synthétiques descriptifs QdF, qui présentent les connaissances disponibles du régime hydrologique de tout ou partie du bassin concerné, et permettent d'alimenter en caractéristiques de débits (*durées et fréquences*) des modèles fondamentaux d'aménagements (*intégrés*) de bassins entiers, comme Inondabilité (OBERLIN *et al.*, 1988), du moins ceux qui n'ont pas besoin de simulations continues, par suite d'un degré élevé de conceptualisation et de finalisation.

Les modèles QdF permettent aussi, sous leur forme normalisée, le transfert de connaissances régionales (*de crues, pour les modèles présentés ici, mais c'est valable partiellement en étiages, après contrôles locaux*) à d'autres bassins versants hydrologiquement semblables. Pour cela ils font appel, dans leur formulation mathématique, à des paramètres régionaux et locaux du bassin versant à étudier. Parmi ces derniers, on utilise souvent le débit instantané maximal annuel décennal (*QIXA10*) pour les débits, et une durée caractéristique de crue du bassin versant (*D de Socose, par exemple*) pour les durées.

## LES COURBES DÉBIT (Q) - DURÉES (D) - FRÉQUENCE (F)

Les courbes QdF utilisent des variables hydrologiques (figure 1) de trois types (OBERLIN *et al.*, 1988) :

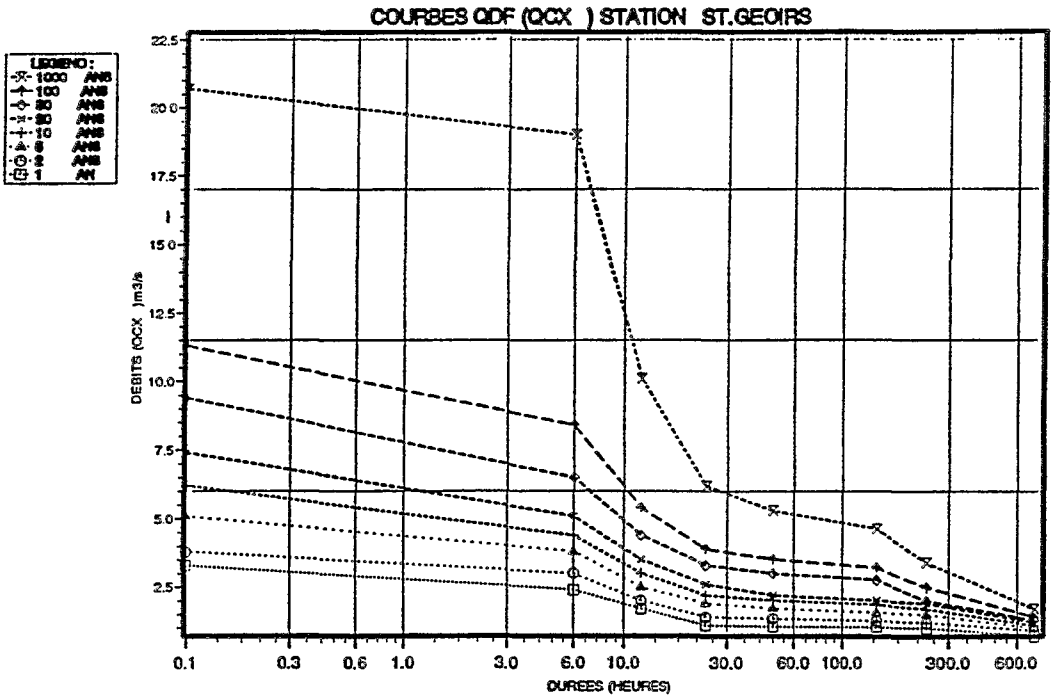
- VCXd : le débit (*moyen : Volume*) sur une durée Continue d, maXimal dans la saison ;
- QCXd : le débit seuil (Q) Continuellement dépassé sur la durée d, maXimal dans la saison ;
- DCXd : le Débit Classé de la saison, dépassé (*maXimal*) sur la Durée Cumulée d.



**Figure 1**

Représentation des caractéristiques  $VCXd$ ,  $QCXd$  et  $DCXd$  de débits moyens, seuils et classés de durée  $d$  (ici les maximums de la saison représentée)

Ils représentent synthétiquement les résultats de l'analyse statistique sur ces débits ( $VCXd$  et  $QCXd$  sont les plus utilisés), pour une station hydrométrique (ou un point de simulation de modèle) donnée (figure 2). Les quantiles pour les périodes moyennes de retour rares et extrêmes (au-delà de 10 ans) sont déterminés par le modèle d'extrapolation Agrégée (OBERLIN *et al.*, 1991), lequel peut assurer en annexe les autres ajustements et traitements ordinaires.



**Figure 2**  
Courbes QdF en QCXd, sur le Rival à St Geoirs (S = 31,2 km<sup>2</sup>)

### LES COURBES QdF NORMÉES, ET LEURS TRANSFERTS AUX SITES NON-JAUGÉS (non simulés)

Les études sur les courbes QdF ont montré (GALÉA *et al.*, 1990a) que le transfert des quantiles de crues qu'elles représentent sur des sites non-jaugés (*non-simulés*) est possible à partir d'une forme « normalisée ». Il a été trouvé, après de nombreux essais (BEN MANSOUR, 1987), les facteurs de normalisation suivants, en principe assez disponibles ou estimables :

- pour la durée d : le D de Socose (MICHEL, 1981) ;
- pour les débits (VCXd et QCXd) : une aire de bassin réduite, S<sup>0.8</sup>, conduisant à un débit pseudo-spécifique en l/s.km<sup>0.8</sup>, lorsque l'aire est la variable principale (figure 3) ; un quantile de crues, par exemple le décennal du débit instantané maximal par saison (QIXA10, si la saison est annuelle), conduisant à des valeurs sans dimensions, lorsque d'autres

facteurs que l'aire du bassin intervient (figure 4).

Les paramètres D et QIXA10 sont des caractéristiques de la station (*site*) où les courbes QdF ont été construites. Le QIXA10 est estimé à partir des observations ou des simulations si elles existent, à défaut par des méthodes de prédétermination généralement régionales (*synthèses de crues, modèles sommaires, etc.*). La variable D est déterminée à partir de couples ( $QI, d$ ) extraits des hydrogrammes observés ou simulés, et relatifs aux plus fortes crues de la période disponible ou analysée :  $d$  est la durée pendant laquelle la moitié du débit de pointe QI est dépassée. La valeur de D est la médiane conditionnelle des  $d$ , pour QIXA10 (figure 5).

L'hypothèse de représentativité de telles courbes QdF normées implique en fait les relations suivantes (GALÉA *et al.*, 1989) :

COURBES QdF(NORM.) (QCX ) STATION ST.GEOIRS

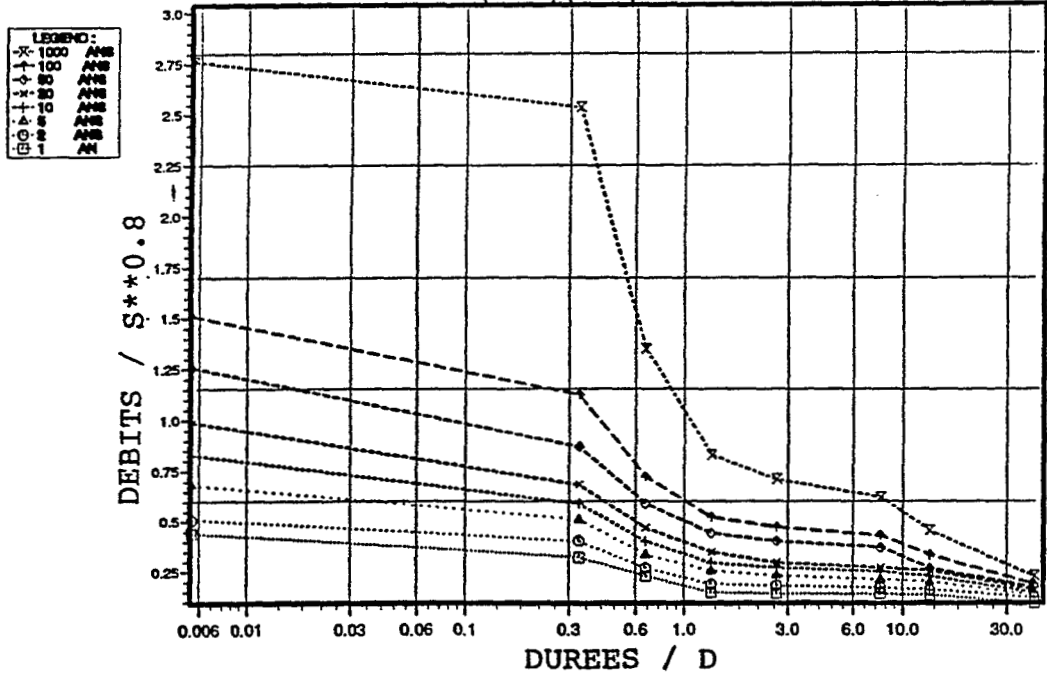


Figure 3

Courbes QdF normées par  $S^{0.8}$ , en pseudo-spécifiques ; QCXd du Rival à St Geoirs  
( $S = 31,2 \text{ km}^2$ )

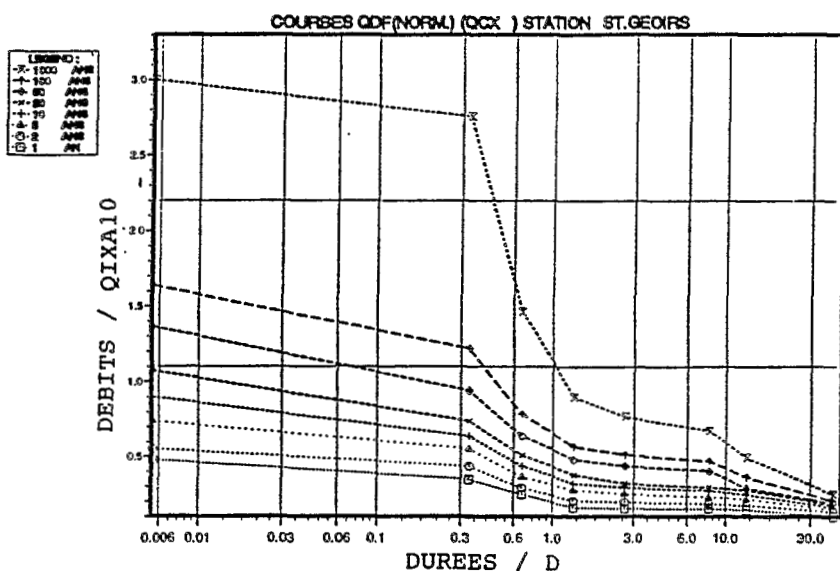


Figure 4

Courbes  $QdF$  normées par  $QIXA10$ , en adimensionnelles ;  $QCXd$  du Rival à St Geoirs ( $S = 31,3 \text{ km}^2$ )

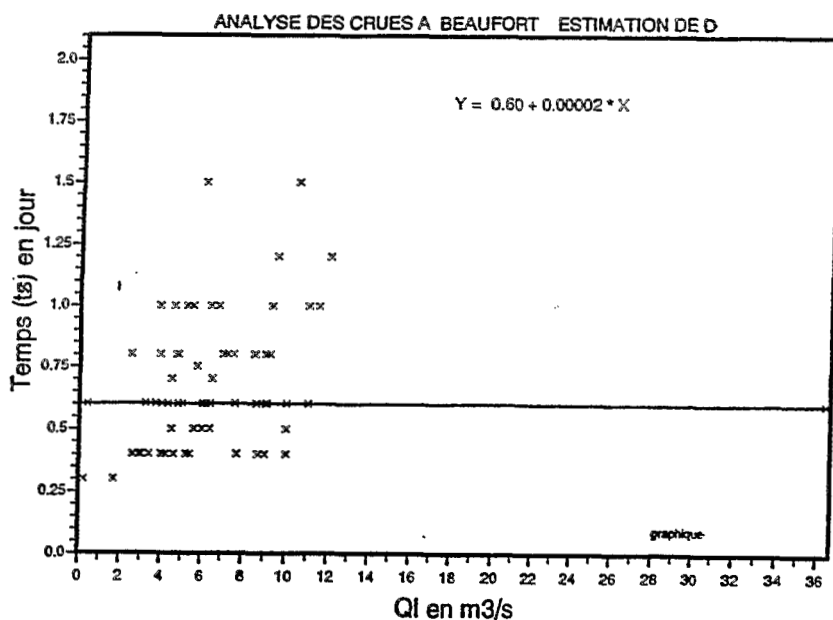


Figure 5

Estimation de la durée caractéristique de crue  $D$  ; le Rival à Beaufort ( $S = 461 \text{ km}^2$ ) ; cas particulier ici :  $D$  n'est pas lié à  $Ql$

$$\left(\frac{d}{D}\right) \text{«station» de référence} = \left(\frac{d}{D}\right) \text{site «non jaugé»} \quad (1)$$

et :

$$\left(\frac{VCX(T, d/D)}{QIXA10}\right) \text{«station»} = \left(\frac{VCX(T, d/D)}{QIXA10}\right) \text{«site»} \quad (2)$$

qui permettent de trouver les  $VCX(T, d/D)$  du site objectif :

$$VCX(T, d/D) \text{«site»} = \left(\frac{VCX(T, d/D)}{QIXA10}\right) \text{«station»} * QIXA10 \text{«site»} \quad (3)$$

### FORMULATION MATHÉMATIQUE DES COURBES QdF NORMÉES : LES MODÈLES QdF

La formulation actuelle des modèles QdF a été bâtie sur la base du modèle de renouvellement (*binôme : loi de Poisson + loi Exponentielle*) pour les fréquences observables (*données observées, ou simulées par les modèles Q(P) en restant dans leur domaine de validation effective*). Dans les fréquences rares, voire extrêmes, la formulation s'appuie sur la variante dite « esthétique » du modèle du Gradex (GALÉA *et al.*, 1989).

On a choisit des fonctions élémentaires de type hyperboliques simples, éventuellement imbriquées à nouveau sous forme hyperbolique, de manière à s'autoriser des « courbures » quelconques (*dérivées successives souples*) dans les domaines validables (*observations disponibles*), tout en encadrant ces branches souples par des formes asymptotiques linéaires (*modèle le plus simple possible*) dans les domaines non validables (*observations non disponibles*).

Ceci aboutit aux deux catégories de formulations ci-dessous :

#### DOMAINE OBSERVABLE, ENVIRON : $0,5 \text{ ANS} \leq T \leq 20 \text{ ANS}$

On part de la relation traditionnelle en renouvellement :

$$Q(T, d) = Gq(d) * \ln(T) + Qo(d) \quad (4)$$

où :

Q peut représenter l'une des 3 définitions des débits de durées d, VCXd étant la plus utilisée, QCXd commençant à disposer de modèles calés, et DCXd étant en attente ;

$d$  est quelconque, les calages disponibles actuellement étant le plus souvent valables pour la plage [inst.  $\leq d \leq 30$  jours], la durée minimale pouvant être qualifiée d'instantanée (*inst.*) dès que  $d$  est significativement petite devant la durée caractéristique de crue (*par ex.*  $d < D/10$ ) mais pouvant, si les données ou simulations l'autorisent, être proche de la minute voire de la seconde ;

$Q_0$  est analogue à un paramètre de position d'une loi de débits  $Q$  Exponentielle, mais de fait recalé selon les relations ci-après ;

$G_q$  est analogue à un Gradex d'une loi de débits  $Q$  Exponentielle, mais de fait recalé selon les relations ci-après.

Les modélisations partielles de  $Q_0$  et de  $G_q$  sont faites sous la forme suivante, débits et durées ayant été préalablement normés pour travailler en adimensionnel (*ici par  $Q_{LXA10}$  et  $D$ , le plus souvent utilisés, mais on peut faire d'autres choix*) :

$$Q_0(d/D)/Q_{LXA10} = \frac{1}{X_4 * d/D + X_5} + X_6 \quad (5)$$

$$G_q(d/D)/Q_{LXA10} = \frac{1}{X_1 * d/D + X_2} + X_3 \quad (6)$$

En exploitant les relations (4), (6) et (5) on obtient le modèle valable dans cette plage de fréquences ordinaires et observables, présenté ci-après sous la forme normée à présent obligatoire (*les  $X_i$  sont calés pour les valeurs normées*) :

$$\frac{Q(T, d/D)}{Q_{LXA10}} = \left[ \frac{1}{X_1 * d/D + X_2} + X_3 \right] * 1n(T) + \left( \frac{1}{X_4 * d/D + X_5} \right) + X_6 \quad (7)$$

#### DOMAINE EXTRAPOLÉ, ENVIRON : 20 ANS $< T \leq$ 1000 ANS

On s'inspire de la formulation du Gradex, variante esthétique (MICHEL *et al.* 1987), ici présentée avec les durées déjà normées (*par  $D$* ) :

$$Q(T, d) = Q(T_0, d) + G_p(d) * 1n \left[ 1 + \frac{G_q(d)}{G_p(d)} * \frac{T - T_0}{T_0} \right] \quad (8)$$

où :

$Q$  a la même signification que ci-dessus au paragraphe a, même si seuls les VCXd ont vocation à être extrapolés par le Gradex, variante esthétique, car la relation ci-dessus est purement formelle ;

$T_0$  est le seuil de début d'extrapolation par le Gradex (*esthétique*), confondu ou non avec le  $T$  charnière entre les formulations (7) et (10) ;

$G_p$  est le gradex des pluies centrées (*correction de Weiss, si nécessaire*), de mêmes durées que les débits  $Q$ , exprimées en unités de débits ; il est modélisé avec l'expression suivante, après avoir été rendu adimensionnel par les normes choisies (*ici  $Q_{LXA10}$  et  $D$* ) :



$$Gp(d/D)/QIXA10 = \frac{1}{X7*d/D + X8} + X9 \quad (9)$$

Les relations (8) et (9) donnent la relation suivante (10), valable dans le domaine extrapolé indiqué, et exprimée en variables normées à présent obligatoires compte tenu de la manière dont sont calés les paramètres  $X_i$  ; pour motif de longueur d'équation, le membre  $Q(T_0, d)/QIXA10$  qui est à estimer par le modèle valable à  $T_0$  ( $\xi A$ ), n'a pas été explicité sous la forme de l'expression (7). À part  $T$  qui est en années, les autres unités sont quelconques, pourvu qu'elles soient les mêmes pour une même grandeur.

$$\left[ \frac{Q(T, d/D) - Q(T_0, d/D)}{QIXA10} \right] = \left[ \frac{1}{(X7*d/D + X8)} + X9 \right]^* \cdot n \left[ 1 + \frac{\left( \frac{1}{(X1*d/D + X2)} + X3 \right) \cdot (T - T_0)}{\left( \frac{1}{(X7*d/D + X8)} + X9 \right) \cdot T_0} \right] \quad (10)$$

### CALAGES DE CES MODÈLES QdF

Les paramètres  $X_1$  à  $X_9$  sont déterminés (GALÉA *et al.*, 1989) à l'aide d'une méthode d'optimisation de gradient (Rosenbrook) pour chaque modèle QdF actuellement en usage. À titre d'exemple, dans le tableau 1, sont données les valeurs des paramètres  $X_1$  à  $X_9$  pour deux modèles QdF calés sur des quantiles de type VCXd (GALÉA *et al.*, 1990b).

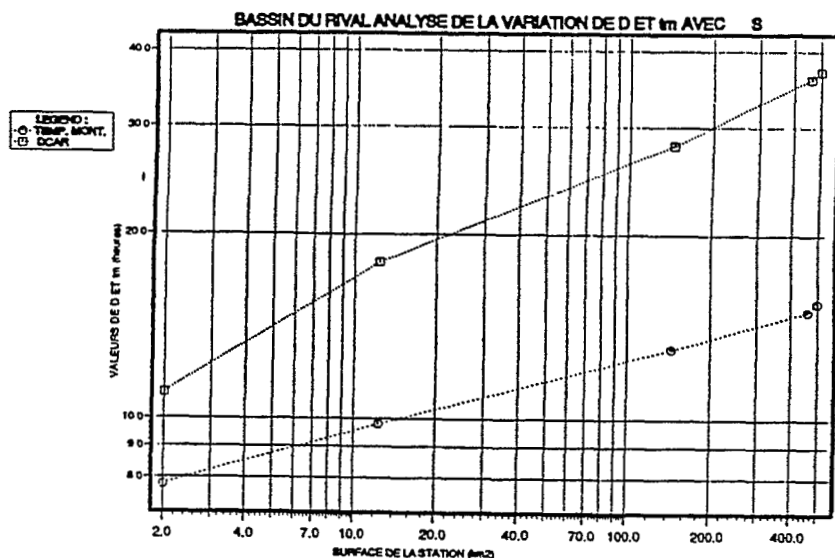
**Tableau 1**  
Exemple de jeux de paramètres de modèles QdF, valides pour des VCXd, nommés d'après le nom de la station d'origine du calage

PARAMÈTRES									
NOM	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
FLORAC	1,12	3,57	0,00	1,15	3,24	0,05	1,35	1,81	0,06
SOYAN	0,87	4,60	0,00	1,07	2,50	,099	0,57	0,70	,046

De nombreuses études de cas effectuées depuis longtemps (RAMEZ et GALÉA, 1984), tant en bassins expérimentaux (BEN MANSOUR, 1987), qu'en réseaux hydrométriques (ORTIZ, 1988) ou sur données simulées (GALÉA, 1991), ont montré la portabilité de ces modèles QdF, non seulement depuis les stations de calage vers les sites proches (*amont, aval, cours très voisins*), mais encore sur de vastes régions. Avec 3 modèles dénommés Vandenesse, Soyan et Florac, il a été possible de représenter très correctement des dizaines de régimes de crues (*en VCXd*) observés sur l'ensemble de la France (GALÉA, 1990b). Un modèle calé en variable QCXd, dénommé provisoirement Davaye (GALÉA *et al.*, 1991), représente une approche efficace des quantiles de crues en petits bassins versants à fortes pentes et à faible couvert végétal. Les domaines de validité sont plutôt plus larges que ceux indiqués au paragraphe A. ; il est en particulier fréquent de pouvoir descendre au-dessous de la bisannuelle ( $T=0,5$  an), par exemple jusqu'à la crue dépassée en moyenne 5 fois par an ( $T=0,2$ ), variantes fréquentes de très grande importance en aménagement des cours d'eau.

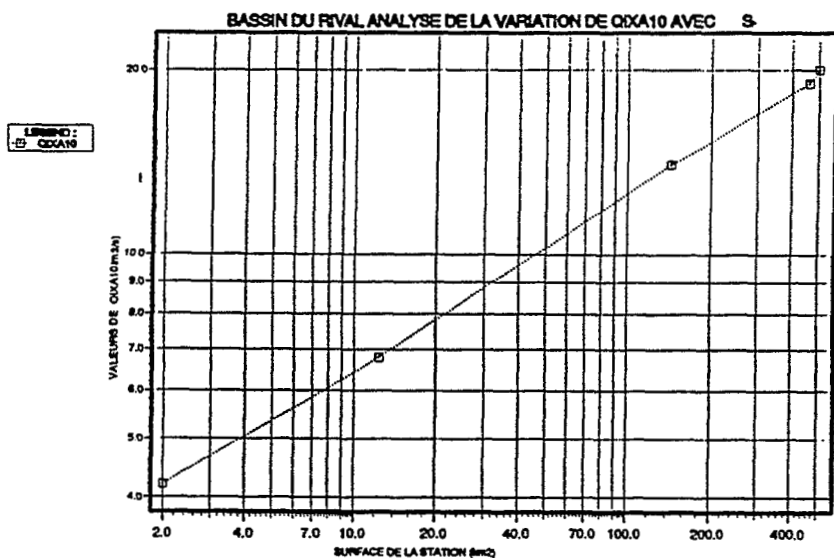
Cependant, pour profiter de ces remarquables qualités de portabilité il faut, d'une part, obtenir de bonnes estimations locales des paramètres utilisés en normes (*QIXA10 et D, ou équivalents*) et, d'autre part, savoir quel modèle disponible est localement valide. Pour la première contrainte, les synthèses régionales, les cartes et les modèles sommaires qui commencent à être disponibles, ainsi que de courtes séries d'observations locales (stations secondaires ou tertiaires), voire des simulations de modèles Q(P) localement valides, permettent le plus souvent d'estimer ces normes locales avec suffisamment de précision pour un usage opérationnel (figure 6 et 7). Pour la seconde, des recherches sont en cours pour définir les aires de validité et/ou les types de bassins, correspondant à ces quelques modèles de référence. Les premiers résultats sont prometteurs (publications 1992 à venir), en particulier en fonction des entités « sol-végétation » et des climats (GALÉA et BARBET, 1990c).

D'autres recherches sont en cours pour intégrer dans ces modèles QdF les nouvelles formes mathématiques issues du modèle *Agregée* qui a vocation à remplacer le *Gradex*, au moins pour les QdF et les fréquences seulement rares (*en extrêmes, Gradex et Agregée diffèrent peu, et leurs différences sont peu validables*). On peut résumer les différences par le fait que les paramètres  $G_q$  et  $G_p$  dits « *Gradex* », qui sont des constantes dans les formulations actuelles ci-dessus (*estimés sur des lois exponentielles, éventuellement sur des branches particulières limitées, ce qui autorise déjà des lois non strictement exponentielles partout*), devront être remplacées par des « pseudo-gradex » quasi-systématiquement variables avec la fréquence ( *$dQ/d\log T$ , ou  $dP/d\log T$ , variables avec  $T$* ).



**Figure 6**

*Variations avec la surface des paramètres temporels D et  $t_m$  (temps de montée).  
Bassin du Rival (Isère, France)*



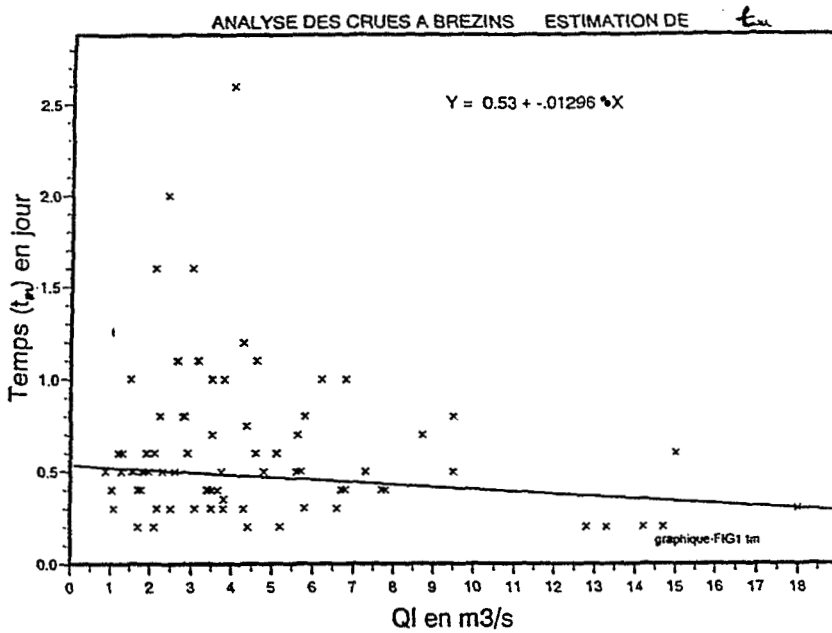
**Figure 7**

*Variations avec la surface du paramètre de débits QIXA10 (débit instantané décennal). Bassin du Rival (Isère, France)*

## LES HYDROGRAMMES SYNTHÉTIQUES MONO-FRÉQUENCES (HSMF)

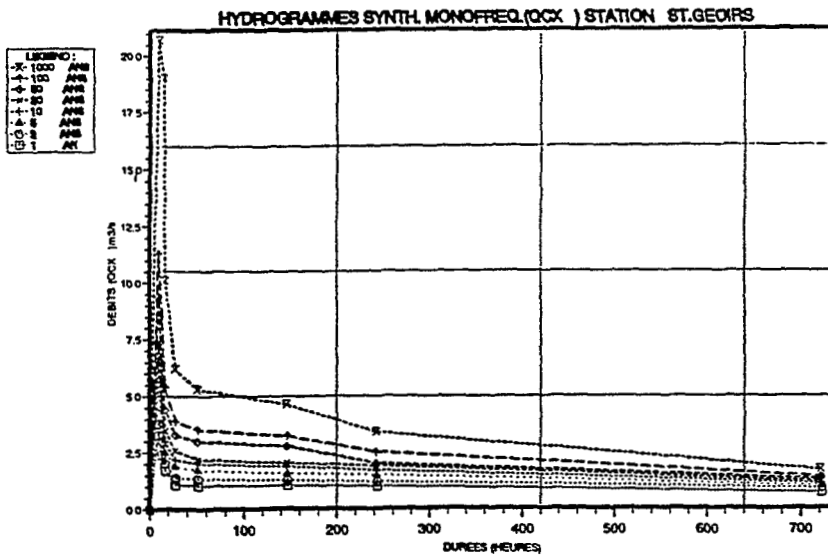
La théorie du modèle Inondabilité (OBERLIN, 1988 ; GAUTIER, 1992) peut conduire (ce n'est pas une obligation) à travailler en transitoire. On y exploite alors des hydrogrammes non naturels dénommés « Hydrogramme Synthétique Mono-Fréquence » (*HSMF*) construits à partir des courbes et/ou modèles QdF en QCXd, et dont les valeurs rares sont extrapolées par le modèle Agréee, grâce à une liaison d'intensité variable entre les VCXd (*seuls extrapolables sensu stricto*) et les QCXd. On passe des QdF aux HSMF grâce à l'introduction d'un temps de montée  $t_m$  (figure 8) des crues du bassin versant étudié, avec une hypothèse simple mais réaliste de branche de montée d'hydrogramme linéaire en temps  $t$ . On peut donc, y compris pour les fréquences rares et extrêmes, construire de tels HSMF (OANCEA *et al.*, 1992) grâce à ces QdF extrapolés. S'ils sont principalement exploités pour les calculs hydrauliques d'Inondabilité (figure 9), ils peuvent accessoirement l'être aussi pour améliorer la connaissance de l'hydrologie du cours d'eau étudié si elle est insuffisante (*il ne faut pas obligatoirement connaître l'hydrologie du bief simulé pour l'hydraulique, qui pourrait se contenter des débits latéraux entrants, mais il la faut pour la variable TOP d'Inondabilité*).

Les HSMF autorisent toutes sortes de « panachage » de régimes hydrologiques, y compris des différences aux confluent pour estimer des régimes inconnus, voire des régimes localement « négatifs » (*pertes*). Les erreurs se cumulent évidemment et, dans le cas de différences faibles, peuvent éventuellement devenir inacceptables. Dans toutes ces compositions mono-fréquences, il faut vérifier les dérives en fréquence liées au degré relatif d'indépendance : c'est soluble (*corrections approximatives, à ce jour*) quand il y a des stations de contrôle, ou des modèles régionaux valides. On rappelle que les compositions mono-fréquences, et donc les dérives en fréquences liées, ne sont pas inévitables dans le modèle Inondabilité, lequel peut travailler sans ces compositions et leurs erreurs liées, en particulier quand le régime hydrologique du bief principal est réputé connu (*interpolable, en QdF normés, entre stations observés et sites simulés par modèles Q(P)*).



**Figure 8**

Estimation du temps de montée  $t_m$ . Médiane conditionnelle de  $t_m$  selon le débit de pointe  $Ql$ . Rival à Brezins ( $S = 144 \text{ km}^2$ )



**Figure 9**

Hydrogrammes Synthétiques Mono-Fréquences, HSMF, sur le Rival à St Geoirs ( $S = 31,2 \text{ km}^2$ )

## EXEMPLE D'APPLICABILITÉ DES MODÈLES QdF DANS UN CAS DIFFICILE : L'AMÉNAGEMENT RATIONNEL DU RIVAL (ISÈRE, FRANCE)

Rationnel s'oppose ici à simpliste, lorsque la simplification tourne le dos à la réalité, et à partiel, lorsqu'il y a des impasses (*involontaires, mais souvent acceptées, sinon recherchées...*). L'hydraulicien et l'aménageur doivent proposer des mesures les moins éloignées possible de la réalité hydrologique que vivront les ouvrages construits pendant leur durée de vie, les riverains de ces cours d'eau, et tous les innombrables « voisins » situés en amont et en aval (*jusqu'à la mer...*) des sites analysés et peut-être aménagés. À cette rationalité hydrologique fait donc suite une autre rationalité hydraulique, puis celle liée aux réels besoins des riverains, ces derniers pas toujours connus, souvent non exprimés, et parfois sécuritaires au grand détriment de notre environnement. Si le modèle Inondabilité essaye de prendre toutes ces contraintes en charge, le propos qui suit sera limité à la réalité hydrologique sur un bassin réel pris comme exemple et dont la forte originalité hydrologique ne met nullement en cause l'utilisation des QdF.

Le bassin du Rival (GILARD *et al.*, 1992) présente des conditions de formation de l'écoulement tout à fait particulières. Un fort pourcentage du bassin (*plusieurs centaines de kilomètres carrés*) ne paraît pas drainé superficiellement, car il ne possède pas de réseau hydrographique raccordé à un exutoire. C'est surtout le cas du versant rive droite du Rival ; le versant gauche, plus petit en surface, a un comportement tout à fait « normal ».

En fait, les infiltrations sont extrêmement fortes sur le versant rive droite, et donc l'écoulement souterrain quasi exclusif, et ce jusqu'à des fréquences qui dépassent la décennale. Pour certains affluents qui arrivent quand même jusqu'au cours principal, la surface participante (*jusqu'au niveau des crues rares*) est nettement plus faible que celle du bassin superficiel, par exemple jusqu'à moins de 50 %.

Le Rival à Beaufort (figure 10), immédiatement avant sa confluence avec des émergences (*dites de St Barthelemy de Beaurepaire*) possède ainsi un bassin versant superficiel de 460 km<sup>2</sup>, mais en fait il ne possède aucun affluent en rive droite. L'écoulement de surface observé jusqu'au-delà de la décennale correspond à une superficie du bassin réel de l'ordre de seulement 165 km<sup>2</sup>.

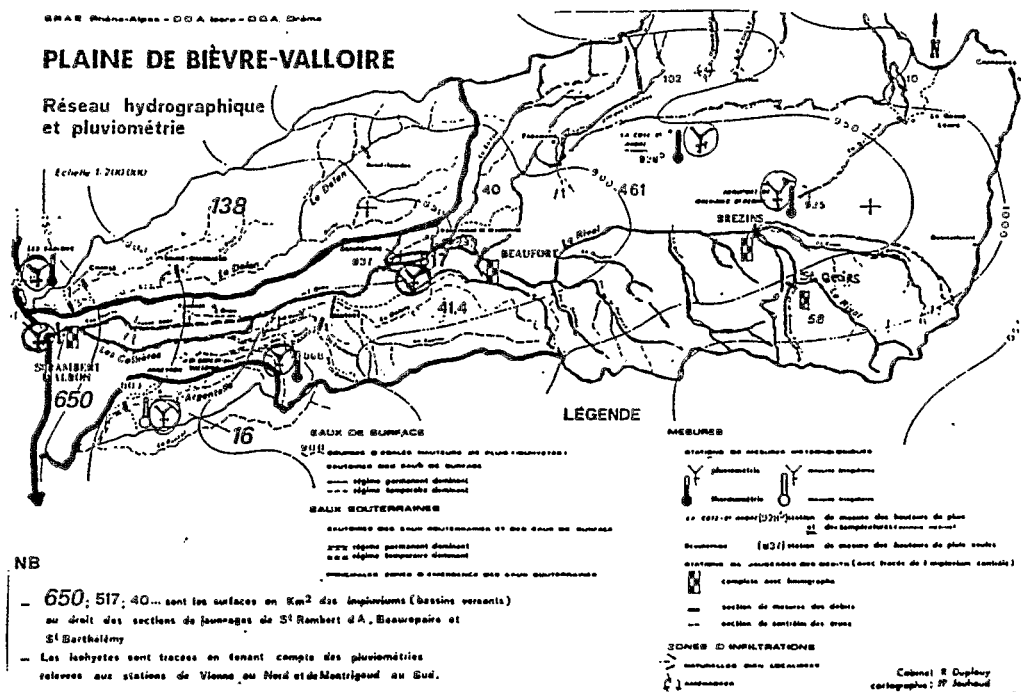
L'analyse de l'écoulement maximal aux 3 stations observées sur ce bassin, avec une interpolation classique (figure 11), met en évidence ces évolutions assez inhabituelles, et la difficulté d'en estimer les caractéristiques en dehors des stations (*l'interpolation de la figure 11 n'est pas hydrologiquement acceptable a priori*). La bonne manière de décrire aussi complètement que possible le fonctionnement du cours d'eau a donc été de commencer par construire 3 séries de courbes QdF normées pour chacune des 3 stations et valides *a priori* sur une

partie des biefs représentés par ces stations. Puis on a caractérisé les types de régimes suivis par chacune des surfaces latérales affluentes (*avec et sans lits mineurs apparent*) individualisables (figure 10). On a ensuite caractérisé ces écoulements divers, d'une part en composant avec le modèle hydraulique transitoire alimenté avec des HFMS affluents (*n'exigeait pas de connaître les QdF du Rival mais ceux des affluents : construction « hydraulique » du régime du bief principal*) et, d'autre part, en interpolant directement sur les QdF normés selon l'estimation des poids relatifs (*surfaces partielles*) des régimes connus pour chaque bief (*construction « hydrologique » du régime du bief principal*).

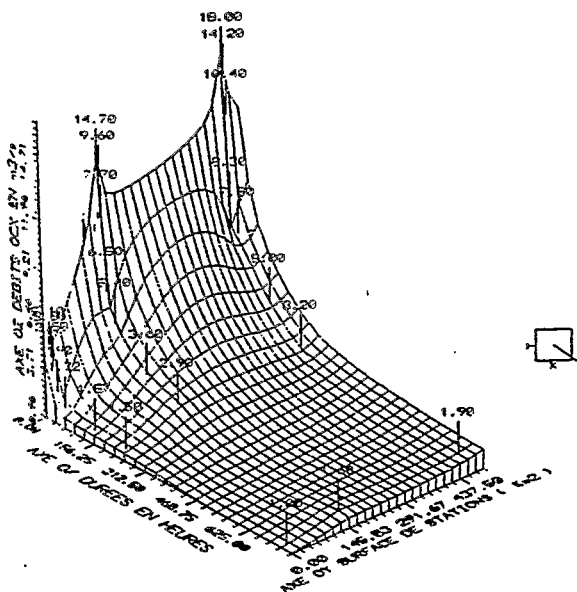
Les 3 stations disponibles permettent de contrôler ces deux estimations possibles via leurs QdF. La seconde méthode a été préférée, car elle évite les corrections de fréquences induites par des compositions mono-fréquences d'événements toujours un peu indépendants (*même s'ils sont assez fortement liés*). Elle évitait aussi d'explicitier des QdF négatifs correspondant, en rive droite, à des pertes importantes qui s'observent le long du bief principal pour les fréquences peu rares. Quoique à l'image de la réalité hydrologique, il était difficile de faire comprendre la pertinence de tels régimes « négatifs », fussent-ils seulement « affluents », et on sait que des QdF issus de différences ont en général une forte erreur (*cumul des erreurs sur une valeur généralement faible*).

L'essai d'identification d'un des modèles QdF de référence, disponible et réputé à large validité spatiale, sur les trois stations du bassin ou sur l'une ou l'autre de leurs compositions, n'a pas toujours donné de résultats satisfaisants, compte tenu des particularités du régime du Rival. Il était également inutile de travailler à un calage mathématique toujours délicat, faute de retrouver d'autres occasions d'exploitation d'un modèle aussi particulier. Toutes les nombreuses opérations précédentes de composition et d'estimation ont donc été faites avec courbes absolues et courbes normées, sans modèle *sensu stricto*.

À noter que ces opérations doivent être informatisées, avec ou sans modèle calé. En effet, et sur l'exemple tout à fait représentatif (*et même modeste*) présenté ici des 50 km du bief du Rival, il a fallu estimer 2 types de débits (*VCXd et QCXd*), pour 4 fréquences ( $T=1, 10, 100$  et  $1000$  ans), 8 durées (*environ  $d/D=0, 0,1 ; 0,5 ; 1,0 ; 2,0 ; 3,0 ; 5,0$  et  $10.$* ), une cinquantaine de points d'entrée (*sites*), et le tout réparti sur divers QdF (*les 3 génériques et plusieurs de leurs compositions*), soit plus de 3000 doublets débits-durées à estimer. Et tout ceci pour le seul état présent. Si d'éventuels aménagements sont créés qui modifient significativement les débits, et de telle sorte que le modèle hydraulique transitoire ne suffise pas à les intégrer, il serait nécessaire d'en ajouter d'autres. Enfin, il est rappelé que chaque site à estimer nécessite aussi d'y avoir prédéterminé les deux normes utilisées dans les QdF (*pour y « dénormer » localement les QdF utilisés*), ici QIXA10 et D. Dans l'exemple du Rival, on a eu recours aux formules sommaires du modèle Socose pour D, et au Crupedix pour QIXA10, toutes deux dûment contrôlées régionalement (*et recalées*) par une analyse qui dépassait les seules 3 stations disponibles.



**Figure 10**  
 Le bassin du Rival (Isère, France)



**Figure 11**  
 Représentation en 3D des courbes (non normées) QdF en Qcx tout le long du bief principal du Rival (Isère, France), de 0 à 600 km<sup>2</sup>



## CONCLUSIONS

Les modèles QdF, avec ou sans observations hydrométriques locales, proposent des formulations à large représentativité régionale, permettant d'estimer les quantiles des couples débits-durées en tous points d'un site, ou tout le long d'un cours d'eau.

Pour les ouvrages et les lits, les modèles QdF permettent de diversifier les débits de dimensionnement et d'équipement en fonction de besoins naturellement diversifiés, ou dont la diversité doit être encouragée. C'est tout particulièrement vrai en inondations, où les besoins réels sont liés à l'occupation des sols, et toujours exprimables *in fine* en durée-fréquence d'une inondation acceptable ou devant être tolérée.

Plus généralement, les modèles QdF se sont avérés des outils nécessaires à la conception rationnelle des projets d'aménagement des eaux continentales, lesquels doivent intégrer divers objectifs et ne pas se contenter d'un débit, ou d'un hydrogramme, de projet unique. Ils évitent en outre la simulation directe de l'aménagement, rarement indispensable, toujours laborieuse, et conduisant parfois à une particularisation des cas excessive. Cette dernière, si elle se développait en dehors des cas nécessaires, deviendrait dommageable à l'émergence d'une véritable politique environnementale commune de l'aménagement, laquelle exige règles et normes communes, et... les moyens de les respecter ! Il faut pour cela mettre à la disposition des intervenants des connaissances de synthèse manipulables directement. C'est une des ambitions des QdF.

**BIBLIOGRAPHIE**

- BEN MANSOUR H., 1987. Hydrologie de l'assainissement agricole. Mémoire de fin d'étude, INAT Tunis.
- GALÉA G., 1991. Modélisation continue des apports journaliers au Lac de Grandlieu. Rapport Cemagref Lyon.
- GALÉA G., BARBET D., 1990c. Influence de la couverture végétale sur les crues du BVRE du Mont Lozère. Approche descriptive et quantification par modèles QdF. GIS Mt Lozère, rapport Cemagref, Lyon.
- GALÉA G., FAURE D., OBERLIN G., 1990b. Modèle de synthèse tridimensionnel, descriptif des connaissances régionales en crues. Regionalization in Hydrology, Ljubljana, AIHS, n°191 (annexe).
- GALÉA G., JIN L., 1990a. Modèles descriptifs synthétiques des connaissances régionales en crues ; représentativité spatiale et domaine de validité rapport Cemagref, Lyon.
- GALÉA G., RAMEZ P., RIBOT J., 1991. Érosion en vignobles de coteaux : modèles calés sur le site de Mercurey. Rapport Cemagref Lyon.
- GALÉA G., SCHUITEMA N., MARION M., 1989. Courbes Débits-Durées-Fréquence. Validations et premiers résultats sur la région Bourgogne. Extrapolations. Rapport Cemagref et SRAE, Lyon et Dijon.
- GAUTIER J.N., 1992. Inondabilité, un modèle de confrontation directe entre risque subit et besoin de protection. Thèse de doctorat, ULP Strasbourg, Cemagref Lyon.
- GILARD O., OBERLIN G., OANCÉA V., 1992. Étude de l'inondabilité du bassin du Rival. Rapport Cemagref, Lyon.
- MICHEL C., 1981. Le modèle régional sommaire Socose. Congrès ICID, Grenoble.
- MICHEL C., OBERLIN G., 1987. Seuil d'application de la méthode du Gradex. *Houille Blanche*, n° 3, Paris.

- OANCÉA V., OBERLIN G., GILARD O., 1992. Construction des hydrogrammes synthétiques mono-fréquences HSMF. Rapport Cemagref, Lyon.
- OBERLIN G., 1988. Inondabilité, comment intégrer les notions de durée. 25<sup>ème</sup> anniv. de l'Orgeval, Cemagref, Paris.
- OBERLIN G., BEN MANSOUR H., ORTIZ R., 1989. Generalization and standardization for 3 types of flow-duration-frequency curves in flood regime description and transfert. Friends in Hydrology, Bolkesjö, Unesco Paris and Wallingford.
- OBERLIN G., MARGOUM M., 1991. Objectifs du modèle Agregee. IT n°84, Cemagref, Paris.
- ORTIZ R., 1988. Les abaques QdF, tests et applications. DEA Eau, Univ. Strasbourg.
- RAMEZ P., GALÉA G., 1984. Aménagement hydraulique du Gelon. DDAF de Savoie et Cemagref, Lyon et Chambéry.