

## QUANTIFICATION DE LA RÉDUCTION SIGNIFICATIVE DES ÉCOULEMENTS DISPONIBLES VERS L'AVAL (EFFET RESEDA)

E. LEBLOIS<sup>1</sup>, G. OBERLIN<sup>1</sup>

---

### RÉSUMÉ

La lame d'eau interannuelle écoulée par un cours d'eau diminue le plus souvent vers l'aval : cet effet peut être attribué à la décroissance des pluies avec l'altitude, à la reprise évaporative, à l'infiltration et aux consommations humaines, toutes importantes le long des cours d'eau des grandes plaines alluviales. Quelques exemples montrent la généralité du phénomène en France. Une conséquence de cet effet, ici dénommé Reseda, est que les bilans en eau, en fonction de l'échelle à laquelle ils prennent leurs données, aboutissent à des résultats différents quant à la disponibilité interannuelle en eaux de surface. Les thématiques liées au couplage sol-atmosphère nécessitent par ailleurs la mise à disposition de données d'écoulement pertinentes. Une étude quantifiée de l'effet Reseda paraît donc pouvoir produire une information quantifiée et synthétique que devront retrouver les modèles hydrologiques régionaux et les SVAT dans leur évolution vers une large gamme d'échelle de validité. Cette étude produirait *de facto* une carte systématique des écoulements disponibles à différentes tailles de maille. Pour ce faire, il paraît indispensable de renoncer au préalable à procéder, pour la production des bassins intermédiaires, par différences entre bassins emboîtés : cette approche très habituelle confond en effet les processus de production et ceux pouvant intervenir près du cours d'eau principal.

---

<sup>1</sup>Division hydrologie-hydraulique, Cemagref Lyon - 3 bis quai Chauveau, 69336 Lyon cedex 09.

## L'EFFET RESEDA

### DÉFINITION ET PREMIÈRE FORMALISATION

L'effet Reseda peut être résumé en disant que le module d'un cours d'eau est moins que proportionnel à la surface drainée, comme l'exprime le modèle de première intention ci-dessous :

$$\overline{QA} = a.S^\alpha \text{ avec } \alpha < 1$$

La formulation ci-dessous est équivalente, qui dit que la lame d'eau écoulée interannuellement par un cours d'eau diminue vers l'aval :

$$qa = \frac{\overline{QA}}{S} = \frac{a}{S^{1-\alpha}} \text{ avec } \alpha < 1$$

$a$  et  $\alpha$  étant *a priori* des grandeurs régionales déterminables à partir de plusieurs couples ( $Q$ ,  $S$ ) relevés sur une rivière et, éventuellement, ses affluents.

### FACTEURS EXPLICATIFS TRADITIONNELS

Connu de longue date, cet effet est traditionnellement attribué à la décroissance fréquente des pluies avec l'altitude, donc vers l'aval, à la reprise par évaporation plus importante en aval et à l'infiltration profonde, plus importante le long des cours d'eau des grandes plaines alluviales, sans parler des prélèvements des collectivités humaines.

Pour autant ce phénomène est aussi souvent tenu comme n'étant ni généralisé, ni important numériquement, et n'ayant guère d'importance scientifique ou sociale, au moins dans les zones tempérées.

### EXEMPLES SUR DIVERS COURS D'EAU FRANÇAIS

Or, l'effet Reseda est plus la règle que l'exception. Quelques exemples en France :

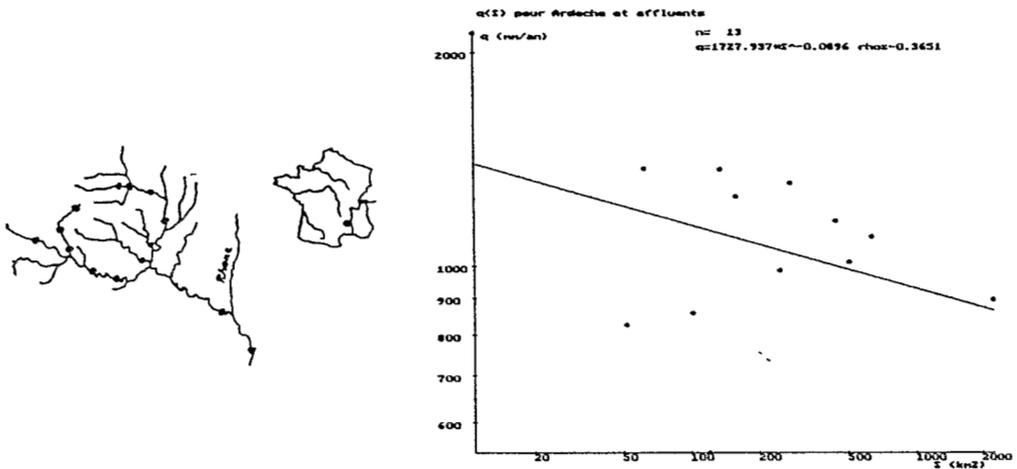
cas de l'Ardèche et de ses affluents :

de l'examen de 13 stations contrôlant de 11 à 2 200 km<sup>2</sup> de l'Ardèche et de

ses affluents, il vient  $Q(m^3/s) = 0,0548.S(km^2)^{0,91}$ , soit

$q(m^3/s/km^2) = 0,0548/S(km^2)^{1-0,91}$ , ceci avec un coefficient  $R^2$  valant

0,133 : dans ce cas précis, on n'est pas certain que la corrélation soit significativement non nulle.



**Figure 1 et 1 bis :**  
Localisation des stations de l'Ardèche, et régression  $q(S)$ .

Pour 10 stations contrôlant de 78 à 6 760 km<sup>2</sup> sur la Durance et ses affluents, il vient  $Q(m^3/s) = 0.0622 \cdot S(km^2)^{0.862}$ , soit  $q(m^3/s/km^2) = 0.0622/S(km^2)^{0.138}$ , ceci avec un coefficient  $R^2$  valant 0,671, ce qui est significativement non nul (on a utilisé les débits naturels reconstitués présents dans la base Hydro).

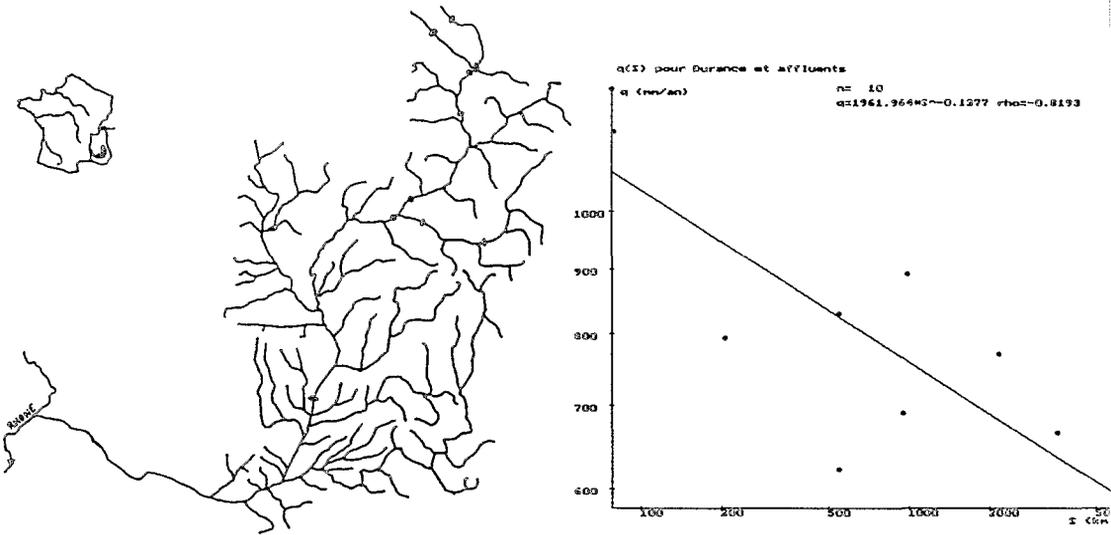


Figure 2 et 2 bis :  
Localisation des stations de la Durance, et régression  $q(S)$ .

Cet effet Reseda se retrouve sur de très nombreux cours d'eau du territoire métropolitain ; en exploitant les résultats d'une étude du Cemagref (CEMAGREF, 1985), il vient :

$$\left( \text{Modèle } \overline{QA} = a \cdot S^\alpha, \frac{\overline{QA}}{S} = \frac{a}{S^{1-\alpha}} \right)$$

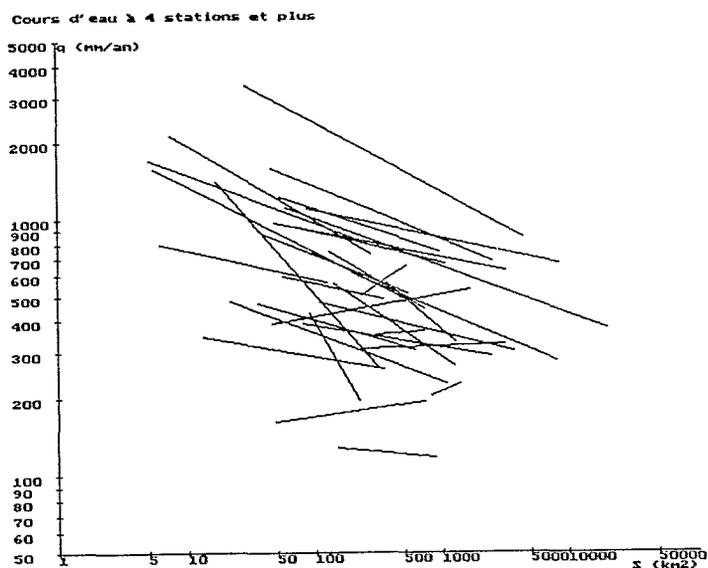
Tableau 1  
Résultats de l'étude du cemagref

Rivière	Smin (km <sup>2</sup> )	Smax (km <sup>2</sup> )	nombre de stations de jaugeage	a	$\alpha$
Bruche	39	548	4	1857	0,796
Charente	110	3750	5	841	0,877
Dordogne	87	8430	5	1767	0,893
Fecht	5,6	514	8	2470	0,739
Tech	132	726	5	3248	0,699
Vienne	60,5	19900	11	2396	0,812
...	...				

Sur 31 rivières françaises ayant au moins 4 stations de jaugeage, on trouve un moyen de 0,84, avec un écart type de 0,22.  $\alpha$  n'est supérieur ou égal à 1 que dans 5 cas sur 31.

Les termes constants ( $a$ ) sont très variables, notamment quand de très petits bassins versants sont concernés, circonstances où la formulation choisie est visiblement inadaptée ( $\overline{qa}$  tendant vers l'infini alors qu'il doit être borné par la pluie interannuelle  $\overline{pa}$  : il y aura nécessité d'affiner la formulation descriptive retenue).

Les segments de régression ont, globalement, l'allure suivante :



**Figure 3 :**  
31 cours d'eau à quatre stations ou plus.

## IMPORTANCE SOCIALE ET SCIENTIFIQUE D'UNE PRISE EN COMPTE DE CET EFFET

L'effet Reseda a une importance sociale plus grande qu'il ne peut y paraître : les études de comptabilité patrimoniale, en fonction de l'échelle à laquelle elles prennent leur données de base, aboutissent à des résultats différents quant à la disponibilité interannuelle en eaux de surface ; les chiffres du tableau 2 ont été obtenus.

**Tableau 2**  
Études de comptabilité patrimoniale en fonction de l'échelle des bases de données

Pays	Maille de 1 000 km <sup>2</sup> environ (Cemagref, IHW, 1993)	Maille de 100000 km <sup>2</sup> environ (pour la France, adapté de (Margat, 1986), page 294)	Chute en %	$\alpha$ estimé selon $qa = a./S^{(1-\alpha)}$
Italie	700 mm	500 mm	28%	0,93
France	500 mm	300 mm	42%	0,88

(les chiffres sont arrondis)

Ainsi donc le cumul des ressources en eau disponibles à chaque petite collectivité serait très supérieur à celle disponible à une grande collectivité rassemblant les précédentes. Ce genre de message, recouvrant un effet d'échelle, est assez difficile à expliquer et nécessite à tout le moins un effort d'explicitation de la part des hydrologues.

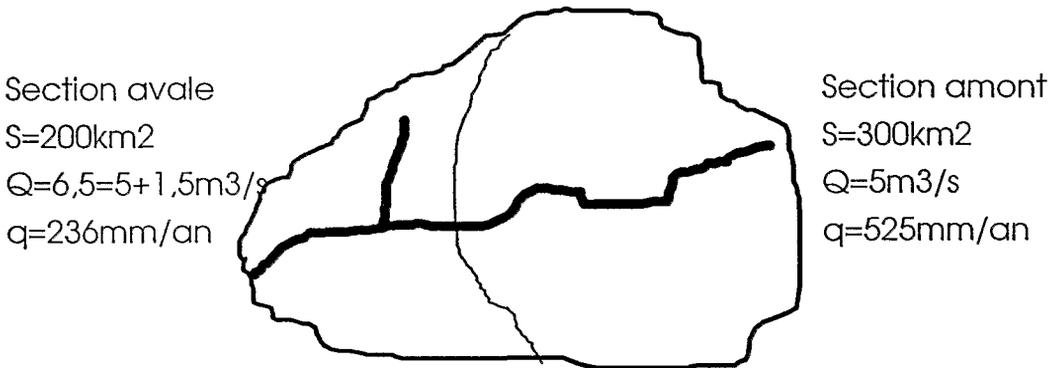
Il y a aussi une autre urgence, plus scientifique, à clarifier la situation : les dernières années ont vu se développer la thématique Gewex, et notamment le besoin de validation des modèles atmosphériques avec des données sol, préalablement à tout usage en simulation de scénarios d'évolution à long terme, ainsi que des souhaits de couplage des modèles atmosphériques et hydrologiques régionaux. Pour ce propos, on peut s'attendre à ce que les hydrologues doivent fournir aux atmosphériciens des données d'écoulement à différentes tailles de maille, allant dans l'idéal de 100 km<sup>2</sup> (mésoséchelle) à 1 000 000 km<sup>2</sup> (échelle synoptique). Il serait nécessaire ensuite que les modèles couplés qui seront bâtis retrouvent les caractéristiques des écoulements qui sont pertinentes pour l'homme (distribution des crues, des étiages, pour lesquels des descriptions débits-durée-fréquence semblent pertinentes, et aussi structuration des écoulements en fonction de la hiérarchie des échelles emboîtées, ce qui nous préoccupe ici).

## **ANALYSE DU PHÉNOMÈNE - L'HYPOTHÈSE RESEDA**

### **UN BIAIS DANS L'ESTIMATION HABITUELLE DE LA PRODUCTION DES BASSINS INTERMÉDIAIRES ?**

Scientifiquement, l'effet Reseda ne semble pas réellement avoir fait l'objet d'études quantifiées. Les modèles hydrologiques ne l'intègrent pas explicitement, même si certains tendent à se rendre indépendant des effets d'échelle dans leur formulation (MERCIER, 1993).

Sur les bassins versants intermédiaires, où se trouvent de nombreux affluents habituellement non jaugés, l'estimation de la production d'écoulement disponible est habituellement basée sur la seule différence entre les écoulements de bassins emboîtés. Une illustration peut en être trouvée dans SPREAFICO *et al.*, 1992, figure 4. Cette approche est également celle retenue par le groupe de travail WCP-B.3. de l'OMM, visant à comparer les méthodes de cartographie maillée des écoulements. On en présente le principe en figure 4.



**Figure 4 :**  
*Approche emboîtée classique.*

D'une manière générale, nous ne voyons pas pourquoi la production des versants et petits affluents du bassin intermédiaire différerait de celle des versants des bassins amont. Nous considérons donc que l'estimation de la production obtenue par différence est une estimation globale agrégeant tous les phénomènes existant dans le bassin intermédiaire (production nette). Elle est inférieure à l'évaluation brute de la production que fournit pour ces bassins versants intermédiaires l'application de modèles régionalement admis.

En conséquence, il nous paraît indispensable de **renoncer définitivement à procéder par différence entre bassins emboîtés**, car cette approche confond les processus de production et ceux pouvant intervenir près du cours d'eau principal.

### **L'HYPOTHÈSE RESEDA**

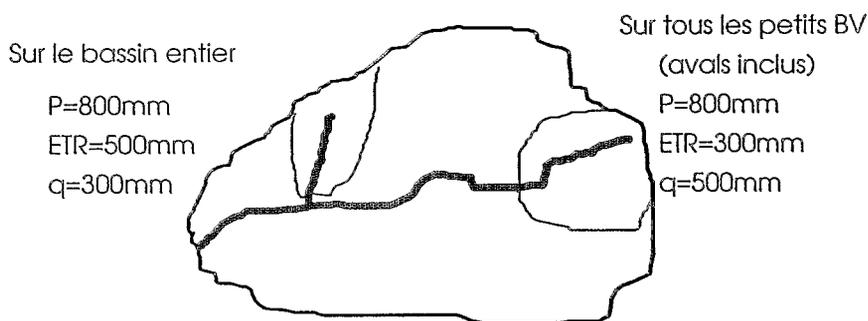
Ce qui précède nous amène logiquement à formuler l'hypothèse Reseda.

Nous postulons l'identité de comportement des petits bassins versants indépendamment de leur localisation dans le réseau hydrographique.

Pour ce qui n'est pas explicable par la variation spatiale de la pluie, l'effet Reseda est dû à la structure même du système alluvial, et la différence constatée entre les échelles est due à des phénomènes d'infiltration profonde et/ou de reprise évaporative localisés près du cours d'eau principal.

Dans le cas d'une reprise évaporative (hypothèse que permet de privilégier la disponibilité de l'eau dans les vallées, fait connu et exploité par d'autres concepts tel celui de surface participante), une conséquence très importante de l'hypothèse Reseda est la nécessité de l'advection de l'énergie correspondante vers la vallée alluviale, ce qui peut avoir des conséquences notables pour l'atmosphère à méso-échelle et sa modélisation.

Le schéma précédent deviendrait celui de la figure 5.



d'où 200 mm d'advection de l'ensemble du bassin vers le réseau hydrographique principal

**Figure 5 :**  
*Hypothèse Reseda.*

## LE PROJET RESEDA

Le projet Reseda consiste donc à chercher un modèle hydrologique distinguant la production des bassins intermédiaires et son devenir ultérieur dans le système fluvial.

On peut envisager de s'appuyer sur une carte de pluie annuelle et de travailler sur le déficit d'écoulement (P-Q) pour s'affranchir de l'effet de pluviométrie.

Le projet produira *de facto* une carte systématique des écoulements disponible en France qui précisera aux différentes tailles de maille à envisager (100 à 100 000 km<sup>2</sup>) les valeurs interannuelles de l'écoulement disponible (une extension vers des cartes annuelles puis mensuelles serait souhaitable mais se heurtera aux estimations des autres termes du cycle hydrologique continental et notamment des stocks).

## CONCLUSION : UNE INFORMATION À PRENDRE EN COMPTE DANS LES MODÈLES HYDROLOGIQUES RÉGIONAUX ?

Le **projet Reseda** est né de la confrontation d'approches de *comptabilité patrimoniale* menée à différentes échelles, qui a amené à constater que la ressource en eau de surface dépend de l'échelle à laquelle on se place pour la considérer.

L'étude de l'**effet Reseda** vise à apporter une information que nous voulons quantifiée à la conception des modèles sol-végétation-atmosphère régionaux et modèles hydrologiques régionaux destinés à succéder aux modèles pluie-débit actuels et aux SVAT localisés.

Que l'interprétation que constitue l'actuelle **hypothèse Reseda** soit infirmée ou non, on aura au moins rendu service par l'examen et la quantification de régularités expérimentales dont nous pensons que tout candidat modèle hydrologique régional, ou tout modèle couplé sol-atmosphère, aura à rendre compte.

**BIBLIOGRAPHIE**

- ARNELL N., OANCEA V., OBERLIN G., 1993. European river flow regimes - A contribution to « Europe's environment 1993 », Cemagref Lyon, IH Wallingford, Éditeurs.
- CEMAGREF (Division Hydrologie-Hydraulique, Antony), 1985. Tableaux résumés sur les données hydrologiques des stations de jaugeage.
- MARGAT J., (BRGM), 1986. Le compte des eaux continentales. Éditions de l'Insee n°535-536 série D137-138.
- MERCIER P., 1993. Cohérence spatiale et invariance d'échelle d'un modèle pluie-débit sur le bassin de la Marne. Mémoire de DEA du DEA National d'Hydrologie.
- SPREAFICO M., WEINGARTNER R., LEIBUNGUT C., 1992. Atlas hydrologique de la Suisse. Service hydrologique et géologique national, Berne.