

## RESEAU EROSION

**10èmes JOURNEES DU RESEAU EROSION**

**15 - 18 Septembre 1993**

**PANORAMA SYNTHETIQUE DES MESURES D'EROSION EFFECTUEES  
SUR TROIS BASSINS DU SITE EXPERIMENTAL DE DRAIX  
(ALPES-DE-HAUTE-PROVENCE - FRANCE -)**

Maurice MEUNIER, Nicolle MATHYS  
C.E.M.A.G.R.E.F.  
BP 76 - 38402 St-Martin-d'Hères

MOTS CLEFS : EROSION - BAD-LANDS - EFFET DE LA VEGETATION.

RESUME :

Sur trois bassins versants différents soit par la taille, soit par le taux de végétation, la production d'érosion des marnes noires est étudiée. Au niveau de chaque événement de crue, les volumes érodés peuvent être expliqués par des variables telles que les débits maximum et l'intensité de la pluie.

Au niveau annuel, on observe que si l'ablation est en moyenne du même ordre de grandeur sur la petite ravine (1/8 d'ha) et sur le bassin de 86 ha dénudés, l'écart peut être important au cours d'une même année. On constate par ailleurs que la production d'érosion est considérablement plus faible sur le bassin boisé (80 fois plus petite).

**PANORAMA SYNTHETIQUE DES MESURES D'EROSION  
EFFECTUEES SUR TROIS BASSINS DU SITE EXPERIMENTAL DE DRAIX  
(ALPES-DE-HAUTE-PROVENCE-FRANCE-)**

Maurice MEUNIER, Nicole MATHYS  
C.E.M.A.G.R.E.F.  
BP 76 - 38402 Saint Martin d'Herès  
Septembre 1993

## **1. - INTRODUCTION**

Les bassins versants situés sur les terres noires des Alpes du sud sont extrêmement sensibles à l'érosion. Ces "terres noires" qui couvrent environ 200 000 hectares sont le siège de l'essentiel des phénomènes d'érosion auxquels sont confrontés les Services de Restauration des Terrains en Montagne (R.T.M.). D'importants travaux ont été entrepris depuis plus d'un siècle pour lutter contre ces phénomènes, au premier rang desquels figure le reboisement.

Les mesures effectuées depuis 1984 sur les bassins versants expérimentaux de Draix permettent d'estimer la production d'érosion sur de petits bassins de taille ou de couverture végétale différentes. La présente note a pour objectif de comparer les résultats obtenus au niveau des épisodes de crues et au niveau de la production annuelle.

Cette synthèse exploite les mesures réalisées sur le site et utilise les résultats d'une part des travaux de Ana-Luisa BORGES sur les mesures d'érosion effectuées sur le Laval et la Roubine (thèse intitulée : Modélisation de l'érosion sur deux bassins versants expérimentaux des Alpes du Sud, 1992), et d'autre part, de l'analyse des mesures d'érosion sur le Brusquet, effectuée par Gabriele BUTTAFUOCO (rapport de stage intitulé : Bilan de la production d'érosion des marnes noires dans le bassin versant du Brusquet, 1993).

## **2. - PRESENTATION DU SITE DE DRAIX ET DES DISPOSITIFS DE MESURE**

Les Bassins Versants Expérimentaux de Draix sont situés à une quinzaine de kilomètres au Nord-Est de Digne dans le département des Alpes-de-Haute-Provence (plan de situation : fig 1). Ils sont gérés conjointement par le CEMAGREF de Grenoble, le CEMAGREF d'Aix-en-Provence et le Service RTM de Digne. Cinq bassins versants, de superficie comprise entre 1/8 d'hectare et une centaine d'hectares ont été progressivement équipés depuis 1984 de pluviographes, limnigraphes, pièges à sédiments et préleveurs d'échantillon. La composition d'un site de mesures est représentée sur la figure 2.

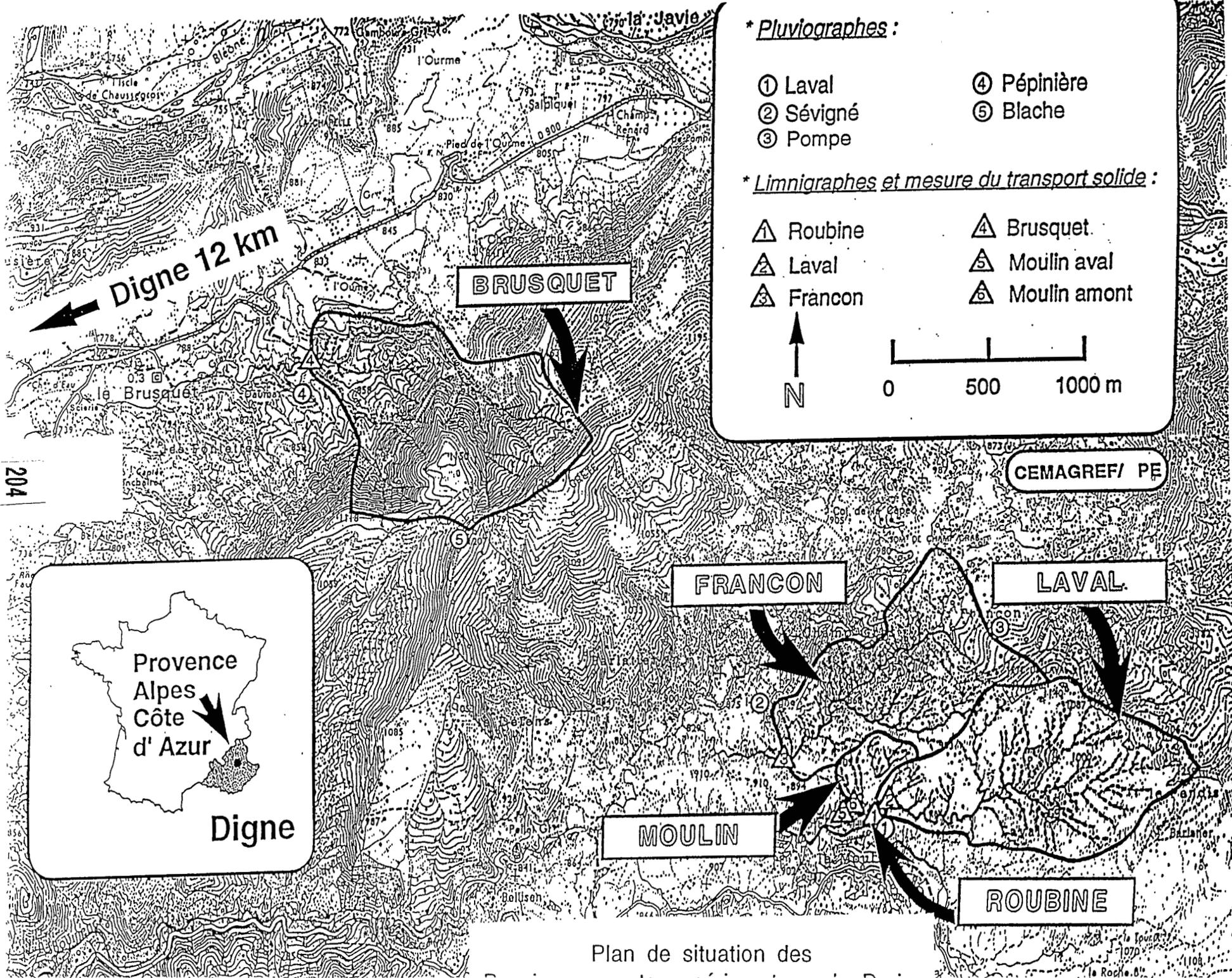


Figure 1 : situation des Bassins Versants Expérimentaux de Draix

Plan de situation des

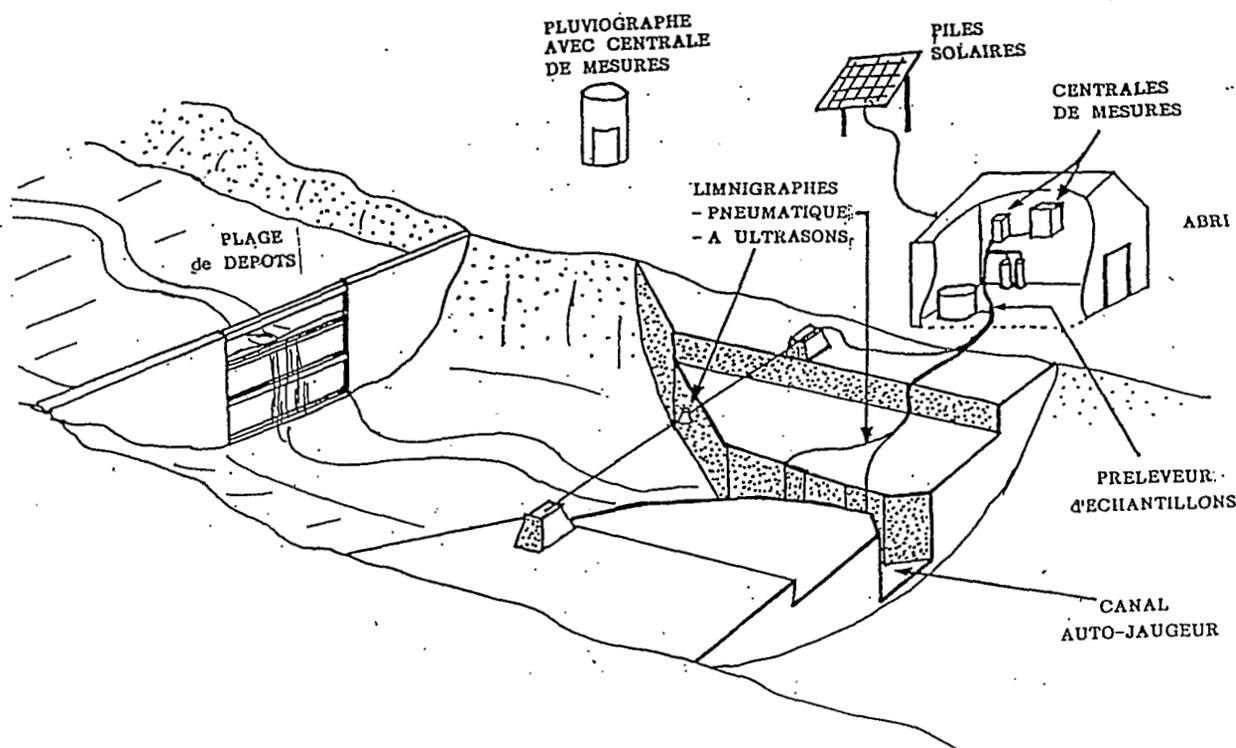


figure 2 : composition d'un site de mesures

Le piège à sédiments ou plage de dépôts permet de protéger la station d'un transport solide très important et de mesurer par des méthodes topographiques le volume déposé après une crue. Un préleveur d'échantillons dont le déclenchement est asservi au niveau d'eau de la station de jaugeage permet d'estimer la quantité de matières en suspension qui transitent par la station de mesure, à l'aval de la plage de dépôt.

Les échantillons prélevés sont séchés à l'étuve et pesés de manière à déterminer la teneur en matière en suspension (MES). Les concentrations ainsi mesurées sont affectées à l'hydrogramme de crue et permettent de tracer le sédimentogramme et de calculer le volume de sédiments transités.

### **3. - CARACTERISTIQUES DES BASSINS ET DES METHODES UTILISEES**

L'étude a été conduite sur trois bassins : la Roubine, le Laval, le Brusquet.

Compte tenu des contraintes propres à chaque type d'analyse, et des séries de données disponibles, les périodes d'analyse ne sont pas les mêmes : 1988 à 1991 (4 ans) pour le Brusquet, 1985-1988 (4 ans) pour la Roubine et le Laval ; pour ces deux derniers bassins, les deux années 89 et 90 ont été réservées pour valider les modèles établis sur la période 85-88. Cette rigueur méthodologique (distinguer les périodes de calage et de validation des modèles) n'a pu être adoptée sur le Brusquet par suite d'un nombre trop faible de données.

Les trois bassins sont très différents deux à deux, soit par la taille, soit par le taux de couverture végétale, comme le montre le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1

Répartition de la surface (en pourcentage) des bassins versants de Draix par type de couverture végétale

Bassins versant	Surface (ha)	Végétalisé compact		Végétalisé clairsemé	Terrain nu
		Bois	Herbe		
Brusquet	108.00	87.00	-	-	13.00
Laval	86.00	21.00	7.80	2.70	67.80
Roubine	0.13	-	21.00	-	79.00

Il faut donc, soit comparer le Laval et la Roubine qui ont des tailles différentes et un taux de couverture végétale semblable, soit comparer le Laval et le Brusquet qui ont la même taille mais des taux de couverture végétale très différents.

La conception des systèmes de mesures étant la même pour les trois bassins, on obtient pour chacun d'eux deux types de données :

- les volumes déposés dans les plages de dépôts (notés  $V_{DEP}$ ) ;
- les volumes transités en suspension à travers les barrages filtrants et mesurés par des préleveurs d'échantillon (notés  $V_{MES}$ ).

Le poids total d'érosion est obtenu (au niveau de l'événement ou à une autre échelle de temps) en cumulant les poids respectifs des volumes déposés et des volumes transités. Des mesures ponctuelles de la masse volumique des dépôts ont conduit à adopter  $1\ 700\ \text{kg/m}^3$  pour ceux-ci, de manière uniforme, alors qu'elle varie entre  $1\ 500$  et  $1\ 850\ \text{kg/m}^3$ . La masse volumique adoptée pour les volumes transités est  $2\ 650\ \text{kg/m}^3$ , c'est-à-dire celle de la marne qui est peu variable.

Le gros problème pour les trois sites est celui du faible nombre de mesures des volumes  $V_{MES}$ , lié à la difficulté de faire fonctionner correctement les préleveurs au cours des crues. En découle l'impossibilité d'obtenir les poids annuels d'érosion seulement à partir des mesures. Pour les trois bassins, il faut donc "complémenter" les mesures des volumes transités pour combler les données manquantes ; pour cela, des modèles statistiques ont été établis entre les volumes transités et diverses variables hydro-pluviométriques explicatives.

Les volumes déposés sont en général déterminés plus facilement. cependant lorsque des crues surviennent de manière très rapprochée, il n'est pas toujours possible d'avoir un relevé topographique pour chacune d'elles et on n'obtient dans ce cas que le cumul des dépôts pour les crues successives. Par ailleurs, les volumes déposés par chaque crue du Brusquet sont trop faibles pour être mesurables et la périodicité des relevés de volume déposé ne permet de connaître que le cumul sur une longue période. Ceci rendra donc l'analyse des volumes totaux d'érosion au Brusquet impossible au niveau événementiel.

#### 4. - MODELES STATISTIQUES DES VOLUMES TRANSITES AU NIVEAU EVENEMENTIEL

L'analyse des corrélations partielles existant entre les diverses variables explicatives possibles et les variables à expliquer, a conduit à retenir le volume transité  $V_{MES}$  comme variable explicative sur le Laval et la Roubine, et la concentration moyenne  $C_{MOY}$  sur le Brusquet. Les raisons de cette différenciation ne sont pas claires.

Comme variable explicative, l'analyse ne retient que le débit maximum  $Q_{MAX}$  pour le Laval et la Roubine, et pour le Brusquet, surtout l'intensité des pluies, avec en plus le débit maximum.

Le rôle respectif du débit et de l'intensité des pluies dans la fourniture d'érosion mérite donc d'être éclairci.

Les résultats obtenus sont les suivants (N = taille de l'échantillon,  $R^2$  = coefficient de détermination, régression curviligne).

$$\text{Brusquet : } C_{MOY} \text{ (g/l)} = 1.8 \cdot 10^{-6} \cdot Q_{MAX}^{1.334} \cdot i_{15}^{2.289} \quad N = 8 \quad R^2 = 0.98$$

$$\text{Laval : } V_{MES} \text{ (l)} = 2592 \cdot Q_{MAX}^{0.577} \quad N = 21 \quad R^2 = 0.85$$

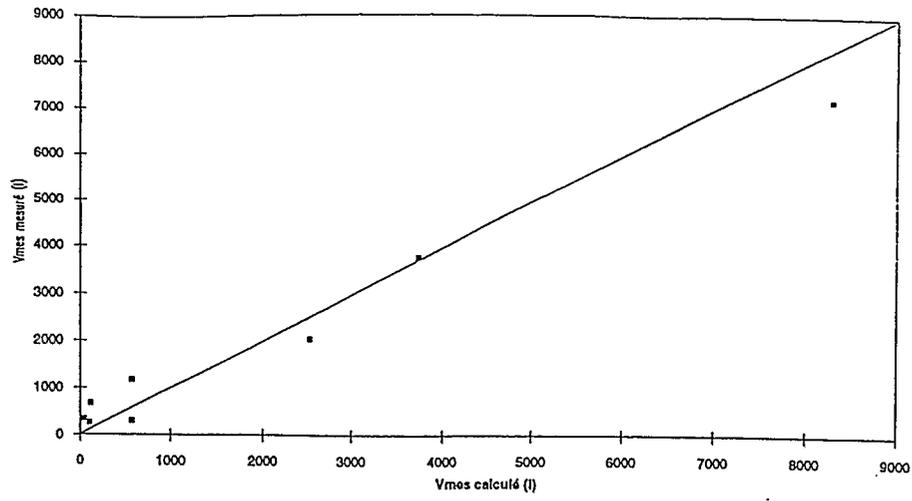
$$\text{Roubine : } V_{MES} \text{ (l)} = 8.99 \cdot Q_{MAX}^{1.38} \quad N = 16 \quad R^2 = 0.94$$

Le graphique 3 ci-dessous permet de juger de la qualité des régressions. Pour le Brusquet, la formule a été utilisée pour calculer la concentration moyenne dont on a déduit le volume transité calculé, qui peut alors être comparé au volume transité mesuré.

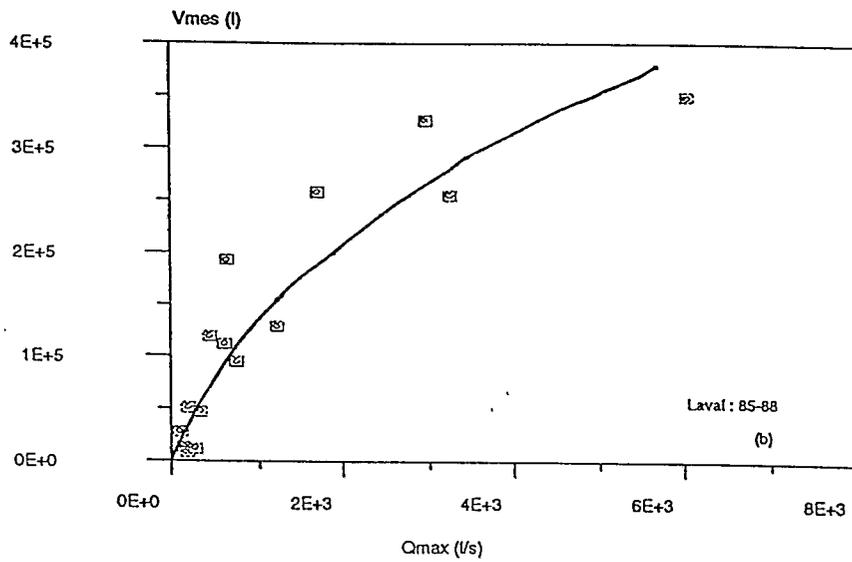
On voit que l'excellente régression obtenue pour le Brusquet est très fragile car elle n'est obtenue qu'à partir de huit points et la valeur maximum de l'échantillon, très supérieure aux autres, conditionne beaucoup, à la fois la régression et sa qualité. Il n'est donc pas impossible que de nouvelles mesures amènent à modifier ce modèle statistique. Pour le Laval et la Roubine, les modèles doivent être plus robustes. Leur validation sur les années 89-90 a d'ailleurs donné de bons résultats.

#### 5. - OBTENTION DES POIDS ANNUELS D'EROSION

Comme on l'a dit, le manque des données de volume transité  $V_{MES}$  pour de nombreux événements, interdit l'obtention directe des poids annuels d'érosion. Seul, le poids d'érosion déposé  $V_{DEP}$  est accessible. Pour obtenir le poids annuel d'érosion, deux méthodes sont possibles.

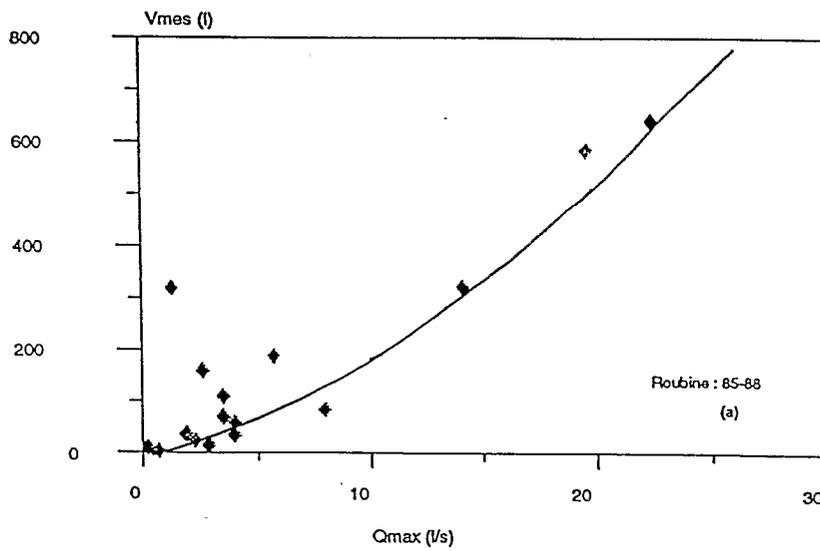


Brusquet 1988-1991



Laval : 85-88

(b)



Roubine : 85-88

(a)

Graphique 3

Graphique de corrélation des volumes transités pour le Brusquet, le Laval et la Roubine

### 5.1. - Complémentation des données manquantes de $V_{MES}$ par événements

En utilisant les modèles statistiques indiqués ci-dessus, on peut sans problème reconstituer les données de  $V_{MES}$ , manquantes et les cumuler annuellement, sauf bien sûr si les mesures limnigraphiques sont elles aussi manquantes. Ceci étant justement le cas pour l'année 1985, le poids total d'érosion de l'année 1985 n'a pu être obtenue par cette méthode.

Les résultats sont donc les suivants (tableau 2) où on les donne en tonne par an et par hectare de terrain nu.

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	Moyenne
Brusquet	-	-	-	<-----> Moyenne interannuelle : 2,12				2.12
Laval		144	160	146.4	102.3	270.1	-	165.
Roubine	108.9	248.7	168.7	175.3	84.2	164.3	-	158.

Tableau 2

Valeurs de l'ablation spécifique annuelle  
ramenée à l'hectare de terrain dénudé (t/ha.an).  
Complémentation par événements

Ce tableau montre que l'ablation unitaire, même si on la ramène à l'hectare de terrain dénudé, est de l'ordre de 80 fois plus petite sur le bassin boisé du Brusquet que sur les bassins dénudés. Cet écart serait évidemment bien supérieur si on ramenait le poids total d'érosion à la surface totale du bassin versant.

Ce tableau montre aussi que, si les moyennes interannuelles d'ablation sur le Laval et la Roubine sont les mêmes, l'écart est assez conséquent certaines années (1986, 1990).

### 5.2. - Complémentation globale des données manquantes de $V_{MES}$

Il existe des épisodes où on dispose simultanément des mesures des volumes déposés ( $V_{DEP}$ ) et des volumes transités ( $V_{MES}$ ). De plus, les données des volumes déposés ayant permis la mise au point de modèles statistiques de même nature que ceux qui ont été décrits précédemment pour  $V_{MES}$ , on a aussi pu reconstituer les données  $V_{DEP}$  manquantes là où on avait pu mesurer  $V_{MES}$ .

On a ainsi pu obtenir 22 épisodes à la Roubine et 19 au Laval, pour lesquels on possède simultanément une mesure de  $V_{MES}$  et une donnée (mesurées ou reconstituée) de  $V_{DEP}$ . On déduit de ces données les valeurs du rapport (en poids) : érosion transitée/érosion totale. Ce rapport est de 15 % pour la Roubine et de 60 % pour le Laval, avec toutefois une forte variabilité d'une crue à l'autre (écarts-types respectifs de 12 % et 19 %). Ce rapport serait égal à 80 % pour le Brusquet.

Connaissant les volumes annuels de dépôt, on peut donc leur appliquer des rapports multiplicateurs permettant de prendre en compte globalement les données des volumes transités. L'application de ces rapports (2.5 pour le Laval, 1.17 pour la Roubine, 4.30 pour le Brusquet), permet de dresser le tableau 3 ci-dessous.

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	Moyenne
Brusquet	-	-	-	←-----> 2.19				2.19
Laval	91.3	159.3	165.9	103.4	63.8	181.1	-	127.
Roubine	118.5	262.3	163.1	174.6	88.8	137.6	-	157.

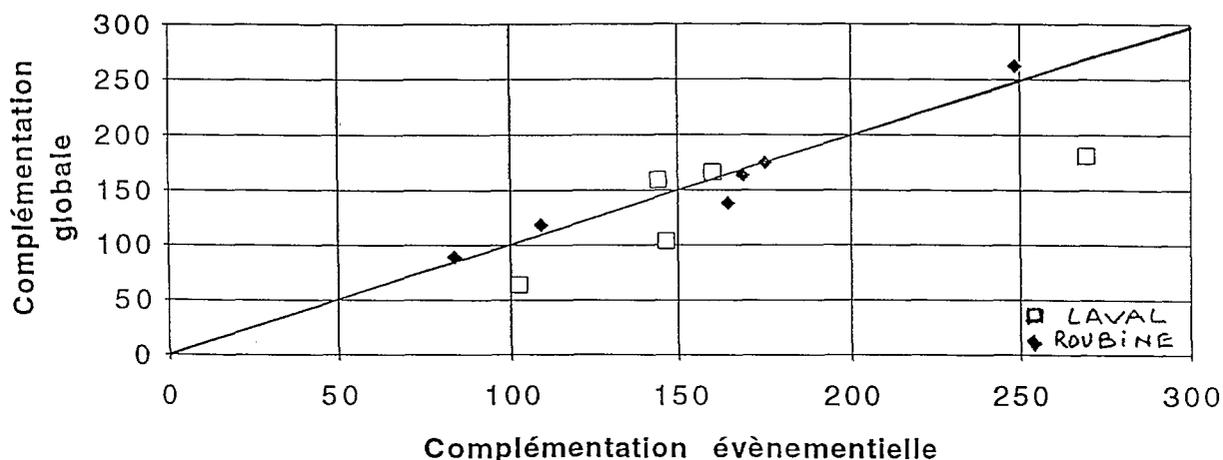
Tableau 3

Valeurs de l'ablation spécifique annuelle  
ramenée à l'hectare de terrain dénudé (t/ha.an).  
Complémentation globale

Cette méthode donne des résultats légèrement inférieurs à ceux qui sont obtenus avec la première méthode, mais globalement semblables et cohérents.

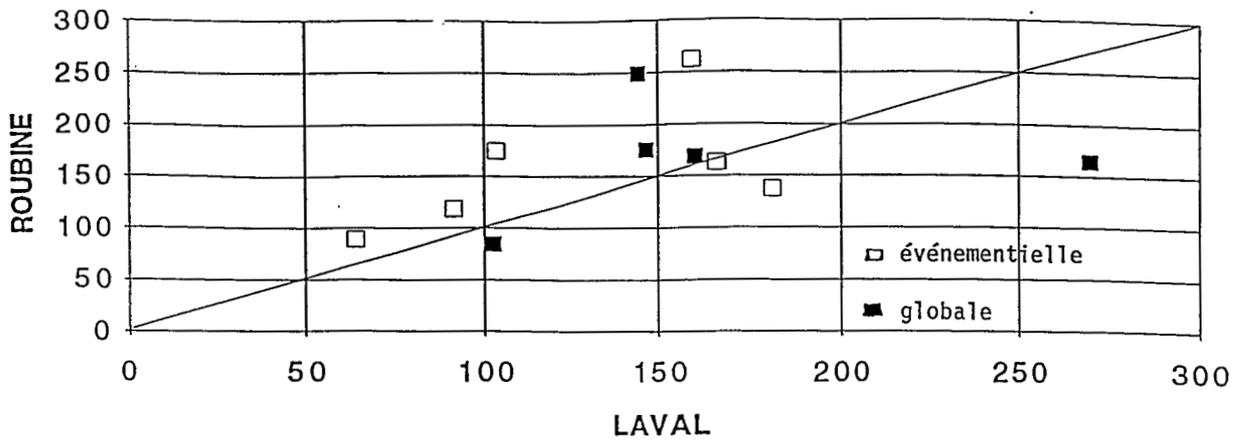
### 5.3. - Comparaison entre les deux méthodes

Les valeurs annuelles calculées figurent sur le graphique 4 pour chaque bassin. On voit que les deux méthodes sont très concordantes pour la Roubine et beaucoup moins pour le Laval. Pour savoir si l'une d'entre elle est préférable pour le calcul des érosions annuelles au Laval, on peut comparer le Laval et la Roubine pour chacune des deux méthodes (graphique 5). On voit que la dispersion est grande pour les deux méthodes ; on ne peut savoir s'il faut l'attribuer à la variabilité spatiale naturelle de l'érosion sur le Laval, ou aux méthodes de complémentation. On utilisera donc les résultats de ces deux méthodes pour calculer les fourchettes d'incertitude.



Graphique 4

Comparaison des valeurs annuelles d'érosion  
calculées par deux méthodes différentes

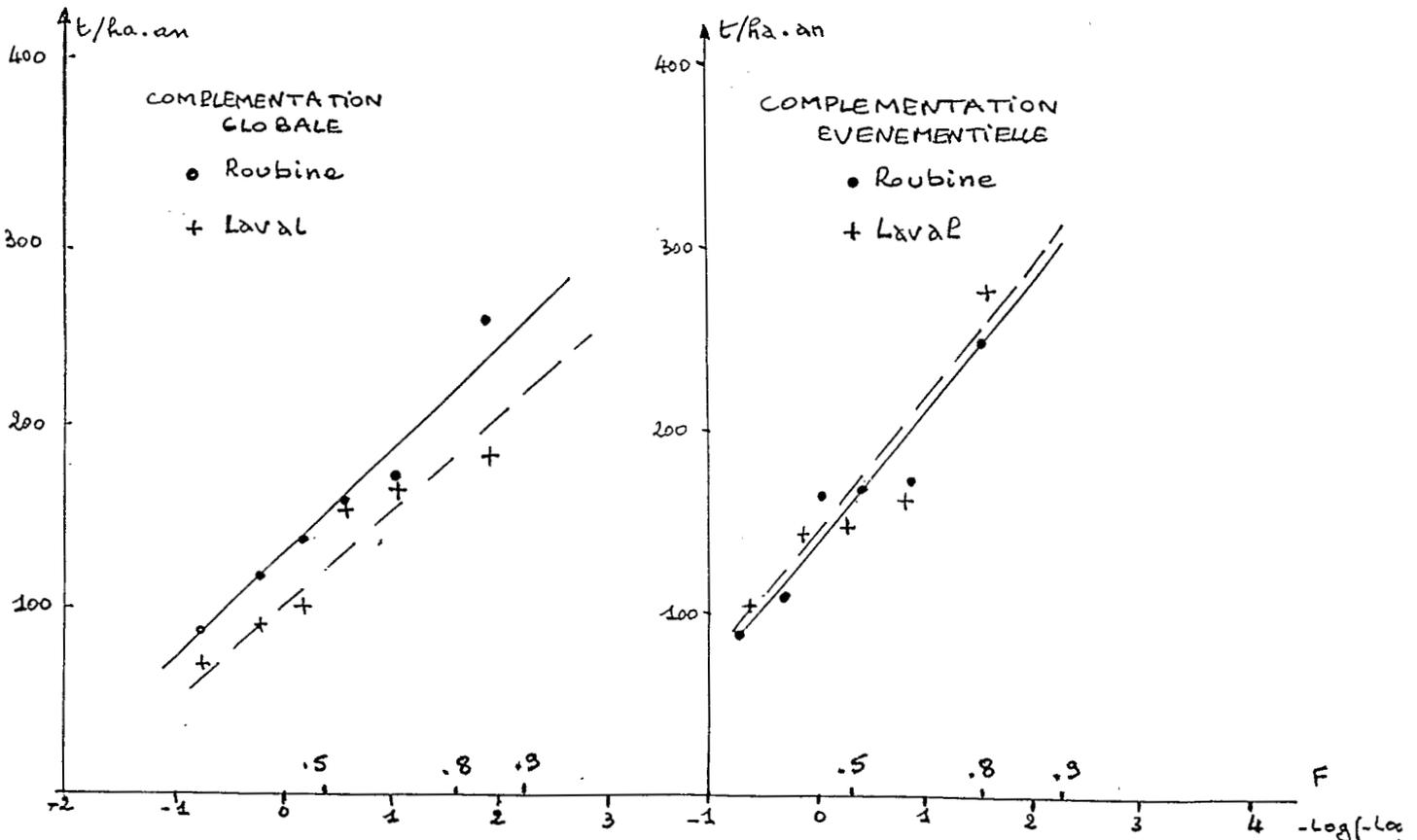


Graphique 5

Comparaison des résultats obtenus pour les deux bassins par les méthodes de complémentation événementielle et globale

## 6. - ETUDE STATISTIQUE DES EROSIONS ANNUELLES

On peut tracer les échantillons statistiques obtenus dans un graphique de Gumbel (graphique 4). On voit que les échantillons obtenus par la complémentation événementielle sont très proches pour les deux bassins et un peu moins pour la complémentation globale.



Graphique 6  
Loi statistique des ablations annuelles sur le Laval et la Roubine

Le tableau des valeurs annuelles caractéristiques, obtenues par un ajustement graphique sommaire, est présenté ci-dessous.

		Unité	Valeur moyenne	Durée de retour		
				2 ans	5 ans	10 ans
Ramené à l'hectare dénudé						
Laval	t/ha.an		127-165	120-170	180-250	220-310
Roubine	t/ha.an		144-158	150-160	210-230	250-300
Ablation de roche mère : $\rho = 2.65$						
Laval	mm		4.8-6.2	4.5-6.4	6.8-9.4	8.3-11.7
Roubine	mm		5.4-6.0	5.7-6.0	7.9-8.7	9.4-11.3
Ablation de la surface du sol $\rho = 1.3$						
Laval	mm		9.8-12.3	9.2-13	13.8-19.2	16.9-23.8
Roubine	mm		11.1-12.2	11.5-12.3	16.1-17.7	19.2-23.1

Ces valeurs doivent cependant être considérées avec circonspection, compte-tenu de la faible durée d'observation. La poursuite des mesures permettra d'affiner ces valeurs.

## 7. - CONCLUSION

Les mesures d'érosion réalisées sur ces trois bassins versants ont permis de montrer que la production d'érosion est considérablement plus faible à l'exutoire du bassin versant boisé : 80 fois plus faible si on la ramène à l'hectare de terrain dénudé.

Plus finement, on a pu mettre en évidence que la proportion de matière en suspension dans le volume total d'érosion était plus importante pour le Laval que pour la Roubine (effet d'échelle) et plus importante pour le Brusquet que pour le Laval (effet de la couverture végétale) : la dégradation des marnes au cours du charriage dans le bief du Laval augmente la quantité de matériaux fins, dégradation qui n'a pas le temps de se produire à l'intérieur de la ravine élémentaire qu'est la Roubine ; au Brusquet, il semble que les matériaux non dégradés sont retenus dans les biefs par la végétation bien avant leur arrivée dans la plage de dépôt.

Cependant, la faible quantité de mesures disponibles pour le Brusquet limite les possibilités de l'analyse qui devra être mise à jour lorsque des mesures complémentaires auront pu être réalisées. Les résultats obtenus sur le bassin versant du Moulin (8 ha) pourront également compléter cette analyse.



**Pour citer cet article / How to cite this article**

Meunier, M.; Mathys, N. - Panorama synthétique des mesures d'érosion effectuées sur trois bassins du site expérimental de Draix (Alpes de Haute-Provence, France), pp. 202-211, Bulletin du RESEAU EROSION n° 14, 1994.

Contact Bulletin du RESEAU EROSION : [beep@ird.fr](mailto:beep@ird.fr)