

REFLEXIONS SUR LA MESURE ET L'ESTIMATION DES BILANS D'EXPORTATION DE MATIERES SOLIDES EN ZONES SENSIBLES A L'EROSION

L'expérience des premiers travaux sur les bassins des marnes noires
du pic St Loup (Montpellier) et des Alpes du Sud (B.V. PACA)

J.C. OLIVRY *

Les études engagées par l'O.R.S.T.O.M., avec l'U.S.T.L. pour les bassins du Pic St Loup et le B.R.G.M. pour les bassins sur terres noires des Alpes du Sud (Projet PACA), ont un objectif scientifique commun : l'estimation des flux de sédiments à l'exutoire des bassins et la mise au point de méthodes de calcul des apports solides (modèles globaux dans un cadre régional, ici le cadre méditerranéen).

Les initiateurs du Projet PACA (groupe B.R.G.M.-O.R.S.T.O.M.) ont retenu trois bassins de quelques hectares de superficie dans la région de Serres-Laragne (Savournon, Mison et St Genis) et le bassin du Seignon à la Motte du Caire, d'une superficie de 4 km² en profitant pour ce dernier bassin du bilan de comblement d'une retenue aujourd'hui abandonnée (Combes, 1981). Nous avons depuis équipé un deuxième bassin à Savournon (1986) dont la surface couvre 0,9 km² (fig. 2 et 3).

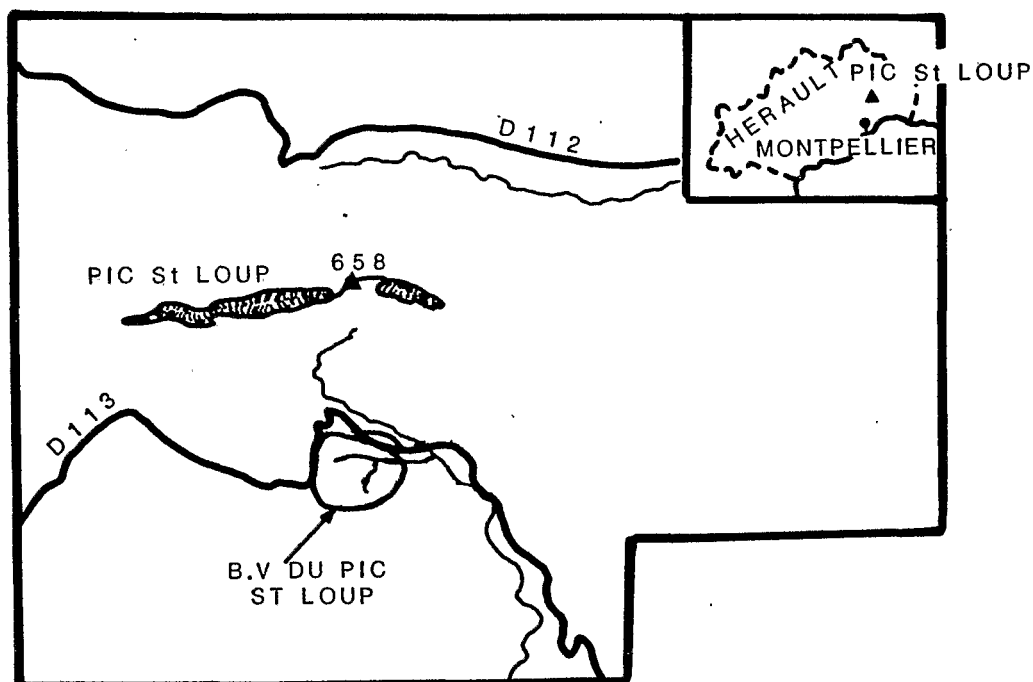
Au Pic St LOUP, nous avons équipé deux bassins dans la Combe de Morties : un bassin de 3 ha dont les résultats sont directement comparables à ceux des petits bassins "PACA" et un bassin de 0,6 km² (Fig.1).

Tous ces bassins ont en commun l'existence de bad-lands. Ceux-ci couvrent tout ou partie de leurs superficies (jamais moins de 30 %) et sont caractérisés par des ravines et croupes marneuses entièrement dénudées (sans végétation arbustive ou herbacée) particulièrement sensibles à l'érosion.

Les marnes noires sont du Lias (Toarcien) dans la région du Pic St Loup et du Jurassique supérieur (Callovo-Oxfordien) dans la région étudiée des Alpes du Sud.

(1) *Hydrologue de l'O.R.S.T.O.M. (Montpellier).*

Fig 1 : CROQUIS DE SITUATION DU BASSIN DU PIC SAINT LOUP



L'expérience de deux années de travaux sur ces bassins et les difficultés rencontrées amènent les quelques réflexions et orientations de recherche proposées ici.

I - LES PROBLEMES D'EQUIPEMENT

Sur ces bassins, trois paramètres principaux sont mesurés :

- les précipitations,
- les écoulements,
- les transports solides.

* L'équipement des bassins avec des pluviographes du types OEDIPE-ELSYDE (plus pluviomètres Association) permet une bonne connaissance du paramètre "précipitations", notamment au niveau des intensités de pointe des averses (pas de temps très fin important pour les pointes d'érosivité). Les défaillances sont rares et l'essentiel des lacunes tient à des actes de vandalisme.

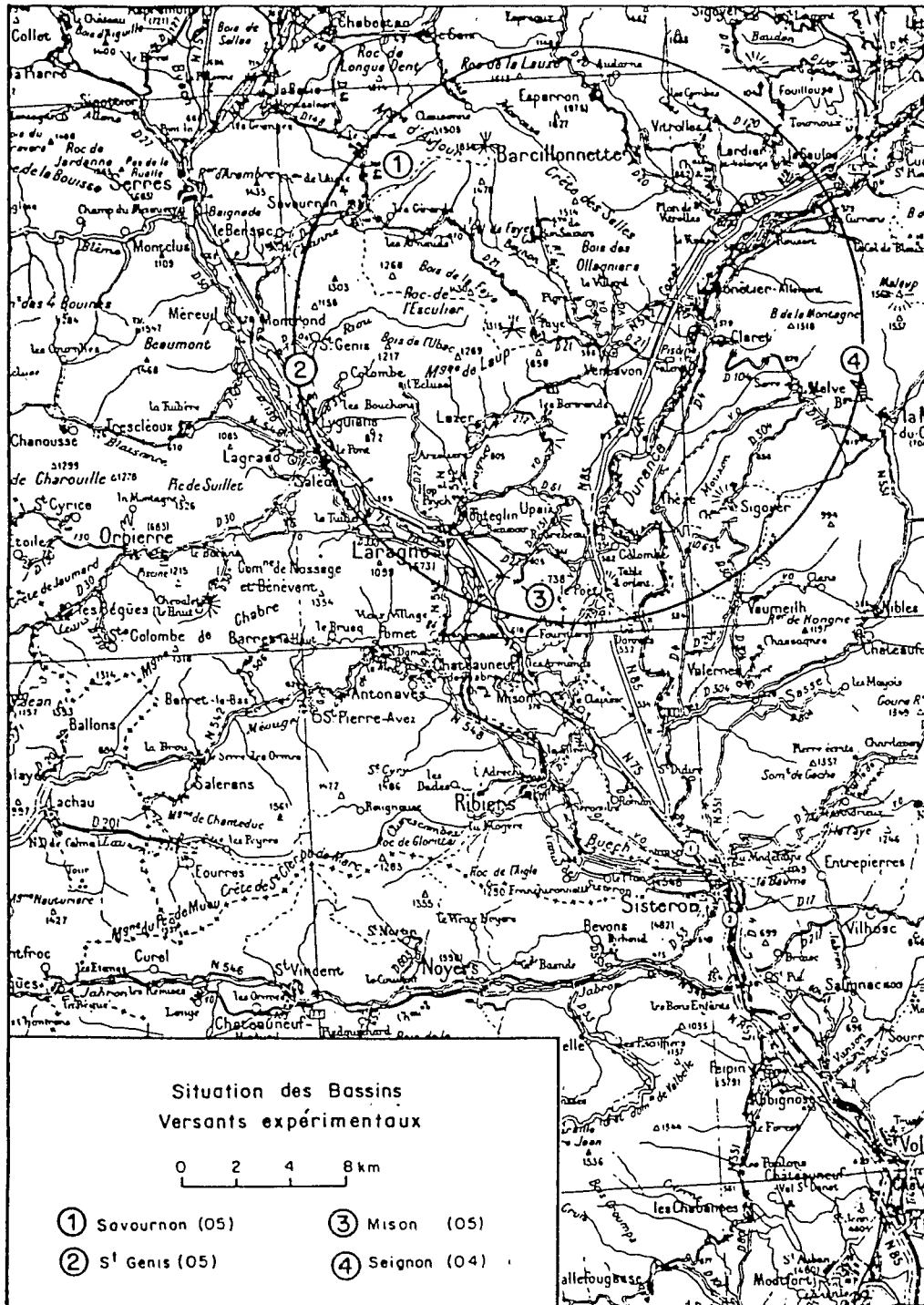
* En hydrométrie, il a été beaucoup plus délicat d'installer dans ce type de paysage des stations de mesure stables, faute de possibilités d'investissements suffisants en génie civil et du fait des difficultés d'accès. Les problèmes ont été particulièrement importants pour les stations de Savournon et St Genis avec des modifications permanentes du lit au niveau de la section de mesure. Des solutions ont été trouvées et seront testées à l'usage. Des stations stables (déversoirs, canaux de mesure ou seuils épais) ont été plus facilement obtenues au Pic St Loup, au Seignon, à Mison et à Savournon 2 où des aménagements complémentaires doivent conforter les installations existantes.

**Fig. 2 : SITUATION DES BASSINS VERSANTS EXPERIMENTAUX
DANS LA REGION PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR**



● Localisation des bassins versants

Fig. 3 : SITUATION DES BASSINS-VERSANTS EXPERIMENTAUX



* En limnigraphie, le test d'appareils nouveaux CHLOE-ELSYDE a entraîné de très nombreuses lacunes dans les enregistrements ; par exemple, les capteurs de pression sont très sensibles aux conditions d'utilisation des bassins étudiés : colmatage puis dessiccation de l'argile en dehors des phases d'écoulement, gel..., et nous avons dû concevoir des enceintes de protection... Ce test de matériels français (y compris la télétransmission Météosat et Argos) faisait partie du cahier des charges indiqué par le MRT et le MECV lors de l'établissement des conventions d'études ; (ce sera le côté positif de nos ennuis lorsque ceux-ci auront permis la recherche de solutions techniques débouchant sur des appareils plus performants).

* La mesure des transports solides, dans la première phase des travaux, a été envisagée au coup par coup et généralement de manière artisanale. Les concentrations de matière en suspension (MES) sont connues à la montée de la crue par un système de prélèvement de bouteilles à siphons existant à toutes les stations. Des pièges à sédiments aval ou amont retenant les matériaux grossiers dont on évalue le cubage par topographie sont installés sur les petits bassins. Leur remplissage rapide et les problèmes de vidange en limitent l'utilisation.

* Pour les suspensions, des préleveurs "décrue" type brésilien ou israélien sont en cours d'installation ; un préleveur en continu est en cours de construction et d'autres projets ont déjà dépassé le stade de la conception.

* En complément de ces équipements, nous devons ajouter la présence sur le terrain d'opérateurs qui ont souvent relayé les appareils défaillants au niveau des observations et des prélèvements. Cet investissement humain, prévu dès l'origine, explique que ce type d'études ait pu être envisagé avec un budget relativement modeste.

2 - L'ORIENTATION DES RECHERCHES

2.1. L'analyse des processus

Devant les difficultés rencontrées, la tentation était grande de s'orienter vers la seule analyse fine des processus et mécanismes de l'érosion. C'est un volet que nous avons d'ailleurs développé au niveau de l'observation et de la mesure sur les versants par le suivi de nombreux profils pour différentes pentes et expositions, que nous poursuivrons par des essais de simulation de pluies sur microparcelles et que le B.R.G.M. développe sur ravines élémentaires. Indéniablement, ces recherches ont un aspect intéressant ; elles ont en particulier l'avantage de permettre une définition précise de "l'érodible" et de connaître à travers la seule pluie les caractéristiques de "l'érosif".

Mais ce serait, à notre sens, une gageure que de vouloir intégrer tous les paramètres étudiés à cette échelle dans un modèle de calcul des flux de sédiments à l'exutoire d'un bassin, même de petite taille.

Citons quelques paramètres en vrac : exposition, pente des versants, orientation des versants par rapport au pendage, pétrographie (calcimétrie des marnes), sols, épaisseur de la zone d'altération, alternances gel-dégel, épisodes de dessiccation, intensités des pluies et énergie cinétique des gouttes, effet splash, apparition du ruissellement, gonflement des argiles,

imbibition en profondeur, compétence des ruisselets, stockage des matériaux sur les versants dans les drains primaires et déstockage suivant l'importance de l'écoulement....

2.2. L'observation des mécanismes de l'érosion

L'énumération incomplète qui précède rappelle la complexité des mécanismes. On peut ajouter à ces phénomènes les événements ponctuels susceptibles d'intervenir pour une bonne part dans le bilan annuel des exportations d'un petit bassin :

- phénomène de solifluxion, d'érosion rampante, glissements de terrain et éboulements d'abrupts ou de corniches.
- microcoulées de boue sur les versants, laves torrentielles au niveau des drains.

Tous ces phénomènes ont été observés sur les bassins PACA et en particulier à Savournon et à St-Genis ; ils mettent à disposition des drains hydrographiques un matériau qui sera exporté par les prochaines crues.

Donc, l'intégration de tous ces phénomènes plus ou moins aléatoires suppose bien que les bilans soient directement mesurés à l'exutoire de bassins d'une taille minimale (supérieure à quelques hectares).

L'observation d'événements pluvieux sur ce type de bassins montre une liaison étroite entre l'évolution de l'averse (intensités) et celle des concentrations en M.E.S. des écoulements.

En début d'averse, l'effet "splash" mobilise les particules libres à la surface des marnes sèches et par ruissellement apporte à la station la première pointe de concentration, classique dans tous les cas.

Puis, l'imbibition des marnes provoque rapidement un gonflement des argiles, la fermeture des fissures et une plus grande cohésion des marnes, avec diminution de l'infiltration ; le ruissellement s'intensifie et l'érosion qui avait diminué, va se développer suivant les filets du ruissellement et les rigoles observés sur les versants en suivant en intensité le hyéto-gramme de l'averse. Lorsque l'imbibition a gagné en profondeur, des mottes de marne altérée peuvent se détacher du versant ou atteindre leur limite de liquidité et rejoindre le lit du ruisseau. A ce niveau d'ailleurs, l'importance de l'écoulement en augmentant son pouvoir érosif va exporter des dépôts précédemment stockés et faciliter l'érosion des bas de versants.

Ceci signifie que l'estimation des M E S doit faire l'objet de prélèvements continus et que les méthodes artisanales citées ou les échantillonneurs existant dans le commerce ne répondent pas au problème posé. On doit prévoir soit un préleveur aboutissant à un échantillon moyen (prélèvements pondérés par le débit), soit une mesure en continu des concentrations avec un système couplé au limnigraphe (absorption d'un rayonnement Gamma).

2.3. Le problème de la mesure des transports solides : les pièges à sédiments

Déjà évoqué au niveau des M.E.S., le problème se pose aussi pour la mesure des matériaux plus grossiers ; on a préconisé l'installation de "pièges à sédiments" supposés arrêter les matériaux transportés par charriage ou saltation. De fait les grilles des pièges sont rapidement obstruées par les débris végétaux et une partie non négligeable de "fines" est également piégée. Des analyses granulométriques effectuées sur les dépôts recueillis dans des pièges naturels des bassins de la Combe de Morties et de Savournon avaient montré un pourcentage de 75 à 80 % d'éléments de diamètre supérieur à 2 mm. Les analyses faites depuis sur les pièges installés dans la Combe de Morties ont montré une part importante de "fines" (environ 40 % d'éléments de diamètre inférieur à 0,5 mm). Mais à Savournon, un premier piégeage en Mai 1985 donne 66 % d'éléments supérieurs à 2 mm et 75 % supérieurs à 0,5 mm ; la crue du 1/6/1985, à l'origine d'une lave torrentielle, a laissé derrière le piège 95 % d'éléments supérieurs à 2 mm ; à St-Genis, le pourcentage de "fines" est nettement plus élevé. Ceci pour dire que ces pièges stockent une part relativement importante, mais très variable, d'éléments fins généralement comptabilisés dans les matières en suspension.

Si le piège est en aval, les "fines" piégées ont déjà été comptées dans le bilan de M.E.S. à la station ; si le piège est à l'amont, le bilan des éléments "charriés" sera, sauf analyse granulométrique, exagéré par rapport à celui des M.E.S. Dans ce cas (Morties), le vidage naturel des pièges (le seul que nos crédits autorisent) interrompt la chronique d'observations... mais le débat est largement ouvert entre avantages et inconvénients des pièges aval et amont... le site du bassin est souvent décisif, mais les analyses granulométriques des dépôts devraient être systématiques.

La particularité des marnes est de se débiter en frites, plaquettes, puis paillettes et éléments fins pour passer aux suspensions et argiles d'autant plus vite que les teneurs en carbonate de calcium sont faibles. En quelques hectomètres, la part des éléments grossiers devient négligeable. Les éléments grossiers observés dans le lit à sec d'un ruisseau moyen proviennent, à l'exception des débris de filonnets de calcite et autres galets calcaires, des versants immédiatement amont. Nous en avons fait la preuve en 1986 en installant à l'aval de la station de Savournon 2 (0,9 km²), un piège qui n'a recueilli jusqu'alors que des limons fins et argiles. Une analyse des dépôts de la retenue du Signon conduirait aux mêmes résultats.

Dès lors, la gestion de pièges à sédiments ne se justifie que pour des petits bassins pour lesquels la part des éléments grossiers n'est pas négligeable ; ces études se rapportent alors davantage à celle des phénomènes amont.

A partir de quelques dizaines d'hectares, les bassins marneux ne produisent plus à leur exutoire que des matériaux fins (95 à 98 %) dont on peut évaluer les exportations par des méthodes classiques des écoulements et des concentrations en M.E.S. C'est dans cette voie que nous comptons nous orienter avec la mise au point de préleveurs en continu.

3 - RESULTATS PRELIMINAIRES ET CONCLUSIONS

Au Pic St Loup, un bilan a été évalué sur le petit bassin de la

Combe de Morties pour une année de juillet 1985 à juin 1986 (SIGHA, 1986).

Le poids total de matières exportées est de 71 tonnes pour 2 hectares de bad-lands (36 tonnes en M.E.S. et 35 tonnes en matériaux de diamètre supérieur à 0,5 mm. La dégradation spécifique est de 3 500 tonnes/km²/an ; la hauteur de roche érodée serait de 1,6 mm/an ; le maximum de concentration observé est de 54 g/l. Les calcimétries mesurées sur le bassin sont de l'ordre de 40 %. Deux événements pluvieux (40 mm les 5/10/1985 et 15/04/1986) ont fourni l'essentiel de l'érosion pour une année inférieure à la moyenne.

Sur les bassins du projet PACA, les concentrations en suspension peuvent être nettement plus élevées, même si de nombreux prélèvements, pour des événements pluvieux modestes il est vrai, restent compris entre 10 et 50 g/l à Savournon et St-Genis. A St-Genis, plusieurs échantillons ont atteint une concentration de 200/1000 et le record date de la fin septembre avec 465/1000. A Mison les concentrations sont plus faibles de même qu'au Seignon où l'on n'a jamais dépassé 10 g/l (décantation dans l'ancienne retenue).

Les bassins de Savournon et de St-Genis sont les plus productifs ; d'après les quelques mesures effectuées (M.E.S. et cubage dépôts), ils auraient pu fournir de l'ordre de 8 000 à 10 000 tonnes/km²/an, pour une année relativement déficitaire en automne. Les calcimétries mesurées sont de l'ordre de 30 % pour le Seignon, 21 % à Mison, 31 % à St-Genis et 14 % à Savournon. L'événement le plus marquant observé est l'averse du 1er juin 1985 qui a totalisé 48 mm à Savournon, précipités en 1 heure, et 32 mm en 36 minutes à St-Genis, avec des intensités très fortes (jusqu'à 130 mm/h pendant 5 minutes), averse qui a généré une lave torrentielle à Savournon et l'exportation de plus de 300 tonnes de sédiments (OLIVRY J.C., HOORELBECK J. 1985 ; DELHUMEAU M. 1985 ; HOORELBECK J. 1986).

En 1986 et 1987, une étude géomorphologique de détail a permis d'inventorier les différentes formes d'érosion susceptibles d'être observées sur les bassins (FANTHOU T., MARQUET A., 1987). Les auteurs ont rattaché ces observations à la description des paysages (cartes de végétation, lithologie, modelé et carte des pentes). L'analyse qualitative, si elle permet une compréhension des phénomènes, montre aussi le caractère aléatoire au niveau des bassins élémentaires des phases importantes de mobilisation de matériaux solides, et par suite les difficultés à chiffrer des bilans moyens de leur exportation.

En conclusion, le programme de nos travaux devrait s'orienter davantage sur la détermination des volumes écoulés et solides (M.E.S.) transitant aux stations et en particulier à celle de Savournon 2. L'objectif principal reste l'élaboration d'un modèle de bilan érosif aussi simple que possible prenant en compte la pluie (intensité, durée), la superficie des bad-lands dénudés du bassin (zone de production) et intégrant les données morphométriques et calcimétriques le cas échéant. Ce modèle de la dégradation moyenne annuelle ne saurait exclure l'événement exceptionnel susceptible d'évacuer une bonne part de la couche d'altération des versants des bad-lands.

BIBLIOGRAPHIE

- OLIVRY (J.C.), HOORELBECK (J.)** - 1985 - Mesure et évaluation de l'érosion et des transports solides sur bassins-versants des terres noires de la région PACA - Compte rendu des travaux réalisés en 1984 - (Infrastructures et équipements) Groupe d'Etude B.R.G.M. - O.R.S.T.O.M. Montpellier 13 p.
- DELHUMEAU (M.)** - 1985 - Note sur la pédologie du bassin du Seignon - O.R.S.T.O.M. Montpellier, 7 p.
- HOORELBECK (J.)** - 1986 - Projet "Erosion Bassins-Versants PACA". Compte rendu des travaux et observations 1985-1986 - Groupe d'Etudes B.R.G.M. - O.R.S.T.O.M. Montpellier.
- FANTHOU (T.), MARQUET (A.)** - 1987 - Erosion des terres noires des pays du Buëch et de la Moyenne Durance. Description géomorphologique des bassins-versants et mesures. Mémoire de Maîtrise- Université de Paris II.

①
Centre Interuniversitaire
d'Etudes Méditerranéennes
(Poitiers)

Actes
de la Table Ronde

**GEOMORPHOLOGIE ET DYNAMIQUE
DES BASSINS - VERSANTS ELEMENTAIRES
EN REGIONS MEDITERRANEENNES**

Organisée à Poitiers
(4-5 Décembre 1987)

PUBLIE AVEC LE CONCOURS DE L'UNIVERSITE DE POITIERS

Fascicule 12
ETUDES MEDITERRANEENNES

1988

ORSTOM Fonds Documentaire
N° : 30.483 ex 1
Cote : B M P 189