



HAL
open science

**La morphogénèse actuelle sur le piémont méridional de
la montagne Sainte-Victoire (Basse Provence) :
l'exemple du ravin de l'Aurigon**

Jean-Louis Ballais

► **To cite this version:**

Jean-Louis Ballais. La morphogénèse actuelle sur le piémont méridional de la montagne Sainte-Victoire (Basse Provence) : l'exemple du ravin de l'Aurigon. [Rapport de recherche] U.R.A. 903 C.N.R.S., Aix-en-Provence, France. 1997, 27 p. hal-01573168

HAL Id: hal-01573168

<https://amu.hal.science/hal-01573168>

Submitted on 8 Aug 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**Ministère de l'Éducation Nationale, de la Recherche et de la
Technologie
Centre National de la Recherche Scientifique
Contrat MRT n° 92 G 0279**

**LA MORPHOGENESE ACTUELLE SUR LE PIEMONT
MERIDIONAL DE LA MONTAGNE SAINTE-VICTOIRE
(BASSE PROVENCE) :
L'EXEMPLE DU RAVIN DE L'AURIGON**



**Jean-Louis BALLAIS
Centre Aixois de Géographie Physique (CAGEP-URA903 CNRS)
Université de Provence**

**LA MORPHOGENESE ACTUELLE SUR LE PIEMONT
MERIDIONAL DE LA MONTAGNE SAINTE-VICTOIRE
(BASSE PROVENCE) :
L'EXEMPLE DU RAVIN DE L'AURIGON**

1 - Introduction

A la suite du terrible incendie du 28 août 1989 au cours duquel environ 5 000 hectares de forêts et de garrigues ont été détruits, un vaste programme de recherches scientifiques a été déclenché. Dans ce cadre, j'ai proposé deux groupes de travaux : un premier sur l'évolution de la morphogénèse pendant l'Holocène et un deuxième sur les conséquences de l'incendie sur la morphogénèse. Le premier ensemble de travaux s'est déroulé en étroite collaboration avec les archéologues aixois et n'a pas rencontré de difficultés importantes car il ne nécessitait pas d'infrastructures particulières. Il a donné la matière à un mémoire de D.E.A. (Ruiz, 1991), un mémoire de maîtrise (Crambes, Sandoz, 1991) et deux publications (Ballais, Crambes, 1992, 1993).

Le deuxième ensemble de travaux exigeait de pouvoir reconnaître et suivre au cours du temps un certain nombre de processus et de pouvoir les quantifier, au moins en partie. Dans cette perspective, des équipements sous forme de piquets ont été placés dans trois ravins (Roque Vaoutade, Deux Aiguilles et Aurigon) et un ravineau du piémont méridional. Le suivi des ravins de Roque Vaoutade et des Deux Aiguilles, pendant les années 1989 à 1992 inclus a donné lieu à deux mémoires de maîtrise (Bosc, 1990; Crambes, Sandoz, 1991) et à deux publications (Ballais, Bosc, Sandoz, 1992; Ballais, 1993). Les taux d'érosion étant redevenus très comparables à ceux d'avant l'incendie, le suivi systématique des ces deux ravins a été abandonné. Le ravin de l'Aurigon présentait des caractéristiques si intéressantes (cf. ci-dessous), que j'ai souhaité pouvoir l'équiper d'une station de mesures comprenant un seuil maçonné, un limnigraphe et un préleveur automatique d'échantillons, couplés avec un pluviographe. Les rapports intermédiaires ont montré les nombreuses et successives difficultés rencontrées par ce projet. Fort heureusement, l'équipement en piquets a pu être maintenu en place depuis octobre 1991, si bien que nous disposons actuellement d'une durée d'observations et de mesures de 6 années, ce qui est encore malheureusement assez rare. L'installation de la station de mesures pendant l'été 1996 a permis de redynamiser les recherches qui viennent de donner lieu à deux mémoires de D.E.A. (Passinring, 1997; Slimi, 1997) et à un mémoire de maîtrise (Cuiet, 1997).

2 - Le ravin de l'Aurigon, un ravin d'âge historique :

Le ravin de l'Aurigon est un minuscule organisme hydrographique du

piémont sud-ouest de la montagne Sainte-Victoire, en Basse Provence, immédiatement à l'est d'Aix-en-Provence (fig. 1) (coordonnées Lambert : $x = 859,8$, $y = 3141$). Grossièrement orienté nord-sud, long de 80 m, affluent du ruisseau de Riouffe lui-même sous-affluent de l'Arc, il est totalement entaillé dans des argilites à bancs de brèches du Crétacé supérieur dépourvues de végétation (fig. 2). Son bassin-versant a une superficie de l'ordre de 1 ha avec une dénivellation de 46 m entre 296 m et 250 m.

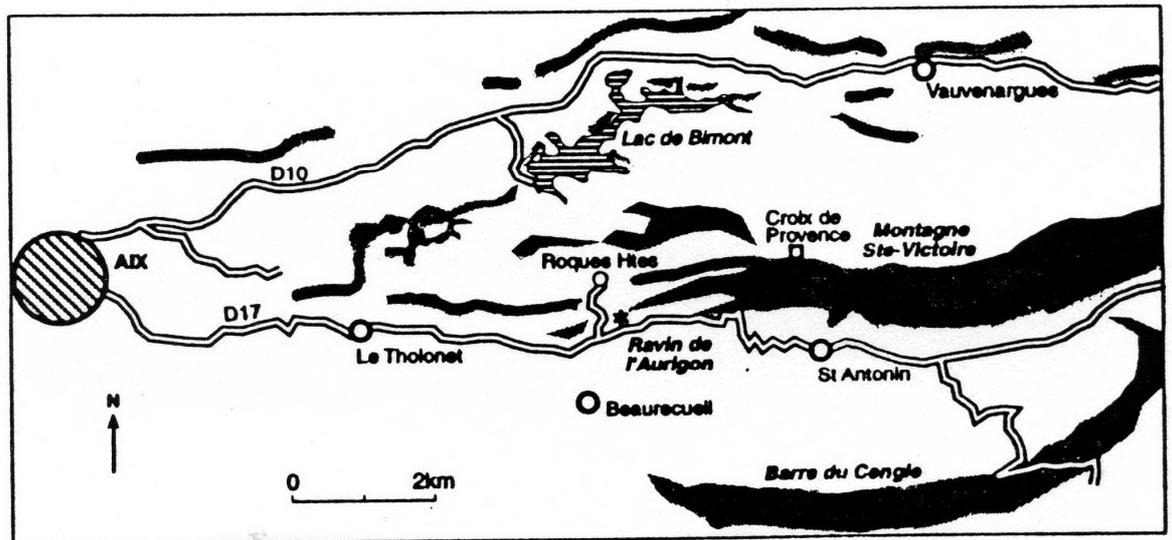


Fig. 1 : Carte de localisation du ravin de l'Aurigon.

Le choix de ce ravin pour l'installation d'une station de mesure de l'érosion a été largement orienté par l'existence de vestiges importants de l'aqueduc romain dit de Saint-Antonin, réalisé pour l'alimentation de la ville d'Aquae Sextiae. Construit en suivant les courbes de niveau, l'aqueduc est aujourd'hui coupé par le ravin dont il domine de trois mètres le talweg. Considérant que l'entaillage de l'aqueduc ne peut être antérieure à l'arrêt de son fonctionnement, soit probablement au cours du V^{ème} siècle de notre ère (P. Leveau, communication orale), la moyenne de la vitesse d'entaillage du ravin a donc été de 2 mm/an pendant environ 1 500 ans. Cette valeur moyenne permettra de mettre en perspective historique les résultats des mesures.

Outre le ravin lui-même, on peut distinguer trois géotopes principaux (Passinring, 1997) de l'amont à l'aval : au pied de la corniche bréchique sommitale, à l'amont de l'aqueduc romain et à l'aval de cet aqueduc.

2.1 - Le climat :

Le ravin de l'Aurigon et les géotopes proches appartiennent à l'étage subhumide du climat méditerranéen. Le ravin est équipé d'un pluviographe depuis juillet 1996, mais les données qu'il fournit ne sont fiables que depuis août 1997. En conséquence, et depuis octobre 1991, les données pluviométriques proviennent

des stations météorologiques proches : Trets, sur le piémont sud-est de la montagne Sainte Victoire, et Vauvenargues, sur le piémont nord. Il a fallu suppléer aux pannes de ces stations automatiques par les données d'Aix-Galice, en particulier quand elles ont été foudroyées.

Les températures moyennes mensuelles au Tholonet et à Rousset varient de 5-7°C en janvier à 21,5-23°C en août : le minimum de saison froide se marque par trois mois en dessous de 10°C au Tholonet et cinq à Rousset, alors que deux mois à Rousset et cinq au Tholonet ont des températures supérieures à 20°C. A Aix-en-Provence, le nombre de jours de gel atteint 52 par an. A Rousset, il ne tombe que 583,2 mm par an, alors que les précipitations moyennes annuelles atteignent 630 mm (en 80 jours) à Aix-en-Provence.

2.2 - Le substratum et les formations superficielles :

Le ravin de l'Aurigon est principalement entaillé dans les argilites rougeâtres (5 YR 6/6) du Montien (Crétacé supérieur). Des analyses effectuées à quelques kilomètres, au "gué" amont du Bayon (Ballais, Crambes, 1992) montrent que ces roches contiennent 14,84% de silice, 4,18% d'alumine, 1,95% d'oxyde ferrique et 39,39% d'oxyde de calcium. Ces roches sont cohérentes et présentent localement des bancs massifs et homogènes qui peuvent atteindre jusqu'à 1,80 m d'épaisseur. Elles comportent aussi des lentilles très plates constituées de concentrations de carbonate de calcium sous forme diffuse ou en nodules, horizons de paléosols contemporains de la sédimentation. Les argilites sont parcourues par un réseau de cassures (fig. 3) constituées principalement de diaclases et de fractures, voire de failles dues aux phases tectoniques qui ont affecté la montagne Sainte Victoire.

Dans la partie amont, des bancs et des lentilles de brèches s'individualisent au sein des argilites. Constituées de cailloux calcaires anguleux pris dans un ciment calcaire gris, ces brèches ont une épaisseur de 1 m à 1,80 m. Elles induisent les cascades de la tête du ravin mais jouent un rôle très faible dans les processus morphogéniques, du fait de leurs affleurements très réduits et localisés.

A l'amont de l'aqueduc et sur les pentes fortes, les formations superficielles se réduisent à des blocs, éboulés des corniches de brèches puis fragmentés. Les têtes de glacis de bas de versant concaves s'amorcent un peu à l'amont de l'aqueduc et les glacis se prolongent vers l'aval jusqu'au ruisseau de Riouffe qu'ils dominent d'environ 2 m. Ils sont recouverts de formations colluviales épaisses d'environ 1,50 m (fig. 4) dont la partie supérieure, à l'ouest du ravin, se caractérise par un pavage dense.

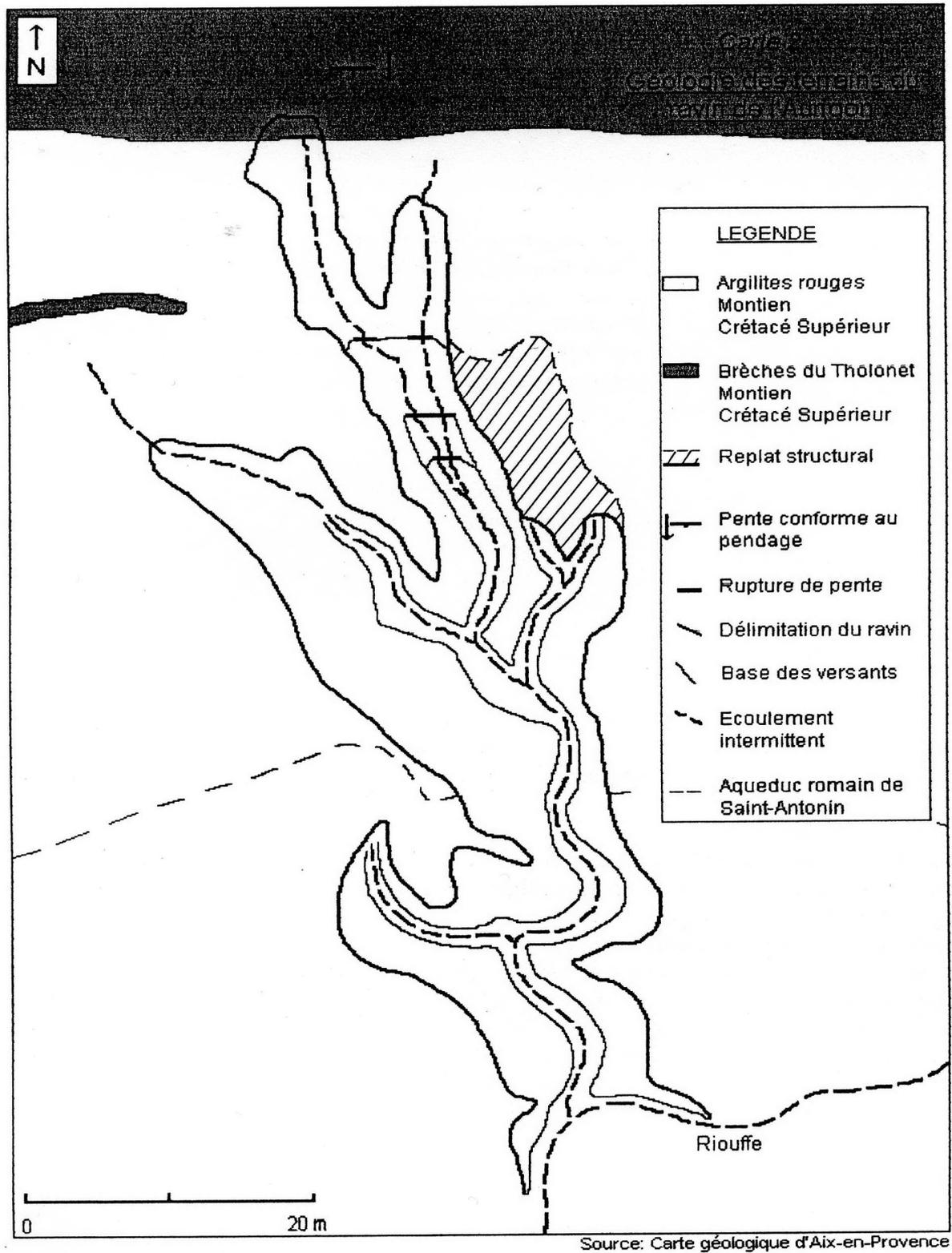


Fig. 2 : Carte lithologique du ravin de l'Aurigon.

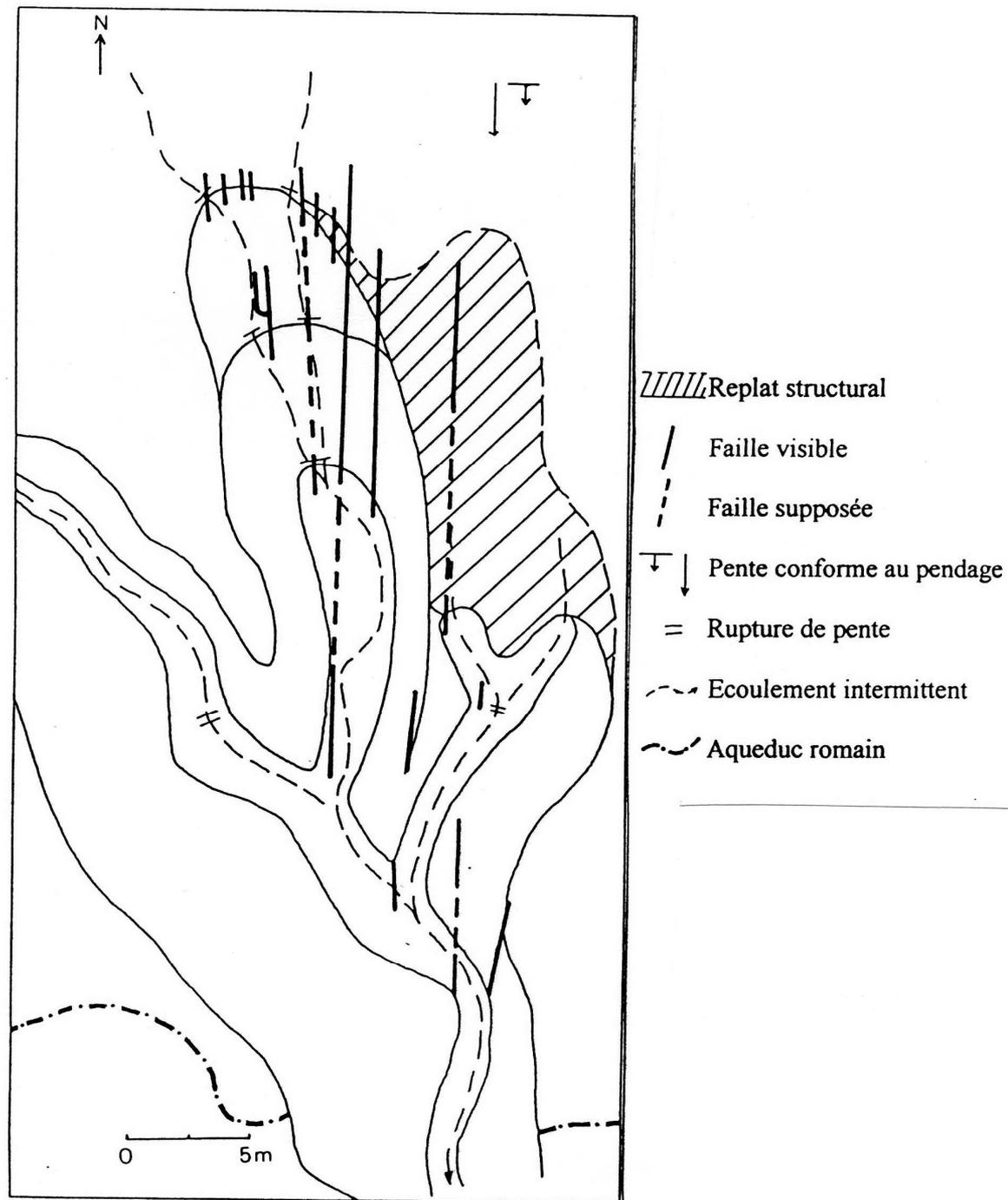


Fig. 3 : Structure du substratum du ravin de l'Aurigon.

2.3 - Une couverture végétale absente ou résiduelle :

Dans le ravin, à l'exception de très rares touffes ou de jeunes pins d'Alep qui ont germé depuis l'incendie de 1989 et ne dépassent pas un à deux décimètres de haut, la couverture végétale est nulle et ne protège pas du tout le substratum ou les formations superficielles de la météorisation. En bordure du talweg, on observe *Rosmarinus officinalis*, *Aphyllantes monspelliensis*, *Lavandula latifolia* et

Globularia alypum.

De part et d'autre du ravin, la végétation a subi l'impact des récents incendies. Elle s'organise de l'amont à l'aval (Passinring, 1997) :

- au pied de la corniche de brèches, le taux de couverture végétal est réduit à 29%. Les principales espèces représentées sont *Stipa joncea*, *Aphyllantes monspelliensis*, *Fumana spachi*, *Rosmarinus officinalis* et *Pinus halepensis*; l'aire minimum de la formation est réduite à 64 m²,

- l'aphyllaneto-stipa joncea est une association plus riche en espèces (33) et dans laquelle se développent les phanérophtes. Localisée sur une pente moyenne de 21°, son taux de recouvrement s'élève à 47%. Elle comprend les mêmes espèces que l'association d'amont, plus *Quercus coccifera* sous forme de buissons isolés,

- l'aphyllanthium colonise les pavages des glacis. Cette association est un peu moins riche que la précédente (29 espèces) et comprend surtout l'Aphyllantes de Montpellier (40%); les espèces accessoires comprennent *Fumana spachi* (16%) et le romarin (10%); les espèces rares sont : *Brachypodium retusum* (1,5%), *Thymus vulgaris* (1,5%) et *Juniperus oxycedrus* (3%). Le taux de couverture est le plus important des trois associations : environ 60%.

2.4 - Des sols absents ou peu développés :

Dans le ravin et au pied de la corniche sommitale, les sols s.s. sont absents. Une pédogénèse n'a pu se développer que dans les couvertures colluviales des glacis, en particulier en rive gauche du ravin (fig. 4) (Ballais, Crambes, 1992, 1993). Les analyses géochimiques montrent un profil pauvre en matière organique (moins de 1%). Les forts taux de CaO et les faibles taux de SiO₂, Al₂O₃ et Fe₂O₃ des deux dépôts inférieurs (tableau 1) pourraient indiquer une pédogénèse peut-être polyphasée ou, au moins, plus importante qu'en rive droite du ravin où les colluvions holocènes contemporaines n'ont pas connu de perturbation de leur régime hydrique par suite du blocage de la nappe phréatique effectué par l'aqueduc.

Echantillon	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	MnO
Ad	20,59%	6,41%	2,49%	0,90%	32,67%	0,90%	0,15%	25%	0,06%
Ac	9,32%	6,45%	1,58%	0,89%	42,90%	0,47%	0,09%	0,13%	0,06%
Ab	11,48%	4,06%	1,72%	1,04%	42,88%	0,53%	0,05%	0,15%	0,02%
Coupe A									
B3	17,86%	4,99%	1,97%	0,95%	36,02%	0,72%	0,08%	0,18%	0,04%
B2	25,85%	8,01%	2,90%	1,26%	29,34%	1,13%	0,09%	0,33%	0,04%
B1	22,85%	7,11%	2,60%	1,16%	32,32%	1,00%	0,11%	0,24%	0,04%
Coupe B									

Tableau 1 : Composition chimique des colluvions du ravin de l'Aurigon.

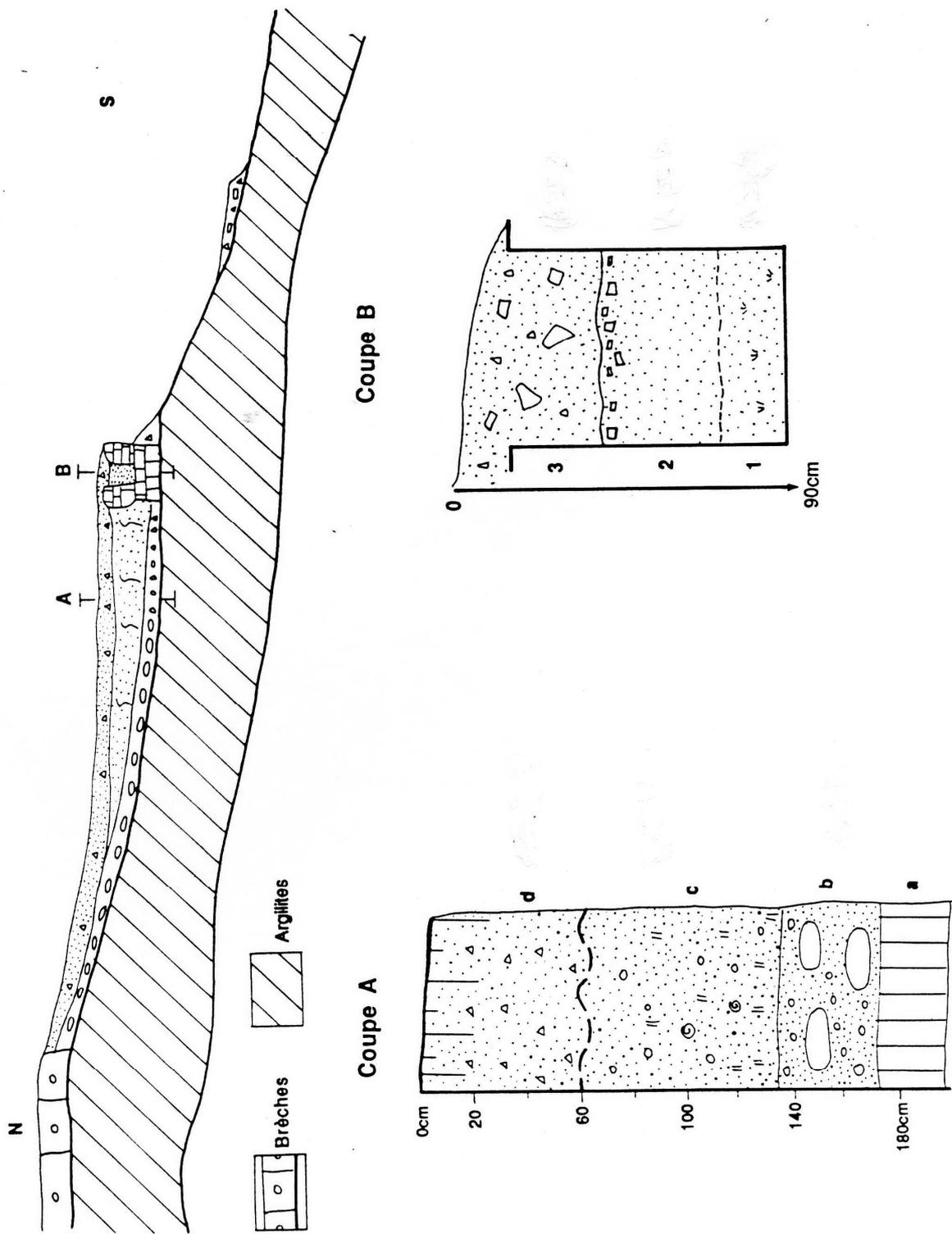


Fig. 4 : Coupe des colluvions holocènes de rive gauche du ravin de l'Aurigon.

3 - Les dispositifs de mesure expérimentaux :

L'élaboration de la station de mesure s'est donc effectuée en deux étapes : la première, commencée en octobre 1991, et qui perdure aujourd'hui, et la deuxième qui a commencé en juillet 1996.

3.1 - Le dispositif d'origine : la méthode des piquets :

Avant l'été 1996, l'équipement principal était constitué par 42 piquets de mesures enfoncés en certains points du ravin (fig. 5), permettant ainsi de mesurer l'ablation et l'accumulation depuis octobre 1991. A partir de l'été 1996, l'installation du seuil a provoqué la destruction ou surtout l'abandon de certains postes. En effet, ceux-ci se trouvaient alors soit immédiatement à l'amont du seuil (piquets 10 et 25), soit à l'aval (fig. 5) et donc dans une situation perturbée par celui-ci et non comparable à la situation antérieure (piquets 1 à 9).

Les piquets ont été répartis de façon à mesurer le comportement des talwegs et versants du ravin : 3 piquets ont été placés dans le lit mineur du ruisseau de Riouffe, au confluent avec le ravin, les piquets 42, 41, 40, 37, 32, 25, 9 et 4 ont été placés dans le talweg, de l'amont à l'aval; les piquets 22, 13 et 10 dans le talweg de l'affluent de rive droite. Tous les autres piquets ont été placés sur les versants du ravin, soit dans des rigoles (piquets 5, 6, 7, 8, 16, 17, 18, 19, 26, 27, 28, 29), soit entre les rigoles (piquets 11, 12, 14, 15, 20, 21, 23, 24, 30, 33, 34, 35, 36, 38, 39).

La répartition des piquets a tenu compte également des différences d'orientation des versants, susceptibles d'influencer les processus liés au bilan hydrique et thermique : adret (piquets 14, 15, 16, 17, 23, 24), ubac (piquets 11, 12, 18, 19, 20, 21), versant occidental (piquets 5, 6, 28, 29, 30, 31, 35, 36) et versant oriental (piquets 7, 8, 26, 27, 33, 34, 38, 39). Enfin, les piquets ont toujours été placés par groupes : groupes de deux avec un piquet à l'amont et un à l'aval sur la même ligne de plus grande pente, ou transects de 5 piquets (11 à 15 et 20 à 24) (fig. 5).

Très vite, dès la fin de 1991, il est apparu qu'il n'était pas possible de limiter les mesures effectuées à une seule par piquet, dès l'instant où ce dernier était implanté sur une pente forte : l'évolution différentielle de la face amont et de la face aval a imposé deux mesures à chaque fois, une sur chaque face. Cette mesure de hauteur a été effectuée, en principe, après chaque pluie considérée comme susceptible d'avoir provoqué un écoulement puis, à partir de janvier 1997, il a été possible d'effectuer, en plus, une mesure chaque semaine qui a permis de mieux cerner le rôle d'autres processus morphogéniques tels que le gel et la gravité.

Outre les problèmes méthodologiques déjà reconnus concernant la méthode des piquets (discussion et références bibliographiques dans Goudie, 1990), le principal

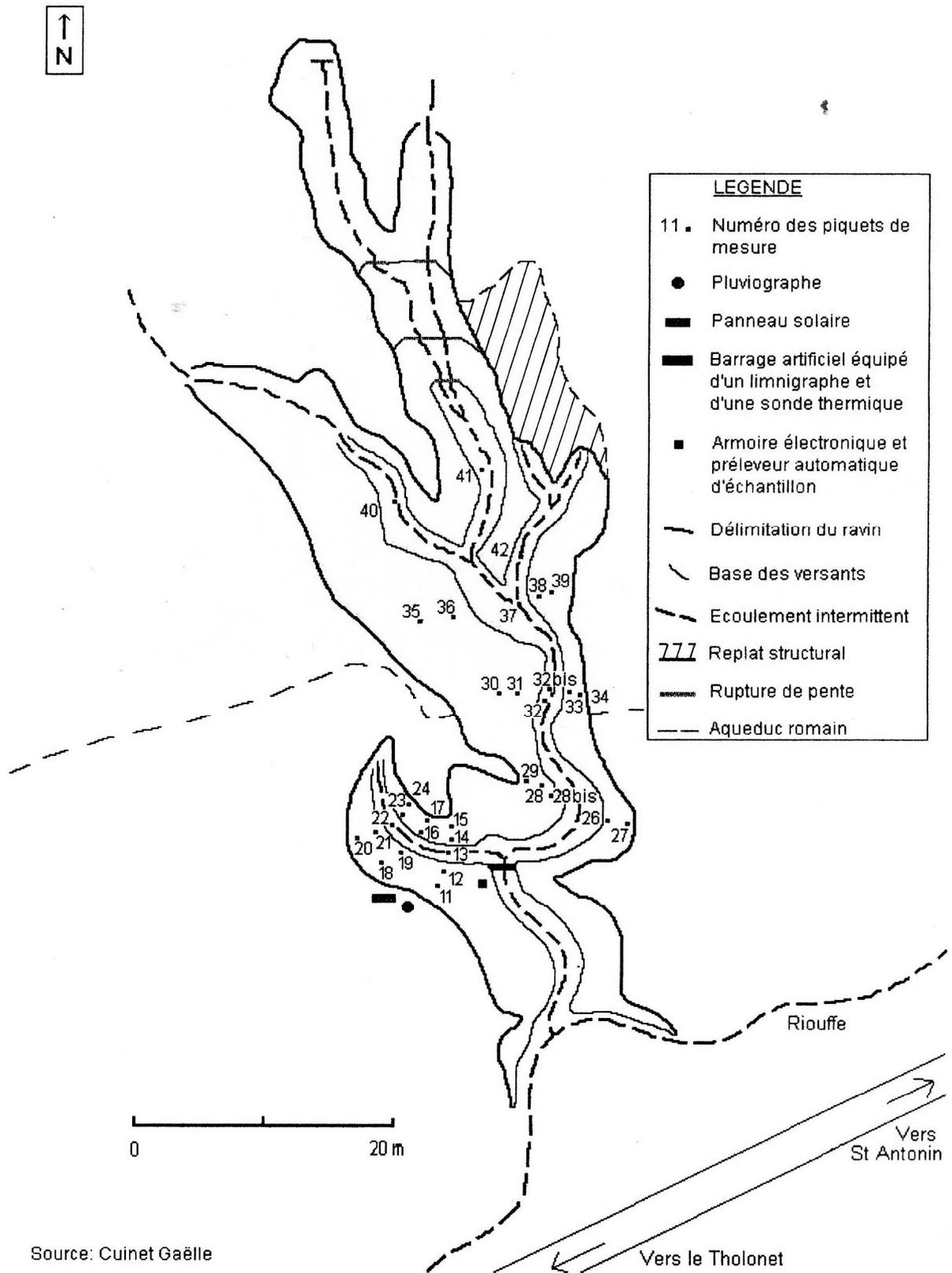


Fig. 5 : Localisation des postes de mesure.

problème méthodologique a été constitué par l'instabilité des piquets : pour 42 postes d'observation, il a fallu utiliser 327 piquets au total, dont 275 entre octobre

1991 et février 1996. Cette instabilité provient surtout de causes naturelles dans les talwegs : la force de cisaillement du courant est responsable de la majorité de la consommation par poste. Dans les rigoles, l'arrachage par les nombreux promeneurs s'ajoute à cette cause naturelle. Sur les interfluves entre ces rigoles, la part de l'intervention humaine devient prépondérante : pendant la période d'octobre 1991 à février 1996, il a fallu utiliser autant de piquets par poste (6,2 en moyenne) que dans les rigoles, alors que les processus d'ablation sont beaucoup moins efficaces (cf. ci-dessous). Remarquons cependant une nette amélioration récente en deux temps : d'abord après février 1996 (mais c'est peut-être un artefact) et, surtout, depuis l'installation de la station de mesure et du panneau explicatif qui l'accompagne : les lacunes de mesures sont réduites à 16 entre novembre 1996 et juin 1997. Une dernière incertitude importante est liée à la réimplantation des piquets disparus ou tombés : incertitude de la localisation à quelques millimètres près, voire quelques centimètres près, ce qui peut changer les bilans dans des rigoles et talwegs très étroits, et nouvelle perturbation du matériau provoquée par l'enfoncement du nouveau piquet.

Au total, 3 577 mesures ont été effectuées en 79 séries, mais la plus longue période de mesures sans interruption ne dépasse pas 51 séries, l'ensemble de la période présentant 364 lacunes.

3.2 - Les bilans :

Ces bilans sont présentés à quatre échelles temporelles : l'ensemble de la période, l'échelle annuelle, l'échelle saisonnière et l'échelle événementielle.

3.2.1 - A l'échelle de l'ensemble de la période, le tableau 2 indique le bilan piquet par piquet et le tableau 3 le bilan par ensembles homogènes.

Le bilan général indique une tendance très marquée à l'ablation sur les versants, quelle que soit l'orientation de ces versants. Le résultat le plus surprenant concerne le talweg principal qui montre, tout au contraire, une tendance à l'accumulation. Dans le détail, il apparaît que l'ablation est plus forte entre les rigoles que dans les rigoles elles-mêmes (tableau 3). Certes, en moyenne, cette différence n'est pas très importante (7 mm) mais elle est significative, ce qui pose le problème de l'efficacité du ruissellement.

Le tableau 4 permet d'affiner les conclusions tirées du tableau précédent car s'il confirme la tendance à l'ablation sur les interrigoles, il montre des comportements différenciés des rigoles. Les rigoles d'ubac et du versant oriental creusent, plus à l'amont qu'à l'aval, en fonction de la pente. En revanche, les rigoles d'adret creusent à l'amont et accumulent à l'aval, ce qui peut être interprété, à un premier niveau, comme une accentuation de la tendance des rigoles précédentes. Le comportement des rigoles du versant occidental, caractérisé par une accumulation d'amont et une ablation d'aval, la plus marquée de toutes les entailles, ne peut se comprendre qu'en faisant intervenir d'autres processus que le ruissellement dans la partie amont du versant.

Numéro du piquet	Bilan total	Observations
1	- 37 mm	arrêt en février 1996
2	+ 115 mm	arrêt en février 1996
3	+ 94 mm	arrêt en février 1996
4	- 6 mm	arrêt en février 1996
5	- 56 mm	arrêt en février 1996
6	+ 40 mm	arrêt en février 1996
7	- 19 mm	arrêt en février 1996
8	- 46 mm	arrêt en février 1996
9	+ 3 mm	arrêt en février 1996
10	- 1 mm	arrêt en février 1996
11	+ 90 mm	
12	+ 71 mm	
13	-106 mm	
14	- 45 mm	
15	- 31 mm	
16	+ 14 mm	
17	-45 mm	
18	- 65 mm	
19	- 22 mm	
20	-175 mm	
21	- 95 mm	
22	- 22 mm	
23	+ 7 mm	
24	- 18 mm	
25	- 35 mm	
26	-75 mm	
27	- 24 mm	
28	+ 51 mm	
29	+ 18 mm	
30	- 62 mm	
31	+ 39 mm	
32	- 16 mm	
33	- 106 mm	
34	+ 85 mm	
35	- 35 mm	
36	- 35 mm	
37	+ 4 mm	
38	- 39 mm	
39	- 69 mm	
40	0 mm	
41	+ 63 mm	
42	+ 61 mm	

Tableau 2 : Bilan total par piquet

Ensemble homogène	Total	Moyenne
Adret	- 116 mm	-19,3 mm
Ubac	- 196 mm	- 32,6 mm
Versant occidental	- 39 mm	- 4,8 mm
Versant oriental	- 254 mm	- 31,7 mm
Talweg principal	+ 74 mm	+ 9,2 mm
Talweg affluent	- 128 mm	- 64 mm
Rigoles	- 229 mm	- 19 mm
Interigoles	- 418 mm	- 26 mm

Tableau 3 : Bilan total par ensembles homogènes.

Sous-ensemble	Amont	Aval
Rigoles d'adret	- 45 mm	+ 14 mm
Rigoles d'ubac	- 65 mm	- 22 mm
Rigoles de versant occidental	+ 40 mm	- 56 mm
Rigoles de versant oriental	- 46 mm	- 19 mm
Interigoles d'adret	- 24,5 mm	- 19 mm
Interigoles d'ubac (moyenne)	- 42,5 mm	- 12 mm

Tableau 4 : Bilan total par sous-ensembles fonctionnels.

Il faut encore nuancer ces résultats dans le cas des interigoles d'ubac. En effet, sur l'ensemble de la période, une des interigoles a un bilan d'accumulation bien marqué (en moyenne + 80 mm pour les piquets 11 et 12) alors que l'autre a un bilan d'ablation très important (en moyenne - 135 mm pour les piquets 20 et 21), peut-être en raison de la migration de l'aval des rigoles au cours du temps, migration caractéristique de l'ubac.

3.2.2 - A l'échelle des années complètes, le bilan par piquet est le suivant (tableau 5). La complexité de l'évolution se marque par le fait, très général, de la succession, en un même point, de phases d'accumulation et de phases d'ablation, produisant ainsi des bilans annuels opposés pour 31 piquets. Seuls 2 piquets montrent une tendance continue à l'accumulation et 5 à l'ablation.

Numéro du piquet	1992	1993	1994	1995	1996
1	- 18 mm	- 14 mm	- 3 mm	Non mesuré	Partiel
2	+ 58 mm	- 6 mm	+ 9 mm	Partiel	Partiel
3	+ 4 mm	Partiel	Partiel	Partiel	Partiel
4	+ 24 mm	+ 2 mm	- 25 mm	+ 8 mm	Partiel
5	+ 53 mm	- 47 mm	- 48 mm	- 15 mm	Partiel
6	+ 14 mm	+ 17 mm	- 4 mm	- 2 mm	Partiel
7	+ 18 mm	- 28 mm	Partiel	Partiel	Partiel
8	- 15 mm	- 37 mm	+ 5 mm	- 1 mm	Partiel
9	- 30 mm	Partiel	Partiel	Partiel	Partiel
10	Partiel	Partiel	- 2 mm	+ 3 mm	Partiel
11	Partiel	+ 56 mm	- 20 mm	+ 17 mm	+ 15 mm
12	Partiel	+ 70 mm	- 20 mm	- 7 mm	+ 6 mm
13	Partiel	Partiel	- 44 mm	- 34 mm	+ 13 mm
14	- 22 mm	Partiel	Partiel	Partiel	- 12 mm
15	+ 1 mm	- 20 mm	Partiel	Partiel	- 13 mm
16	Partiel	Partiel	Partiel	Partiel	- 8 mm
17	Partiel	Partiel	+ 7 mm	Partiel	+ 2 mm
18	0 mm	- 35 mm	- 22 mm	Partiel	+ 12 mm
19	-12 mm	Partiel	- 13 mm	Partiel	- 2 mm
20	- 5 mm	- 50 mm	- 20 mm	- 6 mm	- 5 mm
21	Partiel	- 52 mm	- 25 mm	Partiel	- 13 mm
22	Partiel	- 48 mm	+ 35, mm	Partiel	- 17 mm
23	0 mm	- 9 mm	+ 3 mm	Partiel	- 1 mm
24	+ 11 mm	- 29 mm	Partiel	Partiel	+ 2 mm
25	- 17 mm	Partiel	+ 31 mm (?)	Partiel	Partiel
26	- 62 mm	- 56 mm	+ 7 mm	Partiel	- 33 mm
27	+ 9 mm	- 42 mm	Partiel	Partiel	- 3 mm
28	+ 26 mm	- 34 mm	+ 30 mm	Partiel	+ 3 mm
29	- 8 mm	Partiel	+ 43 mm	Partiel	+ 1 mm
30	- 6 mm	Partiel	partiel	Partiel	+ 10 mm
31	+ 13 mm	+ 25 mm	Partiel	Partiel	+ 4 mm
32	- 3 mm	+ 25 mm	0 mm	Partiel	+ 16 mm
33	- 34 mm	- 2 mm	+ 2 mm	Partiel	Non mesuré
34	- 12 mm	- 40 mm	- 31 mm	- 5 mm	+ 2 mm
35	+ 7 mm	- 10 mm	- 15 mm	Partiel	- 8 mm
36	0 mm	- 2 mm	- 28 mm	Partiel	+ 11 mm
37	- 28 mm	+ 30 mm	+ 8 mm	- 40 mm	+ 15 mm
38	- 20 mm	- 78 mm	Partiel	Partiel	+ 43 mm
39	- 7 mm	- 77 mm	Partiel	Partiel	+ 4 mm
40	+ 21 mm	- 32 mm	+ 1 mm	+ 18 mm	+ 2 mm
41	+ 22 mm	- 5 mm	- 8 mm	Partiel	+ 23 mm
42	+ 59 mm	- 7 mm	- 13 mm	Partiel	+ 9 mm

Tableau 5 : Bilans annuels par piquet.

3.2.3 - A l'échelle saisonnière, d'autres nuances apparaissent (tableau 6). Le bilan par saison apparaît assez contrasté : le printemps s'individualise comme la saison majeure d'accumulation (78 cas contre 56 d'ablation), l'hiver est à peu près également partagé entre l'ablation (80 cas) et l'accumulation (81 cas) alors que les deux autres saisons sont dominées par l'ablation : 43 cas contre 30 en été et, surtout, 78 contre 42 en automne.

3.2.4 - Le rôle des événements pluviométriques de forte magnitude : l'exemple des pluies et des crues du 22-23 septembre 1993 et du 5 juin 1997 :

Nous avons sélectionné deux exemples de pluie. L'une peut être qualifiée d'exceptionnelle, puisqu'elle a fourni 222 mm de pluie à Aix-en-Provence, en trois heures pendant la nuit du 22 au 23 septembre 1993. Plus à l'est, il est tombé entre 100 et 150 mm pendant la même période. Le tableau 7 compare l'évolution de chaque piquet pendant cet événement avec l'évolution pendant l'ensemble de la période.

L'importance de cet événement exceptionnel peut être appréciée de plusieurs façons. Dans 3 cas (piquets 15, 22 et 24), l'évolution (ici, l'ablation) est plus importante en trois heures que pendant toute la période. Dans 3 autres cas, l'évolution est également supérieure en valeur absolue, mais de sens contraire (et, à chaque fois, les 22-23 septembre se caractérisent par une ablation). On peut également exprimer l'impact de la crue par le pourcentage d'évolution de la période qu'elle représente. Ce mode d'expression est discutable, mais il permet de donner un ordre de grandeur. L'évolution enregistrée, dans le cas où elle se fait dans le même sens, représente environ 40% de l'évolution totale.

A l'échelle des ensembles homogènes (tableau 8), l'importance extrême de cette crue apparaît également clairement. Qualitativement, elle se caractérise par une ablation systématique, quelle que soit l'exposition. Quantitativement, elle représente une part très importante du bilan total et, même, dans le cas du versant occidental, presque le double de ce bilan (ce qui signifie que, postérieurement, des processus produisant une accumulation ont en partie compensé cette ablation). Les chiffres concernant le talweg principal doivent être utilisés avec prudence car la plupart des piquets ont été arrachés par la puissance du flot. Ils indiquent cependant bien également l'importance extrême de cette crue dont le résultat est à l'inverse du bilan général et confirment que, en fonctionnement modal, les talwegs servent plus à transporter les débris libérés par les versants qu'à creuser.

A l'échelle des sous-ensembles homogènes (tableau 9), on peut montrer que les rigoles d'ubac et du versant occidental (y compris l'accumulation au piquet 6) ont fonctionné dans le même sens que pendant l'ensemble de la période. En revanche, quelques différences apparaissent : sur les interrigoles d'ubac, l'ablation a été plus forte à l'aval qu'à l'amont et une ablation s'est produite à l'aval des interrigoles du versant occidental ainsi qu'à l'amont des interrigoles du versant oriental.

La crue du 5 juin 1997 résulte d'une pluie moins abondante (38,6 mm à

Piquet	1992	1993	1994	1995	1996	1997
	H P E A	H P E A	H P E A	H P E A	H P E A	H
1	0 0 0 -23	nm 13 -17 0	-1 -7 nm nm	nm nm nm nm	-1	
2	20 9 nm 75	nm 18 -53 35	nm nm nm 19	-8 8 nm nm	17	
3	13 32 nm -23	nm 64 nm nm	nm nm nm nm	nm nm nm nm	10	
4	-1 nm nm 24	nm -1 ? ?	? ? ? -19	11 14 4	-23	
5	-1 -1 60 -10	nm 22 -27 -38	-16 -3 0 29	-2 2 -8	-6	
6	-16 27 2 -2	nm 5 16 0	10 7 0 4	-10 5 0	10	
7	nm 2 -6 22	nm nm -30 -2	16 -10 nm -12	3 1 nm	-2	
8	nm ? nm -15	nm nm -11 -15	4 1 7 -16	0 19 24	13	
9	15 -10 -28 nm	nm -31 62 -8	-8 nm nm nm	nm nm nm	2	
10	-15 7 nm 0	nm ? -1	-3 12 nm 0	-12 -27 31	-1	
11	9 0 ? 5	nm 56 5 -5	-10 4 -15 -2	2 nm 45	-11 -2	8
12	12 2 ? -6	nm 90 4 9	-20 1 1 8	-17 2 1	-4 14	
13	-11 10 nm -8	nm -11 nm 2	-10 34 -82 -8	nm -3? -28	3 -2	8
14	3 -15 -1 -8	nm 14 -24 -20	-18 nm -1 10	nm nm nm	-4 -2	-2
15	-8 12 2 -5	nm 4 5 -29	1 7 -6 nm	nm nm nm	-10 -2	-2
16	0 12 -18 nm	nm -4 15 2	12 3 nm nm	nm nm nm	2 0	9
17	8 6 nm 4	nm -15 -2 0	1 6 nm nm	nm nm nm	-21 0	9
18	10 10 -16 -2	nm -5 -9 -21	-2 10 -30 nm	nm nm nm	-16 -1	3
19	5 10 0 -25	nm -1 -14 -31	2 -9 nm nm	nm nm nm	38 -2	-2
20	-24 12 5 -3	nm -2 -9 -56	-4 2 2 -14	-12 3 1	-7 -1	-79
21	0 -2 nm 25	nm 0 -42 13	-12 2 -20 nm	nm nm nm	-6 0	0
22	6 nm nm -26	nm -6 -12 -30	? 22 13 nm	nm nm nm	-9 -8	8
23	1 7 -4 -4	0 -5 -10 8	-4 3 nm nm	nm nm nm	15 -1	-5
24	-4 0 nm 15	nm -9 4 -25	4 5 nm nm	nm nm nm	1 1	-3
25	-13 12 8 -24	nm ? nm -5	5 -8 38 nm	-12 nm nm	-11	
26	11 -70 nm 3	nm -7 -2 2	-17 -36 25 -3	18 nm nm	29 -6	-41
27	11 9 -2 -10	nm -13 -7 -45	38 5 nm nm	nm nm nm	-8 -1	6
28	2 10 -12 26	nm -8 0 -28	5 3 22 nm	nm nm nm	-1 -1	28
29	-5 0 -7 -4	nm -6 14 -1	-1 19 21 nm	nm nm nm	-2 3	-19
30	3 -3 0 -5	nm 3 -2 -11	-10 nm nm nm	nm nm nm	3 9	-35
31	-2 0 nm 3	nm 55? -4 -4	-8 nm nm nm	nm nm nm	1 1	0
32	28 -25 ? 0	nm -7 29 1	21 -1 -16 0	-11 13 nm	19? 0	-3
33	0 0 nm -25	nm -3 8 -6	-2 3 -6 nm	nm nm nm	? 2	-59
34	-1 1 -20 7	nm -16 -24 -5	-12 -23 nm 12	-14 nm 5?	-1 4	4
35	-4 0 nm 8	nm 0 -3 -7	-2 -6 -5 -2	nm nm nm	-2 -6	10
36	3 12 nm 5	nm -3 5 -4	-6 -12 nm -12	nm nm nm	11 1	-3
37	-10 1 -2 -20	nm 8 24 -3	-2 87? -39 -41	-1 2 -33	10 5	2
38	19 -2 4 -4	nm 2 -2 -80	10 nm nm 6	nm nm nm	2 2	6
39	1? -2 0 -5	nm -3 3 -74	0 2 -2 6	-4 nm nm	1 1	8
40	-4 13 1 10	nm 14 -8 -25	-8 5 -1 -5	5 nm nm	9 2	1
41	33 -33 1 37	nm -25 25 nm	-5 30 -27 nm	nm nm nm	25 -2	10
42	13 37? nm 17	nm nm 16 0	-23 9 nm nm	nm nm nm	7 2	1

Tableau 6 : Bilans saisonniers par piquet.

Piquet	Bilan sur toute la période	Evolution les 22-23 septembre 1993
4	- 6 mm	- 4 mm
5	- 56 mm	- 26 mm
6	+ 40 mm	+ 3 mm
7	- 19 mm	- 5 mm
8	- 46 mm	- 15 mm
9	+ 3 mm	?
10	- 1 mm	?
11	+ 74 mm	+ 4 mm
12	+ 52 mm	- 9 mm
13	- 96 mm	?
14	- 41 mm	- 6 mm
15	- 27 mm	- 32 mm
16	+ 3 mm	?
17	- 46 mm	?
18	- 70 mm	- 19 mm
19	- 32 mm	- 8 mm
20	- 98 mm	- 22 mm
21	- 89 mm	- 18 mm
22	-16 mm	- 30 mm
23	+ 9 mm	-26 mm
24	- 18 mm	- 20 mm
25	-35 mm	?
26	-67 mm	?
27	- 25 mm	?
28	+ 21 mm	- 22 mm
29	+ 35 mm	+ 2 mm
30	- 22 mm	- 9 mm
31	+ 38 mm	- 5 mm
32	31 mm	?
33	- 41 mm	- 8 mm
34	- 89 mm	+ 2 mm
35	- 35 mm	- 1 mm
36	- 31 mm	- 5 mm
37	- 20 mm	?
38	- 46 mm	- 16 mm
39	- 76 mm	- 6 mm
40	+ 6 mm	- 29 mm
41	+ 63 mm	?
42	+ 62 mm	?

Tableau 7 : Evolution comparée des 22-23 septembre 1993 et de l'ensemble de la période.

Trets) mais intense (36 mm en 1 h). Le tableau 10 montre une évolution très contrastée avec 6 cas d'évolution nulle, une majorité (17) de cas d'ablation, parfois spectaculaire (jusqu'à 78 mm dans une rigole du versant oriental) et un petit nombre (8) de cas d'accumulation en général réduite (à l'exception du piquet 32).

A l'échelle des ensembles homogènes (tableau 11), les variations observées sont conformes à celles enregistrées dans le bilan total, soit une ablation générale.

Ensemble	Bilan sur toute la période	Evolution les 22-23 sept. 1993
Adret	- 116 mm	- 84 mm
Ubac	- 196 mm	- 72 mm
Versant occidental	- 39 mm	- 62 mm
Versant oriental	- 254 mm	- 70 mm
Talweg principal	+ 74 mm	- 33 mm
Talweg affluent	- 128 mm	- 30 mm

Tableau 8 : Bilan comparé par ensembles homogènes de la crue des 22-23 septembre 1993 et de l'ensemble de la période.

Sous-ensemble	Amont	Aval
Rigoles d'adret	?	?
Rigoles d'ubac	- 19 mm	- 8 mm
Rigoles du versant occidental	+ 3 mm	- 26 mm
Rigoles du versant oriental	- 15 mm	- 5 mm
Interigoles d'adret	- 26 mm	- 16 mm
Interigoles d'ubac	- 9 mm	- 13,5 mm
Interigoles du versant occidental	- 5 mm	- 5 mm
Interigoles du versant oriental	- 2 mm	- 24 mm

Tableau 9 : Bilan de la crue des 22-23 septembre 1993 par sous-ensembles homogènes.

Piquet	Evolution le 5 juin 1997
11	0 mm
12	0 mm
13	- 7 mm
14	+ 2 mm
15	0 mm
16	- 14 mm
17	0 mm
18	- 9 mm
19	- 15 mm
20	- 3 mm
21	+ 1 mm
22	+ 5 mm
23	- 9 mm
24	- 1 mm
26	- 78 m ?
27	- 2 mm
28	- 6 mm
29	- 1 mm
30	+ 1 mm
31	- 2 mm
32	+ 43 mm
33	0 mm
34	- 3 mm
35	- 2 mm
36	0 mm
37	- 42 mm
38	+ 8 mm
39	+ 5 mm
40	+ 12 mm
41	- 28 mm
42	- 84 mm

Tableau 10 : Bilan de la crue du 5 juin 1997.

Ensemble homogène	Total	Moyenne
Adret	- 22 mm	- 3,6 mm
Ubac	- 26 mm	- 4,3 mm
Versant occidental	- 10 mm	- 1,2 mm
Versant oriental	- 70 mm	- 11,6 mm

Tableau 11 : Bilan de la crue du 5 juin 1997 par ensembles homogènes.

A noter la place très particulière du versant oriental, caractérisé par une très

forte ablation (en raison de la forte entaille au niveau du piquet 26). Cependant, l'ordre d'importance de l'ablation diffère de celui du bilan total où l'ubac est en tête.

La comparaison avec la crue des 22-23 septembre 1993 montre également des sens d'évolution identiques, mais met aussi en évidence des différences dans l'ordre d'importance des ablations : en particulier, les 22-23 septembre 1993, ce sont les adrets qui ont subi l'ablation la plus forte et non les versants orientaux. Une autre différence apparaît également : alors que les rapports extrêmes entre les ablations sont faibles les 22-23 septembre 1993 (de 1 à 1,35), ils s'élèvent de 1 à 10 le 5 juin 1997.

Sous-ensemble	Amont	Aval
Rigoles d'adret	0 mm	- 14 mm
Rigoles d'ubac	- 9 mm	- 15 mm
Rigoles du versant occidental	nm	nm
Rigoles du versant oriental	nm	nm
Interigoles d'adret	- 0,5 mm	- 3,5 mm
Interigoles d'ubac	- 1,5 mm	+ 0,5 mm
Interigoles du versant occidental	- 0,5 mm	- 1 mm
Interigoles du versant oriental	+ 1 mm	+ 4 mm

Tableau 12 : Bilan de la crue du 5 juin 1997 par sous-ensembles fonctionnels.

Le bilan de la crue par sous-ensembles fonctionnels montre que le sens de l'évolution est généralement différent de celui du bilan total avec une ablation à l'aval des rigoles d'adret et des interigoles du versant occidental, une accumulation à l'aval des interigoles d'ubac et du versant oriental. Par ailleurs, le talweg principal s'est nettement entaillé (de - 20 mm en moyenne). En revanche, l'évolution des rigoles d'ubac, des interigoles d'adret et du talweg affluent sont conformes au sens du bilan total.

4 - Les processus morphogéniques :

Les observations de terrain effectuées lors des mesures montrent que les argilites subissent une météorisation superficielle qui permet ensuite leur mobilisation.

4.1 - La météorisation des argilites :

Les argilites du Crétacé supérieur sont des roches cohérentes : elles résistent légèrement au marteau et il est très difficile d'y enfoncer un piquet sans le tordre. Sur les flancs du ravin, à l'exception partielle des pentes fortes (supérieures à 30° par exemple), elles sont recouvertes par une pellicule centimétrique très meuble, formée sous l'action de processus dont l'efficacité et l'occurrence varient en fonction de la saison et de l'exposition.

Le processus le plus commun est l'hydroclastie ou ensemble des processus

de fragmentation provoqués par les variations d'hydratation de la roche. Très vite, après une pluie, la surface des argilites sèche sur les interfluves et un réseau de fentes de dessiccation se forme, même en hiver et sur l'ubac (le 25 février 1994 au piquet 11). Plusieurs fois répétée, en particulier pendant la saison pluvieuse de septembre à avril-mai, l'hydroclastie fragmente peu à peu les argilites et les fentes de dessiccation évoluent en fentes de décollement sur les fortes pentes.

Le deuxième processus de fragmentation mécanique est représenté par la gélifraction. En l'absence de mesures locales, on peut penser que la fréquence du gel est de l'ordre de celle d'Aix-en-Provence, soit 52 j/an, ce qui est considérable. La gélifraction se manifeste, en particulier, par la formation de pipkrakes surtout sur l'ubac (le 18 janvier 1992, piquet 18; le 13 décembre 1995, piquet 11; le 10 février 1996, piquet 21), mais aussi sur l'adret (le 18 janvier 1992, piquet 19) et le versant occidental (le 10 février 1996, piquet 6).

4.2 - La mobilisation de la pellicule ameublie :

La pellicule meuble ainsi formée est ensuite mobilisée à très courte distance, ou vers le talweg. A échelle de quelques millimètres à quelques centimètres, opèrent la gélifluxion pelliculaire, en conjonction étroite avec les pipkrakes (le 8 janvier 1994, piquets 11, 12, 18, 19, 20, 21; le 25 février 1994, piquets 6, 12, 29 (micro-terrassettes); le 26 janvier 1995, piquets 18 et 23; le 10 février 1996, piquets 29 et 40), la solifluxion pelliculaire (le 6 avril 1994, piquets 6 et 19; le 26 janvier 1995, piquet 40; le 17 février 1995, piquet 19), le glissement en micro-planches (le 26 janvier 1995, piquet 21 et le 17 février 1995, piquet 19) ou le splash (effets par vent de nord-ouest observés le 6 avril 1994, piquets 6 et 15 et le 17 février 1995, piquets 35, 38 et 39). Le transit jusqu'au talweg est assuré par de rares décollements (le 30 janvier 1996, piquet 14 et le 10 février 1996, piquets 19 et 20), éboulements humides (le 10 février 1996, piquet 22) ou arrachements (le 12 décembre 1995, piquet 4). Mais c'est l'éboulisation sèche qui mobilise, de beaucoup, le plus fréquemment et en plus grande quantité, la pellicule ameublie : 19 séries d'observations en 49 points différents, surtout en hiver (mais peut-être faut-il y voir, outre la rapidité avec laquelle les parois sèchent même en cette saison, un artefact dû à ce que le rythme des observations a été délibérément calqué sur celui des précipitations), et sur tous les versants, quelle que soit leur orientation. Ainsi se forment de petits cônes d'éboulis, constitués de clasts millimétriques à centimétriques, qui progradent sur les talwegs. Cette éboulisation peut être très ponctuellement assistée par le vent (le mistral principalement) et, surtout, par le passage de promeneurs (8 séries d'observations, en 24 points différents, ont révélé des traces de pas plus ou moins profondes, déstabilisant la pellicule ameublie et alimentant, souvent, des cônes d'éboulis secs parfois beaucoup plus volumineux que les cônes non anthropiques (le 6 avril 1994, piquets 29, 31, 35, 36, 37, 42).

La suffosion, rare et peu développée, n'a été observée qu'en fin d'été, à 3 reprises, soit en position d'ubac (les 25 et 29 août 1993, piquets 21 et 22), soit dans des cônes d'éboulis secs stabilisés et ameublés (le 25 août 1993, piquet 33).

Les processus hydriques transportent ensuite ces débris jusque dans le

ruisseau de Riouffe. Ils commencent avec le splash, puis le ruissellement concentré sous la forme de rigoles profondes de un à quelques centimètres, d'autant plus rectilignes que la pente est forte. Leur largeur ne dépasse pas le décimètre et reste sensiblement constante sur l'ensemble de leur longueur (quelques mètres). Des complications de tracé se produisent lorsque les interfluves du ravin fournissent des graviers, des cailloux, voire des blocs, remaniés des pavages des glacis de bas de versants holocènes ou des affleurements de brèches. A l'amont, sur la convexité sommitale, ces éléments grossiers apparaissent en saillie, individualisés par le splash sur des micro-piédestaux hauts de quelques millimètres. Plus à l'aval, ils transitent dans les rigoles sous forme de coulées de pierres. Là, les piquets ont pu les bloquer pendant des mois, voire des années. C'est ainsi que les mesures faites sur la face amont du piquet 5 montrent un bilan positif sur l'ensemble de la période (+ 30 mm), alors que le bilan est négatif (- 35 mm) à l'aval (fig. 7). L'efficacité du ruissellement dans ces rigoles est incontestable, bien que variable (cf. ci-dessous) et parfois très difficile à évaluer puisqu'elle a souvent provoqué l'arrachage des piquets (cf. ci-dessus). C'est également le cas dans le talweg du ravin où les mesures sont trop discontinues pour être représentatives (exemple du piquet 32, figure 7). Une preuve de cette efficacité est fournie par l'affleurement, aussi bien dans les rigoles que dans le talweg du ravin, des argilites non altérées, à l'exception des ubacs où les rigoles sont sinueuses même sur des pentes supérieures à 30°, mal calibrées et discontinues, plus denses que sur l'adret mais la plupart n'atteignent pas le talweg.

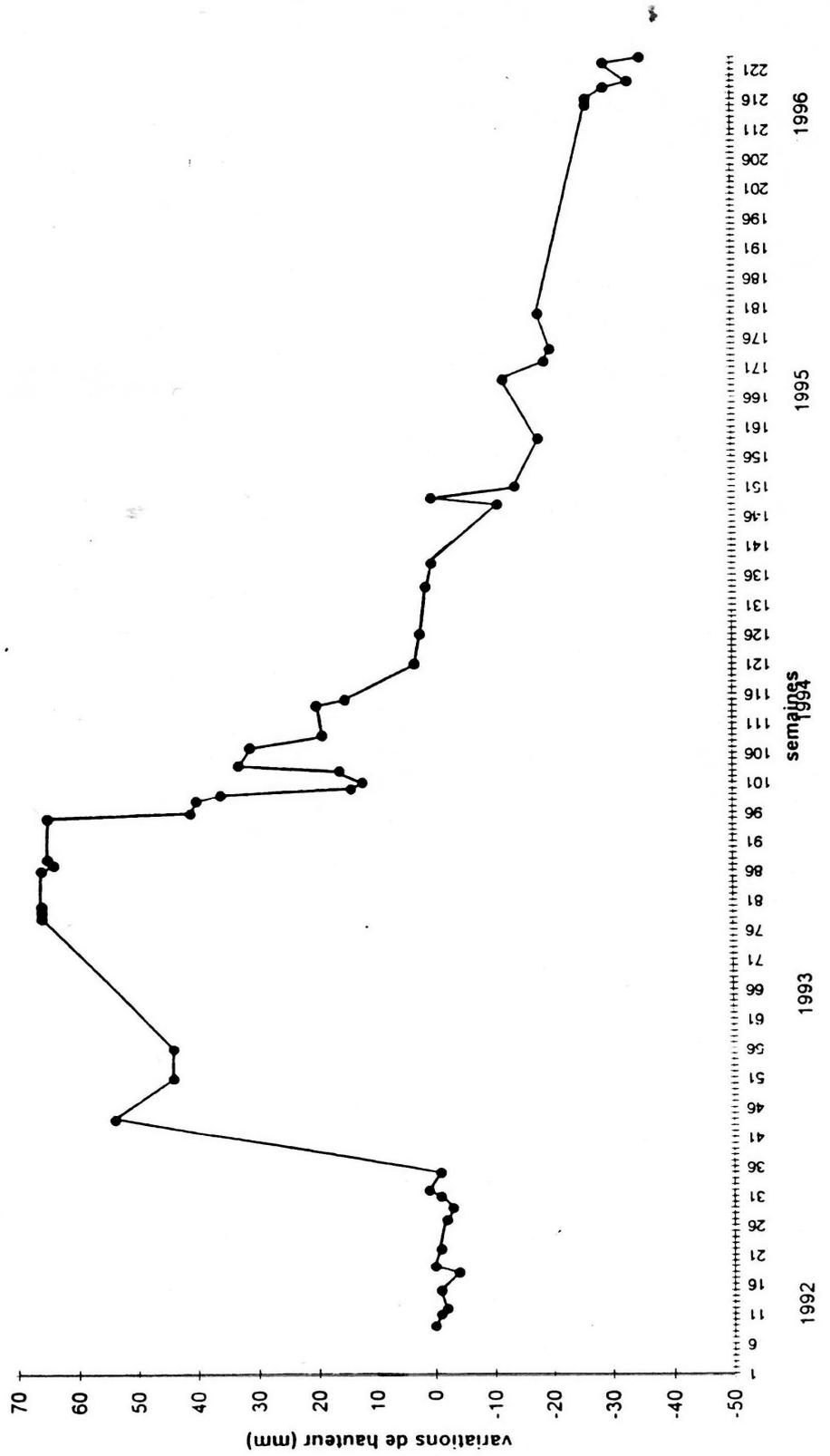


Fig. 6 : Evolution de l'aval d'une rigole du versant occidental.

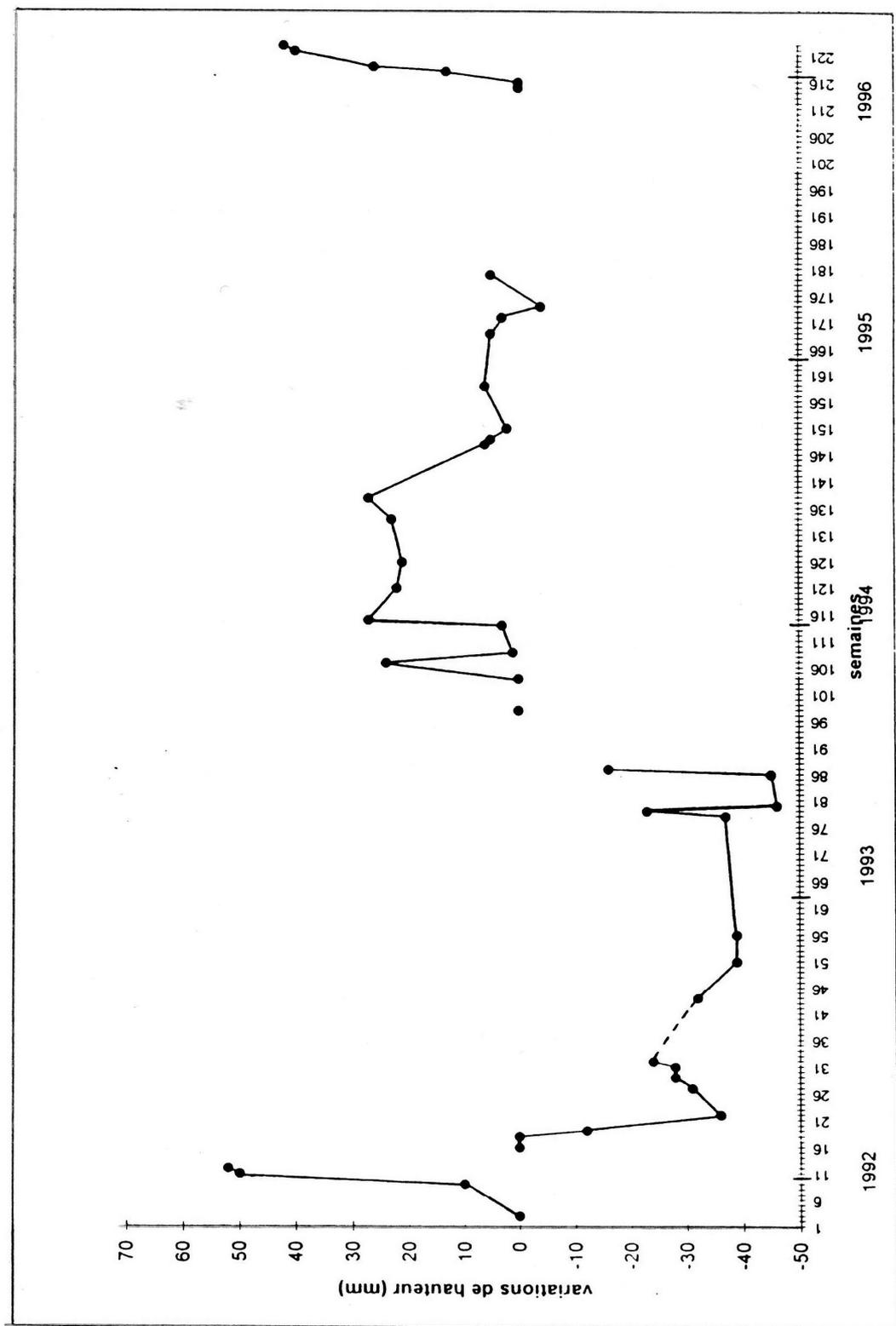


Fig. 7 : Evolution du talweg principal (piquet 32).

L'efficacité du ruissellement est contrôlée par la quantité et surtout l'intensité des pluies. Un exemple particulièrement significatif est fourni par les

mesures du piquet 5 (fig. 6), à l'aval d'une courte rigole (2 m de long) qui draine le versant occidental du ravin. Il a été possible d'effectuer 50 mesures successives sur ce piquet, série exceptionnelle et d'autant plus précieuse. Bien qu'il s'agisse d'une rigole, il est clair que la fin de 1991, toute l'année 1992 et les huit premiers mois de 1993 se caractérisent par une tendance nette à l'accumulation (plus de 60 mm). Tout le système bascule les 22-23 septembre 1993, alors qu'il tombe 222 mm en trois heures à Aix-en-Provence (cf. ci-dessus). A partir de ce jour, et jusqu'en février 1996 (date de l'arrêt des mesures), la tendance est au creusement qui, non seulement compense en quelques jours l'accumulation précédente, mais provoque un bilan négatif : 35 mm d'ablation.

En revanche, l'évolution de la même ravine, au piquet 6, soit seulement 1 m à l'amont, mais au point d'inflexion de la pente, de convexe à concave, tout en présentant exactement les mêmes garanties de fiabilité, est totalement différente (fig. 8) : la tendance à l'accumulation se maintient jusqu'en février 1996 et l'événement pluviométrique du 22-23 septembre 1993 ne provoque pas de bouleversement. De telles constatations, surprenantes sur de si courtes distances, montrent que les processus sont très différents à l'amont (gélifluxion, solifluxion, glissements) et à l'aval (prédominance du ruissellement concentré) et que le passage de l'un à l'autre se fait très rapidement.

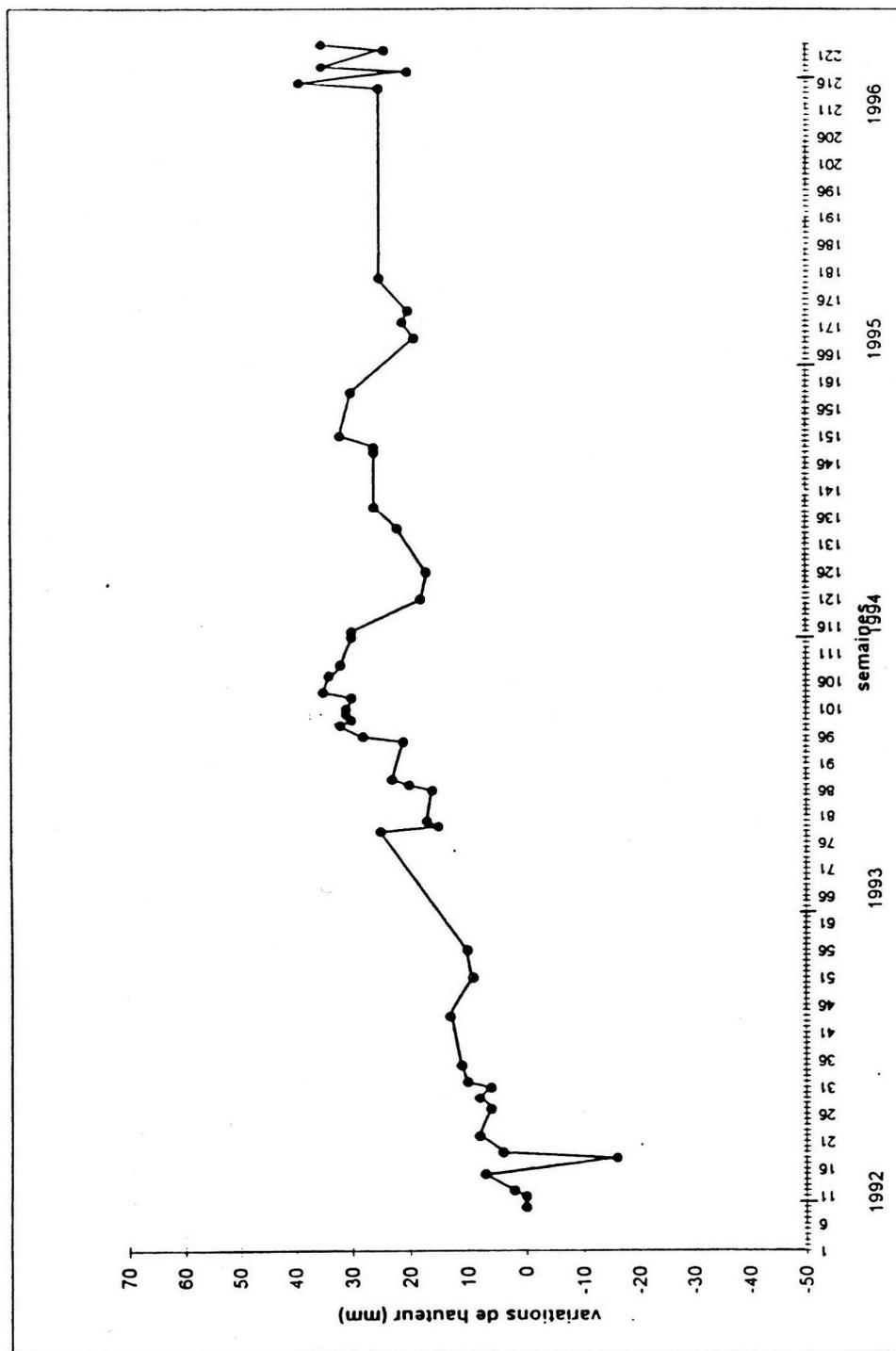


Fig. 8 : Evolution de l'amont d'une rigole du versant occidental.

5 - L'extension et la poursuite des mesures :

A la fin de l'année 1996, K. Passinring (1997) a implanté de nouvelles séries de piquets à l'ouest du ravin, dans le but d'apprécier le rôle de la végétation

sur l'érosion hydrique. Ces nouveaux piquets ont ainsi été placés sur des circulations de ruissellement diffus (dallage du glacis de bas de versant, amont du talweg affluent) et de ruissellement concentré (rigoles, zones d'épandage). Ces mesures seront poursuivies en 1997-1998 et 1998-1999 par Nawel Djeghri, dans le cadre de son DEA. N. Djeghri reprend également, pour la même période, la suite des mesures sur les piquets dans le ravin de l'Aurigon.

6 - La station de mesure de l'érosion et les premiers résultats :

La station de mesures comprend un seuil maçonné qui barre le ravin et est percé par un V au-dessus duquel est placé un limnigraphe à ultra-sons Probe Miltronics (photo 1).



Photo 1 : Le seuil et le limnigraphe.

Sur la face amont du seuil sont fixés une sonde thermique PT100 et une crépine reliée au préleveur automatique d'échantillons Manning. A proximité du bord gauche du ravin, sont regroupés le pluviographe automatique Précimécanic R3030 2/10 et le capteur solaire Siemens (photo 2) qui fournit l'énergie à une batterie d'accumulation Fulmen. Cette batterie, le préleveur automatique d'échantillons et



Photo 2 : Le pluviographe, le panneau solaire et le panneau de présentation de la station.

la centrale d'acquisition (SAB600) sont regroupés dans un abri enterré (photo 3). La mémoire de la centrale d'acquisition est régulièrement transférée sur celle d'un micro-ordinateur portable Zenith Z-Star Ex grâce au logiciel TC-SAB. Certaines caractéristiques de cette station résultent d'un compromis entre les nécessités de l'étude scientifique et les contraintes imposées par la Commission départementale chargée de la réglementation sur le site classé de la montagne Sainte Victoire. Enfin, un turbidimètre TU-CE Ponselle à infra-rouge peut être utilisé, soit à poste fixe, soit à poste mobile.

Les premiers résultats fournis par la station de mesures concernent la charge de fond déplacée dans le talweg du ravin et qui vient se piéger à l'amont du seuil. Il est bien évident que l'idéal serait de pouvoir vider ce piège après chaque crue, de façon à corrélérer précipitations, écoulement et transports de fond. On sait que cet idéal est très rarement atteint, à l'exception de grandes stations richement dotées en personnel et en moyens financiers. Dans le cas du ravin de l'Aurigon, sa proximité de l'Université de Provence et les faibles volumes accumulés sont des conditions favorables. En revanche, la granulométrie sablo-limoneuse des dépôts favorise des phénomènes de thixotropie qui interdisent l'enlèvement manuel des alluvions avant qu'elles soient presque totalement asséchées. Les alluvions sont prélevées par seaux de 10 litres ce qui permet de connaître leur volume. Il est encore trop tôt pour adopter une densité moyenne définitive qui devrait s'établir entre 1,4 et 1,5.



Photo 3 : L'abri enterré.

Période d'accumulation	Volume accumulé
27 - 28 juillet 1996	1 387,5 l
11 août - 3 septembre 1996	1 400 l
2 octobre - 26 novembre 1996	2 445 l
19 - 27 avril 1997	90 l

Tableau 13 : Volume de la charge de fond du ravin de l'Aurigon.

7 – Conclusion :

Les observations accumulées depuis l'automne 1991 confirment le rôle de plusieurs processus qui concourent à l'ablation des versants du ravin de l'Aurigon (Schumm, 1956). Elles confirment également les vitesses importantes mesurées dans des conditions lithologiques et climatiques comparables comme à Draix, dans les Alpes de Haute Provence (Meunier, Mathys, 1993).

La mise en service progressive de la station de mesure du ravin de l'Aurigon va permettre, au cours des prochaines années, de tester les corrélations établies, par exemple, entre débit maximum et charge en matières en suspension comme à Draix (Meunier, Mathys, 1993). Cette étude sera assurée par Gamel El Moati, maître-assistant à l'Université de Menoufeyia (Egypte) dans le cadre de sa thèse de doctorat. Les mesures à partir des piquets seront également poursuivies pour

corrélés les transferts de charge de fond et de matières en suspension avec l'ablation sur les versants, afin d'aboutir à un modèle de fonctionnement d'une ravine en Basse Provence.

Table des illustrations :

Tableau 1 : Composition chimique des colluvions du ravin de l'Aurigon.

Tableau 2 : Bilan total par piquet.

Tableau 3 : Bilan total par ensembles homogènes.

Tableau 4 : Bilan total par sous-ensembles fonctionnels.

Tableau 5 : Bilans annuels par piquet.

Tableau 6 : Bilan saisonnier par piquet.

Tableau 7 : Evolution comparée des 22-23 septembre 1993 et de l'ensemble de la période.

Tableau 8 : Bilan comparée par ensembles homogènes de la crue des 22-23 septembre 1993 et de l'ensemble de la période.

Tableau 9 : Bilan de la crue des 22-23 septembre 1993 par sous-ensembles fonctionnels.

Tableau 10 : Bilan de la crue du 5 juin 1997.

Tableau 11 : Bilan de la crue du 5 juin 1997 par ensembles homogènes.

Tableau 12 : Bilan de la crue du 5 juin 1997 par sous-ensembles fonctionnels.

Tableau 13 : Volume de la charge de fond du ravin de l'Aurigon.

Fig. 1 : Carte de localisation du ravin de l'Aurigon.

Fig. 2 : Carte lithologique du ravin de l'Aurigon.

Fig. 3 : Structure du substratum du ravin de l'Aurigon.

Fig. 4 : Coupe des colluvions holocènes de rive gauche du ravin de l'Aurigon.

Fig. 5 : Localisation des postes de mesure.

Fig. 6 : Evolution de l'aval d'une rigole du versant occidental.

Fig. 7 : Evolution du talweg principal (piquet 32).

Fig. 8 : Evolution de l'amont d'une rigole du versant occidental.

Photo 1 : Le seuil et le limnigraphe.

Photo 2 : Le pluviographe, le panneau solaire et le panneau de présentation de la station.

Photo 3 : L'abri enterré.

Références bibliographiques :

ABDEL-MOETI G. (2002). - *Erosion du sol et effets sur l'environnement à Aix-en-Provence, au sud de la France*, thèse de doctorat, Université de Provence.

BALLAIS J.-L. (1993). - L'érosion consécutive à l'incendie d'août 1989 sur la montagne Sainte Victoire : trois années d'observations (1989-1992), *Bulletin de l'Association de Géographes Français*, Paris, n° 1, p. 57-72.

BALLAIS J.-L. (1997). - Processus d'évolution d'un ravin de Basse-Provence, le ravin de l'Aurigon (Beaurecueil, Bouches-du-Rhône) : étude préliminaire (octobre 1991-février 1996), *Réseau Erosion Bulletin*, Montpellier, n° 17, p. 37-45.

BALLAIS J.-L. (1997). - Evolution of a gully in Lower Provence (France) : preliminary results (October 1991 - February 1996), *Geografia Fisica e Dinamica*

Quaternaria, Torino, Suppl. III, t. I, p. 63.

BALLAIS J.-L., CRAMBES A. (1992). - Morphogenèse holocène, géosystèmes et anthropisation sur la montagne Sainte Victoire, *Méditerranée*, Aix-en-Provence, n° 1.2, p. 29-41.

BALLAIS J.-L., BOSCH M.-C., SANDOZ A. (1992). - La morphogenèse sur la Sainte Victoire après l'incendie : l'exemple du ruissellement (1989 - 1992), *Méditerranée*, Aix-en-Provence, n° 1.2, p. 43-52.

BALLAIS J.-L., CRAMBES A. (1993). - Morphogenèse holocène et anthropisation sur la montagne Sainte-Victoire, *Travaux du Centre Camille Jullian*, Aix-en-Provence, n° 14, p. 467-483.

BOSCH M.-C. (1990). - *Les conséquences de l'incendie d'août 1989 sur les processus d'érosion dans le bassin versant du Bayon*, Mémoire de Maîtrise, Université d'Aix-Marseille II, 113 p., ronéot.

CRAMBES A., SANDOZ A. (1991). - *Histoire morphoclimatique récente et dynamiques actuelles sur le piémont sud du massif de la Sainte-Victoire*, Mémoire de Maîtrise, Université d'Aix-Marseille II, 153 p + annexes, ronéot.

CUINET G. (1997). - *Processus actifs dans l'évolution des ravines historiques : l'exemple du ravin de l'Aurigon, sur le piémont sud ouest de la Sainte Victoire*, Mémoire de Maîtrise, Université de Provence, 89 p. + annexes.

DJEGHRI N. (1999). - *Etude qualitative et quantitative de l'effet de l'érosion hydrique sur le piémont méridional de la montagne Sainte-Victoire : l'Aurigon*, mémoire de DEA, Université de Provence.

GOUDIE A. (1990). - *Geomorphological techniques*, London, Unwyn Hyman, 570 p.

HAMMOUM A. (1998) - *Etude pédologique sur une station, sud ouest de la montagne Sainte Victoire*. Mémoire DEA, Université de Provence.

HAMMOUM A. (2005). - *Les terroirs du vignoble de la Montagne Sainte-Victoire*, thèse de doctorat, Université de Provence, 166 p.

MEUNIER M., MATHYS N. (1993). - *Panorama synthétique des mesures d'érosion effectuées sur trois bassins du site expérimental de Draix (Alpes-de-Haute-Provence, France)*, CEMAGREF-ONF, Grenoble, 10 p.

PASSINRING K. (1997). - *Caractéristiques d'une couverture végétale et son impact sur l'érosion hydrique : application au piémont sud-ouest de la Sainte Victoire*, Mémoire de DEA, Université de Provence, 76 p. + annexes.

RUIZ D. (1991). - *La morphogenèse holocène des piémonts du massif de la Sainte Victoire*, Mémoire de DEA, Université d'Aix-Marseille II,

SCHUMM S.A. (1956). - The role of creep and rainwash on the retreat of badland slopes, *American Journal of Sciences*, 254, p. 693-706.

SLIMI A. (1997). - *Processus d'évolution et bilans d'ablation du ravin de l'Aurigon (octobre 1991-février 1996) sur le piémont sud-ouest de la montagne Sainte Victoire en Basse Provence (Beaurecueil, région du Tholonet)*, Mémoire de DEA, Université de Provence, 109 p. + annexe.

ZAGHDOUD A. (2003) - *Erosion hydrique dans le ravin de l'Aurigon (Beaurecueil, Bouches du Rhône)*, mémoire de DEA, Université de Provence.

A Aix-en-Provence, le 7 novembre 2009

Jean-Louis BALLAIS