Persee

Jean-Louis Ballais
Alain Crambes

Morphogenèse holocène, géosystèmes et anthropisation sur la montagne Sainte-Victoire

In: Méditerranée, Tome 75, 1-2-1992. Sainte-Victoire, hommes et paysages. pp. 29-41.

Abstract
This paper is based on the sedimentological and geochemical study of ten sections or drillings made in the Sainte-Victoire mountain piedmonts. It confirms the existence of a prehistoric holocene low terrace that as been probably cut down from Subboreal. After the relatively stable Roman period phase, the medieval very low terrace built up; the following cutting down phase is badly dated. The complex interplay of anthropisation is not perceptible before the High Roman Empire period but morphogenesis remains controled by the subtle fluctuations of the climate, in particular by intensity and seasonnal distribution of rain.

Résumé
Ce travail est basé sur l'étude sédimentologique et géochimique de dix coupes ou sondages effectués dans les piémonts de la montagne Sainte-Victoire. Il confirme l'existence d'une basse terrasse holocène préhistorique entaillée probablement à partir du Subboréal. Après la relative stabilité de la période romaine, la très basse terrasse médiévale s' accumule; la phase d'entaille qui l'individualise est mal datée. Le jeu complexe de l'anthropisation n'est perceptible qu'à partir du Haut Empire Romain mais la morphogenèse reste contrôlée par des fluctuations subtiles du climat, en particulier l'intensité et la répartition saisonnière des précipitations.

Citer ce document / Cite this document :

Ballais Jean-Louis, Crambes Alain. Morphogenèse holocène, géosystèmes et anthropisation sur la montagne Sainte-Victoire. In: Méditerranée, Tome 75, 1-2-1992. Sainte-Victoire, hommes et paysages. pp. 29-41.

doi : 10.3406/medit.1992.2751

http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/medit_0025-8296_1992_num_75_1_2751

BY: $ = creative commons

Morphogenèse holocène, géosystèmes et anthropisation sur la montagne Sainte-Victoire

Jean-Louis BALLAIS *
Alain CRAMBES **

Résumé - *Ce travail est basé sur l'étude sédimentologique et géochimique de dix coupes ou sondages effectués dans les piémonts de la montagne Sainte-Victoire. Il confirme l'existence d'une basse terrasse holocène préhistorique entaillée probablement à partir du Subboréal. Après la relative stabilité de la période romaine, la très basse terrasse médiévale s'accumule; la phase d'entaille qui l'individualise est mal datée. Le jeu complexe de l'anthropisation n'est perceptible qu'à partir du Haut Empire Romain mais la morphogenèse reste contrôlée par des fluctuations subtiles du climat, en particulier l'intensité et la répartition saisonnière des précipitations.*

Abstract - *This paper is based on the sedimentological and geochemical study of ten sections or drillings made in the Sainte-Victoire mountain piedmonts. It confirms the existence of a prehistoric holocene low terrace that as been probably cut down from Subboreal. After the relatively stable Roman period phase, the medieval very low terrace built up; the following cutting down phase is badly dated. The complex interplay of anthropisation is not perceptible before the High Roman Empire period but morphogenesis remains controled by the subtle fluctuations of the climate, in particular by intensity and seasonnal distribution of rain.*

Persée creative commons

Dans le cadre du programme de recherches sur la montagne Sainte-Victoire animé par André D'ANNA, nos travaux ont porté, en particulier, sur la reconstitution des phases d'évolution des paysages du versant et du piémont sud (fig. 1) au cours de l'Holocène.

Nous avons tenté de préciser la morphogenèse holocène à travers les formes et formations des vallées ou des bas de versants car leur étagement permet une chronologie relative. De plus, la présence de repères archéologiques datés, en l'espèce surtout l'aqueduc romain de Saint-Antonin, permet parfois de transformer cette chronologie en chronologie absolue.

Cette présentation insiste sur les interprétations en termes de rapports entre la morphogenèse, d'une part, et les variations bioclimatiques ou les modalités de l'occupation du sol, d'autre part.

1 - LA BASSE TERRASSE ET LES FORMATIONS HOLOCÈNES PRÉHISTORIQUES

1.1 - La basse terrasse holocène préhistorique a été caractérisée à une centaine de mètres à l'amont du «gué» du Bayon, à la limite des communes de Beaurecueil et de Saint-Antonin (x = 860, y = 3141), où elle est entaillée par la route Cézanne. La coupe (fig. 2) montre deux séquences, de bas en haut :

- première séquence :
- des galets de calcaire et de brèche (a), subanguleux à anguleux, longs de 2 à 20 cm (moyenne : 3 à

* URA 903 CNRS et UFR des Sciences Géographiques et de l'Aménagement, Université d'Aix-Marseille II.
** UFR des Sciences Géographiques et de l'Aménagement, Université d'Aix-Marseille II.

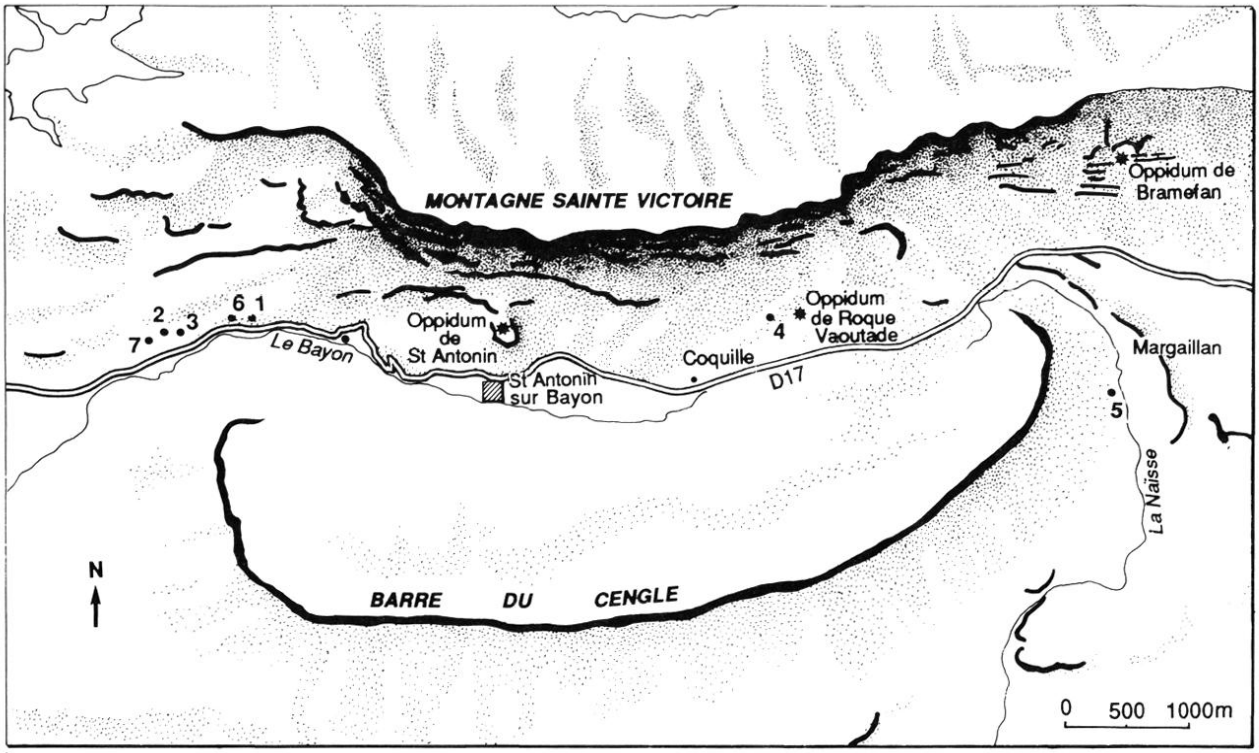


Fig. 1 - CROQUIS DE LOCALISATION

1 : coupe du «gué» amont; 2 : ravin de l'Aurigon; 3 : sondage du ruisseau de Riouffe; 4 : coupe de la très basse terrasse historique de Roque-Vaoutade; 5 : coupe de la très basse terrasse historique de Margaillan; 6 : sondage du «gué» du Bayon; 7 : sondage de la rive droite du ruisseau de Roques-Hautes.

4 cm), «relevant» vers l'aval, dans une matrice sableuse rose (5 YR 8/4); au sommet, la matrice devient plus abondante avec des feuillets indurés de croûte calcaire, épaisseur visible : 40 cm,
- des tufs durs (b) à structure laminaire, sans éléments détritiques, passant à l'aval à des constructions massives épaisses de 60 à 80 cm, épaisseur : 30 cm,
- une formation brun-rouge limono-argileuse à cailloutis calcaires (c), structuration prismatique et pseudo-mycélium calcaire; malacofaune : *Pomatia elegans* abondants et rares *Helicella*, épaisseur : 50 cm,
- des lits de gravillons calcaires (d) dans une matrice sableuse (73% de sables) blanchâtre, poreuse et cohérente, à petits manchons de radicelles, passant latéralement à une croûte calcaire feuilletée à empreintes de feuilles, épaisseur : 40 cm,
- des limons brun-rouge (e) avec quelques cailloux épars, structuration prismatique (écartement : 10 cm) et pseudo-mycélium calcaire, contre lesquels vient se plaquer le piedroit de l'aqueduc romain, épaisseur : 90 cm ;

- deuxième séquence :
- un lit de cailloutis calcaires et de petits galets d'argilite (a), ravinant le sommet de la première séquence,
- une formation limono-argileuse (b) brun-rouge clair, avec de nombreux cailloux calcaires anguleux disposés sans structure visible, à malacofaune d'*Helicella* peu abondante, passant au-dessus du piedroit et contenant une lentille limoneuse à structuration prismatique très fine, épaisseur : 60 cm.

Ces observations étayées par des analyses géochimiques (fig. 2) et sédimentologiques (CRAMBES, SANDOZ, 1991 ; RUIZ, 1991) permettent de proposer l'interprétation suivante. La base de la première séquence est constituée d'une nappe alluviale du Bayon, scellée par une construction travertineuse, succession verticale qui ressemble à celle décrite par J. VAUDOUR *et al.* (1985) au lieu-dit «la Cascade», quelques kilomètres à l'amont, dans la basse terrasse holocène préhistorique du Bayon. La nappe alluviale du «gué» date donc aussi probablement du Préboréal. Dans la partie médiane, apparaît un horizon d'accumulation carbonatée (42,62% de CaO). Il doit s'agir d'une concentration due, à la fois à une pédogenèse (horizon BCa), à des apports de la nappe phréatique du Bayon et à des apports latéraux de la nappe phréatique du versant. Par ailleurs, les analyses géochimiques mettent en évidence une accumulation du fer, de l'alumine et de la silice juste au-dessus des tufs. Il y a donc eu une pédogenèse, la formation d'un sol brun à évolution tendant vers une fersiallitisation, les tufs évoluant en horizon BCa. Ce sol indique que dès cette époque, l'Atlantique très probablement, le climat se caractérisait par une saison sèche marquée.

1.2 - Les colluvions holocènes préhistoriques sont particulièrement visibles dans le ravin de l'Aurigon (x = 859,5, y = 3141), conservées à l'amont de l'aqueduc (fig. 3, coupe A). Le ravin s'entaille de plus de 3 m dans les argilites montiennes (a) rouges à tâches beige-gris, à structure polyédrique, légèrement indurées et concentration de carbonates sous forme de feuillets. Au-dessus, on observe, de bas en haut :

- des sables (b), bruns ou rouges à tâches grises, emballant des cailloutis calcaires; vers l'amont, leur base s'enrichit de blocs de brèches (jusqu'à 23 cm x 13 cm), posés à plat, issus d'un banc qui affleure à l'amont, épaisseur : 15-20 cm,
- des sables (c) limono-argileux, à rares cailloux calcaires, beiges, légèrement indurés, avec une esquisse de structuration prismatique, des pseudo-mycéliums et une malacofaune peu abondante composée essentiellement d'*Helicella*, épaisseur : 90 cm,
- en ravinement, des limons sableux (d), beige-brun, à nombreux petits cailloux calcaires en vrac et traces de bioturbation, passant par dessus l'aqueduc, épaisseur : 25 cm.

Les analyses géochimiques (RUIZ, 1991) montrent un profil pauvre en matière organique (moins de 1%). Les forts taux de CaO et les faibles taux de SiO_2, Al_2O_3 et Fe_2O_3 des deux dépôts inférieurs pourraient indiquer une pédogenèse peut-être polyphasée ou, au moins, plus importante qu'en rive droite du ravin où les colluvions contemporaines n'ont pas connu de perturbation de leur régime hydrique par suite du blocage de la nappe phréatique effectué par l'aqueduc. Quoi qu'il en soit, ces colluvions, entaillées en contrebas des dépôts de pente würmiens visibles plus à l'est, et recouverts par des colluvions historiques (formation supérieure) sont bien d'âge holocène préhistorique. Elles jalonnent un bas de versant concave, étagé en dessous du bas de versant concave würmien conservé un peu à l'amont, en rive droite du ruisseau de Riouffe.

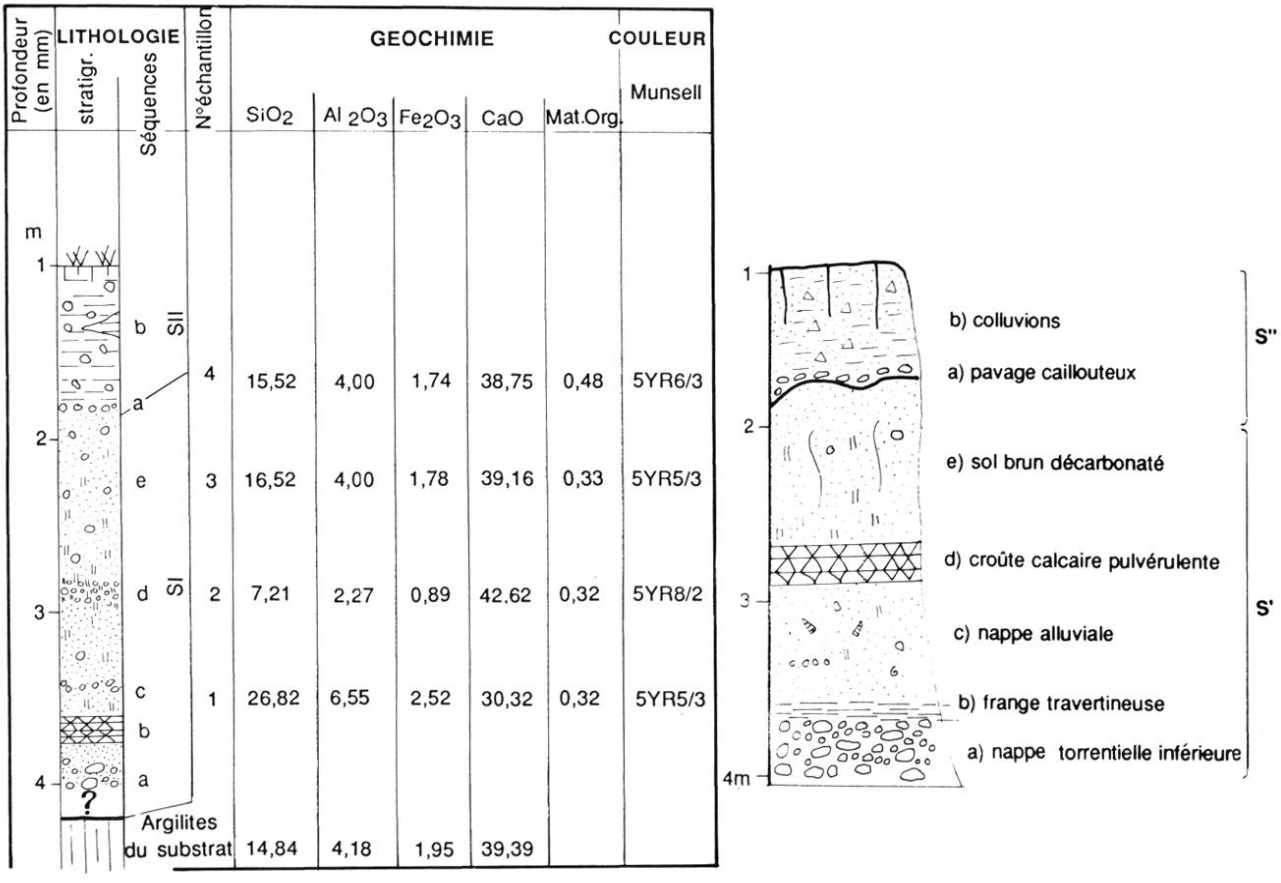


Fig. 2 - COUPE DE LA BASSE TERRASSE HOLOCÈNE PRÉHISTORIQUE AU «GUÉ» AMONT DU BAYON.

1.3 - En dehors de la vallée du Bayon, la basse terrasse holocène préhistorique est bien individualisée dans celle de la Naïsse. Là, au lieu-dit Margaillan (x = 867, y = 3140), elle est emboîtée dans la terrasse würmienne et constituée des formations suivantes, de bas en haut (fig. 4) :

- des cailloux (longueur moyenne 2 à 5 cm), des blocs (jusqu'à 50 cm de long) et des gravillons calcaires (a), subarrondis, certains très plats, localement lités, parfois relevant vers l'aval, dans une matrice sablo-

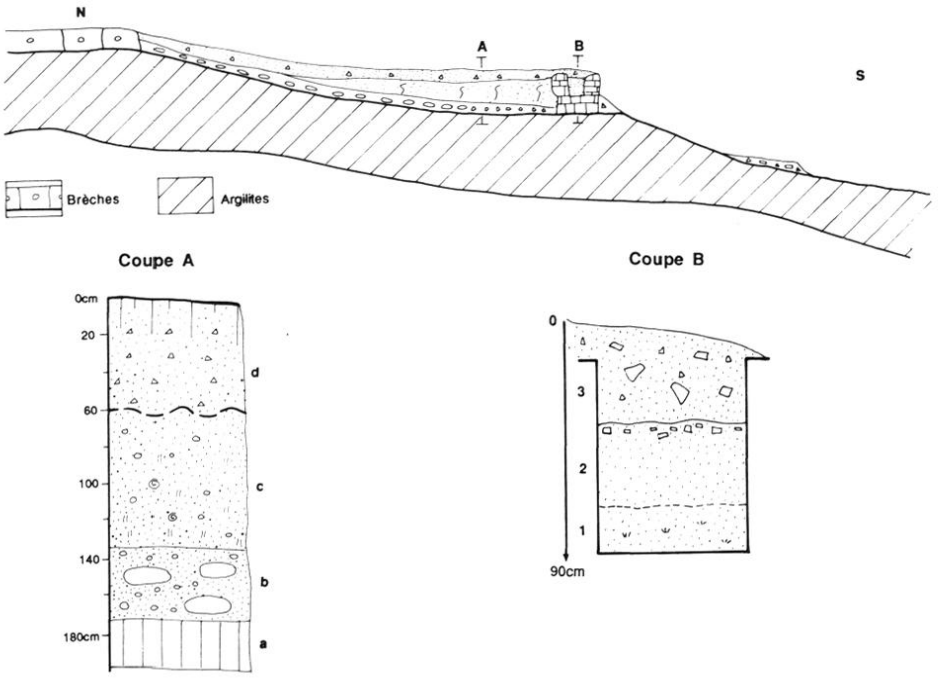


Fig. 3 - COUPE DES COLLUVIONS HOLOCÈNES PRÉHISTORIQUES AU RAVIN DE L'AURIGON.

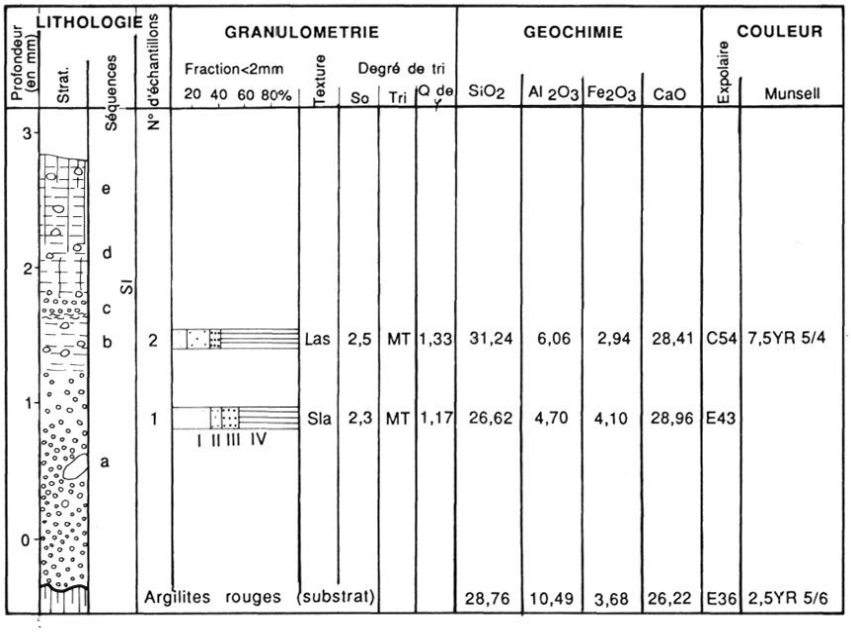
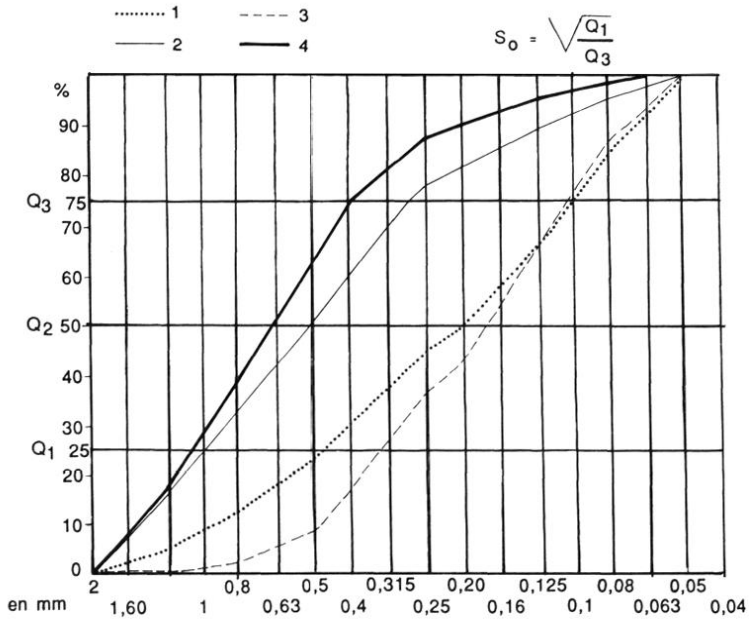


Fig. 4 - COUPE DE LA BASSE TERRASSE HOLOCÈNE PRÉHISTORIQUE DE LA NAÏSSE.

Granulométrie : I- 2 à 0,5 mm ; II- 0,5 à 0,2 mm ; III- 0,2 à 0,05 mm ; IV- 0,05 à <0,002 mm.

Courbes : 1- nappe alluviale ; 2- nappe torrentielle.



limoneuse brun-rouge clair, plus abondante au sommet, épaisseur : 1,40 m,
- des limons argileux (b), bruns, à cailloutis peu abondant, se terminant, au sommet, par quelques centimètres de travertin feuilleté, épaisseur : 60 cm,
- des gravillons lités (c) à matrice fortement carbonatée, cohérente, épaisseur : 10-15 cm,
- des limons argileux (d) brun-rouge, à cailloutis épars, à structuration prismatique incipiente, épaisseur : 60 cm,
- des limons argileux (e) brun foncé, épaisseur : 20 cm.

A la base de la terrasse, la disposition de certains galets et le litage des cailloutis indiquent un ruissellement

fluviatile, évoqué également par le léger bombement convexe de la courbe granulométrique cumulative de la fraction sableuse (fig. 4) ; cependant, la matrice est mal triée. Par suite de l'inaccessibilité de la partie supérieure de la terrasse, les analyses effectuées restent incomplètes (fig. 4). Globalement, l'évolution géochimique reste faible, par rapport aux argiles du substrat. Cependant, la tendance à la structuration prismatique, au-dessus du dépôt travertineux, témoignerait d'une évolution pédologique. Par analogie avec la coupe du «gué» amont du Bayon, nous l'attribuerons à l'Atlantique.

Dans la vallée du ruisseau de Riouffe, affluent de rive droite du Bayon, la basse terrasse holocène préhistorique, dans laquelle l'aqueduc romain de Saint-Antonin a été fondé, présente aussi une base grossière (cailloutis) mais sa partie moyenne, à *Helicella*, est dépourvue de travertins.

Sur le versant nord, dans la haute vallée de la Cause, au sud du mas de Guerre (x = 865,5, y = 3144,5), une basse terrasse, haute d'environ 3 m, pourrait constituer l'équivalent en ubac de la terrasse holocène préhistorique.

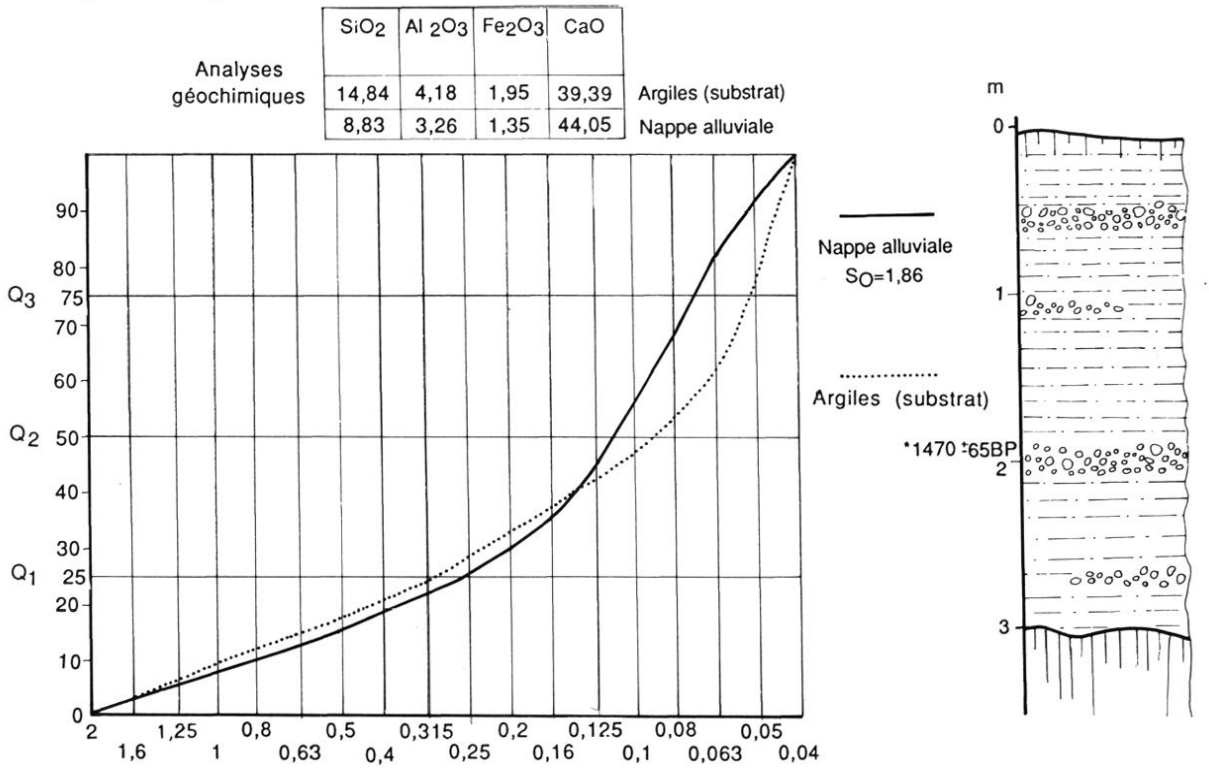


Fig. 5 - COUPE DE LA TRÈS BASSE TERRASSE HISTORIQUE DE ROQUE-VAOUTADE.

2 - LA TRÈS BASSE TERRASSE ET LES COLLUVIONS HOLOCÈNES POST-ROMAINES

2. 1 - La très basse terrasse post-romaine a été d'abord identifiée au pied oriental de l'oppidum de Saint-Antonin (BOSC, 1990). Elle a été ensuite étudiée à Roque-Vaoutade et le long de la Naïsse.

A Roque-Vaoutade (x = 865, y = 3141), elle atteint 3 m d'épaisseur, au-dessus des argiles rouges montiennes (fig. 5). Elle est constituée d'une formation limoneuse à lits de cailloutis calcaires dont la matrice est légèrement enrichie en carbonate de calcium et qui est coiffée par le sol brun actuel peu évolué. L'origine fluviatile du dépôt est confirmée par l'assez bon tri des sables. Comme dans le ruisseau des Deux-Aiguilles (BOSC, 1990), l'allure hyperbolique de la courbe cumulative de cette fraction sableuse (fig. 5) est cependant significative d'un dépôt de décantation qui pourrait s'expliquer par la présence de barres de brèches plus à l'aval. La datation de charbons de bois extraits de la moitié inférieure de la coupe a confirmé l'âge historique de la nappe alluviale : 1 470 ± 65 B.P. (Ly 5500) soit, en années calendaires après correction dendrochronologique, entre 438 et 660 de notre ère.

A Margaillan (cf. ci-dessus), sur la rive droite de la Naïsse, une très basse terrasse s'individualise. On y observe, de bas en haut (fig. 6) :

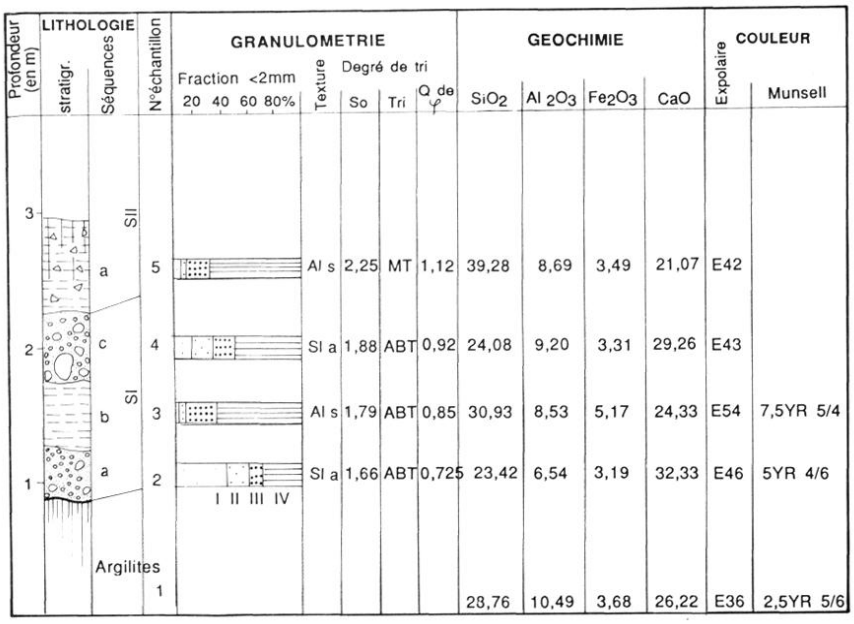
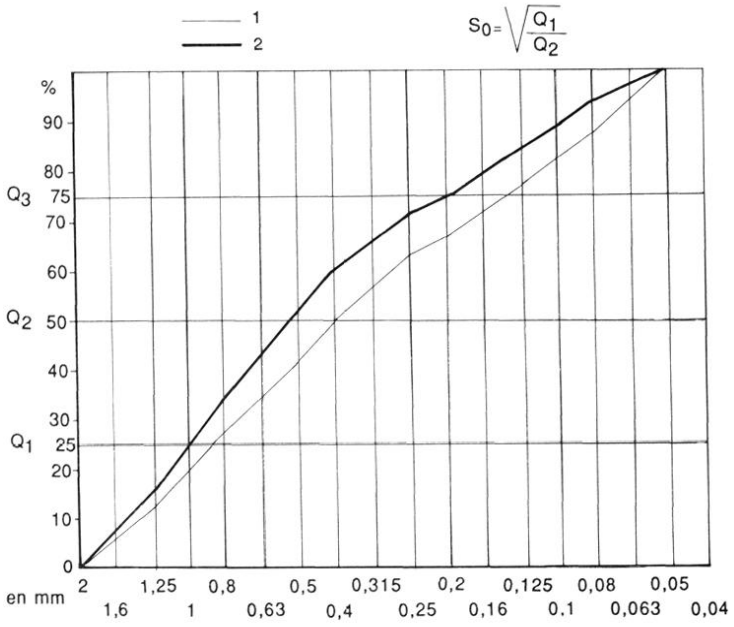


Fig. 6 - COUPE DE LA TRÈS BASSE TERRASSE HISTORIQUE DE LA NAÏSSE.

Granulométrie : I- 2 à 0,5 mm ; II- 0,5 à 0,2 mm ; III- 0,2 à 0,05 mm ; IV- 0,05 à <0,002 mm.

Courbes : 1- nappe colluviale supérieure ; 2- nappe torrentielle inférieure; 3- lentille du sol remanié ; 4- nappe torrentielle supérieure



- les argilites (1) du substratum montien, à structure polyédrique, épaisseur visible : 80 cm à 1 m,
- des cailloux denses (séquence I, a et c), subarrondis, et des blocs (jusqu'à 1 m de long) subarrondis à arrondis, souvent relevant vers l'aval, constitués de calcaires de la montagne Sainte-Victoire et du Cengle, ainsi que de galets repris du poudingue de la Galante, parfois lités, dans une matrice sablo-limoneuse orangée à rouge-brun, ravinant le substratum ; localement, une lentille argilo-limoneuse brune (b) vient s'y intercaler et, vers le sommet, apparaît un «nid de pierres», de 30 cm x 20 cm, sans matrice, épaisseur : 1,5 m,
- des argiles sableuses (séquence II, a), brun-rouge, avec quelques cailloux calcaires subanguleux, en vrac, épaisseur : 1 m au maximum.

Les courbes granulométriques cumulatives de la formation inférieure (fig. 6) sont de type parabolique, l'indice de tri est assez bon, preuve d'une accumulation forcée de type torrentiel. La lentille peu grossière, par contre, a une courbe de type hyperbolique, expression d'écoulements faibles mais suffisants pour transporter une charge fine. L'analyse granulométrique du dépôt sommital fait apparaître un dépôt mal trié, représenté par une courbe de type logarithmique évoquant des colluvions.

Les analyses géochimiques (fig. 6) montrent une évolution en général très réduite par rapport au substratum, les deux formations fines se distinguant néanmoins par une teneur en oxyde ferrique et en alumine plus importante et par une décarbonatation, alors que les dépôts grossiers paraissent recarbonatés. La datation au ^{14}C de charbons de bois prélevés au contact des deux séquences qui constituent la très basse terrasse holocène, confirme son âge : 531 ± 80 B.P. (Ly 5501) soit, en années calendaires après correction dendrochronologique, entre 1290 et 1571 de notre ère.

Cette très basse terrasse holocène post-romaine a été également reconnue le long du Bayon, à l'aval du «Gué», et le long du ruisseau de Riouffe où elle est riche en petits gélifracts. Elle est aussi bien développée dans la basse vallée du ruisseau de Roques-Hautes où elle vient recouvrir la terrasse holocène préhistorique (BALLAIS, 1990).

Sur le versant nord de la montagne, en ubac, cette terrasse pourrait exister sur la Cause, à Guerre, et sur l'Infernet au sud de Vauvenargues (x = 864, y = 3143,5) où elle est constituée d'une matrice fine, gris pâle, emballant des cailloux en vrac, soit un faciès plutôt colluvial.

2.2 - A l'exception de la vallée de la Naïsse, les colluvions post-romaines n'ont été bien reconnues que grâce au repère historique et topographique constitué par l'aqueduc romain.

A l'amont du «gué» du Bayon (fig. 2), les colluvions viennent recouvrir un pavage caillouteux laissé par le ruissellement diffus comme tend à le prouver la présence de galets et graviers d'argilites très fragiles. La composition géochimique de ces colluvions est très comparable à celle du substrat.

Au «gué» (fig. 7), comme plus à l'amont, l'aqueduc est emboîté dans des sables limoneux (1) bruns (5 YR 5/3) à cailloux calcaires anguleux en vrac, abondant pseudo-mycélium et structuration prismatique, caractéristique du sommet de la basse terrasse holocène préhistorique. Au-dessus, viennent 60 cm à 1 m de limons (d) brun-rouge clair (5 YR 6/3) à nombreux graviers et cailloux anguleux, plus gros vers le haut, en vrac et qui viennent buter contre la restanque qui surmonte le piedroit aval de l'aqueduc. Ils sont recouverts d'un pavage de cailloux anguleux de brèches et de calcaire.

Sur la rive gauche du ravin de l'Aurigon (fig. 3), les colluvions supérieures (d et 3), surtout sableuses, sont mal triées (So = 2,7, fig. 8). Appauvries en CaO et enrichies en SiO_2, Al_2O_3 et Fe_2O_3, elles pourraient remanier un sol holocène préhistorique comparable à celui de l'amont du gué du Bayon.

Sur la rive gauche du ruisseau de Roques-Hautes, sur le bord oriental du chemin carossable qui conduit au parc départemental (x = 859, y = 3141), demeurent les restes d'une des piles du pont qui permettait à l'aqueduc de franchir la vallée de cet affluent du Bayon. Un sondage a dégagé une partie des fondations, jusqu'à l'altitude du chemin, sur les faces nord, ouest et sud. A la base du sondage, les fondations paraissent reposer sur la même formation colluviale holocène qu'au ravin de l'Aurigon : 30 cm de blocs de brèche (taille moyenne : 36 cm x 24 cm), subarrondis, et rares cailloux de mortier dans une matrice sablo-limoneuse orange-brun. De la même façon, la formation sablo-limoneuse homogène, massive, épaisse de 40 cm, qui la recouvre se caractérise par une évolution pédologique (abondance de pseudo-mycélium, concentration de la silice, du fer et de l'aluminium) et une couleur qui passe de l'orange (7,5 YR 7/6), à la base, au brun clair (7,5 YR 5/6) au sommet.

En ravinement, on observe :
- une lentille de sables limoneux brun foncé, longue de 3,80 m, emballant de nombreux tessons de *dolia*, de gros fragments de tuiles plates et des clous, des cailloux de travertin, souvent disposés à plat, épaisseur : 50 cm,
- des sables limoneux bruns (7,5 YR 5/6) à graviers et rares cailloux épars, homogènes, passant progressivement, à la base, au vieux sol holocène, épaisseur : 30 cm.

Le niveau de destruction ne saurait être antérieur au IV^e siècle de notre ère d'après son contenu archéologique (CRAMBES, SANDOZ, 1991 ; RUIZ, 1991). Une datation au ^{14}C sur des charbons de bois qu'il contient le confirme : 1 820 ± 109 B.P. (Ly 5467) soit, en années calendaires après correction dendrochronologique, entre 59 et 429 de notre ère, la forte marge statistique étant due à la faible quantité de carbone disponible. Il a été mis en place probablement à l'occasion d'un seul évènement, un violent orage permettant une forte compétence momentanée d'un écoulement local, ceci d'autant que son dépôt ne perturbe pas la pédogenèse qui se poursuit normalement à l'aval.

Dans la vallée du ruisseau de Riouffe (x = 859,5, y = 3141), peu à l'amont du ravin de l'Aurigon, une phase de colluvionnement est venue recouvrir la base du mur du pont soutenant l'aqueduc. Juste à l'aval de ce ravin, toujours en rive droite du ruisseau de Riouffe, une restanque grossièrement construite est recouverte par 20 cm de colluvions de bas de versant. Une tranchée a révélé que, sous un pavage sommital actuel de cailloux calcaires plats et subanguleux dû à la gélifluxion de pipkrakes, ces colluvions ne dépassaient guère 50 cm d'épaisseur, formation sableuse brune à très rares cailloux calcaires subanguleux. Ces colluvions recouvrent elles-mêmes un pavage de cailloux très comparable à celui de la coupe à l'amont du gué et qui tronque le sol holocène préhistorique limoneux, brun-rouge, légèrement induré, à pseudo-mycélium très abondant (épaisseur visible : 30 cm). En fait, ici comme à Margaillan, cet épisode tardif finit d'élaborer un bas de versant concave, étagé dans le bas de versant concave holocène préhistorique.

2.3 - Alluvionnements, colluvionnements et entailles postérieures au Haut-Empire : l'apport de l'aqueduc romain :

Outre les indications très précieuses sur la chronologie relative, voire absolue, des phénomènes étudiés ci-dessus, la présence de l'aqueduc romain a permis la mise en évidence d'autres qui, soit seraient restés inconnus, soit auraient été minimisés par rapport à leur importance réelle.

Le canal de l'aqueduc a fonctionné comme piège à sédiments. Son remplissage a été étudié en détail à l'amont du ravin de l'Aurigon et au «gué» du Bayon. Sur la rive gauche du ravin de l'Aurigon, la coupe est la suivante (fig. 3 B) :

- à la base, des limons (1) rouge-beige à tâches beige-verdâtre, épaisseur : 15 cm,
- des sables limoneux (2) beige-rouge contenant, au sommet, des cailloux et des fragments de mortier posés à plat, épaisseur : 30 cm,
- en ravinement, la formation colluviale (3 = d) qui recouvre l'aqueduc, sablo-limoneuse brun-rouge, contenant des cailloux calcaires et des fragments de la voûte de l'aqueduc en vrac, épaisseur : 20 cm.

Les analyses granulométriques et géochimiques (RUIZ, 1991) précisent le mode de mise en place des dépôts dans l'aqueduc. Le dépôt inférieur est mal trié (So = 2,3) et constitué essentiellement de limons, d'argiles et de sables fins. Les tâches beige-verdâtre seraient le témoignage d'une hydromorphie locale. Le dépôt intermédiaire se différencie nettement du précédent : il est bien trié (So = 1,5) et la fraction des sables grossiers représente plus de 50% de la phase sableuse. La courbe granulométrique cumulative parabolique indique une accumulation forcée, les fractions fines ont été emportées. Le dépôt supérieur est constitué des colluvions historiques (cf. ci-dessus).

Il paraît donc que, à partir d'un moment qu'on ne peut préciser, l'eau circulant dans l'aqueduc était très chargée en limons et donc peu propre à la consommation (dépôt inférieur). Cette situation s'aggrave ensuite avec la détérioration de la voûte et l'apport de cailloux des versants (dépôt intermédiaire). Postérieurement (et peut-être beaucoup plus tard), l'aqueduc ne fonctionne plus, sa voûte est totalement détruite (naturellement ou artificiellement) et le canal comblé par colluvionnement.

Au «gué» du Bayon, les dépôts accumulés dans le canal permettent une reconstitution plus fine. Ils comprennent, de bas en haut (fig. 7) :

- une alternance (a) de pellicules travertineuses cohérentes beiges, d'épaisseur millimétrique et de dépôts aussi minces de sables limoneux beiges; la première pellicule adhère sur le mortier de tuileau alors que la troisième se relève sur le bord du canal ; épaisseur : 5 cm,
- une formation sablo-limoneuse beige clair (b) contenant de nombreuses concrétions carbonatées dont certaines sont des tubulures de racines ; sur les bords et vers la base, la couleur devient plus foncée probablement en liaison avec la faible densité des concrétions; épaisseur : 25 cm,
- en léger ravinement, une formation sablo-limoneuse brun-rouge (c), enrichie en argile vers le haut, emballant des graviers et cailloux anguleux ainsi que des fragments de mortier, disposés à plat, épaisseur : 15 cm,
- colluvions (d) bloquées derrière la restanque (cf. ci-dessous).

Sur la face interne du piedroit amont, se sont déposées des pellicules de travertin «bourgeonnantes», d'épaisseur irrégulière, descendant jusqu'au niveau de la formation beige clair à concrétions et contenant des fragments de mortier de la voûte.

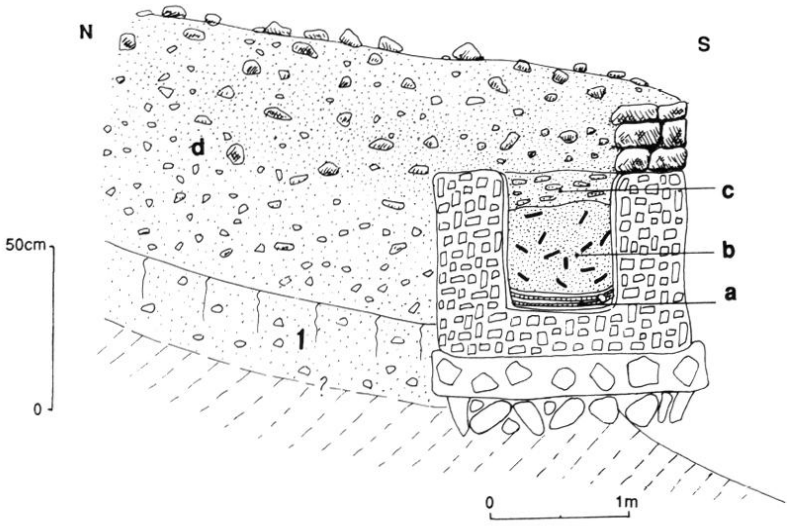


Fig. 7 - COUPE DU REMPLISSAGE DE L'AQUEDUC ROMAIN AU «GUÉ» DU BAYON.

Les analyses géochimiques sur la formation sablo-limoneuse brun-rouge (c) montrent qu'il s'agit d'un vestige de sol. Ce sol existait à l'époque romaine car il est remanié par l'écoulement qui subsistait dans l'aqueduc, à la fin du fonctionnement de ce dernier. Piégé là, il est le témoin de l'extension des sols y compris sur les versants; sur ces sols ont pu se développer les activités agricoles de l'époque.

L'histoire du fonctionnement de l'aqueduc peut être reconstituée ainsi. La base de l'accumulation montre un fonctionnement normal de l'aqueduc, compte-tenu de la charge importante en carbonates des eaux du Bayon, y compris aujourd'hui (VAUDOUR, MARTIN,

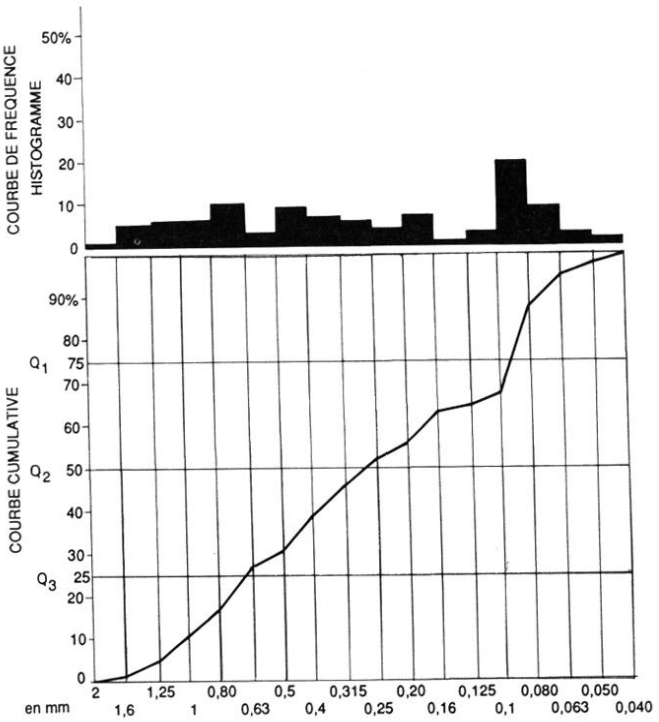


Fig. 8 - COURBE GRANULOMÉTRIQUE CUMULATIVE DES COLLUVIONS POSTÉRIEURES À L'AQUEDUC ROMAIN AU RAVIN DE L'AURIGON.

COVO, 1988 ; VAUDOUR, COVO, 1991). Les minces dépôts de sables fins, bien triés par l'eau coulant dans l'aqueduc, proviennent soit de faibles remaniements de la voûte du canal, soit, plus probablement, de crues modérées dans le bassin-versant du Bayon, à l'amont du captage. Au-dessus, le développement de concrétions suppose l'existence de végétation dans le canal, soit sous forme de plantes fixées là, soit sous forme de racines y pénétrant par des fissures de la voûte : l'eau circule toujours bien mais la voûte se dégrade. Des eaux superficielles, descendues des versants, pénètrent dans le canal, y entrainant des fragments de voûte fossilisés par des travertins dont l'abondance est le signe du maintien d'une relative stabilité des versants et des géofaciès. La dernière phase d'accumulation indique une forte compétence de l'eau (elle remanie des cailloux) et une destruction avancée de la voûte qui permet justement ces apports d'eau de versants responsables de l'augmentation de la compétence : le canal se comble et ne fonctionne plus. Plus tard (probablement beaucoup plus tard), des fragments de la voûte sont réemployés pour construire une restanque sur le piedroit aval, bloquant provisoirement les colluvions qui viennent finir de colmater le canal.

Les rapports de l'aqueduc avec les formes et formations holocènes historiques permettent de mettre en évidence deux phases d'entaille des cours d'eau séparées par une phase d'accumulation.

La première phase d'entaille se produit alors que l'aqueduc était encore fonctionnel, soit entre les II^{e} et V^{e} siècles de notre ère. L'examen attentif de la culée du pont, en rive droite du ruisseau de Riouffe, montre qu'une mince pellicule de travertins roses recouvre partiellement sa face SW et descend jusqu'à 18 cm en dessous du talon de fondation. Cela signifie qu'une fuite peu importante s'est produite dans l'aqueduc, alimentant ce concrétionnement à un moment où l'entaille du ruisseau de Riouffe avait déjà dégagé les fondations sur près de 20 cm. Aujourd'hui, le lit de ce ruisseau est 1,30 m en dessous du talon des fondations. Or, à quelques mètres à l'aval, en rive gauche, 1 m d'une accumulation caillouteuse, dans une matrice sableuse brune, tronque les argilites du substratum et son sommet domine le lit actuel de près de 2 m, en contrebas de la basse terrasse holocène historique, bien visible en rive droite. Ces observations confirment celles de la rive droite du ruisseau de Roques-Hautes (BALLAIS, 1990).

3 - CONCLUSION : L'ÉVOLUTION AU COURS DE L'HOLOCÈNE

3.1 - L'accumulation de la basse terrasse holocène préhistorique

Après l'accumulation de la terrasse würmienne, commence une phase majeure d'entaille par les cours d'eau, aussi bien la Naïsse, que la Cause et que le Bayon et ses affluents, probablement au cours de l'interstade tardiglaciaire. Cette entaille atteint 4 à 5 m sur le ruisseau de Riouffe et 9,5 m sur la Naïsse à Margaillan. Elle s'est effectuée à des vitesses de l'ordre de 1 mm à 2,4 mm/an.

Le mouvement se renverse avec l'accumulation de la terrasse, ce qui indique une fourniture de débris par les versants suffisante pour saturer les écoulements. Dans le détail, on peut distinguer la base et le sommet de l'accumulation. Les dépôts de base sont grossiers, souvent plats, peut-être issus du remaniement de gélifracts. Les températures peu élevées réduiraient l'évaporation, facilitant les écoulements. La datation au ^{14}C du sommet de ce faciès, à «La Cascade» de Saint-Antonin : 9 440 ± 220 B.P. (VAUDOUR *et al.*, 1985) permet d'attribuer cette formation au Dryas récent-Préboréal.

Au-dessus, les faciès deviennent de plus en plus fins et passent à des travertins peu développés (Bayon au «gué», Naïsse à Margaillan) ou très abondants (Bayon à «La Cascade», source de Vauvenargues). Les faciès fins, mal triés, indiquent une phase d'écoulements lents et réguliers, remaniant des dépôts fins issus probablement de phases de pédogenèse antérieure ou contemporaine, ou des versants où les argiles affleurent encore. Ceci indique un réchauffement du climat, mais aussi une meilleure répartition saisonnière des précipitations qu'aujourd'hui, probablement aussi des intensités de précipitations plus faibles. Tout cela favorisant la reconquête végétale par la forêt, en particulier la chênaie caducifoliée localement présente dès 9 440 ± 220 B.P. (VAUDOUR *et al.*, 1985 ; MAGNIN, THINON, 1988). La sédimentation travertineuse suppose un couvert végétal et pédologique suffisamment dense à l'amont des édifices et une ripisylve bien développée dans leur environnement immédiat (VAUDOUR, 1988). Les irrégularités de la travertinisation posent problème. Il est bien difficile d'invoquer une pression anthropique précoce, d'autant que les traces d'occupation humaine qui ont pu être repérées (D'ANNA, COURTIN, 1986 ; DELGIOVINE, 1986) intéressent uniquement les grands édifices travertineux. La raison réside plus probablement dans les conditions édaphiques locales : la forêt n'a probablement pas recolonisé tous les versants avec la même densité. Certains versants en forte pente, dans les argilites, n'ont pas été reboisés, d'autres ont été occupés par une forêt assez claire comme l'indiquent les malacofaunes de «la Cascade» et du «gué» qui mêlent les *Pomatia elegans* plus ou moins forestiers et les *Helicella* des formations basses et ouvertes.

Les sols élaborés au cours de cette période sont des sols bruns, surtout sur les bords du ruisseau de Roques-Hautes et des sols bruns à tendance fersiallitique ailleurs. Ils confirment que le versant d'adret de la montagne Sainte-Victoire comprenait au moins deux types de géofaciès : les versants argileux, secs, ensoleillés, à sols bruns à tendance fersiallitique et couverture végétale plus ou moins ouverte et les fonds de vallées à ripisylve abondante de feuillus caducifoliés, plus ombragés, plus humides, à sols bruns et travertins.

Toutes ces caractéristiques évoquent l'optimum climatique holocène, centré sur le Boréal-Atlantique, ce que confirment les dates ^{14}C obtenues sur les travertins de Vauvenargues (DELGIOVINE, 1986). L'épaisseur de la terrasse varie de 2 m (ruisseau de Riouffe) à 5 m (Bayon), ce qui suppose des vitesses d'accumulation minimums de 0,25 à 0,6 mm/an.

3.2 - L'entaille de la basse terrasse holocène préhistorique

La fin de l'Atlantique et le début du Subboréal se marquent par la fin de la stabilité relative des géosystèmes qui avait caractérisé la période Boréal-Atlantique. Les modalités de la morphogenèse changent radicalement : les ruisseaux arrêtent progressivement d'accumuler pour inciser à nouveau. Sur les versants, le creusement des talwegs déstabilise les formations de pente et des coulées de solifluxion peuvent être réactivées, selon un schéma visible aujourd'hui en ubac, à la base du versant du Cengle (lieu-dit Le Bouquet).

Les causes de ce renversement de la morphogenèse ne doivent pas, a priori, être recherchées uniquement en direction des facteurs bioclimatiques puisque la présence de populations humaines devient perceptible. En effet, depuis le Néolithique, des populations agro-pastorales occupent le massif (D'ANNA ce volume). Le développement d'un mode de production agro-pastoral a dû provoquer une rétraction de la forêt, au moyen des essartages et des incendies. En l'absence d'étude palynologique locale, on ne peut affirmer que la régression des espèces arborées au profit d'herbacées colonisant des milieux plus ouverts observée plus à l'ouest (TRIAT-LAVAL, 1978) se produit aussi dans la montagne Sainte-Victoire. Par contre, l'extension de cette phase d'entaille ou de «crise» subboréale en Provence et en d'autres points du domaine méditerranéen (Tunisie, par exemple) tend à lui faire rechercher des causes climatiques. Selon FRENZEL (in RUIZ, 1991), dans les Alpes, le début du Subboréal se marque par une baisse des températures et une diminution des précipitations. Au Maghreb oriental, la fin de l'optimum holocène se marque aussi par une nette diminution des précipitations (PETIT-MAIRE *et al.*, 1991 ; BALLAIS, 1991b). Le climat pourrait devenir plus perturbé, avec des précipitations orageuses, des amplitudes thermiques importantes. Le regain de la morphogenèse serait donc lié à une dégradation climatique aggravée éventuellement par la mise en valeur agricole.

Sur les versants, il provoque probablement l'érosion des sols holocènes mais les débits sont suffisants pour exporter les alluvions jusque dans le niveau de base (l'étang de Berre) où le delta de l'Arc progresse rapidement (JORDA *et al.*, 1991). L'entaille varie de 1,15 m (ruisseau de Roques-Hautes) à 7 m (la Naïsse).

3.3 - L'époque romaine : une période de stabilité relative

Les dépôts contemporains de l'époque romaine sont extrêmement discrets et seule l'étude précise de l'aqueduc a permis de les mettre en évidence. Restes de sol brun piégés dans le canal ou accumulations travertineuses dans ce même canal ou sur les substructures à l'occasion de fuites, ils sont l'indice d'une stabilité du milieu. Les sols résultent soit d'une ancienne pédogenèse qui a formé les vieux sols atlantiques, soit d'une nouvelle pédogenèse sur les minces dépôts de pente du Subboréal. La combinaison d'une pédogenèse et de dépôts de travertins reproduit la combinaison de l'optimum holocène, mais dans des conditions dégradées. En effet, autant qu'on puisse en juger par les rares restes épargnés par l'ablation postérieure, les sols contemporains étaient minces. D'autre part, les accumulations travertineuses restent peu épaisses et limitées au canal de l'aqueduc. Enfin, l'entaille des cours d'eau se poursuit. Dans le détail, il n'est pas impossible que cette entaille marque une pause pendant l'époque de la Tène III et durant le Haut-Empire, puis reprenne après la construction de l'aqueduc. La poursuite des recherches permettra peut-être d'éclaircir ce point. Quoi qu'il en soit, cet éventuel arrêt de l'entaille n'a pas provoqué de dépôt encore visible.

Cette époque se marque par une intensification de l'occupation humaine. Les prospections archéologiques mettent en évidence un glissement de l'habitat des versants vers les zones basses, accompagné d'une dispersion (LEVEAU *et al.*, ce volume). L'agriculture se développe aux dépens de l'élevage. Cette intensification de la mise en valeur est probablement compensée par un contrôle de la circulation de l'eau tout à fait remarquable, par les aqueducs (Saint-Antonin, Vauvenargues) et peut-être par le drainage des dépressions marécageuses, comme les poljés des Suis et de l'Etang. Malheureusement, le refus des propriétaires de permettre les quelques petits sondages nécessaires pour vérifier, à la fois, le fonctionnement hydrologique et la chronologie de la mise en valeur de ces poljés nous prive de renseignements décisifs.

Au total, la combinaison de conditions bioclimatiques plus favorables qu'au Subboréal, sans atteindre cependant celles de l'optimum holocène, d'un héritage de bons sols de l'optimum holocène, de la possibilité d'une mise en culture des dépressions plutôt que des versants, ainsi que d'une maîtrise de la circulation de l'eau, a permis un développement de l'agriculture sans provoquer d'érosion des sols. Dans ces conditions, l'aqueduc était mieux alimenté par le Bayon qu'aujourd'hui alors que le ruisseau tarit durant les étés des années séches comme 1990 et 1991. Si le système de drainage mis en évidence dans les petits poljés des Suis est bien romain, son organisation en direction de la source actuelle du Bayon contribuait à la suralimentation de l'aqueduc.

3.4 - La période post-romaine : une accélération du rythme de la morphogenèse

La phase d'entaille qui se développe vers la fin de l'époque romaine est plus ou moins importante selon les secteurs. Le long du Bayon et du ruisseau de Riouffe (où elle atteint au moins 1,30 m), elle finit de dégager entièrement la basse terrasse holocène préhistorique. Cet encaissement rapide (au minimum 1 mm/an, au maximum 4 mm/an sur le ruisseau de Riouffe) permet, par érosion régressive, la formation d'une nouvelle génération de ravins, entaillés dans les argilites, comme le ravin de l'Aurigon. Par contre, à l'aval du ruisseau de Roques-Hautes, principal affluent du Bayon, la basse terrasse holocène préhistorique n'est que partiellement entaillée comme si ce ruisseau était resté un peu «suspendu» au-dessus du talweg du Bayon, alors qu'aujourd'hui son débit paraît plus abondant et son régime plus régulier que celui du cours d'eau principal.

L'âge du renversement de la morphogenèse, provoquant l'accumulation de la très basse terrasse holocène historique est maintenant connu : il se place à la charnière de la fin de l'Antiquité et du début du Haut Moyen Age. L'accumulation se produit y compris très haut dans les versants où elle reste bloquée derrière les barres de brèches comme dans le bassin-versant du ruisseau des Deux-Aiguilles et à Roque-Vaoutade (BOSC, 1990). Cette accumulation coïncide avec une nette déprise rurale. On peut donc envisager que l'abandon des systèmes contrôlant la circulation de l'eau a provoqué une érosion sur les terres labourées peu à peu reconquises par la garrigue. Il faudrait alors que l'accumulation ait été extrêmement rapide pendant une période très courte, de l'ordre de quelques années. Cependant, il ne faudrait pas oublier la généralité de l'existence d'au moins une très basse terrasse holocène historique dans le bassin méditerranéen (VITA-FINZI, 1969). Par ailleurs, les nappes alluviales qui la constituent ont fourni plusieurs fois des âges très semblables à ceux de la montagne Sainte-Victoire, par exemple en Tunisie (FONTES *et al.*, 1983, BALLAIS, 1991a), mais aussi en Provence, par exemple à Porquerolles (PROVANSAL, sous presse). Il n'est donc pas possible d'éliminer tout contrôle bioclimatique de cette phase d'accumulation.

En fait, la réalité est encore plus compliquée puisque la terrasse de la Naïsse à Margaillan est nettement plus jeune, soit fini-médiévale. Et autour de la Méditerranée, plusieurs nappes alluviales ont des âges très compararables, en Libye (VITA-FINZI, 1969) ou en Tunisie (FONTES *et al.*, 1983 ; BALLAIS, 1991a). En Provence, mais pas du tout en Afrique du Nord, l'accumulation de cette nappe pourrait correspondre à une densité de population importante. D'un autre côté, c'est aussi la fin de l'optimum médiéval et le début du Petit Age Glaciaire (LEROI-LADURIE, 1967). Dans l'attente des recherches prévues dans le cadre de l'ATP Archéologie métropolitaine sur la montagne Sainte-Victoire, on ne peut que poser les question suivantes :

- y-a-t'il une ou plutôt deux nappes alluviales médiévales, correspondant à deux générations de colluvions ?
- s'il en existe deux, sont-elles superposées (ce pourrait être le cas à Margaillan) ?
- si elles sont superposées, pourquoi n'y-a-t'il pas eu d'entaille entre elles deux ?

Ce qui semble certain, à l'exception toutefois de Roque-Vaoutade, c'est que le sommet de l'accumulation présente, pour la première fois de l'histoire morphogénétique et sédimentologique holocène, un faciès typiquement colluvial. Il signifie une véritable érosion des sols cultivés par le ruissellement diffus, une preuve incontestable que, pour la première fois, les caractéristiques de la mise en valeur (surfaces occupées, méthodes et techniques culturales) permettent un déséquilibre généralisé des géosystèmes. Dans cette perspective, l'utilisation des restanques par les communautés agraires s'explique aisément, même s'il faudrait tenir compte aussi des raisons techniques et sociales de cette (ré)introduction. Leur rôle est aussi de retenir le sol, y compris sur des pentes de quelques degrés seulement. Dans certains cas (ruisseau de Riouffe), elles viennent armer le bord de l'entaille des cours d'eau, indiquant très probablement la reprise de l'incision récente qui dure encore aujourd'hui. Mais, même dans ce cas, elles tendent à disparaître sous l'accumulation convexe des colluvions. Enfin, à en juger par les formations superficielles qu'elles ont piégé, on peut distinguer au moins deux générations, au «gué» du Bayon : la plus ancienne, construite sur le piedroit aval de l'aqueduc, avec des blocs repris de la voûte entièrement détruite (fig. 7) et une plus récente, plus haut sur le versant et délimitant des parcelles minuscules, de quelques mètres carrés, constituées du remaniement à très faible distance des argilites du substrat.

La phase contemporaine d'entaille linéaire des cours d'eau a également donné naissance, par érosion régressive, à une nouvelle génération de ravins, particulièrement bien développée sur les versants de l'oppidum de Saint-Antonin. Sa vitesse minimum est de l'ordre de 2 mm/an à Roque-Vaoutade et sur le ravin de l'Aurigon et 4,7 mm/an à Margaillan, soit des vitesses considérables, mais plus faibles que celles mesurées au Maghreb oriental (BALLAIS, 1991c). La formation de travertins est considérablement réduite aujourd'hui, sur le versant Sud, où elle se limite aux cascades du lit mineur du Bayon. Par contre, sur le versant nord, du travertin se construit dans le lit à sec de l'Infernet, au sud de Vauvenargues, par incrustation de feuilles, d'aiguilles et de pommes de *Pinus halepensis*, à l'aval d'un ruisselet intermittent, sous une forêt claire de jeunes *Pinus halepensis* et *Quercus pubescens* auxquels s'ajoutent, dans le travertin, des aulnes.

Il est clair que, si nous commençons à mieux connaître la période fini-romaine à actuelle, ce qui permet déjà de la relier largement à l'évolution contemporaine de l'ensemble du bassin méditerranéen, les zones d'ombre restent importantes. Heureusement, l'époque moderne à contemporaine a vu se remettre en place des systèmes d'irrigation complexes sur la Cause (Petite Mer) et sur le Bayon (Béal de Beaurecueil) riches en informations potentielles. La poursuite des sondages et des recherches sur ces systèmes, en 1992 et 1993, malgré les problèmes toujours posés par l'incompréhension des propriétaires, devrait permettre d'avancer de façon décisive sur la connaissance de la morphogenèse moderne et contemporaine dans ses rapports avec les modalités de l'occupation du sol.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BALLAIS J.-L., (1990). - *Rapport de sondage à l'Aurigon (Beaurecueil)*, 2 p., ronéot.

BALLAIS J.-L., (1991a). - Les terrasses historiques de Tunisie, *Zeitschrift für Geomorphologie*, Berlin, Suppl.-Bd. 83, p. 221-226.

BALLAIS J.-L., (1991b). - L'évolution holocène de la Tunisie saharienne et présaharienne, *Méditerranée*, 4, p. 31-38.

BALLAIS J.-L., (1991c). - Vitesses d'accumulation et d'entaille des terrasses alluviales holocènes et historiques au Maghreb oriental, *Physio-Géo.*, Paris, n° 22/23, p. 89-94.

BALLAIS J.-L., (1991d). - *Morphogenèse holocène et actuelle sur la montagne Sainte-Victoire : le rôle de l'anthropisation et de l'incendie,* Rapport D.R.Arch. région P.A.C.A., 27 p., ronéot.

BOSC 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, Univ. 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, Univ. Aix-Marseille II, 153 p. + annexe, ronéot.

D'ANNA A., COURTIN J., (1986). - Travertins holocènes et sites préhistoriques : exemples dans le Var et les Bouches-du-Rhône, *Méditerranée,* Aix-en-Provence, 1.2, p. 31-38.

DELGIOVINE A., (1986). - Les travertins holocènes de Vauvenargues (Bouches-du-Rhône), *Méditerranée,* Aix-en-Provence, 1.2, p. 81-91.

FONTES J.-C., COQUE R., DEVER L., FILLY A., MAMOU A., (1983). - Paléohydrologie isotopique de l'oued el Akarit (Sud Tunisie) au Pléistocène supérieur et à l'Holocène, *Palaeogeogr., Palaeclimatol., Palaeoecol.,* Amsterdam, 43, p. 41-62.

JORDA M., PARRON C., PROVANSAL M., ROUX M., (1991). - Erosion et détritisme holocènes en Basse-Provence calcaire. L'impact de l'anthropisation, *Physio-Géo.,* Paris, n° 22/23, p. 37-47.

LE ROY-LADURIE E., (1966). - *Histoire du climat depuis l'An Mil,* Paris, Flammarion, 376 p.

MAGNIN F., THINON M., (1988). - Les travertins holocènes de Vauvenargues et de Saint-Antonin (Bouches-du-Rhône) : nouvelles données sur les paléoenvironnements (malacologie, anthracologie), *Travaux 1988,* Aix-en-Provence, URA 903 CNRS, n° XVII, p. 63-71.

PETIT-MAIRE N., BUROLLET P.F., BALLAIS J.-L., FONTUGNE M., ROSSO J.-C., LAZAAR A., (1991). - Paléoclimats holocènes du Sahara septentrional. Dépôts lacustres et terrasses alluviales en bordure du Grand Erg oriental à l'extrême-sud de la Tunisie, *C.R. Acad. Sc. Paris,* t. 312, série II, p. 1661-1666.

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

TRIAT-LAVAL H., (1978). - *Contribution pollenanalytique à l'histoire tardi et post-glaciaire de la végétation de la basse vallée du Rhône,* Thèse Doctorat ès-Sciences, Aix-Marseille III, 343 p.

VAUDOUR J., (1988). - Essai de synthèse, *Travaux 1988,* Aix-en-Provence, URA 903 CNRS, n° XVII, p. 269-280.

VAUDOUR J. *et al.,* (1985). - *Tufs et travertins holocènes des Bouches-du-Rhône,* URA 903 CNRS, Aix-en-Provence, 58 p.

VAUDOUR J., MARTIN C., COVO J., (1988). - Premières données hydrochimiques sur le Bayon dans les environs du barrage travertineux de la Cascade de Saint-Antonin (B.d.R.), *Travaux 1988,* Aix-en-Provence, URA 903 CNRS, n° XVII, p. 163-178.

VAUDOUR J., COVO J., (1991). - Un cycle de mesures hydrochimiques sur le Bayon en année sèche et après l'incendie de la Sainte-Victoire du 28 août 1989, *Travaux,* URA 903 du CNRS, Aix-en-Provence, n° XX, p. 37-46.

VITA-FINZI C., (1969). - *The Mediterranean Valleys. Geological Changes in Historical Times,* Cambridge Univ. Press, 140 p.