



Évolution des paysages et réflexion sur les modalités d'exploitation des sols

Stéphane Bonnet, Frédéric Magnin, Ariane Aujaleu

► To cite this version:

Stéphane Bonnet, Frédéric Magnin, Ariane Aujaleu. Évolution des paysages et réflexion sur les modalités d'exploitation des sols. *Revue archéologique de Narbonnaise*, 2022, 2020 (53), pp.13-29. <halshs-03555232>

HAL Id: halshs-03555232

<https://shs.hal.science/halshs-03555232v1>

Submitted on 1 Feb 2023

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.



HAL Authorization



Évolution des paysages et réflexion sur les modalités d'exploitation des sols

Stéphane Bonnet, Frédéric Magnin, Ariane Aujaleu

► To cite this version:

Stéphane Bonnet, Frédéric Magnin, Ariane Aujaleu. Évolution des paysages et réflexion sur les modalités d'exploitation des sols. *Revue archéologique de Narbonnaise*, 2020, 53, pp.13-29. halshs-03966925

HAL Id: halshs-03966925

<https://shs.hal.science/halshs-03966925>

Submitted on 1 Feb 2023

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.

Évolution des paysages et réflexion sur les modalités d'exploitation des sols

– Stéphane BONNET
– Frédéric MAGNIN
– Ariane AUJALEU

▼ Résumé :

L'exploration du sous-sol des hauteurs d'Aix-en-Provence, sur l'emprise du centre hospitalier, à l'occasion de deux fouilles préventives, a mis au jour un paléo-vallon dont le colmatage enregistre l'évolution des milieux et de leur anthropisation depuis le Néolithique ancien. La reconstitution de cette histoire discontinue conduit à discuter le modèle du changement des paysages au cours de l'Holocène, anciennement établi pour la Provence. Cette étude se concentre sur l'Antiquité, et plus précisément le Haut Empire, afin d'affiner et d'enrichir, à l'aide des données sédimentologique et malacologique, la compréhension de l'occupation agraire de ce secteur présentée dans le second volet de cette étude dans l'article d'Ariane Aujaleu (ce volume).

▼ Mots-clés :

Holocène, Antiquité, paléoenvironnement, géoarchéologie, malacologie, archéologie agraire, péri-urbain, Provence.

▼ Abstract:

The exploration of the subsoil of the heights of Aix-en-Provence, during the occasion of two preventive excavations on the site of the hospital, has brought to light a palaeovalley filled by sediments that reveal the evolution of the environments and their anthropization since the Early Neolithic. The reconstruction of this discontinuous history leads to discuss the model of landscape change during the Holocene formerly established for Provence. This study focuses on Antiquity, and more specifically the upper Roman empire, in order to refine and enrich, with the help of sedimentological and malacological data, the understanding of the agricultural land use history in this area which is the subject of an archaeological study by Ariane Aujaleu in this issue.

▼ Keywords:

Holocene, Antiquity, palaeoenvironment, geoarchaeology, land snail analysis, agricultural archaeology, peri-urban area.

Les études géoarchéologiques pluridisciplinaires effectuées lors d'interventions d'archéologiques préventives, au sein de l'enceinte du Centre hospitalier d'Aix-en-Provence, ont permis d'examiner des séquences colluviales ou colluvio-torrentielles holocènes inédites. Seuls les dépôts antiques sont présentés en détail, ceci en vue d'enrichir la compréhension du site de proche périphérie urbaine. Organisées en rive ouest d'un axe principal de circulation, les parcelles antiques ont notamment révélé une mise en culture entre la fin du I^{er} s. et la seconde moitié du II^e s. apr. J.-C. Cette exploitation des sols, qui peut être mise en lumière par des traces de plantation bien conservées, se lit parfois de manière plus discrète au sein des divers nappages colluviaux de cette période. L'étude géoarchéologique fine de ces dépôts permet une approche plus complète de cette occupation agricole. En outre, plusieurs fossés au colmatage complexe ont fourni de précieux éléments de connaissance des milieux. L'objet de cet article est de montrer comment, dans ce cas précis, la combinaison des études archéologiques et paléo-environnementales, a abouti à une analyse plus juste de l'histoire d'un site.

Ces études participent à une démarche plus globale de collecte d'informations paléo-environnementales, impulsée depuis quinze ans par la double volonté de la Direction Archéologie et Muséum de la ville et du prescripteur. L'objectif est de mieux cerner, d'un point de vue résolument systémique, la cinématique et les mécanismes de l'évolution des milieux et de leur anthropisation, durant au moins l'Holocène, sur l'ensemble du territoire communal¹.

1. CADRE D'ÉTUDE ET PROTOCOLE

1.1. Morphologie ancienne du versant

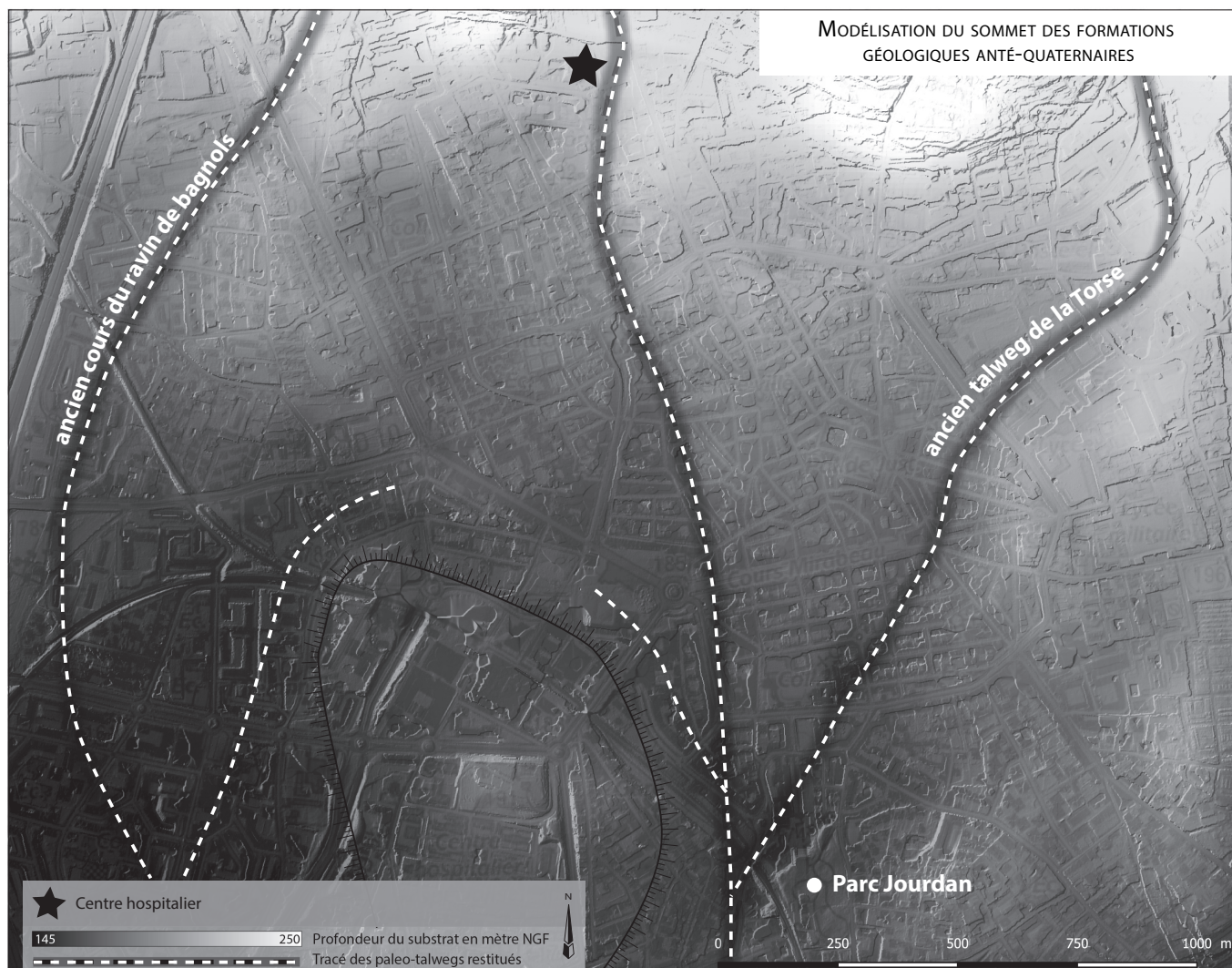
Dominant la ville d'Aix-en-Provence, la zone d'étude est implantée sur un versant affecté par une très forte urbanisation. Cette dernière a eu pour effet de modifier grandement les contours de ce secteur pour lequel l'étude morphologique s'avère alors délicate. La richesse des données cartographiques et stratigraphiques pallie toutefois cette difficulté. Ainsi les légères inflexions des courbes de niveau figurées sur une carte topographique ancienne², au droit du centre hospitalier, s'avèrent être la trace d'un ancien vallon colmaté. Inscrit au sein de formations miocènes continentales constituées de bancs d'altérites gréseuses généralement meubles renfermant des lentilles de poudingues compactes, ce vallon, dont l'origine se trouve au maximum 900 m plus au nord, était connecté à de nombreux ravineaux repérés en amont à plusieurs reprises (Catzigras *et al.* 1958; Villeneuve *et al.* 2016, 118-119). Une modélisation

stratigraphique en trois dimensions du sous-sol du centre-ville d'Aix-en-Provence permet d'esquisser plus précisément le tracé aval de cet ancien affluent de l'Arc qui mesure 250 m de large au niveau du centre hospitalier (Bonnet *et al.* 2018a, 49) (fig. 1). Traversant le centre-ville selon un axe nord-nord-ouest/sud-sud-ouest, ce talweg rejoint, à proximité du parc Jourdan, un ancien bras de la rivière Torse, qui s'écoule aujourd'hui 1,5 km plus à l'est pour se jeter dans le fleuve au niveau du parc-relais Krypton (Bonnet *et al.* 2014; Magnin, Bonnet 2014a, 162).

1.2. Archives sédimentaires et méthodologie

Les recherches géoarchéologiques et paléo-environnementales, menées lors des deux fouilles de l'hôpital, combinent un suivi géomorphologique portant sur la quasi-totalité du site avec la réalisation d'expertises sédimentaires, malacologiques et anthracologiques. Ce protocole, mis en place depuis plus de 10 ans à Aix-en-Provence, est dicté par l'extrême pauvreté des sédiments en matière organique non

Figure 1
Carte de localisation des paléo-vallons repérés à partir d'une modélisation en 3D du sous-sol du centre-ville d'Aix-en-Provence (réalisation M. Panneau, S. Bonnet).



carbonisée et par la présence d'un réseau de chercheurs engagés localement dans ces problématiques d'archéologie environnementale. Les analyses ont été effectuées sur sept coupes de 1,80 à 3,50 m d'épaisseur. Celles-ci regroupent les séquences considérées comme les plus représentatives de l'évolution des milieux et de leur occupation, sur des critères de faciès, d'épaisseur, de répartition spatiale et de datation. Dans une logique de recherche diachronique, les analyses ont aussi bien porté sur des dépôts de versant que sur le colmatage de structures hydrauliques antiques, ou encore sur des accumulations de remblais, également datés de l'Antiquité.

Les études malacologique et sédimentologique portent conjointement sur une quarantaine d'échantillons. Seule l'analyse anthracologique réalisée sur dix-neuf prélèvements ne sera pas présentée ici puisque ses résultats s'avèrent peu concluants compte tenu du faible nombre de charbons retrouvés (Bonnet *et al.* 2017, 97-100).

La description macroscopique des dépôts a été affinée par la définition de leur texture et par la caractérisation de la nature d'une part de leur fraction granulométrique. Réalisée à l'aide d'une loupe binoculaire, cette dernière consiste à déterminer et quantifier les différentes particules constitutives du ballast et de la fraction sableuse. Ainsi a été élaborée une typologie distinguant neuf éléments classés en quatre catégories³.

1.3. Le paléo-vallon au cours de l'Holocène : les étapes du colmatage

Jusqu'alors très limitée, la perception du changement de la topographie et des milieux au sein du paléo-vallon traversant le centre hospitalier s'est désormais fortement affinée grâce à la compilation des études stratigraphiques et géoarchéologiques mentionnées ci-dessus.

Cette synthèse est rendue sous la forme d'une section virtuelle et transversale du colmatage de l'extrémité orientale de l'ancienne dépression recoupant les deux emprises de fouille et intégrant également des données géotechniques disponibles à proximité (fig. 2). En se basant sur des points d'observation qui ne sont pas strictement alignés, ce modèle transcrit ponctuellement une image quelque peu déformée du sous-sol. Il offre toutefois le double avantage de mettre en lumière la forte irrégularité du contour du paléo-vallon et de dresser à grands traits l'histoire de l'ensemble de son colmatage qui s'avère marquée par de fortes discontinuités. Ces connaissances sont un prérequis indispensable pour cerner au mieux la nature des milieux, leur changement, et les modalités de

leur anthropisation au cours de l'Antiquité, période considérée plus en détail par cette étude.

Le rebord oriental du paléovallon, est caractérisé par un contour fortement ondulé, lié à la présence et à la convergence de plusieurs ravines ou ravineaux qui entaillent, pour l'essentiel, des formations miocènes relativement tendres. Cette surface a été recouverte et régularisée par une sédimentation très hétérogène au sein de laquelle se succèdent des phases d'érosion, des colluvions découlant de ruissellements à la puissance variée et, enfin, des dépôts associés à l'exhaussement de la bande active des ravines ou ravineaux. Se dilatant fortement vers le bas de versant où il peut représenter plus de la moitié de l'épaisseur des archives sédimentaires, ce nappage colluvio-torrentiel est daté de manière plus ou moins précise du premier Holocène⁴. Il pourrait correspondre à la phase de forte activité détritique repérée, entre autres, dans la basse vallée de l'Arc (Jorda 1993, 246 ; Miramont *et al.* 2004), sur le flanc sud de la Sainte Victoire (Ballais et Crambes 1993, 478) ou plus largement dans les fonds de vallons provençaux et des Alpes du sud (Jorda, Provansal 1996, 161). Cette sédimentation provient habituellement de la vidange, à partir de la fin du tardiglaciaire, des nappes détritiques accumulées sur les versants lors de la dernière grande glaciation.

Le sommet de ce dépôt, mis en place au plus tôt au cours du Néolithique final⁵, est affecté par une teinte brunâtre, par une structure polyédrique formée de petits agrégats ou encore par une bioturbation diversifiée et soulignée par un réseau dense de pseudomycélium. Bien que relativement modestes, ces traces d'altération post-sédimentaire constituent un des horizons pédologiques les plus matures qui a pu être observé au sein des différents enregistrements sédimentaires du secteur. Il est actuellement difficile de déterminer si ces traces sont consécutives à l'arrêt prolongé de la sédimentation ou si elles découlent de plusieurs phases de pédogenèse se succédant au rythme de l'accrétion de ce dépôt.

Quoi qu'il en soit ce niveau d'au plus d'1 m d'épaisseur présente un faciès similaire à celui d'anciens sols observés en Provence, qui se sont développés au sein de séquences du premier Holocène et qui sont datés, pour certains, du Néolithique (Aujaleu *et al.* 2011, 27 ; Jorda, Miramont 2006, 62-63 ; Magnin, Bonnet 2014b, 61). Si les défrichements de cette période n'ont pas entraîné une accélération de l'activité détritique mais se sont, au contraire, accompagnés d'une relative stabilité des milieux illustrée par ces sols fossiles, c'est que les conditions climatiques étaient favorables (Bruneton *et al.* 2002, 266). Le climat devait être alors plutôt sec, avec des régimes pluviométriques



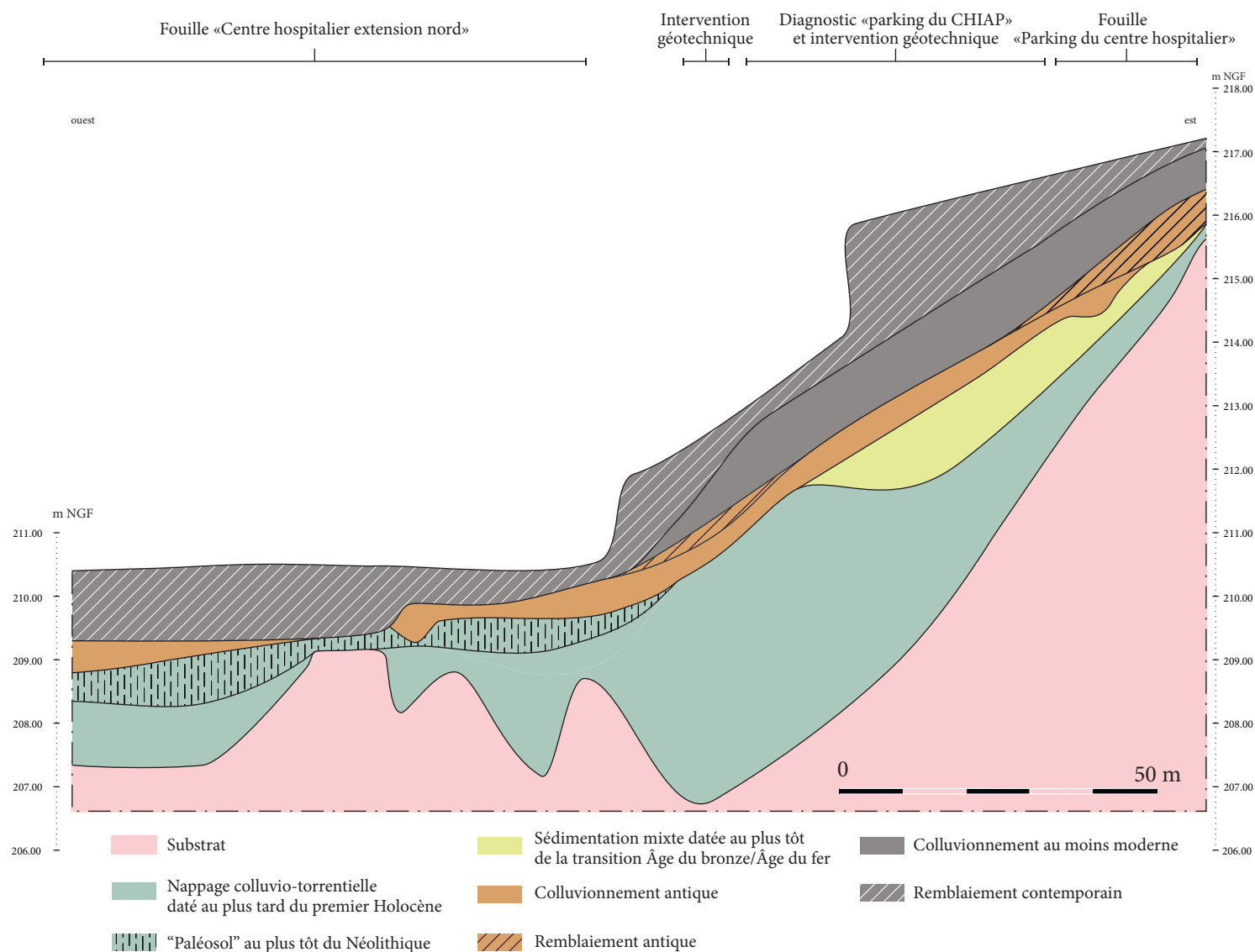


Figure 2
Section virtuelle
transversale de l'extrémité
orientale de l'ancien
vallon parcourant le site
du centre hospitalier
(DAO S. Bonnet).

réguliers et des contrastes saisonniers assez peu marqués. Il reste toutefois très délicat de dater précisément cette phase de pédogenèse ainsi que sa durée.

Une partie de ce sol, voire sa totalité, au niveau de l'actuel parking aérien, a été complètement tronquée suite à une importante phase d'érosion. Cette discordance, visible sur l'ensemble du versant, a été ponctuellement recouverte par des dépôts issus de ravinements, et qui peuvent être coiffés par une couche colluvio-alluviale liée à l'exhaussement de la bande active d'un ancien talweg. Cette dernière, observée uniquement sur la partie amont du site, est liée à la reprise des écoulements dans le centre d'une ravine, visible sur le terrain, mais qui n'apparaît pas sur le transect synthétique pour les raisons évoquées ci-dessus. Cette sédimentation à l'origine variée et soumise à une altération pédologique relativement prononcée date, à sa base, de la transition Âge du bronze/Âge du fer⁶. Si l'on se base sur les modèles régionaux d'évolution des paysages, elle pourrait ainsi témoigner de la crise détritique climato-anthropique de l'Âge du fer (milieu du premier millénaire av. J.-C.), bien appréhendée à l'échelle de la Provence (Jorda, Provansal 1996, 166; Bruneton *et al.* 2002, 260).

L'ensemble du versant est ensuite recouvert, au cours de l'Antiquité, par une succession de colluvions d'origine diverse, dont certaines portent les stigmates d'une mise en culture, essentiellement marqués dans la moitié occidentale du site. S'intercalent également entre ces couches des marqueurs du parcellaire et de nombreuses structures hydrauliques.

Enfin, la dernière phase sédimentaire enregistrée dans le sous-sol de l'emprise de l'Hôpital d'Aix s'est mise en place durant l'époque moderne. Absentes en pied de versant probablement à la suite du remodelage topographique de la zone en préalable à la construction de l'hôpital, ces colluvions issues de ruissellements d'assez faible énergie peuvent représenter, plus en amont, plus d'un tiers de la colonne sédimentaire. Elles pourraient correspondre à la crise détritique dite du Petit Âge Glaciaire, appréhendée sur l'ensemble de la Provence (Jorda, Provansal 1996, 166).

1.4. Des environnements ouverts, quelle que soit la période

L'examen rapide des figures 3 et 4 (spectres des deux opérations) met en évidence, pour l'ensemble des prélèvements malacologiques analysés sur le site, la monotonie des spectres dans lesquels les taxons forestiers, mésophiles, hygrophiles et aquatiques ont une présence presque anecdotique dans des

assemblages largement dominés par des espèces de pelouses plus ou moins sèches et de milieux rudéraux, les espèces de garrigue basse et ouverte étant parfois en proportion non négligeable. Il n'apparaît aucune variation significative de l'environnement au cours du temps. Même les assemblages du premier Holocène (Néolithique ancien) indiquent des milieux très ouverts et secs. S'ils se différencient à peine, c'est par une représentation particulièrement faible des « espèces de milieux rudéraux et de formations herbacées plus ou moins sèches », en partie parce que ce groupe comprend des taxons d'introduction plus récente. Cette monotonie est générale, quels que soient les types de contextes et les types de sédiments prélevés : paléosols, colluvions, remplissages de fossés ou de canaux... L'environnement reste continuellement très ouvert et dominé par les formations herbacées sèches, non seulement pendant l'Antiquité et l'époque moderne, mais également au cours de la Protohistoire et dès le Néolithique ancien. Aucune phase de remontée biologique n'est décelable : s'il y en a eu, elles n'ont pas été enregistrées ou conservées dans les archives pédo-sédimentaires.

2. MILIEUX ET PRATIQUES AGRAIRES AU COURS DE L'ANTIQUITÉ

L'exploration discontinue du site ne permet pas de relier, stratigraphiquement, les différents dépôts antiques mis au jour lors des deux fouilles préventives. De plus, leurs datations, essentiellement fondées sur le mobilier, sont trop larges pour permettre tout rapprochement entre eux⁷. L'objectif, ici, n'est donc pas de réfléchir à une évolution fine des environnements, d'un point de vue chronologique, à l'échelle du site, ni même à celle de chacune des deux opérations, ce qui n'aurait que peu d'intérêt, mais plutôt de questionner l'état du milieu et sa gestion par l'homme, à cette période. Pour répondre au mieux, une présentation thématique des données paraît plus pertinente, permettant de proposer une image du couvert végétal, tout en discutant l'origine et la signification des différents types de sédimentation (colluvions ou colmatages de fossé) ou encore en abordant la difficulté de discerner les pratiques agricoles qui ne laissent que peu ou pas de trace. Une brève description préalable des deux séquences stratigraphiques permet de ne pas détacher complètement les données de leur contexte et servira de référence au lecteur.

2.1. Description des séquences stratigraphiques

En pied de versant, l'accumulation antique, qui peut atteindre un peu moins de 1 m d'épaisseur, s'appuie en discordance de ravinement sur un paléosol néolithique (US 20) et sur de probables séquences de



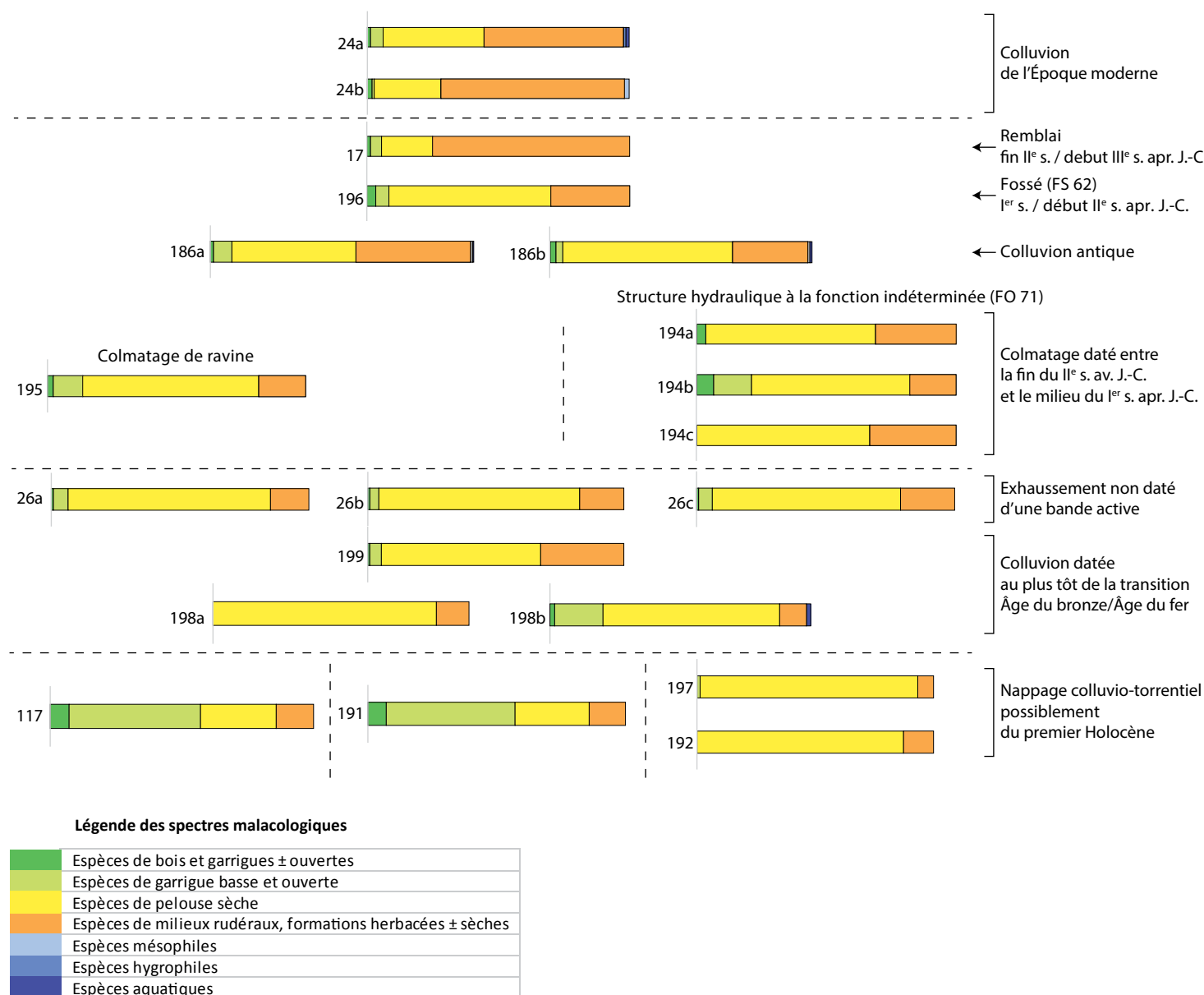
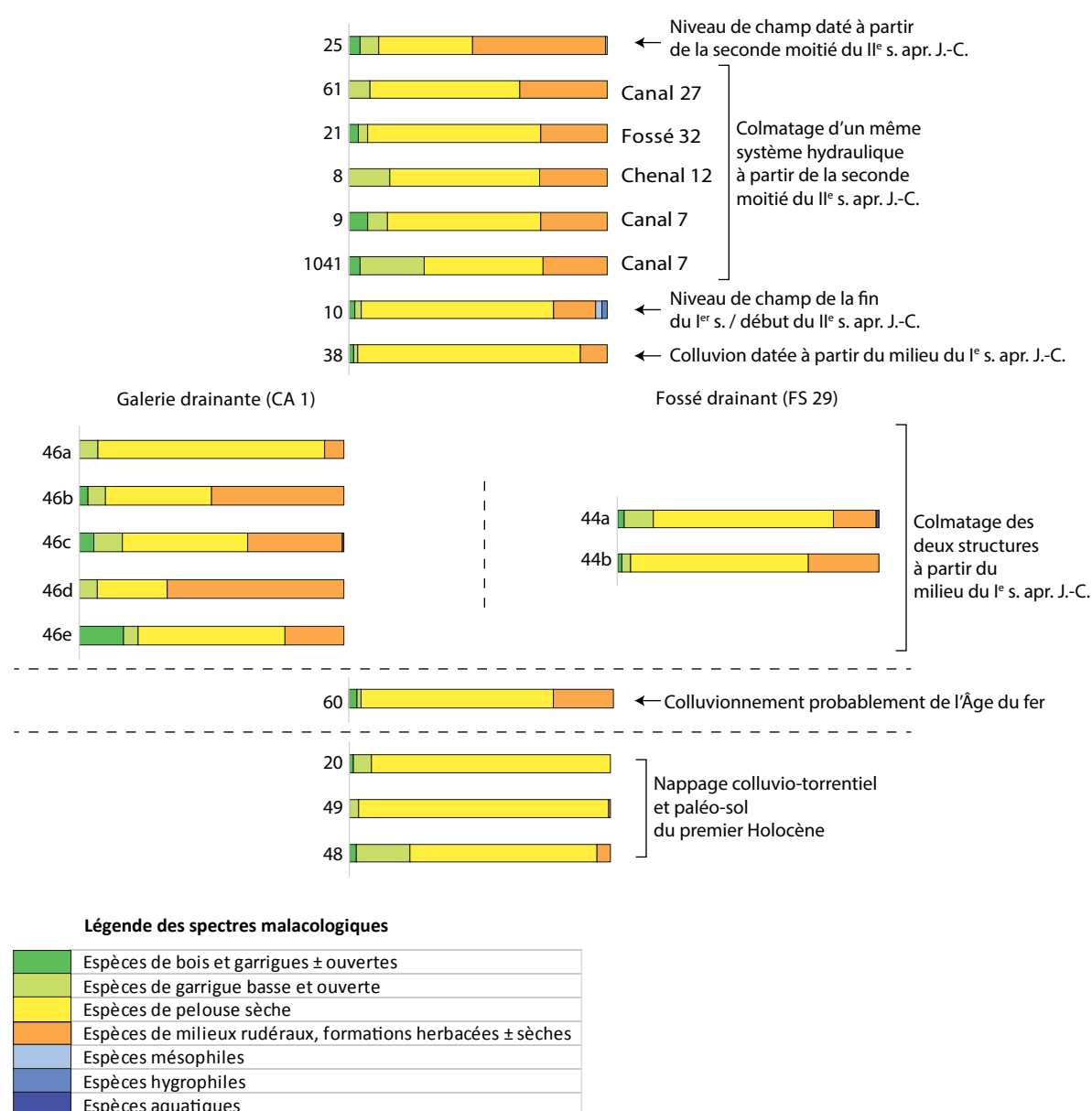


Figure 3
Spectres malacologiques pour l'opération « Parking du centre hospitalier » : proportions des individus de chaque groupe écologique dans les 20 assemblages malacologiques (DAO F. Magnin).

l'Âge du fer (US 60) (fig. 5 et 6). Déposée au maximum en un siècle, à partir de la seconde moitié du I^{er} s. apr. J.-C. au plus tôt, elle se divise en quatre couches, toutes mises en place au sein un espace agricole. Cette sédimentation est constituée, dans un premier temps, de lentilles colluviales (US 22 et 38), généralement fines, postérieures à une première occupation datée de la première moitié du I^{er} s. apr. J.-C. (galerie drainante 1 et Fossé 29). Un fossé et une probable fosse de plantation, dont ne subsiste que le fond, ont été mis au jour à leur sommet. Apparaît ensuite un niveau très étendu de 0,50 m d'épaisseur (US 10) au sommet duquel s'installent un vignoble et les premiers éléments de structuration de l'espace (mur, canal et fossés). Cette couche est coiffée par des poches de colluvions peu épaisses (US 004) recoupées à leur tour par des fosses de plantation

arboricole, très mal conservées. Elles sont nappées par une dernière séquence antique discontinue, à nouveau impactée par une mise en culture (US 25).

Plus en amont, les niveaux colluvio-torrentiels protohistoriques (US 26, 198 et 199) sont entamés par une série de trois ravines (US 195, 200) et une structure hydraulique fossoyée à la fonction indéterminée (FO 71) (fig. 7). Ces dépressions potentiellement antiques sont datées, par AMS, entre la fin du II^e s. av. J.-C. et le milieu du I^{er} s. apr. J.-C.⁸ Elles sont recouvertes par un biseau hétérogène de plus de 0,80 m d'épaisseur qui s'affine vers l'est pour disparaître au droit de la voie et de l'espace funéraire (US 186). Ces colluvions au contexte chronologique imprécis sont recoupées par un fossé non daté (fossé 62) et un canal colmaté entre la fin du premier siècle et la deuxième



moitié du II^e s. apr. J.-C. Hormis pour la voie, dont l'utilisation perdure, un remblai hétérogène scelle la séquence antique entre la fin II^e s. et le début du III^e s. apr. J.-C. (US 17).

2.2. Le paléoenvironnement antique

Plus de la moitié des prélèvements effectués sur les deux sites de l'hôpital concerne avec certitude l'Antiquité. Ils ont livré des assemblages qui, sans exception, caractérisent un environnement très ouvert, au moins localement, dominé par des formations herbacées sèches. Les espèces les plus « sciaphiles », éventuellement forestières, ne sont en effet que très faiblement représentées : moins de 4 % en général, l'assemblage de la galerie drainante (CA 1), attribué au milieu du I^{er} s. apr. J.-C. faisant un peu exception

(17%). Elles ont été regroupées sous l'appellation « bois et garrigues plus ou moins ouvertes ». Les espèces de garrigue basse et ouvertes sont présentes un peu partout en très petit nombre (de 0 à 11 %). Celles-ci vivent dans des formations végétales sclérophylles, largement ouvertes, laissant apparaître un sol pierreux et les rochers, et comportant des ligneux bas associés à une végétation herbacée sèche. Les espèces caractéristiques des pelouses sèches sont partout en forte proportion (de 20 à 85 %). Ce sont des espèces xérophiles particulièrement abondantes dans les pelouses à *Brachypodium retusum* ; certaines peuvent se trouver aussi dans les garrigues et les pinèdes lorsque leur végétation est clairsemée. Les espèces de milieux rudéraux, de formations herbacées plus ou moins sèches, vivent dans des formations herbacées plus humides ou plus denses que la



pelouse à *Brachypodium retusum*. Elles sont volontiers synanthropes. Elles peuvent représenter ici de 30 à 70 % d'un assemblage, en particulier pour les prélèvements les plus tardifs. Notons enfin l'extrême rareté des espèces hygrophiles au sens large, y compris dans des structures hydrauliques et les fossés où l'on s'attendrait à en trouver.

Il convient d'insister sur la quasi-absence des espèces à affinités forestières, même des moins exigeantes. *Merdigera obscura* est sans doute la plus «forestière», ce qui est très relatif. Elle vit le plus souvent dans des habitats ombragés et boisés, relativement humides, bien qu'elle puisse se développer aussi dans des zones plus sèches (Cadevall, Orozco 2016). Welter-Schultes (2012) remarque qu'en dehors des milieux boisés, *E. obscura* peut se trouver sous les pierres, dans les murs. En Provence, elle est assez fréquente dans des milieux pré-forestiers comme les pineraies de pin d'Alep, ou sous des taillis. Dans la séquence de l'hôpital, elle a été récoltée dans un seul assemblage (US 25) qui ne comporte aucune autre espèce forestière. Une plantation arboricole a pu faciliter l'introduction et le développement ponctuel d'une petite population dont la signification environnementale reste par conséquent négligeable. Plus significative encore est la très faible abondance de *Pomatias elegans*. Cette espèce très commune a été recueillie dans de nombreux prélèvements, mais sous forme de protoconches particulièrement résistantes et d'autres fragments. Il est donc possible que ces très rares individus (cinq par prélèvement au maximum) soient remaniés ou bien de provenance un peu plus lointaine. Par ailleurs il convient de relativiser l'affinité de cette espèce pour les milieux fermés : elle vit dans les boisements clairs et les matorrals (Cadevall, Orozco 2016), semble favorisée au cours de l'Holocène, en Grande-Bretagne, lors des phases d'ouverture des milieux forestiers (Evans 1972), et peut être présente en petit nombre dès qu'un peu de litière foliacée recouvre le sol.

L'indigence des espèces à affinités forestières parmi les moins exigeantes traduit donc clairement, pour l'Antiquité, l'absence de végétation ligneuse et de litière foliacée pendant toute la durée de la sédimentation. Seules des formations végétales herbacées sont présentes, dans un contexte plutôt aride.

2.3. Une évolution de la composition des assemblages malacologiques pourtant significative d'une évolution du paysage

Si les assemblages malacologiques ne traduisent aucun changement significatif dans la structure des formations végétales, et en particulier aucune fermeture, aucune progression de la végétation ligneuse,

leur composition spécifique évolue cependant et témoigne, à partir de l'Antiquité, d'une anthropisation croissante et de changements au niveau du paysage et au niveau régional.

Dans les formations sédimentaires datées du Néolithique ancien on ne trouve que des espèces établies anciennement dans la région (*Candidula gigaxii* en particulier), caractéristiques des pelouses sèches discontinues (pelouse à *Brachypodium retusum* par exemple) ou éventuellement des garrigues et pinèdes très clairsemées. Les dépôts datés principalement de l'Époque moderne se distinguent au contraire par la présence d'espèces synanthropes d'introduction récente dont le nombre s'est accru du Néolithique à la période actuelle (Magnin, Martin 2012). Ces espèces méditerranéennes caractérisent des milieux ouverts plus ou moins secs, souvent artificialisés ou rudéralisés. Il s'agit principalement de *Cernuella virgata*, *Trochoidea pyramidata*, *Oxychilus hydatinus*, *Theba pisana* et *Xerotracha conspurcata* (ou *Microxeromagna lowei*). Mais une majorité d'assemblages, datée de l'Antiquité et de la Protohistoire a des caractéristiques moyennes, monotones, à mi-chemin entre les deux extrêmes que nous venons de décrire.

Localement, les formations végétales restent ouvertes et l'évolution constatée ne traduit pas nécessairement un accroissement de cette ouverture. Ce qu'on observe, c'est plutôt un gradient d'artificialisation croissante dont témoigne l'enrichissement des peuplements malacologiques par certaines des nombreuses espèces qui ont été introduites et/ou favorisées, à partir du Néolithique, par la multiplication des échanges au sein de paysages de plus en plus ouverts (fig. 8 et 9). Autrement dit, pour le site qui nous intéresse ici, ce changement taxonomique traduit moins une modification des formations végétales au niveau du site que les évolutions conjointes de la composition des formations végétales et de la structure du paysage dans les environs, voire au niveau régional. Notons que l'enrichissement taxonomique n'est pas uniforme, continu et irréversible dans le temps et dans l'espace : si la plupart des assemblages actuels des milieux ouverts de Provence contiennent des espèces d'introduction récente, d'autres demeurent identiques aux assemblages qui préexistaient à ces introductions. C'est pourquoi il y a, sur le site de l'hôpital, quelques exceptions à l'organisation globalement chronologique des assemblages malacologiques telle qu'elle peut être décrite ci-après.

À l'une des extrémités du gradient les trois assemblages du Néolithique ancien sont caractérisés par des assemblages de pelouse sèche où prédominent *Candidula gigaxii* et *Monacha cartusiana*. Des espèces introduites au Néolithique sont représentées



Figure 8

Analyse des correspondances (CA) appliquée aux assemblages malacologiques des deux opérations. Projection des prélèvements sur le premier plan factoriel. Croix noires : prélèvements non datés ; étoiles grises : Néolithique ancien ; carrés gris : Protohistoire (au plus tôt) ; ronds noirs : époque romaine ; losanges gris : époque moderne (DAO F. Magnin).

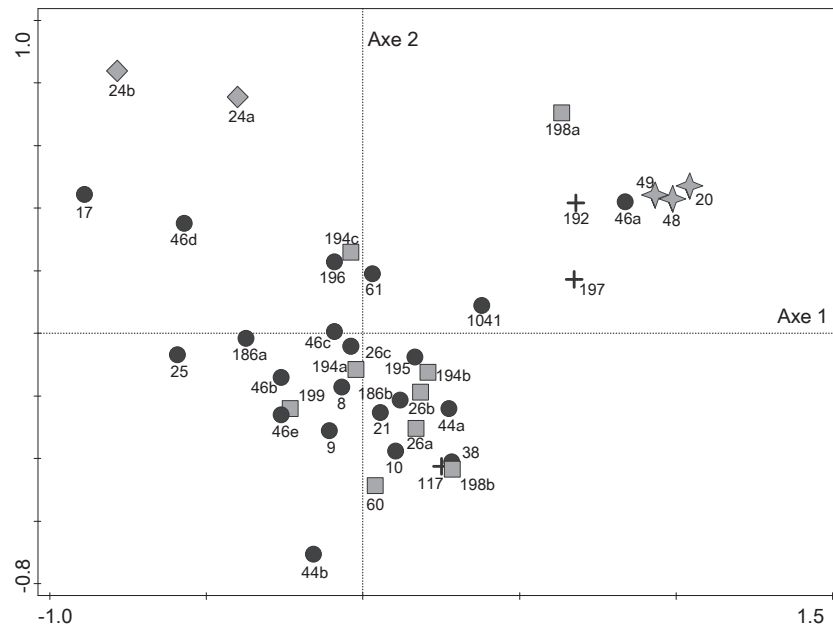
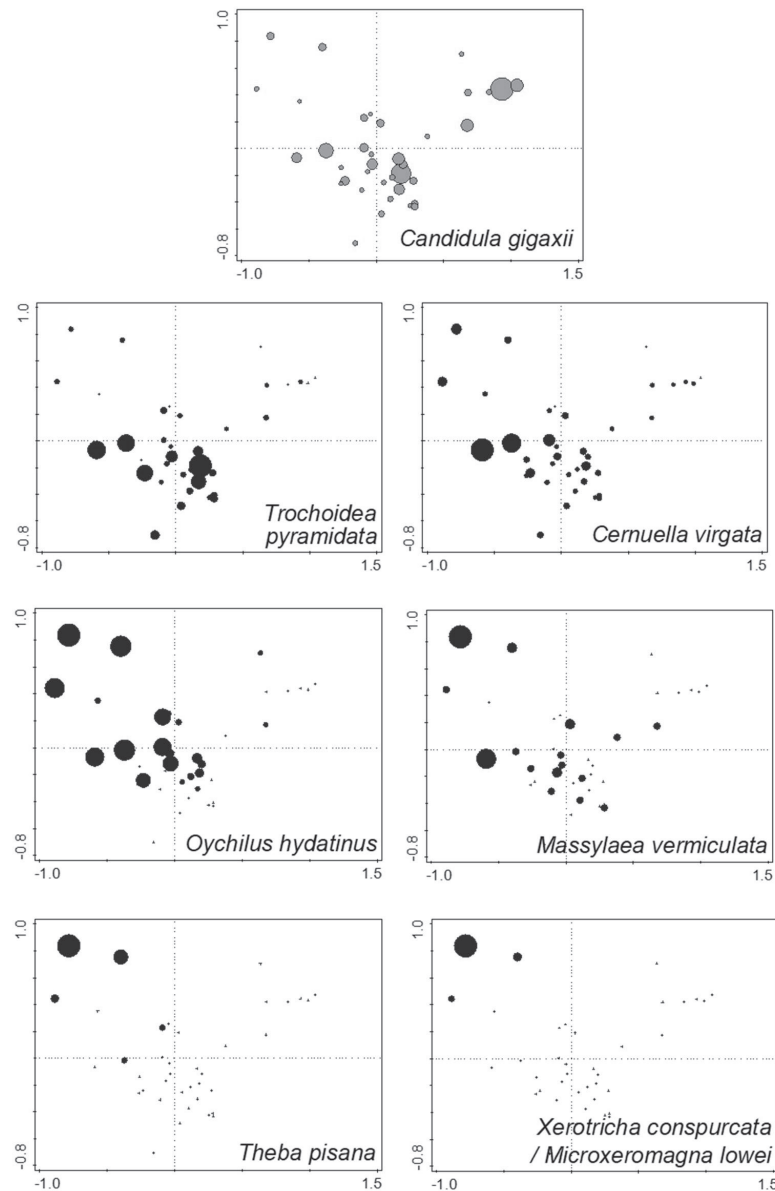


Figure 9

Projection des principales espèces d'introduction récente sur le premier plan factoriel de l'analyse des correspondances de la figure 8. La taille des points est proportionnelle à l'importance de l'espèce dans l'assemblage. *C. gigaxii*, espèce indigène, est présentée comme référence. *T. pyramidata*, *C. virgata* et *O. hydatinus* ont été introduits dans la région au Néolithique, *M. vermiculata* et *T. pisana* à l'Âge du fer ; *X. conspurcata*/*M. lowei* à l'époque romaine (DAO F. Magnin).



par de rares individus. Les assemblages protohistoriques et les assemblages datés de l'époque romaine, enrichis surtout en *Cernuella virgata* et *Trochoidea pyramidata*, signent ensuite une artificialisation croissante de l'environnement. Une nuance est toutefois perceptible entre les assemblages de la charnière Protohistoire/Antiquité, et ceux de l'époque romaine *stricto sensu*. Dans le premier cas, les assemblages encore riches en *C. gigaxii*, renferment beaucoup de *T. pyramidata* et peu de *C. virgata*. Dans le second cas, les populations de *C. virgata* s'accroissent progressivement et d'autres espèces synanthropes comme *Oxychilus hydatinus* se développent. Le stade ultime, à l'autre extrémité du gradient, est marqué par la présence de *Theba pisana* et *Xerotracha conspurcata* (ou *Microxeromagna lowei*) dans des assemblages qui traduisent une nouvelle étape dans l'artificialisation des milieux et leur rudéralisation. Il est cependant impossible de distinguer par la malacofaune certains niveaux antiques de ceux attribués à l'Époque moderne.

2.4. Une stase morphologique antique très relative

Se déposant dans des milieux globalement très ouverts, la sédimentation antique est formée en majorité, sur ce versant, de séquences colluviales homogènes issues d'écoulements diffus en nappe. La plupart d'entre elles, constituées de limon et de cailloutis épars, découlent d'une dynamique de faible énergie. Certaines sont toutefois caractérisées par une quantité de ballast aux dimensions relativement importantes illustrant des flux de forte énergie et une érosion accrue des sols. En effet, ces couches renferment, dans leur fraction sableuse, des concrétions rhizomorphes calcaires, caractéristiques d'horizons profonds de sols anciens, repérés plus en amont et qui étaient alors affleurants. Vers le haut de versant les ruissellements ont pu se concentrer pour former ponctuellement des ravines de 0,50 à 2,50 m de large pour environ 1 m de profondeur. Ces dépressions colmatées assez rapidement, comme le laisse penser la faible altération pédologique de leur comblement, ont été parcourues par des écoulements aux débits très fluctuants (fig. 10).

Il en va de même pour les fossés drainants découverts sur le site et dont les colmatages peu pédogénésés sont tous issus de dynamiques hydro-sédimentaires à la puissance variable. La faible durée des écoulements en leur sein est marquée par l'absence d'organisation et de tri du sédiment ainsi que par les assemblages malacologiques. Ces derniers, qui ne présentent pas d'espèce aquatique, montrent par ailleurs que ces structures étaient parcourues par des flux suffisamment brefs pour empêcher la mise



en place, ne serait-ce que sur leurs rives, d'habitats humides ou tout au moins plus frais que l'ambiance xérique générale. Ces fossés semblent de plus fortement entretenus comme l'atteste l'absence de marqueur d'embroussaillage sur leurs rives. L'hétérogénéité des dynamiques hydro-sédimentaires et des dépôts associés observée au cours de l'Antiquité et, plus précisément, au début du haut Empire ou à l'époque augustéenne, se lit autant au sein des fossés que des séquences colluviales. Elle pourrait s'expliquer par l'influence de facteurs très locaux, comme l'occupation du haut de versant, la topographie, ou, tout simplement, les cycles saisonniers. Il faut avoir à l'esprit que, dans des environnements au couvert végétal peu dense comme cela est le cas ici, un épisode orageux intense peut avoir une réponse morphologique instantanée et marquante. Plutôt qu'une image de grandes phases de bouleversements environnementaux, à l'image de la crise anthropoclimatique du haut Empire, repérée dans la vallée du Rhône, les dépôts témoignant d'un regain d'énergie au cours de cette période refléteraient alors ici des événements plus locaux et/ou épisodiques (Berger, Bravard 2012, 276).

Prise dans sa globalité, la sédimentation antique appréhendée sur notre zone d'étude, bien que peu épaisse en ce qui concerne le nappage colluvial, est un nouvel élément permettant de nuancer la stase morphologique de cette période, assez largement admise par les études géomorphologiques anciennes en Provence (Jorda, Provansal 1996, 166 ; Leveau, Provansal 1993, 210). En effet, le développement de cette charge détritique sur les versants, coïncide avec l'accrétion alluviale de la plaine de la moyenne vallée de l'Arc déjà observée à plusieurs reprises (Bonnet *et al.* 2017b). Ces résultats invitent, à tout le moins,

Figure 10
Vue en coupe d'une des ravines comblées au cours de l'Antiquité, visible dans la partie amont du site (cliché S. Bonnet).

à questionner le caractère continu de cette phase de calme morphogénique qui intervient dans un contexte climatique particulier nommé l'Optimum Climatique Romain. Il est possible que cette longue période ait été affectée par une alternance de phases de calme et de crises sédimentaires dont la chronologie semble assez précise dans la vallée du Rhône mais qui reste à définir en Basse-Provence calcaire (Berger, Bravard 2012, 284; Magnin, Bonnet 2014b, 62-63). En s'éloignant de la zone d'étude, on trouve, en effet, d'autres secteurs présentant une activité détritique importante et irrégulière comme, pour ne citer que, la vallée du Rhône (Arnaud-Fassetta 2019, 81, Berger, Bravard 2012, 276, Vella *et al.* 2014, 72-73), la basse plaine de l'Argens (Var) (Excoffon *et al.* 2010, 51) ou encore le bassin du Coulon-Calavon (Vaucluse) (Brochier 2002).

2.5. Au-delà des structures et des traces agraires, la difficile caractérisation des horizons culturels et des cultures

2.5.1. Identification

La forte pression agricole exercée sur le versant rend délicate l'identification de la nature des séquences sédimentaires en surimposant certainement aux processus naturels des interventions humaines importantes et répétées, mais difficilement perceptibles. L'enjeu est alors de bien distinguer ce qui relève de la sédimentation de ce qui provient de l'action humaine (labours). Repérable à son hétérogénéité et à sa composition variée, un seul niveau de remblai, visible aux abords de la voie, semble avoir été déposé au cours de cette période. En combinant observation macroscopique (altération pédologique relativement prononcée, désorganisation interne) et archéologique, trois niveaux de champ situés dans la partie occidentale du site ont toutefois été identifiés. Le premier horizon culturel est associé à des défoncements en tranchées de plus de 40 cm de profondeur pour la plantation de vigne (US 10), le second correspond à une plantation de type arboricole dont seuls sont visibles les fonds de fosses. Ces derniers sont directement recouverts par le troisième et dernier sol (US 25).

L'analyse malacologique, orientée sur ces questions d'identification d'espaces culturels se heurte aux mêmes difficultés déjà évoquées. En effet, sur le plan biologique, peut-on vraiment distinguer les champs, les pâturages, de végétations «sub-naturelles»? Dans toutes les analyses malacologiques précédentes, le vocabulaire utilisé est celui employé pour définir des formations végétales, essentiellement par leur structure, leur physionomie, sans précision en ce qui concerne leur composition ou leur origine. S'il est aisé, jusqu'à un certain point, d'interpréter des

assemblages anciens en termes de formations végétales «sub-naturelles» à partir d'analogues actuels, la tâche est plus ardue et incertaine si l'on cherche à identifier les milieux artificiels que sont les cultures. Parmi les difficultés rencontrées, on peut envisager celles-ci :

- il n'y a pas d'espèces d'escargots propres aux cultures, et encore moins à telle ou telle culture. Les espèces synanthropes évoquées plus haut traduisent une ambiance générale d'artificialisation ou de rudéralisation;
- la signature malacologique n'est pas forcément spécifique d'une culture, mais dépend essentiellement des façons culturales. Elle peut parfaitement reproduire celle d'une formation sub-naturelle. La présence de bandes enherbées ou de cultures intercalaires, par exemple, peut avoir plus d'influence pour la malacofaune que la culture principale. C'est le cas pour la vigne et les arbres fruitiers;
- un labour affecte un sédiment ou un sol qui contient encore une partie des coquilles qui lui étaient associées. À cet assemblage s'ajoutent, éventuellement, les coquilles des espèces épargnées et/ou favorisées par la mise en culture.

Ainsi, l'étude malacologique ne permet pas de distinguer le premier niveau de champ des dépôts colluviaux précédents. Elle montre par exemple la similarité entre les assemblages #21 et #8 (une colluvion et sa mise en culture?), dans lesquels les escargots de pelouses sèches prédominent franchement. Il faut admettre notre incapacité à distinguer, au moins pour la majeure partie des séquences de ce site, à partir de la malacofaune, les milieux supposés correspondre à des cultures : le plus souvent ils ne contrastent pas avec l'ambiance xérique générale.

En revanche, la contribution des assemblages de malacofaune se fait moins modeste en ce qui concerne le dernier niveau. L'échantillon prélevé dans le sol 25 qui recouvre les fosses d'arbres, montre un spectre très différent dans lequel prédominent les espèces synanthropes. C'est dans ce dernier assemblage que se trouvent aussi cinq coquilles de *Merdigera obscura*. La présence d'une espèce sciaphile isolée, sans autre espèce forestière associée, ne semble pas témoigner d'une quelconque remontée biologique. Elle pourrait plutôt manifester l'existence d'une plantation qui l'aurait introduite et maintenue sur le site. La cohérence du signal malacologique de ce dépôt avec les vestiges sous-jacents invite à voir, en réalité, un seul et même horizon au sein duquel les contours supérieurs des fosses auraient été masqués par les labours. Au lieu de voir deux phases de colluvionnement et de mise en culture entrecoupées d'une importante érosion, on ne lit donc plus qu'une seule période d'accumulation à l'issue de laquelle le terrain est cultivé.



2.5.2. Discussion

Ce problème de lecture alerte sur une possible amplification du nombre de séquences colluviales et, par conséquent, sur la complexification artificielle de l'histoire de l'occupation et des milieux. Là où l'on dénombrerait trois phases de mise en culture séparées les unes des autres par plusieurs périodes de sédimentation et d'érosion sur moins d'un siècle, il faut restituer seulement deux sols cultivés dont l'exhaussement est lié à une accrétion progressive des dépôts de bas de versant. Il reste malgré tout à expliquer la présence de cette sédimentation au sein de cet espace structuré et exploité de manière récurrente. Elle peut, certes, refléter une alternance stricte de phases d'occupation et d'abandon mais elle n'est peut-être toutefois pas incompatible avec un maintien de l'occupation dont les évolutions favoriseraient ou s'accommoderaient de recouvrements réguliers.

Un autre point soulevé par ces résultats concerne la conservation différentielle des sols. En effet, on n'explique mal pourquoi l'un d'entre eux a été perturbé en surface alors que l'autre semble entièrement préservé. On peut y voir une modification des pratiques agraires, contemporaine ou pas des niveaux repérés, ou une action biologique différente. Dans tous les cas, l'existence de ces perturbations post-sédimentaires conduit à envisager avec prudence la fiabilité d'autres éléments, notamment les restes anthracologiques. Déjà peu nombreux, ces derniers ont également subi les effets du brassage, comme en témoignent les incohérences des datations AMS réalisées lors de ces opérations.

CONCLUSIONS

L'exploration du sous-sol des hauteurs d'Aix-en-Provence, sur l'emprise du Centre hospitalier, à l'occasion de deux fouilles préventives, a mis jour un ancien paléo-vallon, dont on supposait déjà la présence. Cette ancienne dépression, au sein de laquelle serpentait un ancien affluent du fleuve Arc, traversait le centre-ville d'Aix selon un axe globalement nord/sud. Son colmatage est marqué par d'importants hiatus inhérents à l'érosion ou au contraire à des cumuls d'informations, au brouillage du signal stratigraphique par le brassage volontaire (labours) ou non (bioturbations) des dépôts. Ces enregistrements sédimentaires racontent ainsi une histoire très discontinue de l'évolution des milieux et de leur anthropisation qui ne cadre pas toujours, loin de là, avec celle issue de la compilation des travaux géomorphologiques anciens en Provence.

Cela laisse présager une cinématique de l'évolution des milieux sans doute plus complexe que celle

actuellement proposée. Si certains éléments déjà décrits se retrouvent bien dans l'ensemble des séries étudiées ici (développement d'une nappe alluviale au premier Holocène, importante phase d'érosion entre le Néolithique et la Protohistoire, phases de sédimentation durant l'époque moderne), on relève toutefois deux différences notables. La première concerne la récurrence des milieux ouverts au cours de l'Holocène qui ne traduit pas le boisement généralisé repéré en Provence entre 8850 et 6800 BP, suite au réchauffement climatique post-glaciaire. L'absence d'enregistrement de cette remontée biologique est actuellement difficile à expliquer, d'autant qu'elle n'est pas propre à ce site. En effet, les nombreuses études malacologiques réalisées depuis une dizaine d'années dans la moyenne vallée de l'Arc attestent également d'une tendance générale au maintien de l'ouverture des milieux pour ces périodes anciennes.

Le second point d'achoppement concerne la phase de stase sédimentaire entre la fin de l'Âge du fer et l'Antiquité, de plus en plus discutée à la vue des nouvelles données produites dans la région. Pour Aix, cette période est plutôt marquée par une sédimentation généralisée, autant sur les versants qu'en plaine, et qui se manifeste, sur le site en question, par un coluvionnement accompagné, dans la partie orientale de la zone d'étude, d'un exhaussement de la bande active de l'ancien vallon.

En plus de questionner les modèles régionaux de l'évolution des paysages, cette étude a précisé l'occupation agricole de ce site au cours de l'Antiquité. Cette période et plus précisément le haut Empire marque, dans ce vallon sec, le début d'une exploitation organisée des sols dont la structuration est dictée par la proximité du rempart, restitué 200 m plus au sud, et de la voie dite des Alpes qui traverse la partie orientale du site dans le prolongement du tracé du *cardo maximus*. Cette mise en culture se manifeste par le creusement de fossés drainants, rarement en eau et régulièrement entretenu, comme semble l'indiquer l'analyse malacologique, et par deux générations de traces agraires liées à un changement de production, passant de la vigne à la plantation d'arbres (verger?).

Seul le croisement des approches archéologique et paléoenvironnementale a permis de mieux repérer les deux niveaux de culture et de pointer la difficulté de lire et interpréter la stratigraphie dans les contextes de champ. Apparaissant relativement homogène, cette stratigraphie enregistre en définitive une histoire complexe et brouillée, entre autres, par des brassages post-sédimentaires successifs (labours, bioturbations, mises en culture). Il semble de ce fait essentiel que les analyses géoarchéologique,



paléobotanique ou encore archéozoologique, traditionnellement ciblées, en contexte rural, sur les comblements de structure en creux, soient effectuées de manière plus générale sur l'ensemble des séquences potentiellement cultivées. On sait, en effet, que les cultures moins ancrées dans le sol et qui laissent, par là même, peu ou pas de traces, pourraient être largement sous-estimées ou, en tout cas, mal appréhendées comme l'ont montré certaines études (Boissinot, Brochier 1997, 52; Figueiral *et al.* 2010, 427; Poupet 1994, 322). Malgré la prise de conscience relativement ancienne de ces questions, elles ne sont encore que peu ou pas traitées, en tout cas en Provence, probablement en raison des nombreux problèmes posés par la mauvaise conservation de ces sols fragiles. Malgré l'exploration plus importante de terrains en contexte rural grâce au développement de l'archéologie préventive, ces recherches restent peu pratiquées, faute de moyens et de spécialistes.

Enfin la compilation des données paléoenvironnementales à l'échelle du centre-ville indique une forte variation dans ce secteur du degré d'humidité des sols et de la gestion des eaux. Alors que dans sa partie septentrionale, au sein de laquelle se localise notre présente zone d'étude, se développent des prairies sèches parcourues par des fossés aux écoulements très temporaires et parfois violents, plus au sud, en revanche, les milieux sont plus humides et les structures en creux sont empruntées par des eaux généralement plus pérennes (Bonnet *et al.* 2018b,

121-124). Ce constat d'hétérogénéité, dans un secteur péri-urbain restreint, nous interroge sur la présence de micro-terroirs dont le développement serait probablement lié à des facteurs topographiques (haut de pente/bas de pente, fond de vallon/versant) ou géologique (nature des roches, très diversifiée dans le secteur). Ces micro-terroirs pourraient conditionner/favoriser certains types de culture par rapport à d'autres. Une fois de plus, seule la multiplication des études permettra de répondre à cette interrogation.



STÉPHANE BONNET
DIRECTION ARCHÉOLOGIE ET MUSÉUM DE LA
VILLE D'AIX-EN-PROVENCE, CHERCHEUR ASSOCIÉ
SOUS CONVENTION AIX MARSEILLE UNIV,
CNRS, CCJ, AIX-EN-PROVENCE, FRANCE
BONNETS@MAIRIE-AIXENPROVENCE.FR

FRÉDÉRIC MAGNIN
AIX-MARSEILLE UNIVERSITÉ, AVIGNON UNIV., CNRS,
IRD, IMBE, 13545, AIX-EN-PROVENCE, FRANCE
FREDERIC.MAGNIN@IMBE.FR

ARIANE AUJALEU
DIRECTION ARCHÉOLOGIE ET MUSÉUM
DE LA VILLE D'AIX-EN-PROVENCE,
UMR 5140 ASM, MONTPELLIER, FRANCE
AUJALEUA@MAIRIE-AIXENPROVENCE.FR



■ Notes de commentaire

1. Abordée de manière succincte dans le cadre de cet article, cette réflexion fait partie intégrante, depuis 2017, d'une recherche en archéologie environnementale à l'échelle de la vallée de l'Arc portée par le PCR «Archéologie environnementale de la vallée de l'Arc de l'âge de Fer à l'Antiquité tardive» (Bonnet *et al.* 2016; 2017; 2018).
2. Carte IGN Aix n° 1 au 1/20 000 dressée en 1936.
3. Cette classification distingue les grains de roches, les éléments liés au processus post-sédimentaires (manchons carbonatés nommés risocoles), les restes biologiques (malacofaune, ostracode, charbon, os, granule de lombric) et les artefacts (terre cuite et verre) (Bonnet *et al.* 2018b, 74-75).
4. La datation a été établie grâce aux assemblages malacologiques, à la chrono-stratigraphie relative et par AMS: $8400 \pm 30\text{BP}$, [5783; 5661]BC. Cal. à 2 sigma (US 48, Beta-494010).
5. $6800 \pm 30\text{BP}$, [5731; 5641]BC. Cal. à 2 sigma (US 20, Beta-494011).
6. $2560 \pm 30\text{BP}$, [666; 686]; [643; 553]; [805; 746] BC. Cal. à 2 sigma (US 198a, Beta-4734891); $2670 \pm 30\text{BP}$, [895; 798] BC. Cal. à 2 sigma (US 198b, Beta-473749).
7. Les datations AMS effectuées sur restes anthracologiques n'ont pas permis d'affiner la chronologie antique, en raison d'un trop grand nombre d'inversions (*cf. infra* 2.5.2.).
8. $2100 \pm 30\text{BP}$, [196; 47] BC. Cal. à 2 sigma (US 194#23, Beta-475916) et $2010 \pm 30\text{BP}$, [92; 68] BC. Cal.; [61; 65] AD. Cal. à 2 sigma (US 195#17, Beta-473748).



■ Références bibliographiques

- Arnaud-Fassetta et al. 2019** : ARNAUD-FASSETTA (G.), CRICHTON (B.), SIBONI (M.), EUGENIA MONTENEGRO (M.), SUC (J.-P.), BOURRELLY (C.), BUROT (V.), FREYTET (P.) – Hydrogéomorphologie du site, paléoenvironnements et dynamique alluviale. In : LANDURE (C.), ARCELIN (P.), ARNAUD-FASSETTA (G.) dir. – *Le village de la Capelière en Camargue du début du V^e siècle avant notre ère à l'Antiquité tardive*. Archéologies Méditerranéennes, BiAMA, Presses Universitaires de Provence, Aix-Marseille Université, 26, 67-83.
- Aujaleu et al. 2011** : AUJALEU (A.), BONNET (S.), CENZON-SALVAYRE (C.), LACOMBE (A.), MAGNIN (F.), SUSINI (V.) – *Domaine de la Grassie (Aix-en-Provence)*. Rapport Final d'Opération de fouille préventive, DAMVA, SRA PACA, Aix-en-Provence, 2011, 63 p.
- Aujaleu et al. 2018** : AUJALEU (A.), BONNET (S.), DUBOIS (L.), HUGUET (C.) – *Centre hospitalier, Extension Bâtiment Nord (Aix-en-Provence)*. Rapport Final d'Opération de fouille préventive, DAMVA, SRA PACA, Aix-en-Provence, 2018, 180 p.
- Aujaleu et al. 2020** : AUJALEU (A.), HUGUET (C.), CENZON-SALVAYRE (C.), GRANIER (G.), CHAZOTTES (M.-A.) collab., LACOMBE (A.) collab., MELA (C.) collab., NIN (N.) collab., SUSINI (V.) collab. – Occupation et gestion d'un secteur péri-urbain au nord-est d'*Aquae Sextiae*. Voie, nécropole, agriculture et gestion des eaux. *RAN*, 53, 2020, 31-86.
- Aujaleu, Huguet dir. 2019** : AUJALEU (A.), HUGUET (C.) – *Parking du centre hospitalier (Aix-en-Provence)*. Rapport Final d'Opération de fouille préventive, DAMVA, SRA PACA, Aix-en-Provence, 2019, 2 vol., 208 p.
- Ballais, Crambes 1993** : BALLAIS (J.-L.), CRAMBES (A.) – Morphogenèse holocène et anthropisation sur la montagne Sainte-Victoire. In : LEVEAU (P.), PROVANSAL (M.) dir. – *Archéologie et environnement : de la Sainte-Victoire aux Alpilles*. Aix-en-Provence, Université de Provence, 1993, 467-483 (Travaux du Centre Camille Julian, 14).
- Berger, Bravard 2012** : BERGER (J.-F.), BRAVARD (J.-P.) – Le développement économique romain face à la crise environnementale : le cas de la Gaule narbonnaise. In : BERGER (J.-F.) dir. – *Des climats et des hommes*. Paris, éd. la découverte, 2012, 269-289.
- Boissinot, Brochier 1997** : BOISSINOT (P.), BROCHIER (J.-E.) – Pour une archéologie du champ. In : CHOUQUER (G.) – *Les formes du paysage*, Paris, Errance, t. 3, 1997, 35-56.
- Bonnet dir. et al. 2016** : BONNET (S.) dir., MAGNIN (F.) dir., NIN (N.) dir., DUTOUR (Y.) dir. – *Archéologie environnementale de la vallée de l'Arc de l'âge du Fer à l'Antiquité tardive*. Rapport d'activité d'année probatoire de PCR, DAMVA, SRA PACA, Aix-en-Provence, 2017, 144 p.
- Bonnet dir. et al. 2017** : BONNET (S.) dir., MAGNIN (F.) dir., NIN (N.) dir., DUTOUR (Y.) dir. – *Archéologie environnementale de la vallée de l'Arc de l'âge du Fer à l'Antiquité tardive*. Rapport d'activité annuelle de PCR, DAMVA, SRA PACA, Aix-en-Provence, 2017, 156 p.
- Bonnet dir. et al. 2018** : BONNET (S.) dir., MAGNIN (F.) dir., NIN (N.) dir., DUTOUR (Y.) dir. – *Archéologie environnementale de la vallée de l'Arc de l'âge du Fer à l'Antiquité tardive*. Rapport d'activité annuelle de PCR, DAMVA, SRA PACA, Aix-en-Provence, 2018, 240 p.
- Bonnet et al. 2014** : BONNET (S.), JORDA (C.), GIROUX (H.) – Évolution topographique du centre-ville d'Aix-en-Provence. In : NIN (N.) dir. – *Aix en Archéologie, 25 ans de découvertes*. Snoeck, 2014, 35-37.
- Bonnet et al. 2017** : BONNET (S.), CENZON-SALVAYRE (C.), MAGNIN (F.), AUJALEU (A.) – Analyses et réflexion géoarchéologique sur le rebord septentrional de la moyenne vallée de l'Arc. In : BONNET (S.), MAGNIN (F.), NIN (N.), DUTOUR (Y.) dir. – *Archéologie environnementale de la Vallée de l'Arc de l'âge du Fer à l'Antiquité tardive*. Rapport d'activité d'année probatoire de PCR, DAMVA, SRA PACA, Aix-en-Provence, 2017, 83-115.
- Bonnet et al. 2018a** : BONNET (S.), PANNEAU (M.), GIROUX (H.) – La modélisation au service de l'évaluation et de la caractérisation du sol urbain d'Aix-en-Provence. *Les Nouvelles de l'archéologie*, 153, 2018, 45-51.
- Bonnet et al. 2018b** : BONNET (S.), MAGNIN (F.), AUJALEU (A.), ZELINSKI (C.) – Analyses et réflexion géoarchéologique sur le rebord septentrional de la moyenne vallée de l'Arc. In : BONNET (S.) dir., MAGNIN (F.) dir., NIN (N.) dir., DUTOUR (Y.) dir. – *Archéologie environnementale de la Vallée de l'Arc de l'âge du Fer à l'Antiquité tardive*. Rapport d'activité d'année probatoire de PCR, DAMVA, SRA PACA, Aix-en-Provence, 2018, 65-124.
- Brochier 2002** : BROCHIER (J. E.) – Sédimentations néolithiques. Un lien avec l'état du couvert végétal ? In : BADAL (E.), BERNABEU (J.), MARTI (B.) éd. – *El paisaje en el Neolítico mediterráneo*. Valencia, Universitat de València - Departament de Prehistòria i d'Arqueologia, Saguntum Extra, 5, 2002, 115-127.
- Bruneton et al. 2002** : BRUNETON (H.), PROVANSAL (M.), DEVILLERS (B.), JORDA (C.), OLLIVIER (V.), MIRAMONT (C.), BLANCHEMANCHE (P.), BERGER (J.-F.), LEVEAU (P.) – Relations entre paléohydrologie et morphogenèse holocènes des petits et moyens bassins-versants en basse Provence et Languedoc oriental. In : BRAVARD (J.-P.), MAGNY (M.) dir. – *Les fleuves ont une histoire*. Paris, Errance, 2002, 260-267.
- Cadevall, Orozco 2016** : CADEVALL (J.), OROZCO (A.) – *Caracoles y babosas de la península ibérica y baleares*. Barcelona, Omega, 2016, 817 p.
- Catzigras et al. 1958** : CATZIGRAS (F.), COLOMB (E.), DURAND (J.-P.), GUIEU (G.), ROUSSET (C.), TEMPIER (C.) – *Carte géologique détaillée de la France, Aix-en-Provence*. Orléans, B.R.G.M., 1958 (2^e édition).
- Evans 1972** : EVANS (J. G.) – *Land Snails in Archaeology*. Londres et New York, Seminar Press, 1972, 436 p.
- Excoffon et al. 2010** : EXCOFFON (P.), BONNET (S.), DEVILLERS (B.), BERGER (J.-F.) – L'évolution du trait de côte aux abords de Fréjus, de sa fondation jusqu'à la fin du I^{er} s. apr. J.-C. In : DELESTRE (X.), MARCHESI (H.) – *Archéologie des rivages méditerranéens : 50 ans de recherche*. Actes du colloque d'Arles 28-30 octobre 2009. Paris, Errance, 2010, 47-53.
- Figueiral et al. 2010** : FIGUEIRAL (I.), JUNG (C.), MARTIN (S.), TARDY (C.), COMPAN (M.), PALLIER (C.), HERVE (P.), FABRE (L.) – La perception des paysages et des agro-systèmes antiques de la moyenne vallée de l'Hérault. Apports des biomarqueurs à l'archéologie préventive. In : DELHON (C.) dir., THERY-PARISOT (I.) dir., THIEBAULT (S.) dir. – *Exploitation du milieu et gestion des ressources végétales de la préhistoire à nos jours. XXX^e rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes*, APDCA, Antibes, 2010, 415-430.
- Jorda 1993** : JORDA (M.) – Les terrasses alluviales de l'Arc à l'aval de Roquefavour. Étude géomorphologique et chronostratigraphique. In : LEVEAU (P.), PROVANSAL (M.) dir. – *Archéologie et environnement : de la Sainte-Victoire aux Alpilles*. Aix-en-Provence, Université de Provence, 1993, 235-247 (Travaux du Centre Camille Julian, 14).
- Jorda, Miramont 2006** : JORDA (M.), MIRAMONT (C.) – Caractéristiques du milieu naturel du val de Durance au bassin d'Aix-en-Provence. In : MOCCI (F.), NIN (N.) dir. – *Aix-en-Provence, pays d'Aix, Val de Durance*. Paris, Académie des Inscriptions et Belles-Lettres 2006, 59-65 (Carte Archéologique de la Gaule, 13/4).
- Jorda, Provansal 1996** : JORDA (M.), PROVANSAL (M.) – Impact de l'anthropisation et du climat sur le détritisme en France du sud-est (Alpes du sud et Provence). *Bulletin de la Société géologique de France*, 167 (1), 1996, 159-168.
- Leveau, Provansal 1993** : LEVEAU (P.), PROVANSAL (M.) – Occupation du sol et construction deltaïque : le delta de l'Arc. In : LEVEAU (P.), PROVANSAL (M.) dir. – *Archéologie et environnement : de la Sainte-Victoire aux Alpilles*. Aix-en-Provence, Université de Provence, 1993, 193-217 (Travaux du Centre Camille Julian, 14).
- Magnin, Bonnet 2014a** : MAGNIN (F.), BONNET (S.) – Une succession malacologique du pléniglaciaire moyen et du postglaciaire à Aix-en-Provence (France) : éléments de datation,

taphonomie, des assemblages et paléoenvironnements. *Quaternaire*, 25 (2), 2014, 161-183.

Magnin, Bonnet 2014b : MAGNIN (F.), BONNET (S.) – Archéologie du paysage dans la cité d'*Aquae Sextiae*. In : NIN (N.) dir. – *Aix antique, une cité en Gaule du sud, catalogue d'exposition* (Musée Granet, 6 décembre 2014-3 mai 2015). Milan, Silvana Editoriale, 2014, 52-64.

Magnin, Martin 2012 : MAGNIN (F.), MARTIN (S.) – *Escargots synanthropiques et domestication de la nature*. Techniques & Culture, 59, 2012, 260-283.

Miramont et al. 2004 : MIRAMONT (C.), ROSIQUE (T.), SIVAN (O.), EDOUARD

(J.-L.), MAGNIN (F.), TALON (B.) – Le cycle de sédimentation « postglaciaire principal » des bassins marneux subalpins : états des lieux. *Méditerranée*, 102, 2004, 71-84.

Poupet 1994 : POUPET (P.) – Sols, paléosols et structures agraires. In : FAVORY (F.), FICHES (J.-L.) dir. – *Les campagnes de la France méditerranéenne dans l'Antiquité et le haut Moyen Âge : études micro-régionales*. Paris, Éditions de la MSH, 1994, 311-324 (DAF, 42).

Vella et al. 2014 : VELLA (C.), TOMATIS (C.), SIVAN (O.) – Le contexte paléoenvironnemental. In : MARLIER (S.) dir. – *Arles-Rhône 3, un chaland gallo-romain du I^{er} siècle après J.-C.* *Archaeonautica*, 18, 2014, 65-73.

Villeneuve et al. 2016 : VILLENEUVE (M.), DUTOIR (Y.), LARGOIS (P.), BONNET (S.) – Développement de la réflexion sur l'origine des sédiments quaternaires dans la vallée de l'Arc. In : BONNET (S.), MAGNIN (F.), NIN (N.), DUTOIR (Y.) dir. – *Archéologie environnementale de la Vallée de l'Arc de l'âge du Fer à l'Antiquité tardive*. Rapport d'activité d'année probatoire de PCR, DAMVA, SRA PACA, Aix-en-Provence, 2017, 115-121.

Welter-Schultes 2012 : WELTER-SCHULTES (F.W.) – *European non-marine molluscs, a guide for species identification*. Göttingen, Planet Poster Éditions, 2012, 674 p.

