



**HAL**  
open science

# Les datations radiocarbone du Tardigravettien ancien à crans de l'abri de Chinchon 1 à Saumane-de-Vaucluse et la chronologie du Paléolithique supérieur récent provençal

Jacques-Élie Brochier

► **To cite this version:**

Jacques-Élie Brochier. Les datations radiocarbone du Tardigravettien ancien à crans de l'abri de Chinchon 1 à Saumane-de-Vaucluse et la chronologie du Paléolithique supérieur récent provençal. *Gallia Préhistoire – Préhistoire de la France dans son contexte européen*, 2016, 56, pp.8-27. 10.4000/galliap.290 . hal-01472066

**HAL Id: hal-01472066**

**<https://hal.science/hal-01472066>**

Submitted on 18 Dec 2019

**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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

# Les datations radiocarbone du Tardigravettien ancien à crans de l'abri de *Chinchon 1* à Saumane-de-Vaucluse et la chronologie du Paléolithique supérieur récent provençal

Jacques Élie BROCHIER \*

Reçu le 16 juillet 2012 - Accepté après révision le 23 février 2014

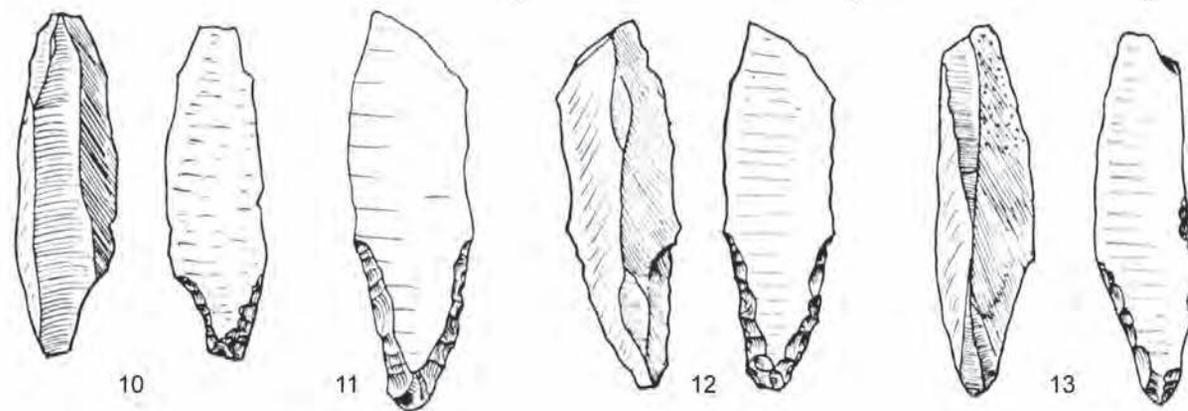
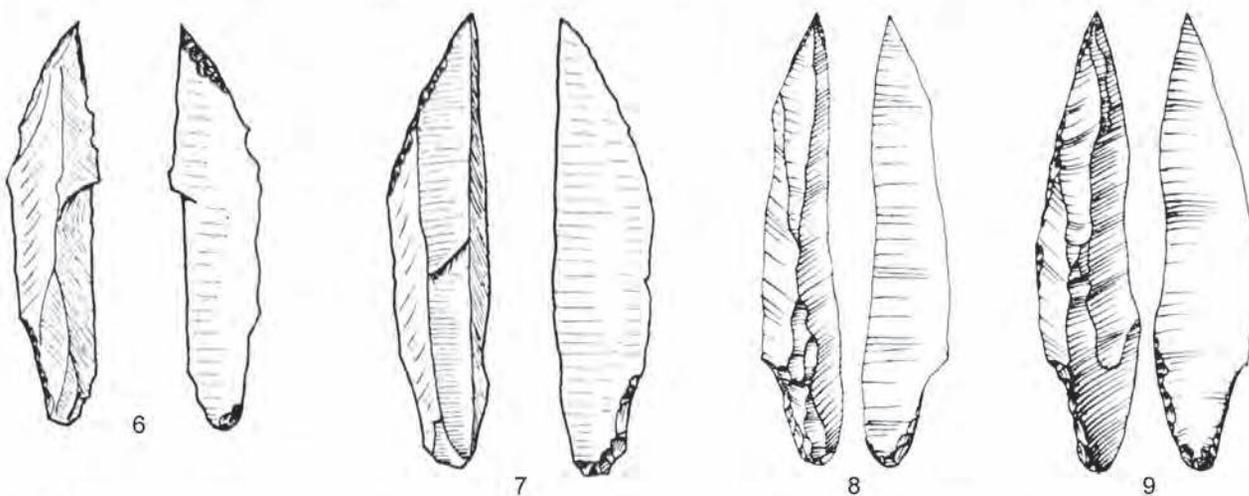
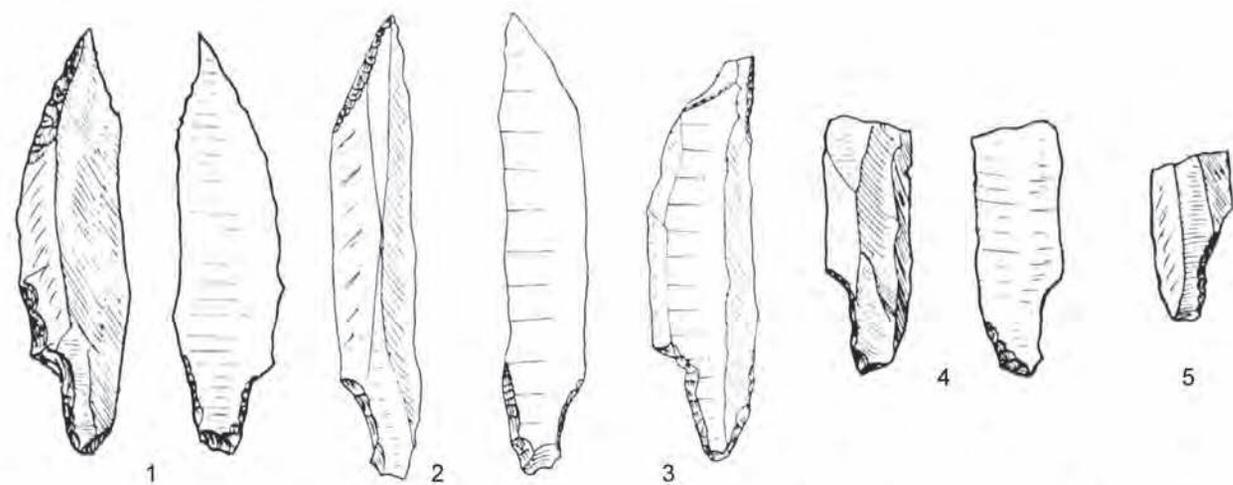
**MOTS CLÉS.** Tardigravettien ancien, pointes à cran, Salpêtrien, Magdalénien supérieur, chronologie absolue, radiocarbone, Provence, abri de *Chinchon 1*, grotte *Cosquer*, grotte de *La Salpêtrière*.

**RÉSUMÉ.** Le complexe industriel à pointes à cran et lamelles à dos tronquées de l'abri de *Chinchon 1*, dans le Vaucluse, a été diversement interprété au cours des dernières décennies : pour certains, il se rattache de toute évidence à une phase très finale, et classique, du Magdalénien supérieur ; pour d'autres, il se rattache, de façon tout aussi évidente, à une phase ancienne, italique, du Tardigravettien. Les résultats des études stratigraphiques, sédimentologiques et paléontologiques plaident pour accorder un âge ancien à ce complexe qu'il n'avait pas été, jusqu'à présent, possible de dater de façon absolue. Nous présentons ici des jalons chronologiques absolus nouveaux pour cet épisode. Ils sont analysés dans le cadre d'une modélisation chronologique bayésienne. Leurs rapports chronologiques avec le Tardisolutréen salpêtrien du Languedoc et avec la période de fréquentation la plus récente de la grotte *Cosquer* sont précisés. On montre que Tardisolutréen salpêtrien (ancien) et Tardigravettien ancien à pointes à cran sont partiellement synchrones et que, dans la région tardigravettienne où s'ouvre la grotte *Cosquer*, c'est pendant la phase ancienne du Tardigravettien à pointes à cran qu'ont été réalisées les peintures et gravures de la seconde période de fréquentation de la grotte.

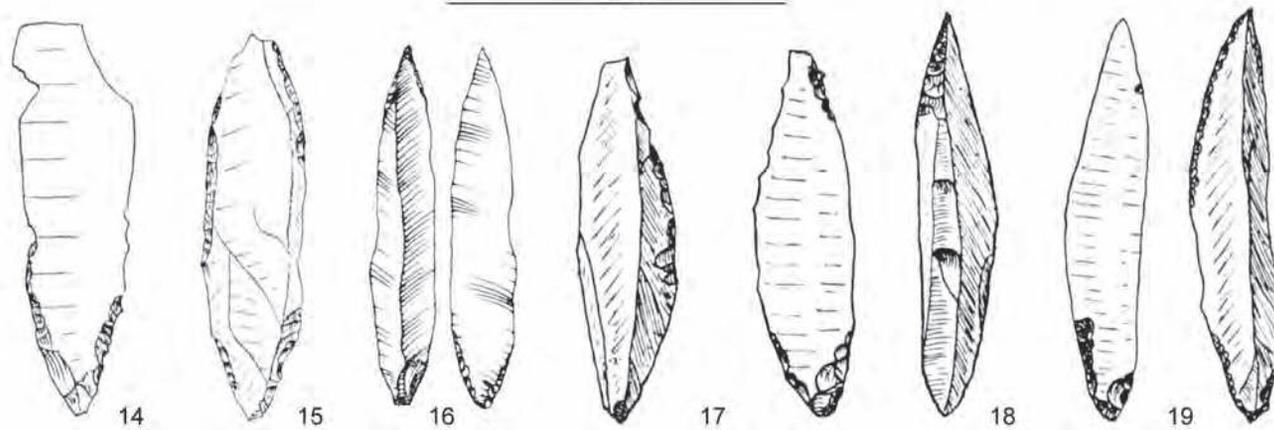
**KEYWORDS.** Early Tardigravettian, shouldered points, Salpetrian, Upper Magdalenian, absolute chronology, radiocarbon, Provence, rockshelter of *Chinchon 1*, *Cosquer Cave*, cave of *La Salpêtrière*.

**ABSTRACT.** The lithic industry with shouldered points and truncated backed bladelets from the rockshelter of *Chinchon 1* in the Vaucluse has been variously interpreted over the past few decades: some authors clearly see it as belonging to an ultimate, classic, phase of the final Magdalenian, whereas others link it just as clearly to an early, Italic, phase of the Tardigravettian. The results of stratigraphic, sedimentological and palaeontological analyses speak for an early date for this complex, a date that had hitherto eluded absolute dating. Here we present a series of new chronological markers for this episode, subjected to Bayesian analysis and modelling. We examine the chronological relationship between these new data and the Salpetrian Tardisolutrean of Languedoc as well as the recent phase of activity in *Cosquer Cave* and show that the (early) Salpetrian Tardisolutrean and early Tardigravettian with shouldered points are partly synchronous; further, that in the Tardigravettian region where *Cosquer Cave* is located, it is in the early phase of the Tardigravettian with shouldered points that the paintings and engravings of the second period of activity at *Cosquer* were created.

\*UMR 7269 – LAMPEA, Aix-Marseille Université, CNRS, Ministère de la culture et de la communication, 5 rue du Château de l'Horloge, BP 647, F-13094 Aix-en-Provence, cedex 2, jacques.brochier@univ-amu.fr



5 cm



Le niveau C de l'abri 1 de *Chinchon* à Saumane-de-Vaucluse, a fait couler beaucoup d'encre. Une soixantaine d'années après sa découverte par Léon Germand en 1956 les avis restent toujours aussi partagés, les interprétations résolument opposées : l'industrie qui en provient *est* du Magdalénien final pour les uns, du Tardigravettien ancien à crans pour les autres. Ces deux options taxinomiques ne sont évidemment pas sans conséquences, aussi bien archéologiques et environnementales que chronologiques. L'histoire des propositions est suffisamment complexe pour qu'il ne soit pas inutile d'en rappeler brièvement les principales étapes.

Signalées dès 1959, ce n'est qu'en 1961 que Maurice Paccard présente succinctement les différentes unités archéologiques de l'abri. Il reconnaît dans les pointes à cran du niveau C les pointes caractéristiques des niveaux magdaléniens les plus récents de la région classique, tout en soulignant la « *position stratigraphique insolite* » de tels objets sous les deux niveaux B1 et B, qu'il attribue respectivement au Magdalénien V et VI. Dès 1962, dans un compte-rendu de lecture, Denise de Sonneville-Bordes, sans avoir examiné l'industrie, conteste les rapprochements typologiques proposés par Maurice Paccard et reconnaît dans les pointes à cran du niveau C de typiques pointes de *Laugerie-Basse*<sup>1</sup>. Malgré sa position sous un niveau azilien (le niveau A) et deux niveaux Magdalénien supérieur (les niveaux B et B1), le niveau C est attribué à une phase finale de l'évolution du Magdalénien supérieur (fig. 1).

L'année 1964 est l'année de la publication des *subdivisions du Leptolithique italien* par Georges Laplace ; c'est aussi celle de son analyse de la totalité de l'industrie lithique recueillie à l'époque à *Chinchon 1*, dont on trouve l'interprétation dans sa thèse, publiée en 1966. Pointes à cran et lamelles à dos tronquées (une *association caractéristique*) lui permettent de rapprocher l'industrie du niveau C de celle de la phase ancienne, à crans, du Tardigravettien<sup>2</sup> italique résolvant, du même coup,

1. « ... il contient [le niveau C] une industrie assez abondante, de type magdalénien classique, avec en nombre des pointes que M. Paccard appelle « pointes à cran », mais qui, d'après les figurations qu'il donne, ne sont autre chose que de belles et très typiques pointes de Laugerie-Basse (*L'anthropologie*, 1959, p. 32, et fig. 36, n° 8 à 12), pièces foliacées à retouches semi-abruptes, caractéristiques du Magdalénien supérieur : les exemplaires de Chinchon sont identiques à ceux de la grotte de Rochereil (fouilles Jude)... ».

2. Le terme Tardigravettien (et non pas Épipérigordien ou Épigravettien), forgé en 1963, ne doit rien au hasard ou à la fantaisie (Laplace, 1997 ; Brochier et Livache, 2003, p. 49 ; Livache et Brochier, 2003, p. 43). À l'approche du dernier maximum glaciaire, le Gravettien de l'ouest du Rhône voit se développer rapidement l'usage de la retouche plate : c'est ce qu'il est convenu d'isoler comme phase solutréenne, phase initiale de l'Épigravettien (atlantique). Cet épisode original, véritable solution de continuité, sépare ainsi le Gravettien évolué *sensu stricto* du Salpêtrien (Tardisolutréen). Sans qu'une filiation puisse être aujourd'hui décelée, les horizons paléolithiques

le problème de son étrange position stratigraphique sous trois niveaux clairement magdaléno-aziliens. Maurice Paccard, convaincu, adoptera cette interprétation dans sa publication de 1964 et, plus tard, dans celle de 1977 (Paccard et Dumas, 1977).

Denise de Sonneville-Bordes, dans une large synthèse, réitère en 1966 son interprétation. Elle est suivie, la même année, par Max Escalon de Fonton qui ne fait pas allusion à des pointes de *Laugerie-Basse* mais à des « pointes à cran typiquement magdaléniennes » en proportions très normales. Pour lui<sup>3</sup>, la diagnose est la suivante : niveau C, Magdalénien VIa ; niveau B, Magdalénien VIb<sup>4</sup>, niveau A, Azilien typique. Compte tenu de ces attributions, il refuse naturellement tout rapprochement entre l'industrie à crans de *Chinchon 1* et celle de la grotte de *La Salpêtrière*, comme l'avait suggéré Georges Laplace (fig. 2).

Dans son monumental « Paléolithique de l'Ardèche » paru en 1967, Jean Combier analyse en détail l'ensemble des données relatives aux industries à crans provençales et languedociennes et n'hésite pas à paralléliser les séquences (et les industries) d'*Oullins*, de *Chinchon 1* et de *La Salpêtrière*<sup>5</sup>. Pour lui, le niveau C de *Chinchon 1* ne saurait être assimilé à un Magdalénien terminal. Plus de trente ans plus tard, en 2003, il fait cependant une courte allusion au niveau C de *Chinchon* (et à ses pointes à cran) qu'il qualifie (p. 138), sans aucune justification, de « *Magdalénien d'affinités imprécises* ».

Dernier en date des chercheurs qui se sont exprimés sur les affinités du niveau C de *Chinchon 1*, Guillaume Boccaccio (2005) ne suit pas l'opinion la plus récente de Jean Combier.

supérieurs récents qui lui succèdent poursuivent le processus épigravettien. Du côté est du Rhône, comme dans la péninsule italique, en l'absence de la solution de continuité solutréenne, le Gravettien poursuit synchroniquement son évolution en divers complexes qui sont dits alors tardigravettiens. Les termes Tardigravettien et Épigravettien ont tous deux une connotation évolutive où la mutation technique et structurale des complexes solutréens et post-solutréens peut être considérée comme le point de divergence de l'évolution du Gravettien. Le qualificatif tardigravettien indique une continuité évolutive depuis le Gravettien ; le terme Épigravettien souligne, à l'inverse, l'évolution survenue après la rupture qualitative, à un certain niveau d'analyse, d'avec le Gravettien.

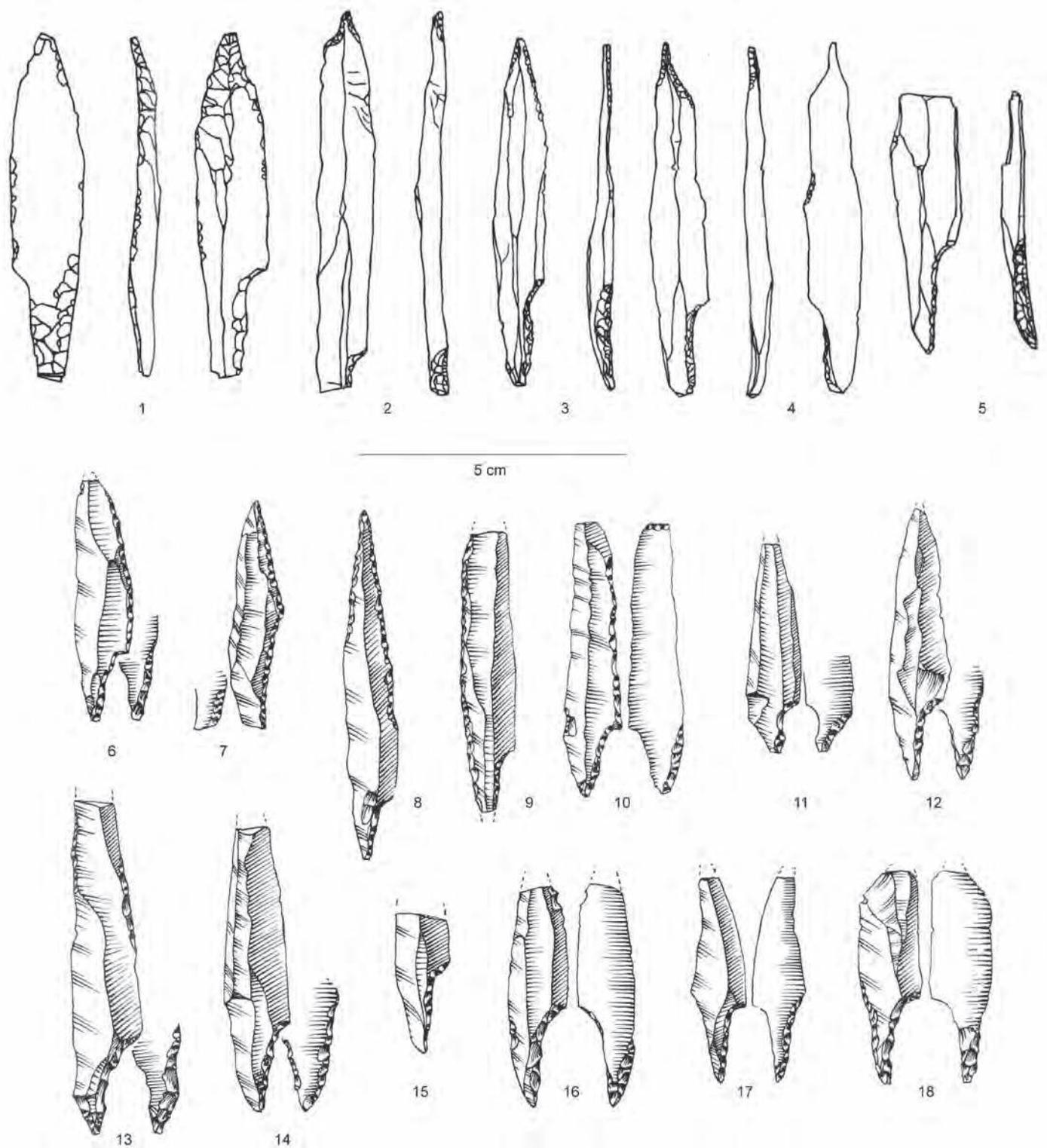
3. La position de Max Escalon de Fonton, adoptée en 1976 par Gérard Onorati, ne changera plus dans les années suivantes.

4. Max Escalon de Fonton occulte de niveau B1 qui a livré le harpon à un rang de barbelures qu'il attribue au niveau B.

5. « Nous avons déjà noté ... qu'un outillage à pointes à cran, qu'il est impossible d'assimiler à un Magdalénien terminal en raison de sa position stratigraphique, existait dans les couches les plus profondes aujourd'hui fouillées dans ce gisement (foyer D sans doute, et surtout C). Il semble très admissible de le paralléliser avec les industries à pointes à cran de La Salpêtrière (Salpêtrien) et d'Oullins (niveau 10), dont la position sous des niveaux de Magdalénien à harpons est identique » p 337.

◀ Fig. 1 – Objets à cran du niveau tardigravettien ancien de l'abri de Chinchon 1, Vaucluse (1 à 13) et « fléchettes » (14 à 19). D'après Paccard, 1964 et Paccard & Dumas, 1977.

*Shouldered objects from the early Tardigravettian level from Chinchon 1, Vaucluse (1 to 13) and "fléchettes"/"darts" (14 to 19). After Paccard, 1964 and Paccard & Dumas, 1977.*



**Fig. 2 – Salpêtrien. Objets à cran de La Rouvière, Ardèche (1 à 5) et de La Salpêtrière (Salpêtrien ancien, couche 6 et d). D'après Gallet, 1973 et Onorati, 1982.**

**Salpêtrien. Shouldered objects from La Rouvière, Ardèche (1 to 5) and cave of La Salpêtrière (early Salpêtrien, layer 6 and d). After Gallet, 1973 and Onorati, 1982.**

L'attribution à un « Épigravettien ancien » lui semble ne faire aucun doute même s'il rapproche (*bien qu'elles soient différentes et sans doute plus tardives*) les pointes à crans du niveau C de celles du Magdalénien de *Fontgrasse*.

Les éléments stratigraphiques et sédimentologiques réunis par Eugène Bonifay (1964), puis par moi-même (Brochier, 1977 ; Brochier et Livache, 1978), valident les observations effectuées pendant la fouille et soulignent l'existence, lors du dépôt du niveau C, de faciès et de phénomènes (forte composante loessique, déformations liées au gel) inconnus dans les dépôts Tardiglaciaire de la région. La révision de la faune de grands mammifères par Évelyne Crégut-Bonnoure (Crégut-Bonnoure et Paccard, 1997) conclut à une association « froide » incompatible avec celles qui caractérisent les épisodes récents du Tardiglaciaire. On retiendra, dans cette association aussi pauvre que diversifiée (Brochier, 2004), la présence de *Saiga tatarica*<sup>6</sup>, *Rangifer tarandus*, *Marmota marmota*, *Equus sp.*, *Equus hydruntinus*, ainsi que de taxons plus « tempérés » comme *Cervus elaphus*, *Capreolus capreolus* et, d'après Thérèse Poulain Josien (1964), *Oryctolagus cuniculus*. Géologie et Paléontologie plaident donc pour une certaine ancienneté du niveau C.

Celle-ci n'a cependant pas été confirmée par l'unique tentative de datation radiocarbone du niveau C à partir d'un lot d'esquilles du niveau 15 : LY-597, 12000 ± 420 BP (Évin *et al.*, 1973). Nous avons rejeté cette mesure à la fois pour des raisons stratigraphiques évidentes et pour des raisons biochimiques puisque des analyses ultérieures (Bernard Saint-Martin, non publié) ont montré l'état de dégradation extrême du collagène des ossements provenant de cet horizon (Brochier et Livache, 2003, p. 52). Malgré la disparition des charbons de bois des collections Paccard, malgré l'impossibilité, actuelle, d'obtenir une date fiable à partir du collagène des os<sup>7</sup>, de nouvelles déterminations radiocarbone, obtenues à partir d'un matériau peu utilisé en Europe – la coquille d'œuf d'oiseau – sont aujourd'hui disponibles. Nous les commenterons en les replaçant dans le contexte chronologique et archéologique régional.

## MATÉRIAUX ET MODÈLE CHRONOLOGIQUE

Les quelques déterminations radiocarbone obtenues pour l'horizon tardigravettien ancien à pointes à cran de l'abri de *Chinchon 1* sont intégrées dans un ensemble de dates provençales et languedociennes que des informations *a priori*, de nature stratigraphique et archéologique, permettent d'organiser sous forme d'un modèle chronologique. La calibration simultanée des 28 déterminations, par le biais de l'analyse bayésienne, nous permet, au delà de la détermination des dates calendaires

6. Le saïga est particulièrement rare dans la région. Il n'a été reconnu que dans la grotte de *La Salpêtrière*, probablement dans la couche 3 (Salpêtrien supérieur, 13100 ± 200 BP, MC-919, Crégut-Bonnoure et Gagnière, 1981), dans la couche 12 de l'abri *Cornille*, d'âge indéterminé (Bonifay et Lecourtois-Ducgoninaz, 1977 ; Brochier et Livache, 2007) et sur les parois de la grotte *Cosquer* (Clottes *et al.*, 2005).

7. Ce problème pourrait sans doute être surmonté en mesurant l'activité radiocarbone d'un acide aminé spécifique, unique et débarrassé de toute pollution, l'hydroxyproline (Marom *et al.*, 2012).

des différents événements, d'apporter des éléments neufs dans l'interprétation de l'évolution des différents techno-complexes (Buck *et al.*, 1994, 1996 ; Litton et Buck, 1995, Zeidler *et al.*, 1998).

Quelques précisions sont cependant nécessaires, en préalable à l'analyse, sur les différentes déterminations utilisées.

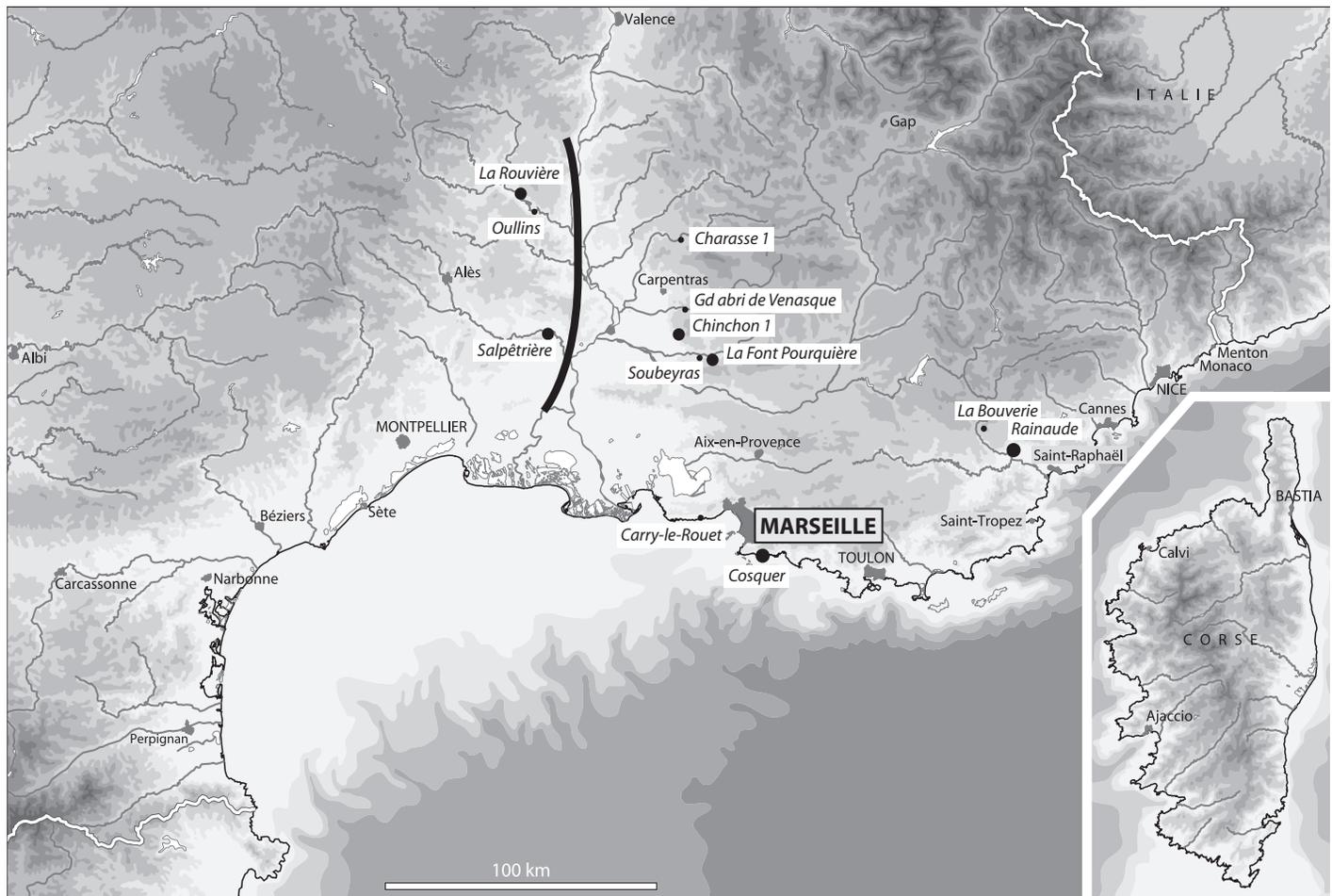
## TARDIGRAVETTIENS ANCIENS ET MAGDALÉNIEN SUPÉRIEUR DE PROVENCE

Neuf déterminations radiocarbone, seulement, permettent de caler dans le temps l'évolution des techno-complexes tardigravettien ancien puis magdaléniens (fig. 3, tabl. I). Ne sont pas incluses dans cette analyse les quelques données radiométriques relatives à la fin du processus tardigravettien, dans le secteur littoral et oriental de la Provence, ainsi qu'à la fin du processus magdaléno-azilien dans le secteur vauclusien.

Une seule détermination est disponible pour le Tardigravettien ancien à pointes à face plane. Il s'agit d'une mesure effectuée par Jean et Yolande Thommeret à Monaco, à la demande d'Évelyne Bazile-Robert, à partir de charbons de bois issus de la couche 5 de la Baume *Rainaudes 1*. Le taxon dominant dans l'échantillon est *Pinus t. sylvestris* ; il est accompagné de *Pinus pinea* (Bazile-Robert, 1981). Le code de laboratoire utilisé dans les publications à partir de 1981, MC-2335, est différent de celui que l'on trouvera dans la base de données Banadora : MC-2355. La rareté des charbons de bois dans les niveaux sus et sous-jacents à la couche 5 (Bazile-Robert, 1981) a probablement limité l'incorporation de charbons intrusifs dans l'échantillon.

Le Tardigravettien ancien à crans n'a pu être daté qu'à l'abri de *Chinchon 1*. Les mesures ont été faites à partir de fragments de coquille d'œuf d'oiseaux indéterminés (Paccard et Dumas, 1977) conservés dans les collections Paccard au musée Calvet d'Avignon. Trois des quatre déterminations sont retenues dans le modèle. Le résultat obtenu pour le niveau G (LY-5077 SacA 11041 : 13990 ± 50 BP), antérieur aux niveaux à crans, est manifestement incompatible avec les trois autres dates obtenues sur le même matériau. Plusieurs explications peuvent être proposées sans qu'il soit possible de privilégier l'une d'entre elles : un nettoyage insuffisant qui aurait laissé subsister d'éventuels carbonates pédogénétiques, une recristallisation de la calcite ou, beaucoup plus simplement, un problème d'étiquetage puisque existe ici une couche G, ancienne, et une couche g, beaucoup plus récente, intercalée entre les horizons ayant livré le Tardigravettien ancien à crans et l'ensemble des niveaux magdaléno-aziliens (Paccard et Dumas, 1977).

Les contraintes environnementales ont, depuis longtemps déjà, poussé les paléontologues et les archéologues travaillant en Australie, en Nouvelle Zélande ou en Afrique à utiliser la coquille d'œuf d'oiseau comme matériau de datation. Les recherches méthodologiques de Long *et al.* (1983) et de Freundlich *et al.* (1989), discutées par Higham (1994), ont montré que la proportion de <sup>14</sup>C présent dans la calcite formant la coquille reflète fidèlement l'activité <sup>14</sup>C de la nourriture et du gaz carbonique atmosphérique. L'effet *vieux calcaire* que l'on pouvait craindre, puisque les oiseaux herbivores ingèrent des grains minéraux – éventuellement calcaires et dépourvus de radiocarbone – qu'ils utilisent dans leur gésier pour le



**Fig. 3** – Position géographique des sites mentionnés dans le texte. La ligne noire grossièrement nord-sud marque la limite approximative entre le domaine épigravettien, à l'ouest, et tardigravettien, à l'est.

**Geographic location of the sites mentioned in the text. The roughly north-south black line marks the approximate limit between the Epigravettian domain, to the west, and the Tardigravettian, to the east.**

**Tabl. 1** – Âges radiocarbone utilisés et modèle chronologique soumis à l'analyse bayésienne. Les événements ne sont pas ordonnés à l'intérieur des phases. Les sept déterminations obtenues à partir des peintures de la grotte Cosquer (période récente) forment une phase sans aucune information a priori. Les valeurs du  $\delta^{13}\text{C}$  suivies d'un astérisque sont mesurées en SMA sur le graphite produit à partir de l'échantillon. Elles ne sont donc qu'approchées (mais suffisantes pour le calcul de la date) puisque biaisées par la graphitisation et la mesure en SMA. Elles ne sauraient être comparées aux mesures obtenues dans d'autres champs disciplinaires (étude des spéléothèmes ou des paléo-diètes par exemple) par spectrométrie de masse ; ÂRC : âge radiocarbone conventionnel ; v.n.c. : valeur non communiquée. La colonne outlier donne les probabilités a priori (a) et a posteriori (b) pour qu'une détermination ait besoin d'être translatée sur l'échelle radiocarbone de façon à être en cohérence avec les autres déterminations. C/N : rapport carbone/azote de l'os. Notre ignorance des résultats de mesure d'un éventuel dosage du carbone et de l'azote de l'os des échantillons de Chinchon 1, de Charasse 1 et de quelques échantillons de La Salpêtrière, en préalable à la mesure d'activité  $^{14}\text{C}$ , ne permet pas de juger de la validité des résultats obtenus (n.m. : non mesuré).

**Radiocarbon ages used and chronological model subjected to Bayesian analysis. The events are not ordered within each phase. The seven measurements obtained from paintings in Cosquer Cave (recent period) make up a phase without any a priori information. The  $\delta^{13}\text{C}$  values followed by an asterisk are measured by AMS on the graphite produced from the sample. They are thus only approximate (but nonetheless sufficient for calculating age) as they are biased by the graphitization and the AMS measurement. They should not be compared to the measurements obtained in other disciplines (study of speleothems or palaeo-diet, for example) by mass spectrometry; ÂRC: Conventional Radiocarbon Age (CRA); v.n.c.: non communicated value. The outlier column gives (a) a priori and (b) a posteriori probabilities so that a measurement needs to be translated on the radiocarbon scale in order to be coherent with the other measurements. C/N: carbon/nitrogen ratio of bone. As we are not aware of the possible results of bone carbon and nitrogen measurements from the Chinchon 1 and Charasse 1 samples and some samples from La Salpêtrière, before measurement of the  $^{14}\text{C}$  activity, we cannot assess the validity of the results obtained (n.m.: not measured).**

| dates calendaires | référence échantillons              | référence laboratoire | matériau                   | méthode | C / N | delta <sup>13</sup> C | Â RC        | a    | b    | outier |
|-------------------|-------------------------------------|-----------------------|----------------------------|---------|-------|-----------------------|-------------|------|------|--------|
| <b>bêta 3</b>     |                                     |                       |                            |         |       |                       |             |      |      |        |
| thêta 9           | Grand abri de Venasque – Bn         | Poz 14714             | <i>Pinus t. sylvestris</i> | SMA     | –     | –24,5 *               | 12470 ± 60  | 0,10 | 0,07 |        |
| thêta 8           | Grand abri de Venasque – Cn         | Poz 14715             | <i>Pinus t. sylvestris</i> | SMA     | –     | –31,3 *               | 13750 ± 120 | 0,10 | 0,10 |        |
| thêta 7           | Chinchon 1 – B1                     | Ly 5365 SacA 12085    | os                         | SMA     | n. m. | v.n.c.                | 13810 ± 80  | 0,10 | 0,10 |        |
| thêta 6           | Charasse 1 – Cm                     | Ly 5052 SacA 10990    | os                         | SMA     | n. m. | v.n.c.                | 12990 ± 80  | 0,10 | 0,09 |        |
| thêta 5           | Charasse 1 – Ci                     | Ly 5053 SacA 10991    | os                         | SMA     | n. m. | v.n.c.                | 12980 ± 80  | 0,10 | 0,09 |        |
| <b>alpha 3</b>    |                                     |                       |                            |         |       |                       |             |      |      |        |
| <b>bêta 2</b>     |                                     |                       |                            |         |       |                       |             |      |      |        |
| thêta 4           | Chinchon 1 – 17                     | Ly 5076 SacA 11040    | coquille d'œuf             | SMA     | –     | –6,52                 | 19740 ± 100 | 0,10 | 0,12 |        |
| thêta 3           | Chinchon 1 – 16a                    | Ly 5079 SacA 11043    | coquille d'œuf             | SMA     | –     | –5,71                 | 18550 ± 80  | 0,10 | 0,11 |        |
| thêta 2           | Chinchon 1 – C                      | Ly 5078 SacA 11042    | coquille d'œuf             | SMA     | –     | –7,27                 | 17750 ± 80  | 0,10 | 0,10 |        |
| <b>alpha 2</b>    |                                     |                       |                            |         |       |                       |             |      |      |        |
| <b>bêta 1</b>     |                                     |                       |                            |         |       |                       |             |      |      |        |
| thêta 1           | Rainaudes 1 – C5                    | MC 2335               | charbons                   | –       | –     | v.n.c.                | 20300 ± 400 | 0,40 | 0,50 |        |
| <b>alpha 1</b>    |                                     |                       |                            |         |       |                       |             |      |      |        |
| <b>bêta 6</b>     |                                     |                       |                            |         |       |                       |             |      |      |        |
| thêta 23          | Salpêtrière 6b                      | MC 2168 / MC 2083     | charbons                   | –       | –     | v.n.c.                | 19230 ± 200 | 0,40 | 0,48 |        |
| thêta 24          | Salpêtrière 6 Escalon (= 6b Bazile) | LY 939                | os                         | –       | n. m. | v.n.c.                | 18880 ± 300 | 0,40 | 0,29 |        |
| thêta 25          | Salpêtrière d Porche est            | MC 2084 / MC 2186     | charbons                   | –       | –     | v.n.c.                | 18700 ± 220 | 0,40 | 0,32 |        |
| thêta 26          | Salpêtrière 5                       | MC 2167               | charbons                   | –       | –     | v.n.c.                | 17960 ± 600 | 0,40 | 0,36 |        |
| thêta 27          | Salpêtrière Porche centre 6b        | LY 4443               | os                         | SMA     | n. m. | v.n.c.                | 19060 ± 130 | 0,40 | 0,41 |        |
| thêta 28          | Salpêtrière Porche centre 5 (n°356) | LY 4442               | os                         | SMA     | n. m. | v.n.c.                | 18510 ± 120 | 0,40 | 0,40 |        |
| <b>alpha 6</b>    |                                     |                       |                            |         |       |                       |             |      |      |        |
| <b>bêta 5</b>     |                                     |                       |                            |         |       |                       |             |      |      |        |
| thêta 17          | Salpêtrière i3 porche est           | MC 2085               | charbons                   | –       | –     | v.n.c.                | 20500 ± 300 | 0,40 | 0,83 |        |
| thêta 18          | Salpêtrière i1 porche est           | MC 1370               | charbons                   | –       | –     | v.n.c.                | 19100 ± 500 | 0,40 | 0,27 |        |
| thêta 19          | Salpêtrière i1 porche est           | MC 1372               | charbons                   | –       | –     | v.n.c.                | 18700 ± 500 | 0,40 | 0,37 |        |
| thêta 20          | Salpêtrière porche est Ci           | LY 2050               | os                         | –       | n. m. | v.n.c.                | 18290 ± 250 | 0,40 | 0,93 |        |
| thêta 21          | Salpêtrière porche est Ci           | GIF 6018              | os / charbons              | –       | –     | v.n.c.                | 18600 ± 350 | 0,40 | 0,54 |        |
| thêta 22          | Salpêtrière Porche centre 8         | LY 2051               | os                         | –       | n. m. | v.n.c.                | 18680 ± 680 | 0,40 | 0,31 |        |
| <b>alpha 5</b>    |                                     |                       |                            |         |       |                       |             |      |      |        |
| <b>bêta 4</b>     |                                     |                       |                            |         |       |                       |             |      |      |        |
| thêta 10          | Cosquer – cheval 1                  | GIF A 92417           | charbon                    | SMA     | –     | v.n.c.                | 18820 ± 310 | 0,10 | 0,12 |        |
| thêta 11          | Cosquer – bison 1                   | GIF A 92492           | charbon                    | SMA     | –     | v.n.c.                | 18530 ± 190 | 0,10 | 0,10 |        |
| thêta 12          | Cosquer – félin                     | GIF A 92418           | charbon                    | SMA     | –     | v.n.c.                | 19200 ± 240 | 0,10 | 0,07 |        |
| thêta 13          | Cosquer – mégacéros 1               | GIF A 95135           | charbon                    | SMA     | –     | v.n.c.                | 19340 ± 200 | 0,10 | 0,08 |        |
| thêta 14          | Cosquer – signe étoilé              | GIF A 96075           | charbon                    | SMA     | –     | v.n.c.                | 17800 ± 160 | 0,10 | 0,19 |        |
| thêta 15          | Cosquer – cheval 7                  | GIF A 98186           | charbon                    | SMA     | –     | v.n.c.                | 19720 ± 210 | 0,10 | 0,12 |        |
| thêta 16          | Cosquer – cerf                      | GIF A 98198           | charbon                    | SMA     | –     | v.n.c.                | 19290 ± 340 | 0,10 | 0,08 |        |
| <b>alpha 4</b>    |                                     |                       |                            |         |       |                       |             |      |      |        |

broyage des aliments et comme source du calcium nécessaire à la formation de la coquille, est inexistant (Long *et al.*, 1983). La coquille d'œuf d'oiseau apparaît donc comme un matériau fiable (Magee *et al.*, 2009), suffisamment commun dans les terres archéologiques<sup>8</sup> pour être utilisé lorsque les matériaux plus classiques sont absents ou trop mal conservés.

Cinq déterminations, enfin, concernent les niveaux les plus anciens connus qui soient postérieurs à la phase du Tardigravettien ancien à crans. Toutes sont des datations récentes effectuées en SMA sur un objet unique, os ou charbon de bois ; toutes se rapportent à la phase classique du Magdalénien supérieur. À *Chinchon I*, le niveau B1, stratigraphiquement postérieur aux niveaux à crans (contrairement aux niveaux les plus anciens du site, la matière organique *semble* suffisamment bien conservée pour qu'il soit possible de produire une date). Du *Grand abri de Charasse* à Entrechaux (connu également comme abri *Charasse I*) nous avons pu faire dater deux esquilles de diaphyse d'un grand mammifère indéterminé, provenant des parties inférieure et moyenne de la couche (C1 et C2), conservées dans les collections Paccard au Musée Calvet d'Avignon (Laplace, 1966b). Pour ces trois mesures, obtenues à partir du collagène des os, nous ne disposons cependant pas des teneurs en carbone et en azote de l'os ni des teneurs en collagène qui nous permettraient de les accepter sans réserve<sup>9</sup> (Ambrose, 1990 ; Bocherens *et al.*, 2005 ; Higham *et al.*, 2006 ; Yizhaq *et al.*, 2005). Les deux dernières déterminations ont été obtenues à partir de deux charbons de bois de *Pinus t. sylvestris* des couches Cn et Bn du *Grand abri de Venasque* dans le Vaucluse (Brochier, 2008).

## SOLUTRÉEN ET SALPÊTRIEN ANCIEN DU LANGUEDOC

Huit déterminations radiocarbone permettent de préciser la position chronologique du Salpêtrien ancien de *La Salpêtrière* ; six résultent de mesures anciennes (Bazile, 1980), deux ont été obtenues plus récemment et ne sont mentionnées que dans la banque de données radiocarbone Banadora (tabl. 1). Bien que la première estimation (LY-939) ait été rejetée par M. Escalon de Fonton, qui la jugeait trop ancienne (Escalon de Fonton *in* Evin *et al.*, 1976), elle a été confirmée par les sept mesures effectuées par la suite. Nous n'avons pas tenu compte dans notre analyse du rappel des dates publié par Frédéric Bazile et Guillaume Boccaccio en 2007 qui comporte à la fois des références, des attributions culturelles et des résultats de mesure erronés. Les déterminations radiocarbone qui correspondent au Salpêtrien ancien sont jugées *très cohérentes* par Frédéric Bazile qui

8. Les coquilles d'œuf d'oiseau sont abondantes, en fragments millimétriques, dans les horizons mésolithiques de l'*abri de Roquefure* (Vaucluse) ou dans ceux du *Clos de Poujol* (Aveyron) par exemple.

9. Il n'est sans doute pas inutile de rapporter ici l'avis de Tom Higham (2006) à ce sujet : « *Over many years, it has become apparent that the characterization of the quality of the extracted "collagen" is crucial to validate the accuracy of the obtained <sup>14</sup>C determinations. Several methods of achieving this have been described ..., but few <sup>14</sup>C laboratories regularly apply the range of analytical measurements necessary to provide minimum assurance for submitters of bone samples (e.g. C to N ratios) even when the samples are of crucial importance to studies of late human evolution... ».*

voit le Salpêtrien ancien se développer entre 19000 et 18000 (Bazile, 1990) ou entre 19000 et 17000 années radiocarbone avant le présent (Bazile et Boccaccio, 2008).

Les huit déterminations correspondantes au Salpêtrien ancien méritent cependant un examen plus approfondi avant de pouvoir les utiliser dans le modèle chronologique bayésien. Il nous faut bien reconnaître que nous ne disposons que de bien peu d'information sur ces déterminations et que ce que nous avons pu savoir nous incite à une certaine prudence. La date LY-939 a été obtenue à partir de nombreux ossements (600 g) pour lesquels nous ne disposons pas du dosage du carbone et de l'azote (de l'os). La correction nécessaire due au fractionnement isotopique ne semble pas reposer sur une mesure du  $\delta^{13}\text{C}$  mais sur une estimation du fractionnement (Évin et Marien, 1974). Rares étaient en effet les laboratoires qui, dans les années 70-80, mesuraient et tenaient compte des valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  dans le calcul des dates (Lerman, 1972 ; Évin *et al.*, 1973 ; Delibrias *et al.*, 1974 ; Marchand *et al.*, 2007). Si la correction est relativement faible lorsque sont datés des restes de ligneux européens (Bowman, 1990) elle devient non négligeable lorsque la mesure repose sur le collagène extrait d'ossements. Les deux déterminations les plus récentes (LY-4442 et 4443), issues de mesures en accélération (SMA) à partir du collagène d'un seul fragment osseux (*Equus* ?), sont corrigées pour le fractionnement isotopique mais ne sont pas accompagnées d'un dosage du carbone et de l'azote de l'os qui permettrait de les valider pleinement.

Non seulement les précisions concernant les dates réalisées par Jean et Yolande Thommeret à Monaco à partir de charbons de bois sont absentes mais des erreurs apparaissent dans leur utilisation. Nous ne savons pas, par exemple, quel pré-traitement chimique était utilisé à l'époque et la façon dont était calculée l'erreur sur la mesure. Mais une fois encore, et de façon plus sérieuse que pour les ossements, il est clair que l'analyse a porté sur de nombreux fragments de charbons de bois dont il est bien difficile d'affirmer, malgré le soin pris à la fouille, que tous soient associés à un même événement. Le problème, général dans les sites archéologiques, est ici amplifié par le caractère sableux des dépôts et le peu de distance qui sépare les différents horizons archéologiques (Escalon de Fonton, 1964 ; Bazile, 1980).

Frédéric Bazile, dès 1980, a proposé de combiner les déterminations radiocarbone MC-2168 et MC-2083 d'une part et MC-2084 et MC-2186 d'autre part, considérant que, dans chaque cas, les mesures avaient été effectuées sur une fraction d'un même échantillon. L'intérêt était évidemment de réduire la très large incertitude sur les mesures individuelles. Même si l'on ne peut considérer, en toute rigueur, les couples d'échantillons comme strictement identiques, puisqu'ils sont constitués d'un mélange de nombreux fragments provenant de taxons variés<sup>10</sup> dans des proportions qui n'ont que peu de chance d'être rigoureusement identiques (Bazile-Robert, 1979), nous suivrons la même démarche. Nous remarquerons tout

10. Les taxons bien représentés dans le Solutrénien et le Salpêtrien ancien sont *Pinus t. sylvestris*, *Betula verrucosa*, *Hippophae rhamnoides* et *Salix/Populus* (Bazile-Robert, 1979). La longévité de ces taxons, qui ne sont parfois connus qu'au niveau générique, peut être de l'ordre du siècle.

d'abord que les déterminations MC-2168 et MC-2083 d'une part et MC-2084 et MC-2186 d'autre part ne sont pas significativement différentes (Ward et Wilson, 1978) :  $T = 3,2$  ;  $v = 1$  ;  $p = 0,072$  pour le premier couple,  $T = 3,1$  ;  $v = 1$  ;  $p = 0,079$  pour le second. Ces tests sont faits dans l'espace des  $F^{14}C$ , et non des âges radiocarbone conventionnels (ÂRC), en raison du caractère approximativement gaussien des erreurs sur l'échelle radiocarbone. La combinaison peut donc être réalisée. Les résultats, qui sont ceux qui seront utilisés dans le modèle chronologique, sont les suivants : MC-2168/2083 :  $19230 \pm 200$  BP ; MC-2084/2186 :  $18700 \pm 220$  BP. Les valeurs mentionnées dans Bazile (1980), reprises ensuite par Georgette Delibrias et Jacques Évin (1980), sont erronées.

Six déterminations radiocarbone obtenues sur des lots de charbons ou des lots d'ossements provenant d'horizons solutréens sont prises en compte dans le modèle chronologique (tabl. I et fig. 4). Les mêmes remarques qui ont été faites précédemment à propos des échantillons salpêtrien peuvent être faites ici. Nous nous sommes limités aux horizons, ayant une provenance claire – par exemple, MC-1179 cité par Bazile en 1990, absent dans Bazile 1980, absent de la base Banadora, n'est pas pris en compte – et stratigraphiquement proches de ceux qui ont livré le Salpêtrien ancien. Le but n'est pas d'établir la moins mauvaise des chronologies du Solutréen de *La Salpêtrière*, mais simplement d'utiliser l'information stratigraphique pour contraindre les dates calendaires des échantillons salpêtrien ancien.

Les quatorze déterminations radiocarbone prises en compte ne présentent pas, nous l'avons vu, toutes les garanties requises pour conduire une analyse en toute sérénité. Elles sont à la fois peu précises – ce qui n'a rien d'anormal pour des mesures effectuées il y a déjà plusieurs décennies – et, probablement dans quelques cas, peu exactes. Les problèmes éventuels proviennent cependant essentiellement ici d'une association peu solide entre le matériel daté et le fait archéologique. C'est pour ces raisons que nous avons affecté à l'ensemble des dates

réalisées dans ce site une probabilité *a priori* de 0,40 d'être aberrante (colonne *outlier* [a] du tableau I).

## LES PEINTURES DE LA GROTTTE COSQUER

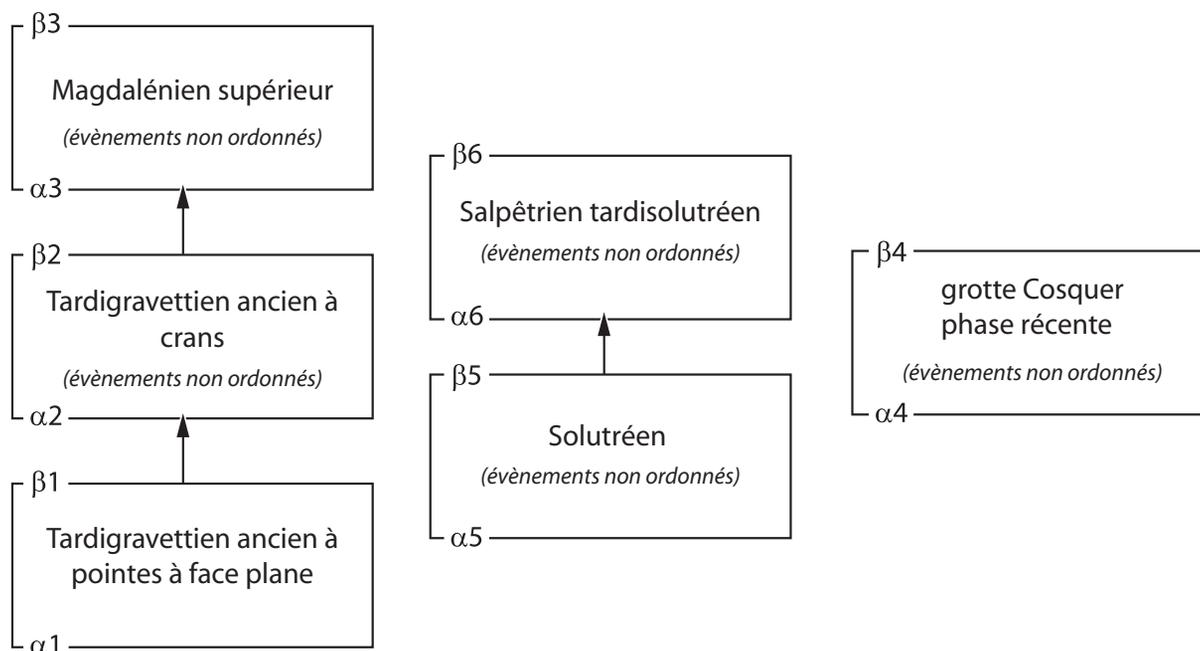
Des nombreuses mesures directes effectuées sur les peintures de la grotte *Cosquer* (Valladas *et al.*, 2001, 2005), nous avons retenu les sept mesures qui définissent la *seconde période picturale* de la grotte (tabl. I). La datation Gif-A 96101 d'un signe en forme de « méduse », bien que souvent citée (Bahn et Vertut, 1997 ; Renault-Miskovsky et Onoratini, 1997 ; Amormino, 2000) malgré la mise en garde rappelée par Clottes et Courtin (1997), n'est naturellement pas prise en compte.

## LA STRUCTURE DU MODÈLE

Le modèle chronologique soumis à l'analyse bayésienne est présenté dans le tableau 1 et la figure 4. Il est simple et relativement peu contraint dans la mesure où les événements ne sont généralement pas ordonnés dans les phases. Les  $\alpha_j$  et  $\beta_j$  (tabl. I) représentent, suivant la notation de Caitlin E. Buck, les dates calendaires du début et de la fin des phases. Il est en effet fort peu probable que la date calendaire de l'évène-

**Fig. 4** – Schéma des relations chronologiques entre les différentes phases du modèle. Elles reposent à la fois sur la connaissance des stratigraphies et sur celle des processus évolutifs des différents complexes. Les  $\alpha_j$  et  $\beta_j$  représentent respectivement les dates calendaires de début et de fin de phase.

*Schema of the chronological relations between the different phases of the model. They are based on knowledge of the stratigraphic sequences and of the evolutionary processes of the different complexes. The  $\alpha_j$  and  $\beta_j$  represent the calendar dates from the beginning and the end of the phase respectively.*



ment  $i$  de la phase  $j$  ( $\theta_{ij}$ ) soit précisément la date calendaire du premier (ou du dernier) événement de la phase. L'évolution du Paléolithique supérieur provençal est structurée en trois phases successives à l'intérieur desquelles les dates calendaires des différents événements ne sont pas ordonnées. L'information *a priori* utilisée repose sur notre connaissance de l'évolution des complexes industriels,  $\beta_1 > \alpha_2$ , par exemple, et sur des arguments stratigraphiques,  $\beta_2 > \alpha_3$ . De la même manière, dans la grotte de *La Salpêtrière*, les données stratigraphiques permettent d'écrire que les âges calendaires des occupations solutréennes sont plus grands que les âges calendaires des occupations du Salpêtrien ancien ( $\beta_5 > \alpha_6$ ). Enfin, le dernier ensemble de déterminations qui concerne les peintures de la seconde phase de fréquentation de la grotte *Cosquer*, n'est naturellement pas ordonné. Aucune information chronologique *a priori* ne relie les trois séquences entre elles.

Le calcul des  $\alpha_j$  et des  $\beta_j$  implique la prise en compte d'une information *a priori* supplémentaire : on considère que les dates calendaires des événements  $\theta_{ij}$  sont également probables à l'intérieur des phases. D'autres *a priori*, moins neutres, peut-être plus réalistes (Buck et Bard, 2007 ; Lee et Bronk Ramsey, 2012), seraient également possibles. Ceci est certainement une des difficultés de l'analyse bayésienne des données radiocarbone tant il est difficile, pour ne pas dire impossible, de justifier de tels choix.

Nous soulignons plus haut les réserves que nous avons quant à l'exactitude de certaines déterminations. Plutôt que de les éliminer, avec pour seul argument le manque d'informations que nous avons à leur sujet, nous avons préféré affecter à chacune d'entre elles une probabilité *a priori*  $p_i$  d'être aberrante et de réaliser ensuite la calibration bayésienne simultanée. La procédure proposée par Christen (1994), modifiée dans le détail par Buck *et al.* (2003) nous donne, pour chaque probabilité *a priori*  $p_i$ , la probabilité *a posteriori*  $P_i$  pour que la détermination  $y_i$  ait besoin d'être translatée sur l'échelle radiocarbone de façon à être cohérente avec les autres déterminations de la phase. On traduit la proposition *a besoin d'être translatée* par *est une détermination aberrante*. La détection des *outliers* et la calibration font partie d'un même processus de calcul et il n'est pas besoin d'éliminer les *outliers* puisque les informations chronologiques qui en découlent subissent une pondération inverse.

Les calculs ont été réalisés à l'aide du logiciel de simulation *mexcal* via l'interface web BCal (Buck *et al.*, 1999). Une conséquence de l'utilisation de cette technique de calcul est que les résultats obtenus en calculant deux fois le même modèle ne sont pas nécessairement identiques. De nombreuses simulations, effectuées avec des paramètres initiaux différents, nous ont cependant montré que les paramètres d'intérêt convergent sur des valeurs proches. Les différentes HPD (*Highest Posterior Density regions* ou intervalles formés des années ayant les plus fortes densités de probabilité postérieures) et les modes des distributions des densités de probabilité *a posteriori* sont stables dans des marges décennales. Nous avons également vérifié la sensibilité du modèle (*sensitivity analysis*) à différentes valeurs des probabilités *a priori* pour que certaines déterminations radiocarbone soient aberrantes.

Il pouvait paraître naturel d'utiliser dans ce travail la courbe de calibration la plus récente, IntCal 09, malgré les

problèmes potentiels qui pouvaient subsister autour de la période Heinrich 1 (Reimer *et al.*, 2009, p. 1116). Cependant, depuis la publication d'IntCal 09, des datations couplées  $^{234}\text{U} - ^{230}\text{Th}$  et  $^{14}\text{C}$  de coraux (Durand *et al.*, 2010) et de spéléothèmes (Southon *et al.*, 2012) ont fait apparaître avec de plus en plus de netteté que les mesures obtenues sur les foraminifères des sédiments varvés du Bassin de Cariaco, largement utilisées dans la construction de la courbe de 2009, prenaient en compte un effet réservoir temporairement trop important et devaient être exclues de la courbe de référence dans la période 12500 – 14500  $^{14}\text{C}$  BP (Shakun *et al.*, 2012 ; Paula Reimer *in letteris*). Pour cette courte période, il est clair aujourd'hui que l'utilisation de la courbe IntCal 04 (Reimer *et al.*, 2004) est de beaucoup préférable<sup>11</sup>. Dans l'attente de la publication prochaine d'une version d'IntCal améliorée, toutes les estimations ont été obtenues en utilisant la courbe de référence IntCal 09, à l'exception des quatre déterminations magdaléniennes les plus anciennes qui ont été calibrées en référence à IntCal 04 (Tabl. II).

## RÉSULTATS CHRONOLOGIQUES, CONSÉQUENCES ARCHÉOLOGIQUES

Les estimations chronologiques obtenues à partir de fragments de coquilles d'œuf d'oiseaux associés au Tardigravettien ancien à pointes à cran de *Chinchon 1* ne laissent aucun doute sur le fait que cet horizon soit *très* antérieur à la séquence magdaléno-azilienne B1, B et A de ce site (tabl. I). Elles ne font que retranscrire les observations stratigraphiques, en invalidant les rapprochements que quelques préhistoriens avaient cru pouvoir faire entre les pointes à cran du niveau C et les pointes dites de *Rochereil* et de *Laugerie-Basse*, attribuant *ipso facto* le techno-complexe de *Chinchon C* à un épisode très récent du Magdalénien.

Inversement, elles valident les observations et les interprétations de Georges Laplace (1966a, p. 318), de Maurice Paccard (1964, 1977) et le processus évolutif mis en évidence dès 1976 (Livache, 1976 ; Brochier et Livache, 1978 ; Livache, 2000). Les résultats du traitement factoriel du tableau de contingence croisant 12 descripteurs typologiques et 13 (puis 12) séries vaclusiennes sont résumés sur la figure 5. Dans un premier temps (fig. 5a), l'ensemble des séries est pris en compte. Deux groupes d'échantillons s'opposent sur le premier axe factoriel : côté négatif, les éléments du processus tardiglaciaire magdaléno-azilien, côté positif les échantillons tardigravettien, très différents les uns des autres (Tardigravettien ancien à pointes à face plane (LFP), Tardigravettien ancien à crans (CC), Tardigravettien évolué à lames à dos tronquées (S6)), qui ont en commun de fortes fréquences de lames à dos tronquées (LDT). La ségrégation sur le premier axe factoriel a valeur

11. La différence entre les estimations chronologiques obtenues dans la période 12500 – 14500  $^{14}\text{C}$  BP à l'aide des versions 04 et 09 d'IntCal est loin d'être négligeable : pour un âge radiocarbone conventionnel de 13500 BP, par exemple, les dates calendaires sont susceptibles d'être artificiellement vieilles de trois à dix siècles si l'on utilise IntCal 09.

| référence échantillons |   | référence laboratoire | matériau | C / N | delta <sup>13</sup> C | ÂRC         |
|------------------------|---|-----------------------|----------|-------|-----------------------|-------------|
| P 1-2                  | Tardigravettien ancien à crans                | R 745                 | charbons | –     | v.n.c.                | 18560 ± 210 |
| P 3                    |   | R 2546                | charbons | –     | v.n.c.                | 18950 ± 245 |
| P 4                    |   | R 2550                | charbons | –     | v.n.c.                | 18820 ± 260 |
| P 7.3                  | Tardigravettien ancien à pointes à face plane | R 2533                | charbons | –     | v.n.c.                | 19400 ± 230 |
| P 8                    |   | Beta 48684            | charbons | –     | v.n.c.                | 19630 ± 250 |
| P 9                    |   | R 2541                | charbons | –     | v.n.c.                | 20470 ± 320 |
| P 10                   | Gravettien                                    | OxA 10700             | os       | 3,2   | – 17,6                | 23440 ± 190 |
| P11-12                 |   | Beta 53983            | charbons | –     | v.n.c.                | 23450 ± 220 |
| P 13                   |   | Beta 53982            | charbons | –     | v.n.c.                | 25620 ± 200 |

Tabl. II – Âges radiocarbone du Gravettien et du Tardigravettien ancien des Arene Candide. C/N : rapport carbone/azote du collagène ; ÂRC : âge radiocarbone conventionnel.

Radiocarbon ages from the Gravettian and the early Tardigravettian from Arene Candide. C/N: carbon/nitrogen collagenratio; ÂRC: Conventional Radiocarbon Age (CRA).

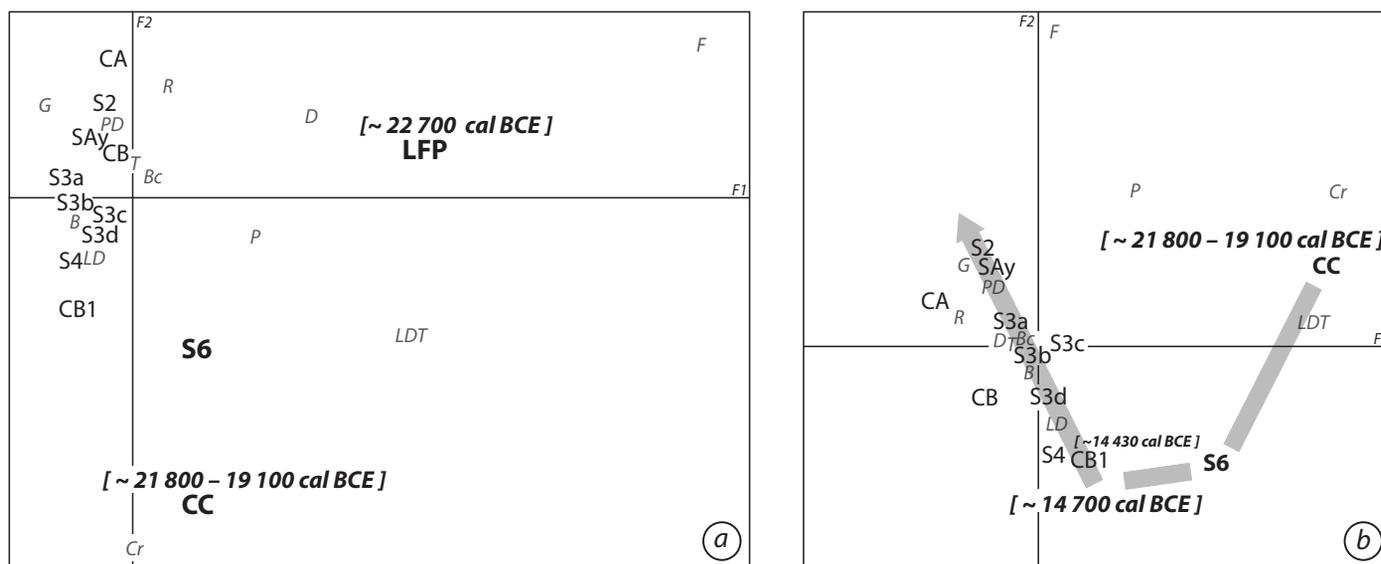


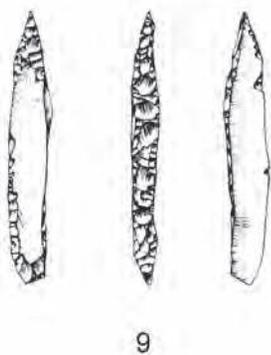
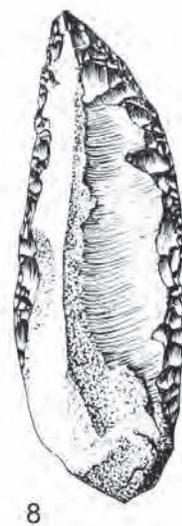
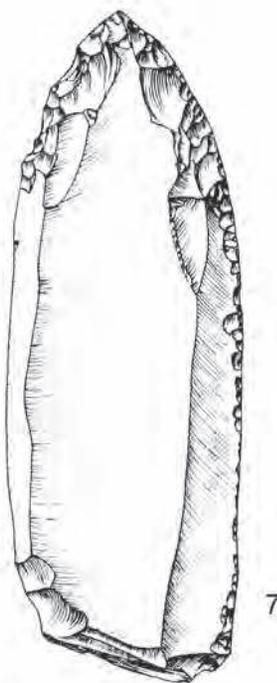
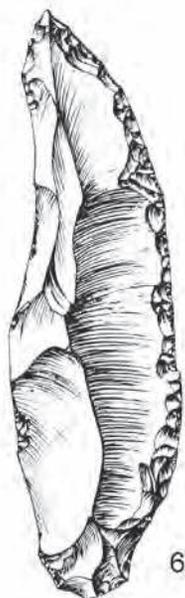
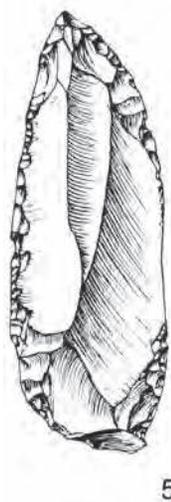
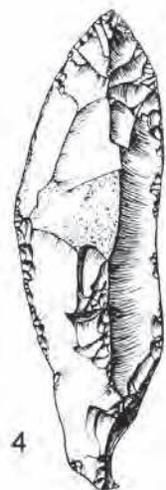
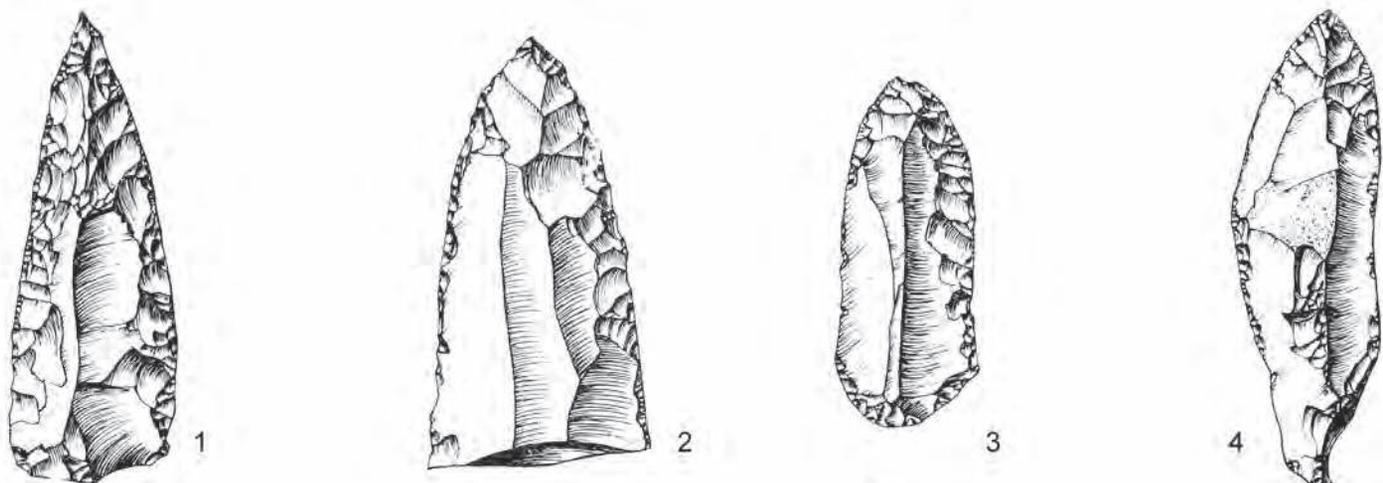
Fig. 5 – Résultats graphiques (plans F1.F2) des analyses factorielles des correspondances appliquées aux tableaux de contingence croisant groupes typologiques et niveaux archéologiques. a : La Font-Pourquière (LFP), Chinchon 1 (C), Soubeyras (S), Sabon-Ayme (SAy) ; b : sans La Font-Pourquière. Entre crochets, les classes modales des dates calendaires BCE. Descripteurs. G : grattoir, R : racloir, PD : pointe à dos, T : tronçature, D : denticulé, Bc : bec, B : burin, LD : lame à dos, P : pointe, Cr : lame et pointe à cran, LDT : lame à dos tronquée, F : foliacé.

Graphic results (plans F1.F2) of the factorial correspondence analyses applied to contingency tables linking typological groups and archaeological levels. a: La Font-Pourquière (LFP), Chinchon 1 (C), Soubeyras (S), Sabon-Ayme (SAy); b: without La Font-Pourquière. The modal classes of the BCE calendar dates are given in square brackets. Descriptors. G: end scraper, R: side scraper, PD: backed point, T: truncation, D: denticulate, Bc: bec, B: burin, LD: backed blade, P: point, Cr: shouldered blade and point, LDT: truncated backed blade, F: leaf-shaped piece.

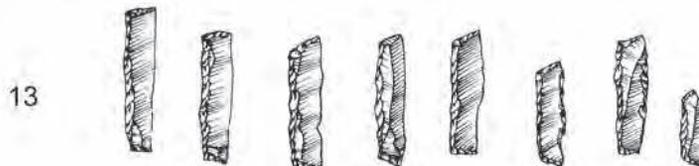
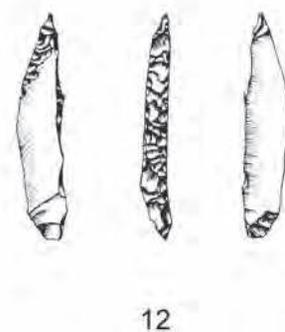
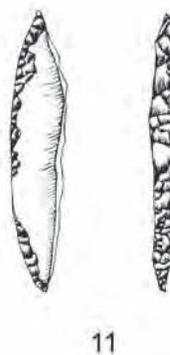
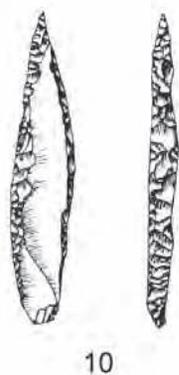
chronologique. La série de *La Font-Pourquière* (fig. 6), aux fréquences exceptionnelles des groupes Foliacé (F) et Lame à dos tronquée (LDT), a une contribution écrasante de 0,82 au premier axe factoriel. En la retirant du tableau de données, il devient possible de préciser, de façon plus claire, le processus évolutif qui caractérise le Paléolithique supérieur récent vaclusien (fig. 5b).

Ce faisant, notons dès à présent, que nous retirons la série la plus ancienne du référentiel que l'on se fie aux stratigraphies

italiques (Laplace, 1966a ; Livache et Carry, 1975 ; Palma di Cesnola, 1993), varoises (Livache et Brochier, 2003) ou à l'unique détermination radiocarbone provençale disponible pour une telle industrie (*Rainaudes I*, C5) que l'on considérera, faute de mieux, comme une estimation de l'âge du niveau de *La Font-Pourquière*. Cette estimation chronologique n'est pas en contradiction avec les mesures obtenues sur charbon de bois (R et Beta) et sur os (OxA), plus à l'est, dans la grotte des *Arene Candide* à Finale Ligure, pour la phase ancienne du



5 cm



◀ **Fig. 6** – Outils retouchés du gisement de plein air de La Font-Pourquière (Vaucluse) ; Tardigravettien ancien à pointes à face plane. 1 à 6 : pointes à retouches simples et plates, 9 à 12 : pointes et bi-pointes à dos, 13 lamelles à dos bitronquées. D'après Livache & Carry, 1975.  
**Retouched tools from the open-air site of La Font-Pourquière (Vaucluse); early Tardigravettian with unifacial points. 1 to 6: points with flat and simple retouch, 9 to 12: backed points and bi-points, 13: bi-truncated backed bladelets. After Livache and Carry, 1975.**

Tardigravettien à pointes à face plane (Macphail *et al.*, 1994) : R 2533 [niveau P7.3] 19400 ± 230 BP ; Beta 48684 [niveau P8] 19630 ± 250 BP ; R 2541 [niveau P9] 20470 ± 320 BP, et pour la fin de la phase gravettienne OxA 10700 [niveau P10, mesure directe sur « le Prince », Pettitt *et al.*, 2003] 23440 ± 190 BP (tabl. II).

La détermination OxA 10700, pour laquelle nous disposons de toutes les informations nécessaires (Pettitt *et al.*, 2003), se rapporte à l'extrême base de l'unité P10 et n'est, en apparence, guère compatible avec la diagnose proposée par Georges Laplace pour les « foyers F6 à F4 », équivalents des unités P7 à P12. En apparence seulement, puisque aussi bien les quelques éléments géoarchéologiques exposés par Richard Macphail et ses collègues (Macphail *et al.*, 1994) que les observations typologiques de Cardini – Taschini (1994) et Bietti (1994) montrent que les horizons antérieurs à P7, essentiellement constitués de guano, n'ont livré que de très rares outils. Même s'ils ont été pris en compte par Georges Laplace, ils ne sauraient remettre en cause son analyse et son interprétation<sup>12</sup>. Nous considérons donc que les déterminations R 2533, Beta 48684 et R 2541 permettent, à elles seules, d'estimer l'âge du Tardigravettien ancien à pointes à face plane de la grotte des *Arene Candide*.

Nous traiterons, en préalable à l'analyse chronologique du Tardigravettien ancien à crans, objet principal de cette étude, celle du Tardigravettien ancien à pointes à face plane. Les précisions sur ce problème proviennent de l'analyse d'un modèle chronologique limité aux *Arene Candide*, à la phase à crans de *Chinchon 1* et à la couche 5 de *Rainaudes 1* (tabl. I et II, fig. 7).

La figure 8, issue de l'analyse bayésienne des 13 déterminations radiocarbones concernant l'ensemble P des *Arene Candide* et les déterminations tardigravettiennes provençales, montre que la date calendaire de *Rainaudes 1*– C5 [HPD 95 % : 24030 – 21770 cal. BCE] est extrêmement proche de celle du début de la phase tardigravettienne à pointes à face plane des *Arene Candide* (HPD 95 % du début et de la fin : [24560 – 21460 cal. BCE], [21730 – 20510 cal. BCE]). Il y a une chance sur deux ( $p = 0,45$ ) pour que la date de la couche 5 de *Rainaudes 1* soit incluse dans la phase, une chance sur deux ( $p = 0,55$ ) pour qu'elle soit de peu antérieure et 9,5 chances sur 10 pour qu'elle soit postérieure à la phase « gravettienne » des *Arene Candide*. On ne peut que regretter que les préhistoriens en charge de la fouille des sites de la Provence orientale (dont la

grotte de *La Bouverie*, dans laquelle l'industrie de la couche 1f est un des rares exemples de Tardigravettien ancien à pointes à face plane et lamelles à dos bitronquées qui soit très proche de celui de *La Font-Pourquière*) n'aient pas jugé bon de construire un cadre chronologique absolu.

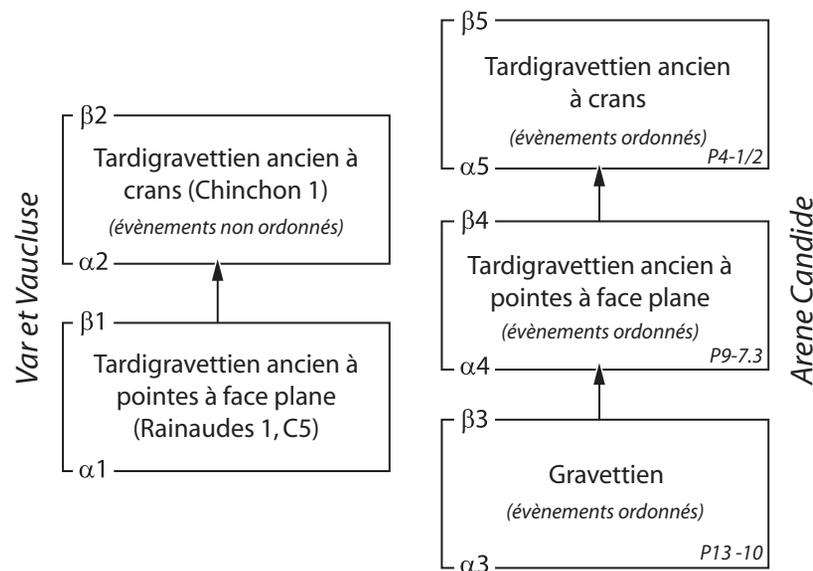
Après ces quelques éclaircissements sur la chronologie de la phase initiale du Tardigravettien ancien, nous pouvons à présent revenir à la question centrale de cette étude.

Les résultats de l'analyse factorielle du tableau croisant les 12 descripteurs typologiques et les niveaux du Paléolithique supérieur récent vauclusien ont été présentés et commentés à maintes reprises (Brochier et Livache, 1978 ; Livache, 2000 par exemple). Nous en rappellerons seulement les faits les plus saillants (fig. 5). Dans le premier plan factoriel, les niveaux se projettent suivant un croissant parabolique caractéristique des séries ordonnées *a priori*. Le premier axe apparaît comme un axe chronologique sur lequel les niveaux se succèdent en suivant la stratigraphie. Dans ce référentiel, tout se passe comme si l'on passait du niveau C à crans et dos tronqués (*association caractéristique* du Tardigravettien ancien à cran) aux niveaux du Magdalénien supérieur (à lamelles à dos et burins abondants) évoluant vers l'Azilien (à grattoirs, racloirs et pointes à dos) par l'intermédiaire de l'original niveau 6, base de la stratigraphie de *Soubeyras*. En d'autres termes, rien ne s'oppose à ce que la séquence magdaléno-azilienne vauclusienne, pourtant très classique, trouve son origine non pas dans d'éventuels magdaléniens moyens ou anciens, clairement absents de la région, mais dans le Tardigravettien ancien (Brochier et Livache, 1978 ; Livache et Brochier, 2003). L'analyse radiocarbones valide, on le voit, pleinement le sens chronologique que nous donnions au premier axe factoriel.

Les principaux résultats de l'analyse chronologique sont rassemblés dans les tableaux III et IV et illustrés par les figures 9 à 11. Au-delà des estimations des dates calendaires des différents événements, la calibration simultanée nous permet de préciser les bornes et la durée des différentes phases, mais également l'ampleur des hiatus qui les séparent.

La phase tardigravettienne à crans reconnue à *Chinchon 1* semble longue [HPD 95 % : 2100 – 6550 ans] entre [HPD 95 % : 22870 – 21230 cal. BCE] et [HPD 95 % : 19460 – 16300 cal. BCE], beaucoup plus longue que l'épisode salpêtrien ancien de *La Salpêtrière* [HPD 95 % : 50 – 1950 ans] qui y est clairement inclus ( $p = 0,98$ ). Le Tardisolutréen salpêtrien succède sans surprise rapidement [HPD 95 % ( $\beta 5 - \alpha 6$ ) : 0 – 620 ans] au Solutréen. Ce dernier prendrait fin, à *La Salpêtrière*, alors que le complexe de *Chinchon 1*– C est en place depuis quelques siècles ( $p = 0,99$ ). Quelques siècles seulement [HPD 95 % : 50 – 2450 ans] séparent le Tardigravettien ancien à crans de *Chinchon 1* du Tardigravettien ancien à pointes à face plane des *Rainaudes 1* (fig. 10) et sans doute également de celui de *La Font-Pourquière* et de *La Bouverie 1f*, compte tenu de l'extrême originalité de ce faciès (Livache et Carry, 1975). Un long hiatus [HPD 95 % : 400 – 4800 ans] sépare

12. D'après le bilan établi par Bietti (1994), les niveaux P1 à P6 livrent 239 objets retouchés et les niveaux P7 à P12 en livrent 535 dont 8 dans les couches P10 à P12. Georges Laplace, qui a utilisé ce découpage, décompte quant à lui 217 types primaires en P1-P6 et 488 en P7-P12, des chiffres que l'on peut considérer comme très proches compte-tenu des principes méthodologiques de chacun. Dans le pire des cas, Georges Laplace aurait inclut dans son échantillon Tardigravettien ancien à pointes à face plane (F6-F4) 8 objets gravettiens soit 1,6% de l'échantillon...

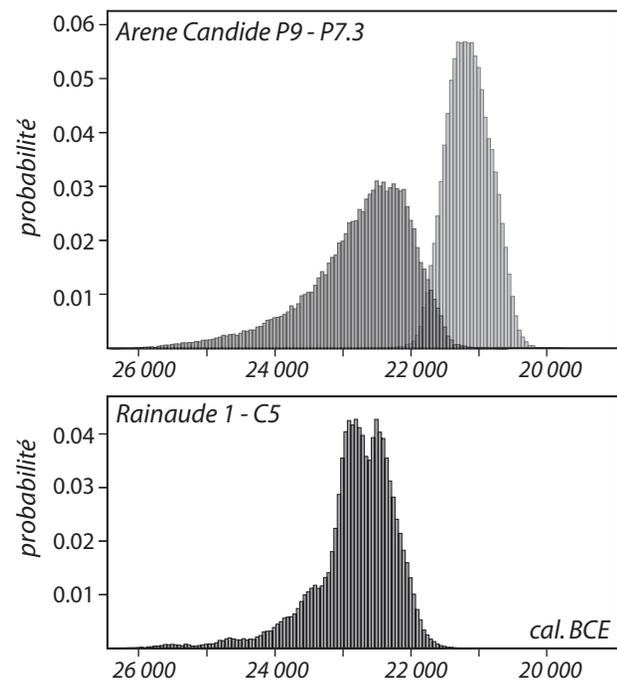


**Fig. 7** – Schéma des relations chronologiques entre les différentes phases du modèle. Elles reposent à la fois sur la connaissance des stratigraphies et sur celle des processus évolutifs des différents complexes. Les  $\alpha_j$  et  $\beta_j$  représentent respectivement les dates calendaires de début et de fin de phase.

*Schema of the chronological relations between the different phases of the model. These phases are based on knowledge of the stratigraphic sequences and the evolutionary processes of the different complexes. The  $\alpha_j$  and  $\beta_j$  represent the calendar dates of the beginning and the end of the phase respectively.*

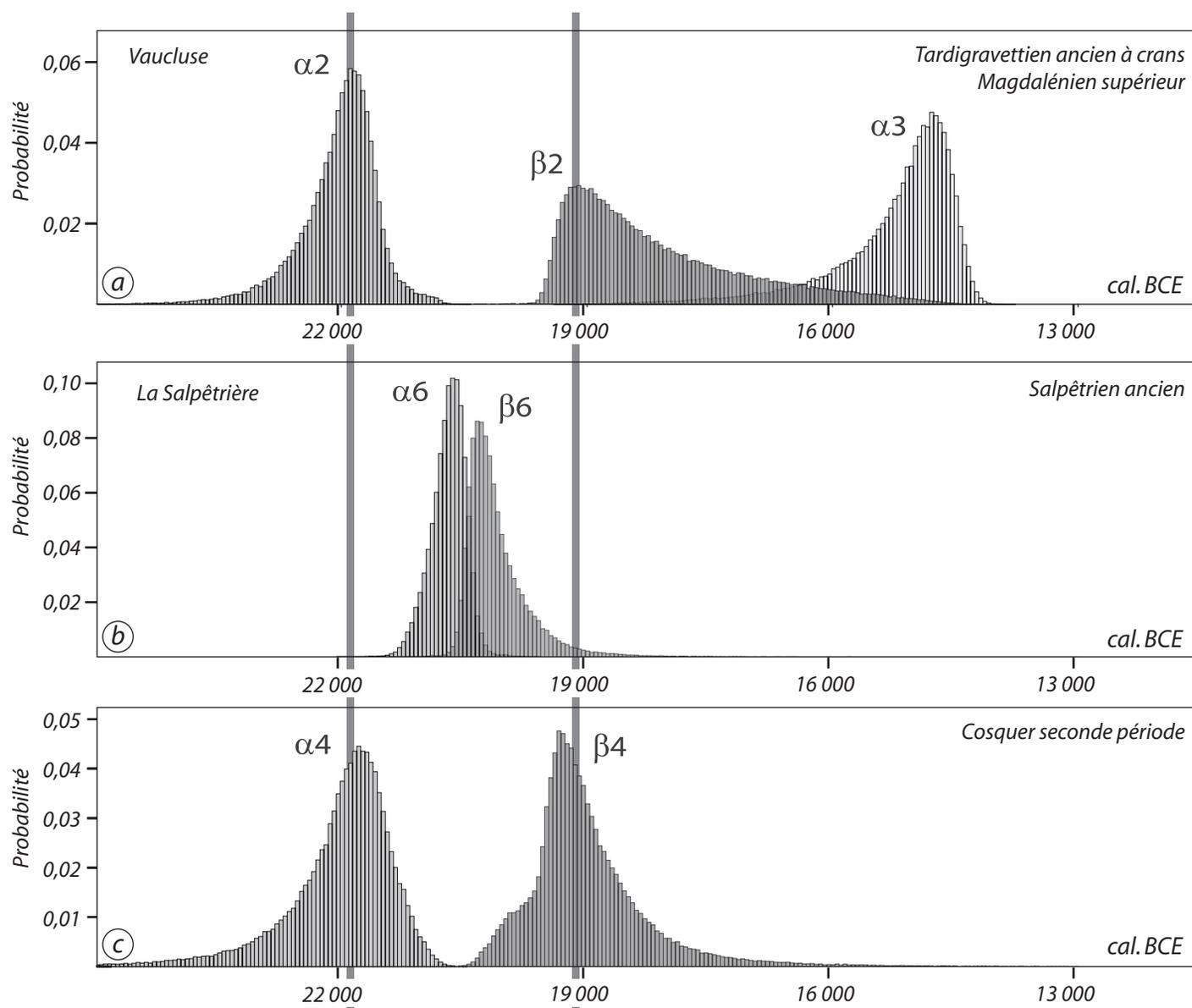
le Tardigravettien ancien à pointes à cran de *Chinchon 1* des premiers complexes industriels à structure magdalénienne (fig. 11). Il pourrait être partiellement comblé par l'épisode à lamelles à dos tronquées *Soubeyras 6* (S6) que les analyses factorielles (fig. 5) conduisent à considérer comme le terme de passage entre la phase tardigravettienne à pointes à cran et la phase magdaléno-azilienne (Livache, 1976 ; Brochier et Livache, 1978). Ces données chronologiques nouvelles montrent que l'homodynamisme maintes fois souligné (Laplace, 1966a ; Livache et Brochier, 2004) entre la série épigravettienne atlantique (phase à retouche plate solutréenne, phase à crans salpêtrienne) et la série tardigravettienne italique (phase à retouche plate puis phase à crans du Tardigravettien ancien) ne s'accomplit pas, de part et d'autre du Rhône, de façon totalement synchrone.

Nous n'avons pas pris en considération dans cette synthèse chronologique les données obtenues à la suite des fouilles de sauvetage de l'*abri du Rouet* à Carry-le-Rouet (Brochier et Livache, 2003) malgré la présence, dans les niveaux les plus anciens du site (9B et Loc1), de pointes à cran (de facture tardigravettienne) et de lamelles à dos tronquées. Le niveau 9B, fouillé dans la partie distale du talus de l'abri, daté de  $12520 \pm 130$  BP (Gif-A 93082) sur un charbon de *Larix decidua* (détermination Michel Thion, IMEP), regroupe très probablement des objets d'âges différents, pour partie en position secondaire, selon un mécanisme décrit par Arnaud Lenoble (2005, p. 182-183). La datation Gif-A 93082 est de toute évidence en relation avec l'événement « mise en place de l'unité sédimentaire » même si un « effet vieux bois » ne peut être écarté ; on ne peut cependant affirmer, avec toute la certitude nécessaire, qu'il en soit de même de tous les objets qu'elle contient. Le contexte sédimentaire du niveau Loc1 est beaucoup plus favorable mais il n'a pas été possible de le dater,



**Fig. 8** – Distributions des probabilités a posteriori des dates calendaires du début et de la fin du Tardigravettien ancien à pointes à face plane des Arene Candide, tel qu'il est défini par Georges Laplace (1964), et du Tardigravettien ancien à pointes à face plane de la couche 5 de la grotte Rainaude 1 dans le Var.

*Distribution of the a posteriori probabilities of the calendar dates from the beginning and the end of the early Tardigravettian with unifacial points from Arene Candide, as defined by Georges Laplace (1964), and the early Tardigravettian with unifacial points from layer 5 from the cave of Rainaude 1 in the Var.*



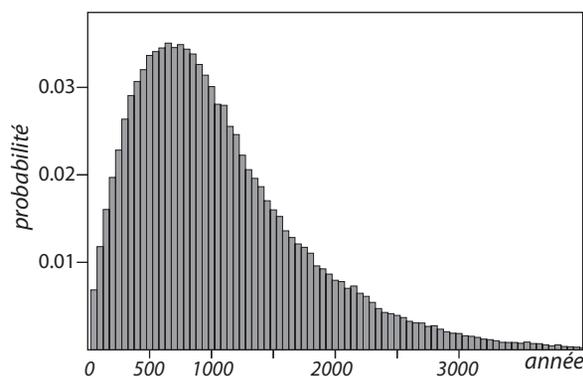
**Fig. 9** – a. Distributions des probabilités a posteriori des dates calendaires du début ( $\alpha_2$ ) et de la fin ( $\beta_2$ ) du Tardigravettien ancien à cran de Chinchon 1 et du début ( $\alpha_3$ ) de la phase magdalénienne ; b. Distributions des probabilités a posteriori des dates calendaires du début ( $\alpha_6$ ) et de la fin ( $\beta_6$ ) du Salpêtrien ancien de La Salpêtrière ; c. Distributions des probabilités a posteriori des dates calendaires du début ( $\alpha_4$ ) et de la fin ( $\beta_4$ ) de la phase récente d'utilisation de la grotte Cosquer. Les deux bandes grises verticales sont centrées sur les modes des distributions de  $\alpha_2$  et  $\beta_2$ .

**a. Distribution of the a posteriori probabilities of the calendar dates from the beginning ( $\alpha_2$ ) and the end ( $\beta_2$ ) of the early shouldered Tardigravettian from Chinchon 1 and from the beginning ( $\alpha_3$ ) of the Magdalenian phase; b. Distribution of the a posteriori probabilities of the calendar dates from the beginning ( $\alpha_6$ ) and the end ( $\beta_6$ ) of the early Salpêtrian from La Salpêtrière; c. Distribution of the a posteriori probabilities of the calendar dates from the beginning ( $\alpha_4$ ) and the end ( $\beta_4$ ) of the recent activity phase in Cosquer Cave. The two grey vertical bands are centred on the distribution modes of  $\alpha_2$  and  $\beta_2$ .**

faute de matériel approprié. Nous savons seulement que sa mise en place est antérieure à  $13820 \pm 120$  BP (Gif-A 93081, date obtenue à partir d'un charbon indéterminé), âge d'un niveau sub-stérile largement sus-jacent. L'indétermination demeure donc quant à l'âge du Tardigravettien à crans de l'abri du Rouet. Un âge comparable à celui du Tardigravettien de Chinchon est une des hypothèses possibles.

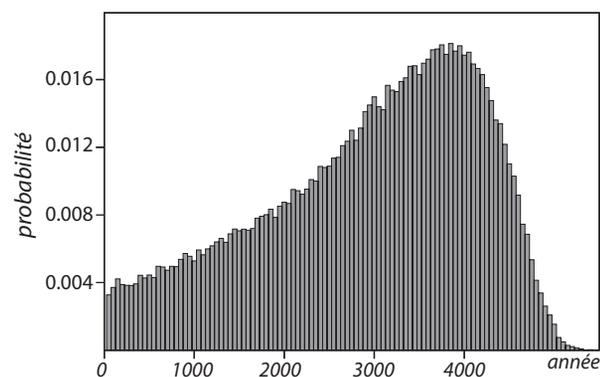
Très rapidement après la découverte de la grotte Cosquer et la datation directe de nombreuses peintures (Clottes *et al.*,

1992, 1997 ; Valladas *et al.*, 2001, 2005), ces dernières ont été reliées aux « cultures » solutréennes ou salpêtriennes (Clottes et Courtin, 1994 ; Onoratini, 1992), deux complexes industriels dont on a jamais observé la moindre trace à l'est du Rhône (Brochier *et al.*, 1993 ; Livache et Brochier, 2003), domaine du Tardigravettien d'affinité italique. Tout ce qui pouvait être remarqué était que l'âge des peintures de la phase récente de la grotte Cosquer (phase 2) trouvait des correspondances dans ceux du Solutréen et du Salpêtrien ancien du Languedoc.



**Fig. 10** – Estimation bayésienne de la durée qui sépare le Tardigravettien ancien à pointes à face plane de Rainaudes 1 du Tardigravettien ancien à cran de Chinchon 1 ( $\theta_1 - \alpha_2$ ).

*Bayesian estimation of the time span separating the early Tardigravettian with unifacial points from Rainaudes 1 from the early shouldered Tardigravettian from Chinchon 1 ( $\theta_1 - \alpha_2$ ).*



**Fig. 11** – Estimation bayésienne de la durée qui sépare le Tardigravettien ancien à cran des premiers complexes industriels à structure magdalénienne ( $\beta_2 - \alpha_3$ ).

*Bayesian estimation of the time span separating the early shouldered Tardigravettian from the first industrial complexes with a Magdalenian structure ( $\beta_2 - \alpha_3$ ).*

**Tabl. III** – Résultats de la calibration bayésienne des déterminations radiocarbone du Paléolithique supérieur récent vaclusien et varois, du Salpêtrien ancien et du Solutréen de la grotte de La Salpêtrière, et des peintures de la phase récente de la grotte Cosquer. Les  $a_j$  et  $\beta_j$  sont les dates calendaires de début et de fin de phase, les  $\theta_i$  les dates calendaires de chaque événement. Les valeurs entre parenthèses correspondent aux déterminations qui apparaissent aberrantes à l'issue du calcul. La colonne HPD 95 % cal. BCE donne les intervalles calendaires BCE dans lesquels les  $a_j$ ,  $\beta_j$  et  $\theta_i$  ont 95 chances sur 100 de se trouver. La colonne mode(s) cal. BCE précise la position de la (ou des) valeur(s) modale(s) de la distribution des probabilités a posteriori des dates calendaires. Courbes de référence : IntCal04 et IntCal09 (Reimer et al., 2004, Reimer et al., 2009).

*Results of the Bayesian calibration of radiocarbon determinations from the recent Upper Palaeolithic in the Vaucluse and Var region, from the early Salpêtrian and Solutrean from the cave of La Salpêtrière and from the recent phase of paintings from Cosquer Cave. The  $a_j$  and  $\beta_j$  are calendar dates from the beginning and the end of each phase, the  $\theta_i$  are calendar dates for each event. The values in brackets correspond to measurements which appear to be outliers after this calculation. The column HPD 95% cal. BCE gives BCE calendar intervals where  $a_j$ ,  $\beta_j$  and  $\theta_i$  have 95 chances out of 100 of falling within this range. The cal. BCE column mode(s) specifies the position of the modal value(s) of the a posteriori probability distribution of the calendar dates. Reference curves: IntCal04 and IntCal09 (Reimer et al., 2004, Reimer et al., 2009).*

|  | HPD 95 %          | mode            |
|--|-------------------|-----------------|
| durée de la phase tardigravettienne à crans [ $\alpha_2 - \beta_2$ ]   | 2 100 – 6 550     | 2 950           |
| durée séparant le tardigravettien ancien à pointes à face plane de Rainaudes 1 de la phase tardigravettienne à crans [ $\theta_1 - \alpha_2$ ] | 50 – 2 450        | 650             |
| durée séparant la phase tardigravettienne à crans de la phase magdalénienne [ $\beta_2 - \alpha_3$ ]   | 400 – 4 800       | 3 850           |
| durée séparant le Solutréen du Salpêtrien ancien [ $\beta_5 - \alpha_6$ ]  | 0 – 620           | 50              |
| durée de l'épisode Salpêtrien ancien [ $\alpha_6 - \beta_6$ ]  | 50 – 1950         | 50              |
| durée de la fréquentation (récente) de la grotte Cosquer [ $\alpha_4 - \beta_4$ ]  | 1300 – 4960       | 2650            |
|  | HPD 95 % cal. BCE | mode            |
| premières structures typologiques magdaléniennes ( $\alpha_3$ ).   | 16 520 – 14 230   | 14 700          |
| bornes de la phase récente de Cosquer  | $\beta_4$         | 20 250 – 17 450 |
|  | $\alpha_4$        | 23 450 – 20 850 |

**Tabl. IV** – Estimations bayésiennes du début, de la fin et de la durée des phases archéologiques.

*Bayesian estimations of the beginning, the end and the duration of the archaeological phases.*

| références laboratoire | référence échantillons              | dates calendaires | IntCal | HPD 95 % cal. BCE | mode cal. BCE     |   |                                 |
|------------------------|-------------------------------------|-------------------|--------|-------------------|-------------------|---|---------------------------------|
|                        |                                     | <b>béta 3</b>     |        |                   |                   |   |                                 |
| Poz 14714              | Grand abri de Venasque – Bn         | théta 9           | 09     | 13 150 – 12 280   | 12 900            | Magdalénien supérieur                         |                                 |
| Poz 14715              | Grand abri de Venasque – Cn         | théta 8           | 04     | 14 820 – 13950    | 14 350            |   |                                 |
| Ly 5365 SacA 12085     | Chinchon 1 – B1                     | théta 7           | 04     | 14 850 – 14 090   | 14 430            |   |                                 |
| Ly 5052 SacA 10990     | Charasse 1 – Cm                     | théta 6           | 04     | 13 750 – 13 090   | 13 350            |   |                                 |
| Ly 5053 SacA 10991     | Charasse 1 – Ci                     | théta 5           | 04     | 13 730 – 13 080   | 13 350            |   |                                 |
|                        |                                     | <b>alpha 3</b>    |        | 16 520 – 14 230   | 14 700            |   |                                 |
|                        |                                     | <b>béta 2</b>     |        | 19 460 – 16 300   | 19 100            | Tardigravettien ancien à crans                |                                 |
| Ly 5076 SacA 11040     | Chinchon 1 – 17                     | théta 4           | 09     | 21 940 – 21 120   | 21 600            |   |                                 |
| Ly 5079 SacA 11043     | Chinchon 1 – 16a                    | théta 3           | 09     | 20 480 – 19 840   | 20 250            |   |                                 |
| Ly 5078 SacA 11042     | Chinchon 1 – C                      | théta 2           | 09     | 19 560 – 18 650   | 19 350            |   |                                 |
|                        |                                     | <b>alpha 2</b>    |        | 22 870 – 21 230   | 21 800            |   |                                 |
|                        |                                     | <b>béta 1</b>     |        |                   |                   | Tardigravettien ancien à pointes à face plane |                                 |
| MC 2335                | Rainaudes 1 – C5                    | théta 1           | 09     | 24 570 – 21 920   | 22 850 / 22 500   |   |                                 |
|                        |                                     | <b>alpha 1</b>    |        |                   |                   |   |                                 |
|                        |                                     | <b>béta 6</b>     |        | 20 570 – 19 390   | 20 300            | Salpétrien tardisolutréen                     |                                 |
| MC 2168 / MC 2083      | Salpétrière 6b                      | théta 23          | 09     | 20 890 – 20 130   | 20 500            |   |                                 |
| LY 939                 | Salpétrière 6 Escalon (= 6b Bazile) | théta 24          | 09     | 20 820 – 20 030   | 20 400            |   |                                 |
| MC 2084 / MC 2186      | Salpétrière d Porche est            | théta 25          | 09     | 20 720 – 19 890   | 20 400            |   |                                 |
| MC 2167                | Salpétrière 5                       | théta 26          | 09     | 20 750 – 19 780   | 20 400            |   |                                 |
| LY 4443                | Salpétrière Porche centre 6b        | théta 27          | 09     | 20 850 – 20 200   | 20 500            |   |                                 |
| LY 4442                | Salpétrière Porche centre 5 (n°356) | théta 28          | 09     | 20 610 – 19 890   | 20 350            |   |                                 |
|                        |                                     | <b>alpha 6</b>    |        | 21 060 – 20 310   | 20 600            |   |                                 |
|                        |                                     | <b>béta 5</b>     |        | 21 320 – 20 420   | 20 850            |   |                                 |
| MC 2085                | Salpétrière i3 porche est           | théta 17          | 09     | (22 260 – 20 530) | (21 200)          |   |                                 |
| MC 1370                | Salpétrière i1 porche est           | théta 18          | 09     | 21 740 – 20 520   | 21 250            |   |                                 |
| MC 1372                | Salpétrière i1 porche est           | théta 19          | 09     | 21 700 – 20 500   | 21 250            |   |                                 |
| LY 2050                | Salpétrière porche est Ci           | théta 20          | 09     | (21 550 – 20 520) | (21 250 / 21 000) |   |                                 |
| GIF 6018               | Salpétrière porche est Ci           | théta 21          | 09     | 21 650 – 20 490   | 21250 / 21 000    |   |                                 |
| LY 2051                | Salpétrière Porche centre 8         | théta 22          | 09     | 21 760 – 20 520   | 21250 / 21 000    |   |                                 |
|                        |                                     | <b>alpha 5</b>    |        |                   |                   | Solutréen                                     |                                 |
|                        |                                     | <b>béta 4</b>     |        | 20 130 – 17790    | 19 250            |   |                                 |
| GIF A 92417            | Cosquer – cheval 1                  | théta 10          | 09     | 21 350 – 20 060   | 20 450            |   |                                 |
| GIF A 92492            | Cosquer – bison 1                   | théta 11          | 09     | 20 540 – 19 560   | 20 200            |   |                                 |
| GIF A 92418            | Cosquer – félin                     | théta 12          | 09     | 21 520 – 20 410   | 20 700            |   |                                 |
| GIF A 95135            | Cosquer – mégacéros 1               | théta 13          | 09     | 21 580 – 20 500   | 21 100 / 20 800   |   |                                 |
| GIF A 96075            | Cosquer – signe étoilé              | théta 14          | 09     | 20 190 – 18 910   | 19 450            |   |                                 |
| GIF A 98186            | Cosquer – cheval 7                  | théta 15          | 09     | 21 980 – 20 680   | 21 500            |   |                                 |
| GIF A 98188            | Cosquer – cerf                      | théta 16          | 09     | 21 790 – 20 280   | 20 750            |   |                                 |
|                        |                                     | <b>alpha 4</b>    |        | 23 110 – 20 960   | 21 700            |   |                                 |
|                        |                                     |                   |        |                   |                   |   | peintures de la seconde période |

L'analyse du modèle chronologique complet permet de cerner le laps de temps pendant lequel des chasseurs-cueilleurs ont fréquenté la grotte et de proposer un lien entre complexe industriel et représentations pariétales (tabl. III et IV). Nous constatons que la fréquentation de la grotte *Cosquer* se prolonge sur de très nombreux siècles [HPD 95 % : 1300 – 4960 ans] entre 21700 cal. BCE (valeur modale, [HPD 95 % : 23450 – 20850 cal. BCE]) et 19250 cal. BCE (valeur modale, [HPD 95 % : 20250 – 17450 cal. BCE]). Ce laps de temps correspond précisément à celui dans lequel se développe le Tardigravettien ancien à pointes à cran de *Chinchon 1* (tabl. III, fig. 9). Les probabilités pour qu'une des peintures de la phase 2 de *Cosquer* ait une date calendaire comprise entre les bornes de la phase tardigravettienne sont comprises entre 0,95 et 0,99. La seule exception concerne le Cheval 7 (015) pour lequel la probabilité n'est que de 0,86.

Il semble ainsi plus conforme aux données typologiques, géographiques et chronologiques de relier la grotte peinte et gravée de *Cosquer*, pendant la phase 2, au monde tardigravettien ancien italique qu'au monde épigravettien ancien

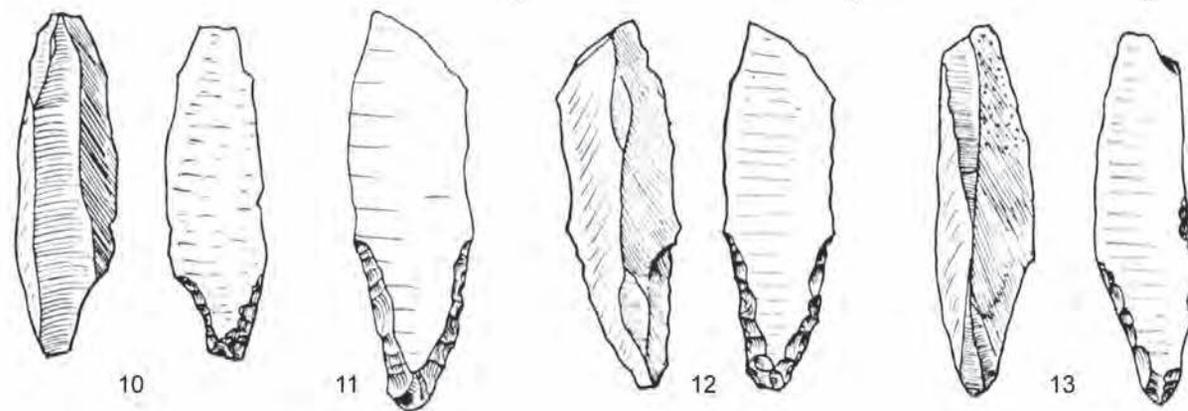
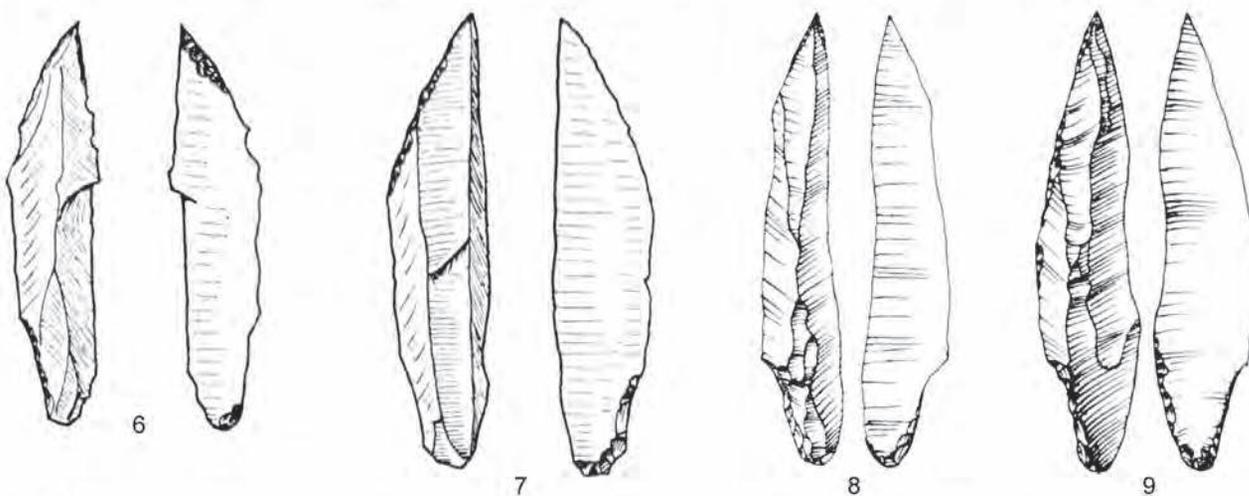
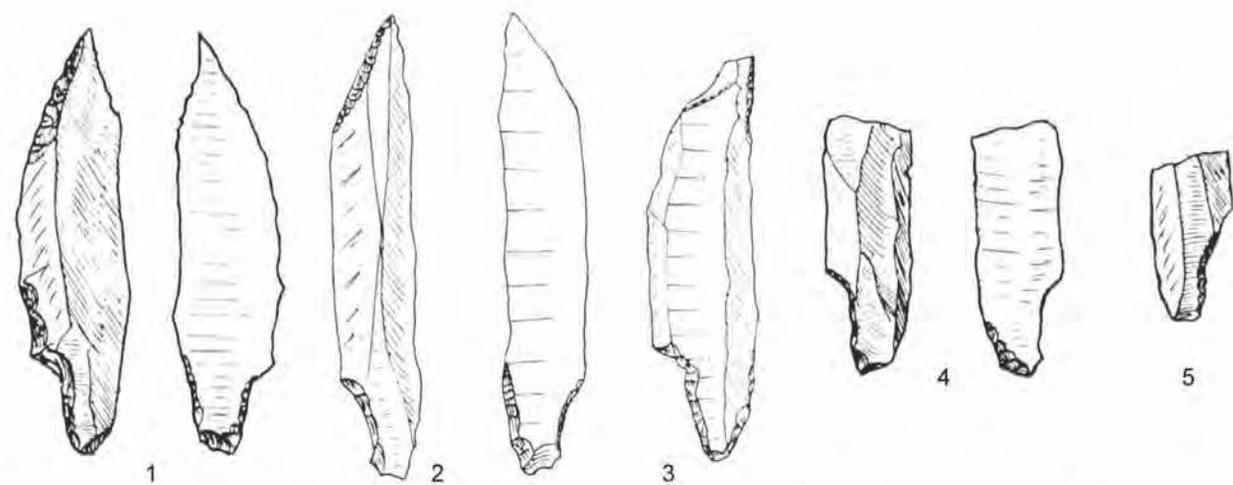
atlantique. À ces époques reculées, entre 21700 et 19250 années avant notre ère environ, les témoins d'une présence tardigravettienne sont certes rares, encore mal calés dans la chronologie, mais ils sont dispersés sur l'ensemble de la région provençale, du Vaucluse au littoral, de l'axe rhodanien à la Ligurie.

#### Remerciements

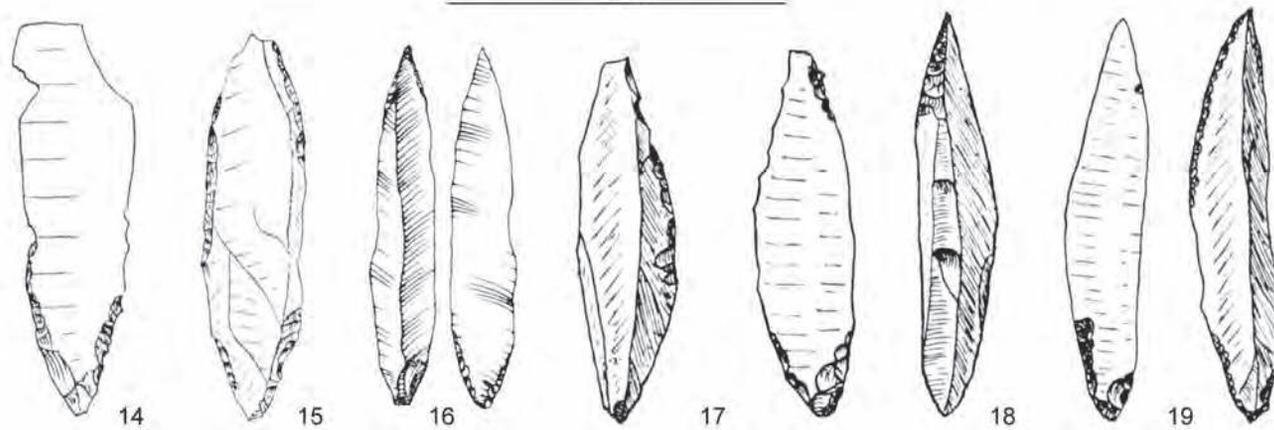
Ce travail n'aurait pu voir le jour sans le soutien du Service Régional de l'Archéologie de la région PACA et du Service Départemental d'Archéologie de Vaucluse qui ont financé les mesures radiocarbone. La lecture attentive et critique de deux rapporteurs anonymes nous a permis d'améliorer la version initiale ; les imperfections qui pourraient subsister restent cependant de mon entière responsabilité. Enfin, je voudrais remercier Caitlin Buck (University of Sheffield), Paula Reimer (Queen's University Belfast) pour leur disponibilité sans faille, ainsi que Sandrine Cabut, statisticienne à l'UMR 7269, pour nos discussions fructueuses et hautement significatives.

## BIBLIOGRAPHIE

- AMBROSE S.H.**  
1990: « Preparation and characterization of bone and tooth collagen for isotopic analysis », *Journal of Archaeological Science*, 17(4), p. 431-451.
- AMORMINO V.**  
2000: « L'art paléolithique et le carbone 14 », *L'Anthropologie*, 104, p. 373-381.
- BAHN P.G., VERTUT J.**  
1997: *Journey through the ice age*, University of California Press, 240 p.
- BAZILE F.**  
1980: « Précisions chronologiques sur le Salpêtrien, ses relations avec le Solutréen et le Magdalénien en Languedoc oriental », *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 77(2), p. 50-56.
- BAZILE F.**  
1990 : « Le Solutréen et l'Épissolutréen dans le sud-est de la France » in *Les industries à pointes foliacées du Paléolithique supérieur européen*, ERAUL 42, p. 393-423.
- BAZILE F., BOCCACCIO G.**  
2007: « Du Solutréen supérieur au Magdalénien en Languedoc rhodanien : ruptures et continuités », *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 104(4), p. 787-796.
- BAZILE F., BOCCACCIO G.**  
2008: « Le Salpêtrien ancien : un technocomplexe épissolutréen redéfini », *Gallia Préhistoire*, 50, p. 103-141.
- BAZILE-ROBERT É.**  
1979: *Flore et végétation du sud de la France pendant la dernière glaciation d'après l'analyse anthracologique*, Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, 154 p.
- BAZILE-ROBERT É.**  
1981: « Le pin pignon (*Pinus pinea*) dans le Würm récent de Provence », *Géobios*, 14(3), p. 395-397.
- BIETTI A.**  
1994: « A re-examination of the lithic industries of the P layers (1940-42 excavations) of the Arene Candide cave (Savona, Italy). Discussion and general conclusions », *Quaternaria Nova*, IV, p. 341-370.
- BOCCACCIO G.**  
2005: *Les industries lithiques du Solutréen supérieur et du Salpêtrien ancien en Languedoc : ruptures et continuités des traditions techniques*, Université de Provence, Aix-Marseille I, 528 p.
- BOCHERENS H., DRUCKER D., BILLIOU D., MOUSSA I.**  
2005: « Une nouvelle approche pour évaluer l'état de conservation de l'os et du collagène pour les mesures isotopiques (datation au radiocarbone, isotopes stables du carbone et de l'azote) », *L'Anthropologie*, 109(3), p. 557-567.
- BONIFAY E.**  
1964: « Rapport sur l'étude stratigraphique et géologique du gisement préhistorique de *Chinchon* », in PACCARD M. L'abri n°1 de *Chinchon* (Commune de Saumane-de-Vaucluse), *Cahiers ligures de Préhistoire et d'Archéologie*, 13, p. 5-10.
- BONIFAY M.F., LECOURTOIS-DUCGONINAZ A.**  
1977: « La faune des niveaux inférieurs de l'abri Cornille à Istres (Bouches du Rhône) », in ESCALON de FONTON M. (DIR.), *Congrès Préhistorique de France, XX<sup>e</sup> session, Provence*, Paris, Société Préhistorique Française, p. 228-247.
- BOWMAN S.**  
1990: *Radiocarbon dating*, London, British Museum Publications, 64 p.



5 cm



Le niveau C de l'abri 1 de *Chinchon* à Saumane-de-Vaucluse, a fait couler beaucoup d'encre. Une soixantaine d'années après sa découverte par Léon Germand en 1956 les avis restent toujours aussi partagés, les interprétations résolument opposées : l'industrie qui en provient *est* du Magdalénien final pour les uns, du Tardigravettien ancien à crans pour les autres. Ces deux options taxinomiques ne sont évidemment pas sans conséquences, aussi bien archéologiques et environnementales que chronologiques. L'histoire des propositions est suffisamment complexe pour qu'il ne soit pas inutile d'en rappeler brièvement les principales étapes.

Signalées dès 1959, ce n'est qu'en 1961 que Maurice Paccard présente succinctement les différentes unités archéologiques de l'abri. Il reconnaît dans les pointes à cran du niveau C les pointes caractéristiques des niveaux magdaléniens les plus récents de la région classique, tout en soulignant la « *position stratigraphique insolite* » de tels objets sous les deux niveaux B1 et B, qu'il attribue respectivement au Magdalénien V et VI. Dès 1962, dans un compte-rendu de lecture, Denise de Sonneville-Bordes, sans avoir examiné l'industrie, conteste les rapprochements typologiques proposés par Maurice Paccard et reconnaît dans les pointes à cran du niveau C de typiques pointes de *Laugerie-Basse*<sup>1</sup>. Malgré sa position sous un niveau azilien (le niveau A) et deux niveaux Magdalénien supérieur (les niveaux B et B1), le niveau C est attribué à une phase finale de l'évolution du Magdalénien supérieur (fig. 1).

L'année 1964 est l'année de la publication des *subdivisions du Leptolithique italien* par Georges Laplace ; c'est aussi celle de son analyse de la totalité de l'industrie lithique recueillie à l'époque à *Chinchon 1*, dont on trouve l'interprétation dans sa thèse, publiée en 1966. Pointes à cran et lamelles à dos tronquées (une *association caractéristique*) lui permettent de rapprocher l'industrie du niveau C de celle de la phase ancienne, à crans, du Tardigravettien<sup>2</sup> italique résolvant, du même coup,

1. « ... il contient [le niveau C] une industrie assez abondante, de type magdalénien classique, avec en nombre des pointes que M. Paccard appelle « pointes à cran », mais qui, d'après les figurations qu'il donne, ne sont autre chose que de belles et très typiques pointes de Laugerie-Basse (*L'anthropologie*, 1959, p. 32, et fig. 36, n° 8 à 12), pièces foliacées à retouches semi-abruptes, caractéristiques du Magdalénien supérieur : les exemplaires de Chinchon sont identiques à ceux de la grotte de Rochereil (fouilles Jude)... ».

2. Le terme Tardigravettien (et non pas Épipérigordien ou Épigravettien), forgé en 1963, ne doit rien au hasard ou à la fantaisie (Laplace, 1997 ; Brochier et Livache, 2003, p. 49 ; Livache et Brochier, 2003, p. 43). À l'approche du dernier maximum glaciaire, le Gravettien de l'ouest du Rhône voit se développer rapidement l'usage de la retouche plate : c'est ce qu'il est convenu d'isoler comme phase solutréenne, phase initiale de l'Épigravettien (atlantique). Cet épisode original, véritable solution de continuité, sépare ainsi le Gravettien évolué *sensu stricto* du Salpêtrien (Tardisolutréen). Sans qu'une filiation puisse être aujourd'hui décelée, les horizons paléolithiques

le problème de son étrange position stratigraphique sous trois niveaux clairement magdaléno-aziliens. Maurice Paccard, convaincu, adoptera cette interprétation dans sa publication de 1964 et, plus tard, dans celle de 1977 (Paccard et Dumas, 1977).

Denise de Sonneville-Bordes, dans une large synthèse, réitère en 1966 son interprétation. Elle est suivie, la même année, par Max Escalon de Fonton qui ne fait pas allusion à des pointes de *Laugerie-Basse* mais à des « pointes à cran typiquement magdaléniennes » en proportions très normales. Pour lui<sup>3</sup>, la diagnose est la suivante : niveau C, Magdalénien VIa ; niveau B, Magdalénien VIb<sup>4</sup>, niveau A, Azilien typique. Compte tenu de ces attributions, il refuse naturellement tout rapprochement entre l'industrie à crans de *Chinchon 1* et celle de la grotte de *La Salpêtrière*, comme l'avait suggéré Georges Laplace (fig. 2).

Dans son monumental « Paléolithique de l'Ardèche » paru en 1967, Jean Combier analyse en détail l'ensemble des données relatives aux industries à crans provençales et languedociennes et n'hésite pas à paralléliser les séquences (et les industries) d'*Oullins*, de *Chinchon 1* et de *La Salpêtrière*<sup>5</sup>. Pour lui, le niveau C de *Chinchon 1* ne saurait être assimilé à un Magdalénien terminal. Plus de trente ans plus tard, en 2003, il fait cependant une courte allusion au niveau C de *Chinchon* (et à ses pointes à cran) qu'il qualifie (p. 138), sans aucune justification, de « *Magdalénien d'affinités imprécises* ».

Dernier en date des chercheurs qui se sont exprimés sur les affinités du niveau C de *Chinchon 1*, Guillaume Boccaccio (2005) ne suit pas l'opinion la plus récente de Jean Combier.

supérieurs récents qui lui succèdent poursuivent le processus épigravettien. Du côté est du Rhône, comme dans la péninsule italique, en l'absence de la solution de continuité solutréenne, le Gravettien poursuit synchroniquement son évolution en divers complexes qui sont dits alors tardigravettiens. Les termes Tardigravettien et Épigravettien ont tous deux une connotation évolutive où la mutation technique et structurale des complexes solutréens et post-solutréens peut être considérée comme le point de divergence de l'évolution du Gravettien. Le qualificatif tardigravettien indique une continuité évolutive depuis le Gravettien ; le terme Épigravettien souligne, à l'inverse, l'évolution survenue après la rupture qualitative, à un certain niveau d'analyse, d'avec le Gravettien.

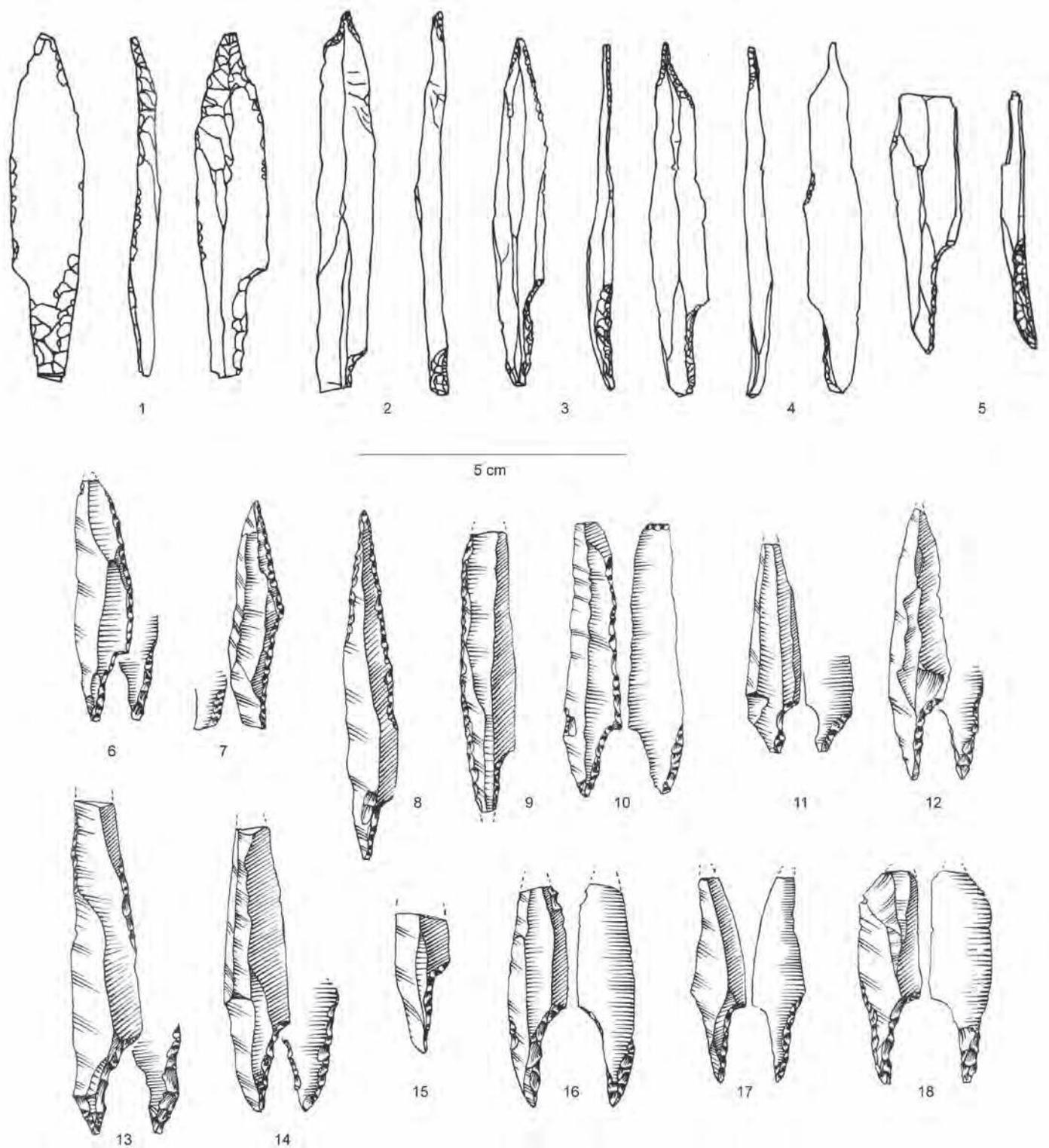
3. La position de Max Escalon de Fonton, adoptée en 1976 par Gérard Onorati, ne changera plus dans les années suivantes.

4. Max Escalon de Fonton occulte de niveau B1 qui a livré le harpon à un rang de barbelures qu'il attribue au niveau B.

5. « Nous avons déjà noté ... qu'un outillage à pointes à cran, qu'il est impossible d'assimiler à un Magdalénien terminal en raison de sa position stratigraphique, existait dans les couches les plus profondes aujourd'hui fouillées dans ce gisement (foyer D sans doute, et surtout C). Il semble très admissible de le paralléliser avec les industries à pointes à cran de La Salpêtrière (Salpêtrien) et d'Oullins (niveau 10), dont la position sous des niveaux de Magdalénien à harpons est identique » p 337.

◀ Fig. 1 – Objets à cran du niveau tardigravettien ancien de l'abri de Chinchon 1, Vaucluse (1 à 13) et « fléchettes » (14 à 19). D'après Paccard, 1964 et Paccard & Dumas, 1977.

*Shouldered objects from the early Tardigravettian level from Chinchon 1, Vaucluse (1 to 13) and "fléchettes"/"darts" (14 to 19). After Paccard, 1964 and Paccard & Dumas, 1977.*



**Fig. 2 – Salpêtrien. Objets à cran de La Rouvière, Ardèche (1 à 5) et de La Salpêtrière (Salpêtrien ancien, couche 6 et d). D'après Gallet, 1973 et Onorati, 1982.**

**Salpêtrien. Shouldered objects from La Rouvière, Ardèche (1 to 5) and cave of La Salpêtrière (early Salpêtrien, layer 6 and d). After Gallet, 1973 and Onorati, 1982.**

L'attribution à un « Épigravettien ancien » lui semble ne faire aucun doute même s'il rapproche (*bien qu'elles soient différentes et sans doute plus tardives*) les pointes à crans du niveau C de celles du Magdalénien de *Fontgrasse*.

Les éléments stratigraphiques et sédimentologiques réunis par Eugène Bonifay (1964), puis par moi-même (Brochier, 1977 ; Brochier et Livache, 1978), valident les observations effectuées pendant la fouille et soulignent l'existence, lors du dépôt du niveau C, de faciès et de phénomènes (forte composante loessique, déformations liées au gel) inconnus dans les dépôts Tardiglaciaire de la région. La révision de la faune de grands mammifères par Évelyne Crégut-Bonnoure (Crégut-Bonnoure et Paccard, 1997) conclut à une association « froide » incompatible avec celles qui caractérisent les épisodes récents du Tardiglaciaire. On retiendra, dans cette association aussi pauvre que diversifiée (Brochier, 2004), la présence de *Saiga tatarica*<sup>6</sup>, *Rangifer tarandus*, *Marmota marmota*, *Equus sp.*, *Equus hydruntinus*, ainsi que de taxons plus « tempérés » comme *Cervus elaphus*, *Capreolus capreolus* et, d'après Thérèse Poulain Josien (1964), *Oryctolagus cuniculus*. Géologie et Paléontologie plaident donc pour une certaine ancienneté du niveau C.

Celle-ci n'a cependant pas été confirmée par l'unique tentative de datation radiocarbone du niveau C à partir d'un lot d'esquilles du niveau 15 : LY-597, 12000 ± 420 BP (Évin *et al.*, 1973). Nous avons rejeté cette mesure à la fois pour des raisons stratigraphiques évidentes et pour des raisons biochimiques puisque des analyses ultérieures (Bernard Saint-Martin, non publié) ont montré l'état de dégradation extrême du collagène des ossements provenant de cet horizon (Brochier et Livache, 2003, p. 52). Malgré la disparition des charbons de bois des collections Paccard, malgré l'impossibilité, actuelle, d'obtenir une date fiable à partir du collagène des os<sup>7</sup>, de nouvelles déterminations radiocarbone, obtenues à partir d'un matériau peu utilisé en Europe – la coquille d'œuf d'oiseau – sont aujourd'hui disponibles. Nous les commenterons en les replaçant dans le contexte chronologique et archéologique régional.

## MATÉRIAUX ET MODÈLE CHRONOLOGIQUE

Les quelques déterminations radiocarbone obtenues pour l'horizon tardigravettien ancien à pointes à cran de l'abri de *Chinchon 1* sont intégrées dans un ensemble de dates provençales et languedociennes que des informations *a priori*, de nature stratigraphique et archéologique, permettent d'organiser sous forme d'un modèle chronologique. La calibration simultanée des 28 déterminations, par le biais de l'analyse bayésienne, nous permet, au delà de la détermination des dates calendaires

6. Le saïga est particulièrement rare dans la région. Il n'a été reconnu que dans la grotte de *La Salpêtrière*, probablement dans la couche 3 (Salpêtrien supérieur, 13100 ± 200 BP, MC-919, Crégut-Bonnoure et Gagnière, 1981), dans la couche 12 de l'abri *Cornille*, d'âge indéterminé (Bonifay et Lecourtois-Ducgoninaz, 1977 ; Brochier et Livache, 2007) et sur les parois de la grotte *Cosquer* (Clottes *et al.*, 2005).

7. Ce problème pourrait sans doute être surmonté en mesurant l'activité radiocarbone d'un acide aminé spécifique, unique et débarrassé de toute pollution, l'hydroxyproline (Marom *et al.*, 2012).

des différents événements, d'apporter des éléments neufs dans l'interprétation de l'évolution des différents techno-complexes (Buck *et al.*, 1994, 1996 ; Litton et Buck, 1995, Zeidler *et al.*, 1998).

Quelques précisions sont cependant nécessaires, en préalable à l'analyse, sur les différentes déterminations utilisées.

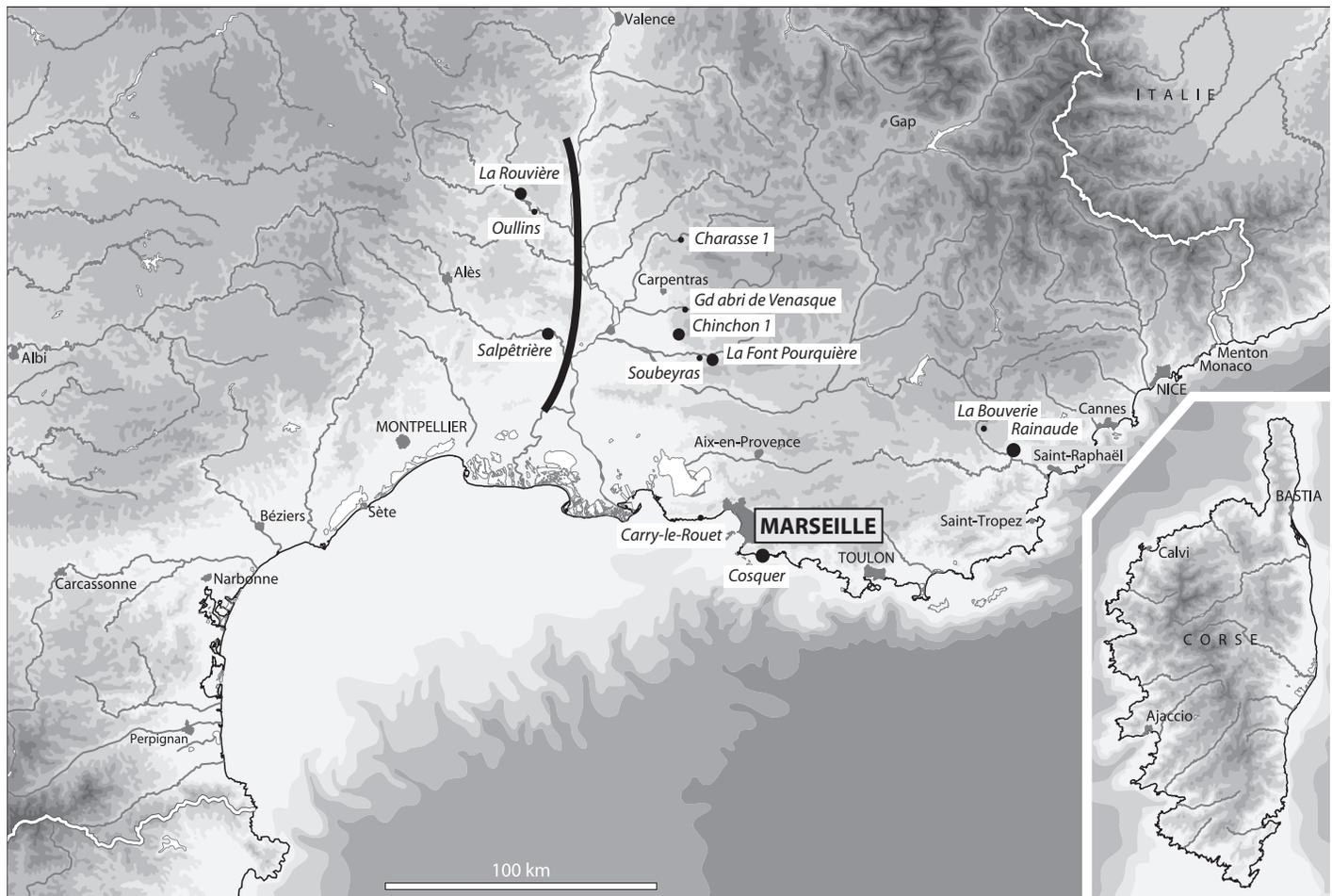
## TARDIGRAVETTIENS ANCIENS ET MAGDALÉNIEN SUPÉRIEUR DE PROVENCE

Neuf déterminations radiocarbone, seulement, permettent de caler dans le temps l'évolution des techno-complexes tardigravettien ancien puis magdaléniens (fig. 3, tabl. I). Ne sont pas incluses dans cette analyse les quelques données radiométriques relatives à la fin du processus tardigravettien, dans le secteur littoral et oriental de la Provence, ainsi qu'à la fin du processus magdaléno-azilien dans le secteur vauclusien.

Une seule détermination est disponible pour le Tardigravettien ancien à pointes à face plane. Il s'agit d'une mesure effectuée par Jean et Yolande Thommeret à Monaco, à la demande d'Évelyne Bazile-Robert, à partir de charbons de bois issus de la couche 5 de la Baume *Rainaudes 1*. Le taxon dominant dans l'échantillon est *Pinus t. sylvestris* ; il est accompagné de *Pinus pinea* (Bazile-Robert, 1981). Le code de laboratoire utilisé dans les publications à partir de 1981, MC-2335, est différent de celui que l'on trouvera dans la base de données Banadora : MC-2355. La rareté des charbons de bois dans les niveaux sus et sous-jacents à la couche 5 (Bazile-Robert, 1981) a probablement limité l'incorporation de charbons intrusifs dans l'échantillon.

Le Tardigravettien ancien à crans n'a pu être daté qu'à l'abri de *Chinchon 1*. Les mesures ont été faites à partir de fragments de coquille d'œuf d'oiseaux indéterminés (Paccard et Dumas, 1977) conservés dans les collections Paccard au musée Calvet d'Avignon. Trois des quatre déterminations sont retenues dans le modèle. Le résultat obtenu pour le niveau G (LY-5077 SacA 11041 : 13990 ± 50 BP), antérieur aux niveaux à crans, est manifestement incompatible avec les trois autres dates obtenues sur le même matériau. Plusieurs explications peuvent être proposées sans qu'il soit possible de privilégier l'une d'entre elles : un nettoyage insuffisant qui aurait laissé subsister d'éventuels carbonates pédogénétiques, une recristallisation de la calcite ou, beaucoup plus simplement, un problème d'étiquetage puisque existe ici une couche G, ancienne, et une couche g, beaucoup plus récente, intercalée entre les horizons ayant livré le Tardigravettien ancien à crans et l'ensemble des niveaux magdaléno-aziliens (Paccard et Dumas, 1977).

Les contraintes environnementales ont, depuis longtemps déjà, poussé les paléontologues et les archéologues travaillant en Australie, en Nouvelle Zélande ou en Afrique à utiliser la coquille d'œuf d'oiseau comme matériau de datation. Les recherches méthodologiques de Long *et al.* (1983) et de Freundlich *et al.* (1989), discutées par Higham (1994), ont montré que la proportion de <sup>14</sup>C présent dans la calcite formant la coquille reflète fidèlement l'activité <sup>14</sup>C de la nourriture et du gaz carbonique atmosphérique. L'effet *vieux calcaire* que l'on pouvait craindre, puisque les oiseaux herbivores ingèrent des grains minéraux – éventuellement calcaires et dépourvus de radiocarbone – qu'ils utilisent dans leur gésier pour le



**Fig. 3** – Position géographique des sites mentionnés dans le texte. La ligne noire grossièrement nord-sud marque la limite approximative entre le domaine épigravettien, à l'ouest, et tardigravettien, à l'est.

**Geographic location of the sites mentioned in the text. The roughly north-south black line marks the approximate limit between the Epigravettian domain, to the west, and the Tardigravettian, to the east.**

**Tabl. 1** – Âges radiocarbone utilisés et modèle chronologique soumis à l'analyse bayésienne. Les événements ne sont pas ordonnés à l'intérieur des phases. Les sept déterminations obtenues à partir des peintures de la grotte Cosquer (période récente) forment une phase sans aucune information a priori. Les valeurs du  $\delta^{13}\text{C}$  suivies d'un astérisque sont mesurées en SMA sur le graphite produit à partir de l'échantillon. Elles ne sont donc qu'approchées (mais suffisantes pour le calcul de la date) puisque biaisées par la graphitisation et la mesure en SMA. Elles ne sauraient être comparées aux mesures obtenues dans d'autres champs disciplinaires (étude des spéléothèmes ou des paléo-diètes par exemple) par spectrométrie de masse ; ÂRC : âge radiocarbone conventionnel ; v.n.c. : valeur non communiquée. La colonne outlier donne les probabilités a priori (a) et a posteriori (b) pour qu'une détermination ait besoin d'être translatée sur l'échelle radiocarbone de façon à être en cohérence avec les autres déterminations. C/N : rapport carbone/azote de l'os. Notre ignorance des résultats de mesure d'un éventuel dosage du carbone et de l'azote de l'os des échantillons de Chinchon 1, de Charasse 1 et de quelques échantillons de La Salpêtrière, en préalable à la mesure d'activité  $^{14}\text{C}$ , ne permet pas de juger de la validité des résultats obtenus (n.m. : non mesuré).

**Radiocarbon ages used and chronological model subjected to Bayesian analysis. The events are not ordered within each phase. The seven measurements obtained from paintings in Cosquer Cave (recent period) make up a phase without any a priori information. The  $\delta^{13}\text{C}$  values followed by an asterisk are measured by AMS on the graphite produced from the sample. They are thus only approximate (but nonetheless sufficient for calculating age) as they are biased by the graphitization and the AMS measurement. They should not be compared to the measurements obtained in other disciplines (study of speleothems or palaeo-diet, for example) by mass spectrometry; ÂRC: Conventional Radiocarbon Age (CRA); v.n.c.: non communicated value. The outlier column gives (a) a priori and (b) a posteriori probabilities so that a measurement needs to be translated on the radiocarbon scale in order to be coherent with the other measurements. C/N: carbon/nitrogen ratio of bone. As we are not aware of the possible results of bone carbon and nitrogen measurements from the Chinchon 1 and Charasse 1 samples and some samples from La Salpêtrière, before measurement of the  $^{14}\text{C}$  activity, we cannot assess the validity of the results obtained (n.m.: not measured).**

broyage des aliments et comme source du calcium nécessaire à la formation de la coquille, est inexistant (Long *et al.*, 1983). La coquille d'œuf d'oiseau apparaît donc comme un matériau fiable (Magee *et al.*, 2009), suffisamment commun dans les terres archéologiques<sup>8</sup> pour être utilisé lorsque les matériaux plus classiques sont absents ou trop mal conservés.

Cinq déterminations, enfin, concernent les niveaux les plus anciens connus qui soient postérieurs à la phase du Tardigravettien ancien à crans. Toutes sont des datations récentes effectuées en SMA sur un objet unique, os ou charbon de bois ; toutes se rapportent à la phase classique du Magdalénien supérieur. À *Chinchon I*, le niveau B1, stratigraphiquement postérieur aux niveaux à crans (contrairement aux niveaux les plus anciens du site, la matière organique *semble* suffisamment bien conservée pour qu'il soit possible de produire une date). Du *Grand abri de Charasse* à Entrechaux (connu également comme abri *Charasse I*) nous avons pu faire dater deux esquilles de diaphyse d'un grand mammifère indéterminé, provenant des parties inférieure et moyenne de la couche (C1 et C2), conservées dans les collections Paccard au Musée Calvet d'Avignon (Laplace, 1966b). Pour ces trois mesures, obtenues à partir du collagène des os, nous ne disposons cependant pas des teneurs en carbone et en azote de l'os ni des teneurs en collagène qui nous permettraient de les accepter sans réserve<sup>9</sup> (Ambrose, 1990 ; Bocherens *et al.*, 2005 ; Higham *et al.*, 2006 ; Yizhaq *et al.*, 2005). Les deux dernières déterminations ont été obtenues à partir de deux charbons de bois de *Pinus t. sylvestris* des couches Cn et Bn du *Grand abri de Venasque* dans le Vaucluse (Brochier, 2008).

## SOLUTRÉEN ET SALPÊTRIEN ANCIEN DU LANGUEDOC

Huit déterminations radiocarbone permettent de préciser la position chronologique du Salpêtrien ancien de *La Salpêtrière* ; six résultent de mesures anciennes (Bazile, 1980), deux ont été obtenues plus récemment et ne sont mentionnées que dans la banque de données radiocarbone Banadora (tabl. 1). Bien que la première estimation (LY-939) ait été rejetée par M. Escalon de Fonton, qui la jugeait trop ancienne (Escalon de Fonton *in* Evin *et al.*, 1976), elle a été confirmée par les sept mesures effectuées par la suite. Nous n'avons pas tenu compte dans notre analyse du rappel des dates publié par Frédéric Bazile et Guillaume Boccaccio en 2007 qui comporte à la fois des références, des attributions culturelles et des résultats de mesure erronés. Les déterminations radiocarbone qui correspondent au Salpêtrien ancien sont jugées *très cohérentes* par Frédéric Bazile qui

8. Les coquilles d'œuf d'oiseau sont abondantes, en fragments millimétriques, dans les horizons mésolithiques de l'*abri de Roquefure* (Vaucluse) ou dans ceux du *Clos de Poujol* (Aveyron) par exemple.

9. Il n'est sans doute pas inutile de rapporter ici l'avis de Tom Higham (2006) à ce sujet : « *Over many years, it has become apparent that the characterization of the quality of the extracted "collagen" is crucial to validate the accuracy of the obtained <sup>14</sup>C determinations. Several methods of achieving this have been described ..., but few <sup>14</sup>C laboratories regularly apply the range of analytical measurements necessary to provide minimum assurance for submitters of bone samples (e.g. C to N ratios) even when the samples are of crucial importance to studies of late human evolution... ».*

voit le Salpêtrien ancien se développer entre 19000 et 18000 (Bazile, 1990) ou entre 19000 et 17000 années radiocarbone avant le présent (Bazile et Boccaccio, 2008).

Les huit déterminations correspondantes au Salpêtrien ancien méritent cependant un examen plus approfondi avant de pouvoir les utiliser dans le modèle chronologique bayésien. Il nous faut bien reconnaître que nous ne disposons que de bien peu d'information sur ces déterminations et que ce que nous avons pu savoir nous incite à une certaine prudence. La date LY-939 a été obtenue à partir de nombreux ossements (600 g) pour lesquels nous ne disposons pas du dosage du carbone et de l'azote (de l'os). La correction nécessaire due au fractionnement isotopique ne semble pas reposer sur une mesure du  $\delta^{13}\text{C}$  mais sur une estimation du fractionnement (Évin et Marien, 1974). Rares étaient en effet les laboratoires qui, dans les années 70-80, mesuraient et tenaient compte des valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  dans le calcul des dates (Lerman, 1972 ; Évin *et al.*, 1973 ; Delibrias *et al.*, 1974 ; Marchand *et al.*, 2007). Si la correction est relativement faible lorsque sont datés des restes de ligneux européens (Bowman, 1990) elle devient non négligeable lorsque la mesure repose sur le collagène extrait d'ossements. Les deux déterminations les plus récentes (LY-4442 et 4443), issues de mesures en accélération (SMA) à partir du collagène d'un seul fragment osseux (*Equus* ?), sont corrigées pour le fractionnement isotopique mais ne sont pas accompagnées d'un dosage du carbone et de l'azote de l'os qui permettrait de les valider pleinement.

Non seulement les précisions concernant les dates réalisées par Jean et Yolande Thommeret à Monaco à partir de charbons de bois sont absentes mais des erreurs apparaissent dans leur utilisation. Nous ne savons pas, par exemple, quel pré-traitement chimique était utilisé à l'époque et la façon dont était calculée l'erreur sur la mesure. Mais une fois encore, et de façon plus sérieuse que pour les ossements, il est clair que l'analyse a porté sur de nombreux fragments de charbons de bois dont il est bien difficile d'affirmer, malgré le soin pris à la fouille, que tous soient associés à un même événement. Le problème, général dans les sites archéologiques, est ici amplifié par le caractère sableux des dépôts et le peu de distance qui sépare les différents horizons archéologiques (Escalon de Fonton, 1964 ; Bazile, 1980).

Frédéric Bazile, dès 1980, a proposé de combiner les déterminations radiocarbone MC-2168 et MC-2083 d'une part et MC-2084 et MC-2186 d'autre part, considérant que, dans chaque cas, les mesures avaient été effectuées sur une fraction d'un même échantillon. L'intérêt était évidemment de réduire la très large incertitude sur les mesures individuelles. Même si l'on ne peut considérer, en toute rigueur, les couples d'échantillons comme strictement identiques, puisqu'ils sont constitués d'un mélange de nombreux fragments provenant de taxons variés<sup>10</sup> dans des proportions qui n'ont que peu de chance d'être rigoureusement identiques (Bazile-Robert, 1979), nous suivrons la même démarche. Nous remarquerons tout

10. Les taxons bien représentés dans le Solutrénien et le Salpêtrien ancien sont *Pinus t. sylvestris*, *Betula verrucosa*, *Hippophae rhamnoides* et *Salix/Populus* (Bazile-Robert, 1979). La longévité de ces taxons, qui ne sont parfois connus qu'au niveau générique, peut être de l'ordre du siècle.

d'abord que les déterminations MC-2168 et MC-2083 d'une part et MC-2084 et MC-2186 d'autre part ne sont pas significativement différentes (Ward et Wilson, 1978) :  $T = 3,2$  ;  $v = 1$  ;  $p = 0,072$  pour le premier couple,  $T = 3,1$  ;  $v = 1$  ;  $p = 0,079$  pour le second. Ces tests sont faits dans l'espace des  $F^{14}C$ , et non des âges radiocarbone conventionnels (ÂRC), en raison du caractère approximativement gaussien des erreurs sur l'échelle radiocarbone. La combinaison peut donc être réalisée. Les résultats, qui sont ceux qui seront utilisés dans le modèle chronologique, sont les suivants : MC-2168/2083 :  $19230 \pm 200$  BP ; MC-2084/2186 :  $18700 \pm 220$  BP. Les valeurs mentionnées dans Bazile (1980), reprises ensuite par Georgette Delibrias et Jacques Évin (1980), sont erronées.

Six déterminations radiocarbone obtenues sur des lots de charbons ou des lots d'ossements provenant d'horizons solutréens sont prises en compte dans le modèle chronologique (tabl. I et fig. 4). Les mêmes remarques qui ont été faites précédemment à propos des échantillons salpêtriens peuvent être faites ici. Nous nous sommes limités aux horizons, ayant une provenance claire – par exemple, MC-1179 cité par Bazile en 1990, absent dans Bazile 1980, absent de la base Banadora, n'est pas pris en compte – et stratigraphiquement proches de ceux qui ont livré le Salpêtrien ancien. Le but n'est pas d'établir la moins mauvaise des chronologies du Solutréen de *La Salpêtrière*, mais simplement d'utiliser l'information stratigraphique pour contraindre les dates calendaires des échantillons salpêtriens anciens.

Les quatorze déterminations radiocarbone prises en compte ne présentent pas, nous l'avons vu, toutes les garanties requises pour conduire une analyse en toute sérénité. Elles sont à la fois peu précises – ce qui n'a rien d'anormal pour des mesures effectuées il y a déjà plusieurs décennies – et, probablement dans quelques cas, peu exactes. Les problèmes éventuels proviennent cependant essentiellement ici d'une association peu solide entre le matériel daté et le fait archéologique. C'est pour ces raisons que nous avons affecté à l'ensemble des dates

réalisées dans ce site une probabilité *a priori* de 0,40 d'être aberrante (colonne *outlier* [a] du tableau I).

## LES PEINTURES DE LA GROTTTE COSQUER

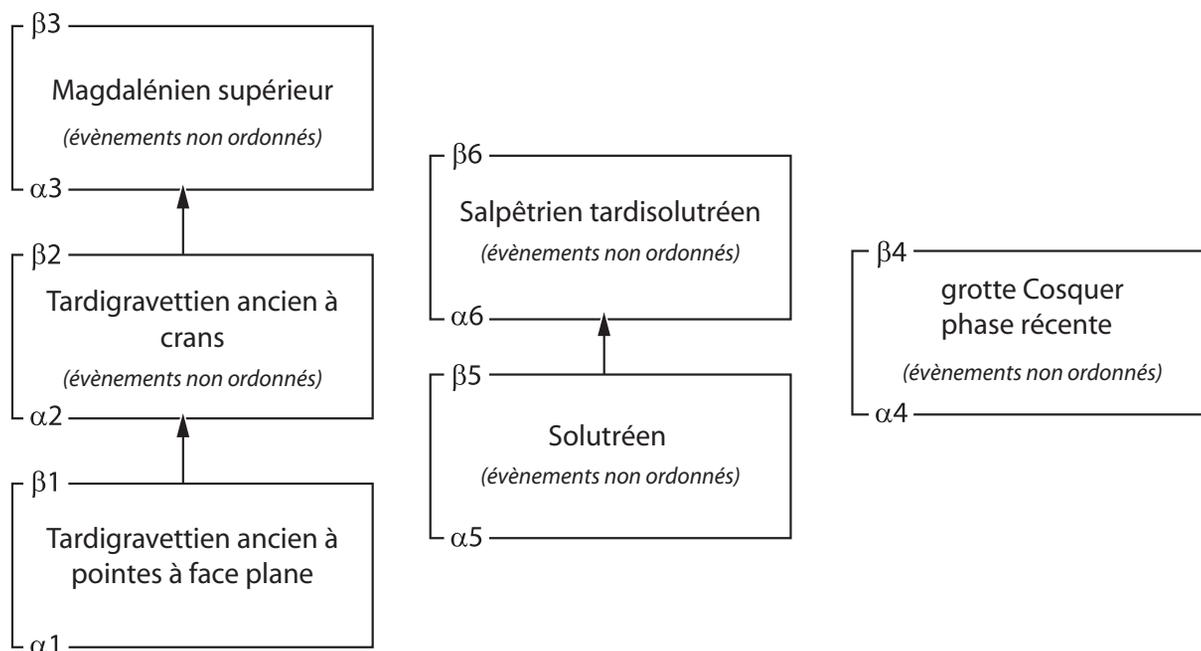
Des nombreuses mesures directes effectuées sur les peintures de la grotte *Cosquer* (Valladas *et al.*, 2001, 2005), nous avons retenu les sept mesures qui définissent la *seconde période picturale* de la grotte (tabl. I). La datation Gif-A 96101 d'un signe en forme de « méduse », bien que souvent citée (Bahn et Vertut, 1997 ; Renault-Miskovsky et Onoratini, 1997 ; Amormino, 2000) malgré la mise en garde rappelée par Clottes et Courtin (1997), n'est naturellement pas prise en compte.

## LA STRUCTURE DU MODÈLE

Le modèle chronologique soumis à l'analyse bayésienne est présenté dans le tableau 1 et la figure 4. Il est simple et relativement peu contraint dans la mesure où les événements ne sont généralement pas ordonnés dans les phases. Les  $\alpha_j$  et  $\beta_j$  (tabl. I) représentent, suivant la notation de Caitlin E. Buck, les dates calendaires du début et de la fin des phases. Il est en effet fort peu probable que la date calendaire de l'évène-

**Fig. 4** – Schéma des relations chronologiques entre les différentes phases du modèle. Elles reposent à la fois sur la connaissance des stratigraphies et sur celle des processus évolutifs des différents complexes. Les  $\alpha_j$  et  $\beta_j$  représentent respectivement les dates calendaires de début et de fin de phase.

*Schema of the chronological relations between the different phases of the model. They are based on knowledge of the stratigraphic sequences and of the evolutionary processes of the different complexes. The  $\alpha_j$  and  $\beta_j$  represent the calendar dates from the beginning and the end of the phase respectively.*



ment  $i$  de la phase  $j$  ( $\theta_{ij}$ ) soit précisément la date calendaire du premier (ou du dernier) événement de la phase. L'évolution du Paléolithique supérieur provençal est structurée en trois phases successives à l'intérieur desquelles les dates calendaires des différents événements ne sont pas ordonnées. L'information *a priori* utilisée repose sur notre connaissance de l'évolution des complexes industriels,  $\beta_1 > \alpha_2$ , par exemple, et sur des arguments stratigraphiques,  $\beta_2 > \alpha_3$ . De la même manière, dans la grotte de *La Salpêtrière*, les données stratigraphiques permettent d'écrire que les âges calendaires des occupations solutréennes sont plus grands que les âges calendaires des occupations du Salpêtrien ancien ( $\beta_5 > \alpha_6$ ). Enfin, le dernier ensemble de déterminations qui concerne les peintures de la seconde phase de fréquentation de la grotte *Cosquer*, n'est naturellement pas ordonné. Aucune information chronologique *a priori* ne relie les trois séquences entre elles.

Le calcul des  $\alpha_j$  et des  $\beta_j$  implique la prise en compte d'une information *a priori* supplémentaire : on considère que les dates calendaires des événements  $\theta_{ij}$  sont également probables à l'intérieur des phases. D'autres *a priori*, moins neutres, peut-être plus réalistes (Buck et Bard, 2007 ; Lee et Bronk Ramsey, 2012), seraient également possibles. Ceci est certainement une des difficultés de l'analyse bayésienne des données radiocarbone tant il est difficile, pour ne pas dire impossible, de justifier de tels choix.

Nous soulignons plus haut les réserves que nous avons quant à l'exactitude de certaines déterminations. Plutôt que de les éliminer, avec pour seul argument le manque d'informations que nous avons à leur sujet, nous avons préféré affecter à chacune d'entre elles une probabilité *a priori*  $p_i$  d'être aberrante et de réaliser ensuite la calibration bayésienne simultanée. La procédure proposée par Christen (1994), modifiée dans le détail par Buck *et al.* (2003) nous donne, pour chaque probabilité *a priori*  $p_i$ , la probabilité *a posteriori*  $P_i$  pour que la détermination  $y_i$  ait besoin d'être translatée sur l'échelle radiocarbone de façon à être cohérente avec les autres déterminations de la phase. On traduit la proposition *a besoin d'être translatée* par *est une détermination aberrante*. La détection des *outliers* et la calibration font partie d'un même processus de calcul et il n'est pas besoin d'éliminer les *outliers* puisque les informations chronologiques qui en découlent subissent une pondération inverse.

Les calculs ont été réalisés à l'aide du logiciel de simulation *mexcal* via l'interface web BCal (Buck *et al.*, 1999). Une conséquence de l'utilisation de cette technique de calcul est que les résultats obtenus en calculant deux fois le même modèle ne sont pas nécessairement identiques. De nombreuses simulations, effectuées avec des paramètres initiaux différents, nous ont cependant montré que les paramètres d'intérêt convergent sur des valeurs proches. Les différentes HPD (*Highest Posterior Density regions* ou intervalles formés des années ayant les plus fortes densités de probabilité postérieures) et les modes des distributions des densités de probabilité *a posteriori* sont stables dans des marges décennales. Nous avons également vérifié la sensibilité du modèle (*sensitivity analysis*) à différentes valeurs des probabilités *a priori* pour que certaines déterminations radiocarbone soient aberrantes.

Il pouvait paraître naturel d'utiliser dans ce travail la courbe de calibration la plus récente, IntCal 09, malgré les

problèmes potentiels qui pouvaient subsister autour de la période Heinrich 1 (Reimer *et al.*, 2009, p. 1116). Cependant, depuis la publication d'IntCal 09, des datations couplées  $^{234}\text{U} - ^{230}\text{Th}$  et  $^{14}\text{C}$  de coraux (Durand *et al.*, 2010) et de spéléothèmes (Southon *et al.*, 2012) ont fait apparaître avec de plus en plus de netteté que les mesures obtenues sur les foraminifères des sédiments varvés du Bassin de Cariaco, largement utilisées dans la construction de la courbe de 2009, prenaient en compte un effet réservoir temporairement trop important et devaient être exclues de la courbe de référence dans la période 12500 – 14500  $^{14}\text{C}$  BP (Shakun *et al.*, 2012 ; Paula Reimer *in letteris*). Pour cette courte période, il est clair aujourd'hui que l'utilisation de la courbe IntCal 04 (Reimer *et al.*, 2004) est de beaucoup préférable<sup>11</sup>. Dans l'attente de la publication prochaine d'une version d'IntCal améliorée, toutes les estimations ont été obtenues en utilisant la courbe de référence IntCal 09, à l'exception des quatre déterminations magdaléniennes les plus anciennes qui ont été calibrées en référence à IntCal 04 (Tabl. II).

## RÉSULTATS CHRONOLOGIQUES, CONSÉQUENCES ARCHÉOLOGIQUES

Les estimations chronologiques obtenues à partir de fragments de coquilles d'œuf d'oiseaux associés au Tardigravettien ancien à pointes à cran de *Chinchon 1* ne laissent aucun doute sur le fait que cet horizon soit *très* antérieur à la séquence magdaléno-azilienne B1, B et A de ce site (tabl. I). Elles ne font que retranscrire les observations stratigraphiques, en invalidant les rapprochements que quelques préhistoriens avaient cru pouvoir faire entre les pointes à cran du niveau C et les pointes dites de *Rochereil* et de *Laugerie-Basse*, attribuant *ipso facto* le techno-complexe de *Chinchon C* à un épisode très récent du Magdalénien.

Inversement, elles valident les observations et les interprétations de Georges Laplace (1966a, p. 318), de Maurice Paccard (1964, 1977) et le processus évolutif mis en évidence dès 1976 (Livache, 1976 ; Brochier et Livache, 1978 ; Livache, 2000). Les résultats du traitement factoriel du tableau de contingence croisant 12 descripteurs typologiques et 13 (puis 12) séries vaclusiennes sont résumés sur la figure 5. Dans un premier temps (fig. 5a), l'ensemble des séries est pris en compte. Deux groupes d'échantillons s'opposent sur le premier axe factoriel : côté négatif, les éléments du processus tardiglaciaire magdaléno-azilien, côté positif les échantillons tardigravettiens, très différents les uns des autres (Tardigravettien ancien à pointes à face plane (LFP), Tardigravettien ancien à crans (CC), Tardigravettien évolué à lames à dos tronquées (S6)), qui ont en commun de fortes fréquences de lames à dos tronquées (LDT). La ségrégation sur le premier axe factoriel a valeur

11. La différence entre les estimations chronologiques obtenues dans la période 12500 – 14500  $^{14}\text{C}$  BP à l'aide des versions 04 et 09 d'IntCal est loin d'être négligeable : pour un âge radiocarbone conventionnel de 13500 BP, par exemple, les dates calendaires sont susceptibles d'être artificiellement vieilles de trois à dix siècles si l'on utilise IntCal 09.

| référence échantillons |   | référence laboratoire | matériau | C / N | delta <sup>13</sup> C | ÂRC         |
|------------------------|---|-----------------------|----------|-------|-----------------------|-------------|
| P 1-2                  | Tardigravettien ancien à crans                | R 745                 | charbons | –     | v.n.c.                | 18560 ± 210 |
| P 3                    |   | R 2546                | charbons | –     | v.n.c.                | 18950 ± 245 |
| P 4                    |   | R 2550                | charbons | –     | v.n.c.                | 18820 ± 260 |
| P 7.3                  | Tardigravettien ancien à pointes à face plane | R 2533                | charbons | –     | v.n.c.                | 19400 ± 230 |
| P 8                    |   | Beta 48684            | charbons | –     | v.n.c.                | 19630 ± 250 |
| P 9                    |   | R 2541                | charbons | –     | v.n.c.                | 20470 ± 320 |
| P 10                   | Gravettien                                    | OxA 10700             | os       | 3,2   | – 17,6                | 23440 ± 190 |
| P11-12                 |   | Beta 53983            | charbons | –     | v.n.c.                | 23450 ± 220 |
| P 13                   |   | Beta 53982            | charbons | –     | v.n.c.                | 25620 ± 200 |

Tabl. II – Âges radiocarbone du Gravettien et du Tardigravettien ancien des Arene Candide. C/N : rapport carbone/azote du collagène ; ÂRC : âge radiocarbone conventionnel.

Radiocarbon ages from the Gravettian and the early Tardigravettian from Arene Candide. C/N: carbon/nitrogen collagenratio; ÂRC: Conventional Radiocarbon Age (CRA).

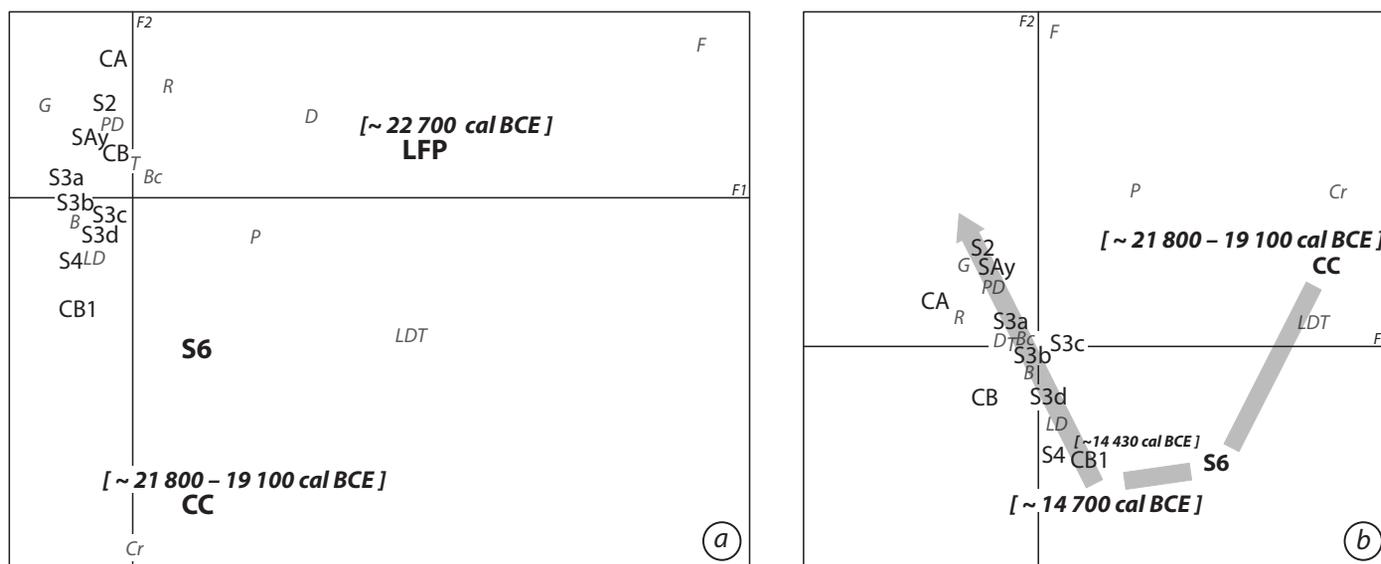


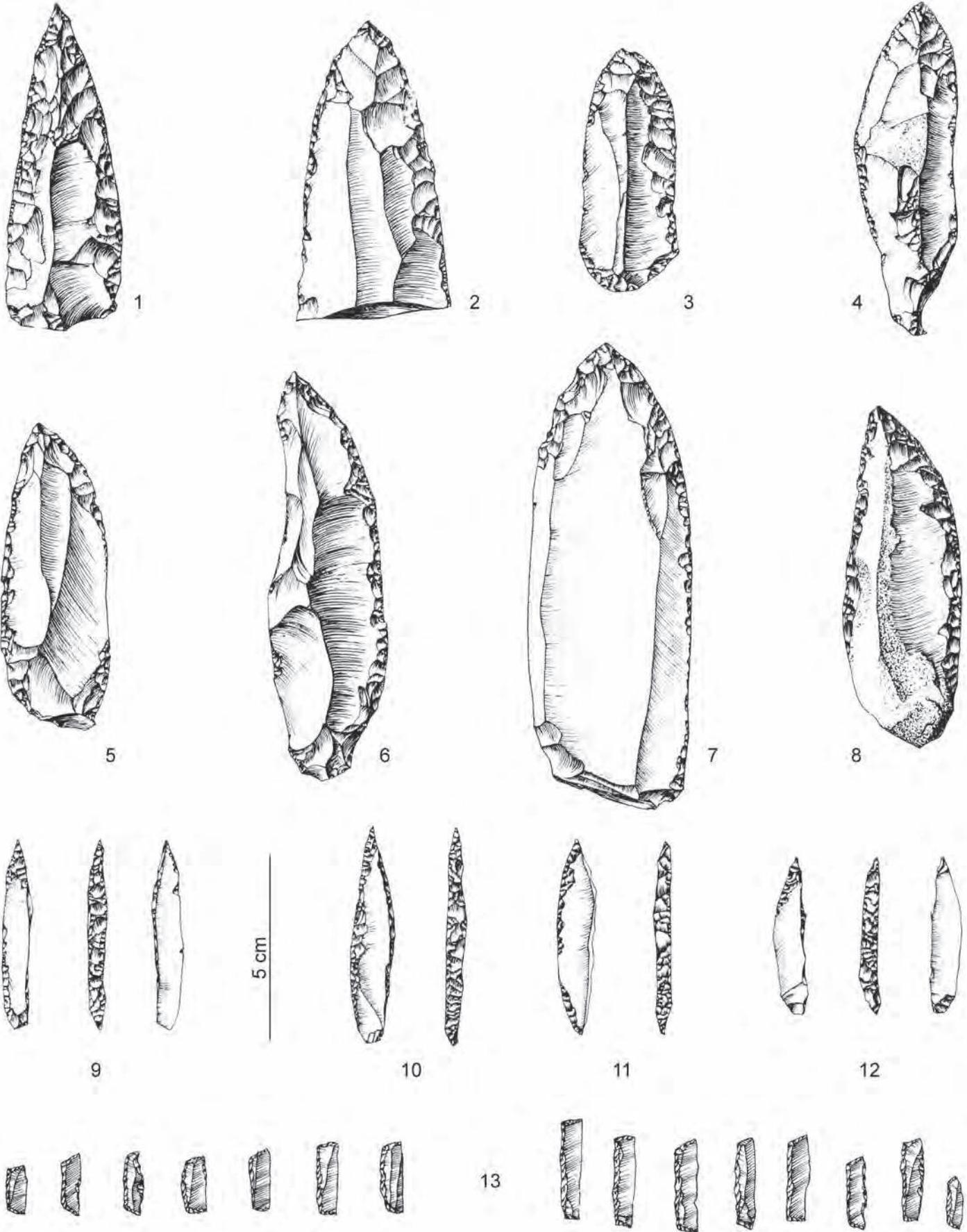
Fig. 5 – Résultats graphiques (plans F1.F2) des analyses factorielles des correspondances appliquées aux tableaux de contingence croisant groupes typologiques et niveaux archéologiques. a : La Font-Pourquière (LFP), Chinchon 1 (C), Soubeyras (S), Sabon-Ayme (SAy) ; b : sans La Font-Pourquière. Entre crochets, les classes modales des dates calendaires BCE. Descripteurs. G : grattoir, R : racloir, PD : pointe à dos, T : tronçature, D : denticulé, Bc : bec, B : burin, LD : lame à dos, P : pointe, Cr : lame et pointe à cran, LDT : lame à dos tronquée, F : foliacé.

Graphic results (plans F1.F2) of the factorial correspondence analyses applied to contingency tables linking typological groups and archaeological levels. a: La Font-Pourquière (LFP), Chinchon 1 (C), Soubeyras (S), Sabon-Ayme (SAy); b: without La Font-Pourquière. The modal classes of the BCE calendar dates are given in square brackets. Descriptors. G: end scraper, R: side scraper, PD: backed point, T: truncation, D: denticulate, Bc: bec, B: burin, LD: backed blade, P: point, Cr: shouldered blade and point, LDT: truncated backed blade, F: leaf-shaped piece.

chronologique. La série de *La Font-Pourquière* (fig. 6), aux fréquences exceptionnelles des groupes Foliacé (F) et Lame à dos tronquée (LDT), a une contribution écrasante de 0,82 au premier axe factoriel. En la retirant du tableau de données, il devient possible de préciser, de façon plus claire, le processus évolutif qui caractérise le Paléolithique supérieur récent vaclusien (fig. 5b).

Ce faisant, notons dès à présent, que nous retirons la série la plus ancienne du référentiel que l'on se fie aux stratigraphies

italiques (Laplace, 1966a ; Livache et Carry, 1975 ; Palma di Cesnola, 1993), varoises (Livache et Brochier, 2003) ou à l'unique détermination radiocarbone provençale disponible pour une telle industrie (*Rainaudes 1*, C5) que l'on considérera, faute de mieux, comme une estimation de l'âge du niveau de *La Font-Pourquière*. Cette estimation chronologique n'est pas en contradiction avec les mesures obtenues sur charbon de bois (R et Beta) et sur os (OxA), plus à l'est, dans la grotte des *Arene Candide* à Finale Ligure, pour la phase ancienne du



◀ **Fig. 6** – Outils retouchés du gisement de plein air de La Font-Pourquière (Vaucluse) ; Tardigravettien ancien à pointes à face plane. 1 à 6 : pointes à retouches simples et plates, 9 à 12 : pointes et bi-pointes à dos, 13 lamelles à dos bitronquées. D'après Livache & Carry, 1975.  
**Retouched tools from the open-air site of La Font-Pourquière (Vaucluse); early Tardigravettian with unifacial points. 1 to 6: points with flat and simple retouch, 9 to 12: backed points and bi-points, 13: bi-truncated backed bladelets. After Livache and Carry, 1975.**

Tardigravettien à pointes à face plane (Macphail *et al.*, 1994) : R 2533 [niveau P7.3] 19400 ± 230 BP ; Beta 48684 [niveau P8] 19630 ± 250 BP ; R 2541 [niveau P9] 20470 ± 320 BP, et pour la fin de la phase gravettienne OxA 10700 [niveau P10, mesure directe sur « le Prince », Pettitt *et al.*, 2003] 23440 ± 190 BP (tabl. II).

La détermination OxA 10700, pour laquelle nous disposons de toutes les informations nécessaires (Pettitt *et al.*, 2003), se rapporte à l'extrême base de l'unité P10 et n'est, en apparence, guère compatible avec la diagnose proposée par Georges Laplace pour les « foyers F6 à F4 », équivalents des unités P7 à P12. En apparence seulement, puisque aussi bien les quelques éléments géoarchéologiques exposés par Richard Macphail et ses collègues (Macphail *et al.*, 1994) que les observations typologiques de Cardini – Taschini (1994) et Bietti (1994) montrent que les horizons antérieurs à P7, essentiellement constitués de guano, n'ont livré que de très rares outils. Même s'ils ont été pris en compte par Georges Laplace, ils ne sauraient remettre en cause son analyse et son interprétation<sup>12</sup>. Nous considérons donc que les déterminations R 2533, Beta 48684 et R 2541 permettent, à elles seules, d'estimer l'âge du Tardigravettien ancien à pointes à face plane de la grotte des *Arene Candide*.

Nous traiterons, en préalable à l'analyse chronologique du Tardigravettien ancien à crans, objet principal de cette étude, celle du Tardigravettien ancien à pointes à face plane. Les précisions sur ce problème proviennent de l'analyse d'un modèle chronologique limité aux *Arene Candide*, à la phase à crans de *Chinchon 1* et à la couche 5 de *Rainaudes 1* (tabl. I et II, fig. 7).

La figure 8, issue de l'analyse bayésienne des 13 déterminations radiocarbone concernant l'ensemble P des *Arene Candide* et les déterminations tardigravettiennes provençales, montre que la date calendaire de *Rainaudes 1*– C5 [HPD 95 % : 24030 – 21770 cal. BCE] est extrêmement proche de celle du début de la phase tardigravettienne à pointes à face plane des *Arene Candide* (HPD 95 % du début et de la fin : [24560 – 21460 cal. BCE], [21730 – 20510 cal. BCE]). Il y a une chance sur deux ( $p = 0,45$ ) pour que la date de la couche 5 de *Rainaudes 1* soit incluse dans la phase, une chance sur deux ( $p = 0,55$ ) pour qu'elle soit de peu antérieure et 9,5 chances sur 10 pour qu'elle soit postérieure à la phase « gravettienne » des *Arene Candide*. On ne peut que regretter que les préhistoriens en charge de la fouille des sites de la Provence orientale (dont la

grotte de *La Bouverie*, dans laquelle l'industrie de la couche 1f est un des rares exemples de Tardigravettien ancien à pointes à face plane et lamelles à dos bitronquées qui soit très proche de celui de *La Font-Pourquière*) n'aient pas jugé bon de construire un cadre chronologique absolu.

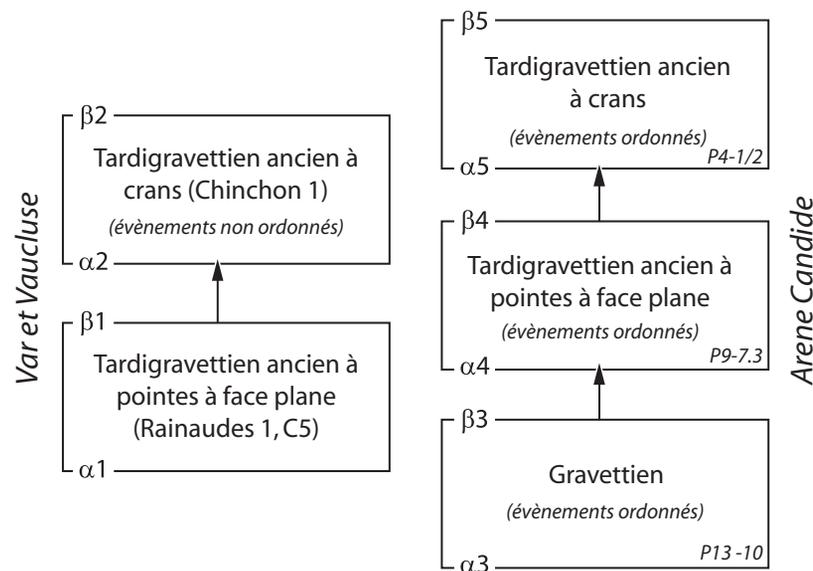
Après ces quelques éclaircissements sur la chronologie de la phase initiale du Tardigravettien ancien, nous pouvons à présent revenir à la question centrale de cette étude.

Les résultats de l'analyse factorielle du tableau croisant les 12 descripteurs typologiques et les niveaux du Paléolithique supérieur récent vauclusien ont été présentés et commentés à maintes reprises (Brochier et Livache, 1978 ; Livache, 2000 par exemple). Nous en rappellerons seulement les faits les plus saillants (fig. 5). Dans le premier plan factoriel, les niveaux se projettent suivant un croissant parabolique caractéristique des séries ordonnées *a priori*. Le premier axe apparaît comme un axe chronologique sur lequel les niveaux se succèdent en suivant la stratigraphie. Dans ce référentiel, tout se passe comme si l'on passait du niveau C à crans et dos tronqués (*association caractéristique* du Tardigravettien ancien à cran) aux niveaux du Magdalénien supérieur (à lamelles à dos et burins abondants) évoluant vers l'Azilien (à grattoirs, racloirs et pointes à dos) par l'intermédiaire de l'original niveau 6, base de la stratigraphie de *Soubeyras*. En d'autres termes, rien ne s'oppose à ce que la séquence magdaléno-azilienne vauclusienne, pourtant très classique, trouve son origine non pas dans d'éventuels magdaléniens moyens ou anciens, clairement absents de la région, mais dans le Tardigravettien ancien (Brochier et Livache, 1978 ; Livache et Brochier, 2003). L'analyse radiocarbone valide, on le voit, pleinement le sens chronologique que nous donnions au premier axe factoriel.

Les principaux résultats de l'analyse chronologique sont rassemblés dans les tableaux III et IV et illustrés par les figures 9 à 11. Au-delà des estimations des dates calendaires des différents événements, la calibration simultanée nous permet de préciser les bornes et la durée des différentes phases, mais également l'ampleur des hiatus qui les séparent.

La phase tardigravettienne à crans reconnue à *Chinchon 1* semble longue [HPD 95 % : 2100 – 6550 ans] entre [HPD 95 % : 22870 – 21230 cal. BCE] et [HPD 95 % : 19460 – 16300 cal. BCE], beaucoup plus longue que l'épisode salpêtrien ancien de *La Salpêtrière* [HPD 95 % : 50 – 1950 ans] qui y est clairement inclus ( $p = 0,98$ ). Le Tardisolutréen salpêtrien succède sans surprise rapidement [HPD 95 % ( $\beta 5 - \alpha 6$ ) : 0 – 620 ans] au Solutréen. Ce dernier prendrait fin, à *La Salpêtrière*, alors que le complexe de *Chinchon 1*– C est en place depuis quelques siècles ( $p = 0,99$ ). Quelques siècles seulement [HPD 95 % : 50 – 2450 ans] séparent le Tardigravettien ancien à crans de *Chinchon 1* du Tardigravettien ancien à pointes à face plane des *Rainaudes 1* (fig. 10) et sans doute également de celui de *La Font-Pourquière* et de *La Bouverie 1f*, compte tenu de l'extrême originalité de ce faciès (Livache et Carry, 1975). Un long hiatus [HPD 95 % : 400 – 4800 ans] sépare

12. D'après le bilan établi par Bietti (1994), les niveaux P1 à P6 livrent 239 objets retouchés et les niveaux P7 à P12 en livrent 535 dont 8 dans les couches P10 à P12. Georges Laplace, qui a utilisé ce découpage, décompte quant à lui 217 types primaires en P1-P6 et 488 en P7-P12, des chiffres que l'on peut considérer comme très proches compte-tenu des principes méthodologiques de chacun. Dans le pire des cas, Georges Laplace aurait inclut dans son échantillon Tardigravettien ancien à pointes à face plane (F6-F4) 8 objets gravettiens soit 1,6% de l'échantillon...

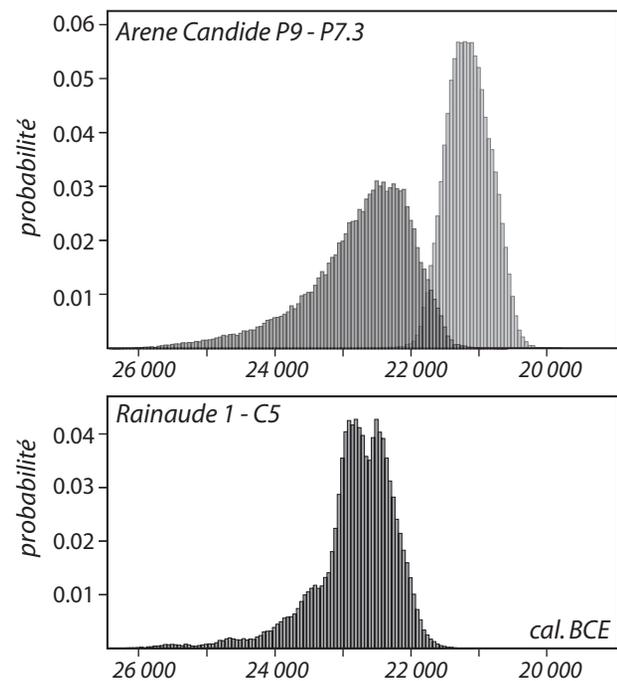


**Fig. 7** – Schéma des relations chronologiques entre les différentes phases du modèle. Elles reposent à la fois sur la connaissance des stratigraphies et sur celle des processus évolutifs des différents complexes. Les  $\alpha_j$  et  $\beta_j$  représentent respectivement les dates calendaires de début et de fin de phase.

*Schema of the chronological relations between the different phases of the model. These phases are based on knowledge of the stratigraphic sequences and the evolutionary processes of the different complexes. The  $\alpha_j$  and  $\beta_j$  represent the calendar dates of the beginning and the end of the phase respectively.*

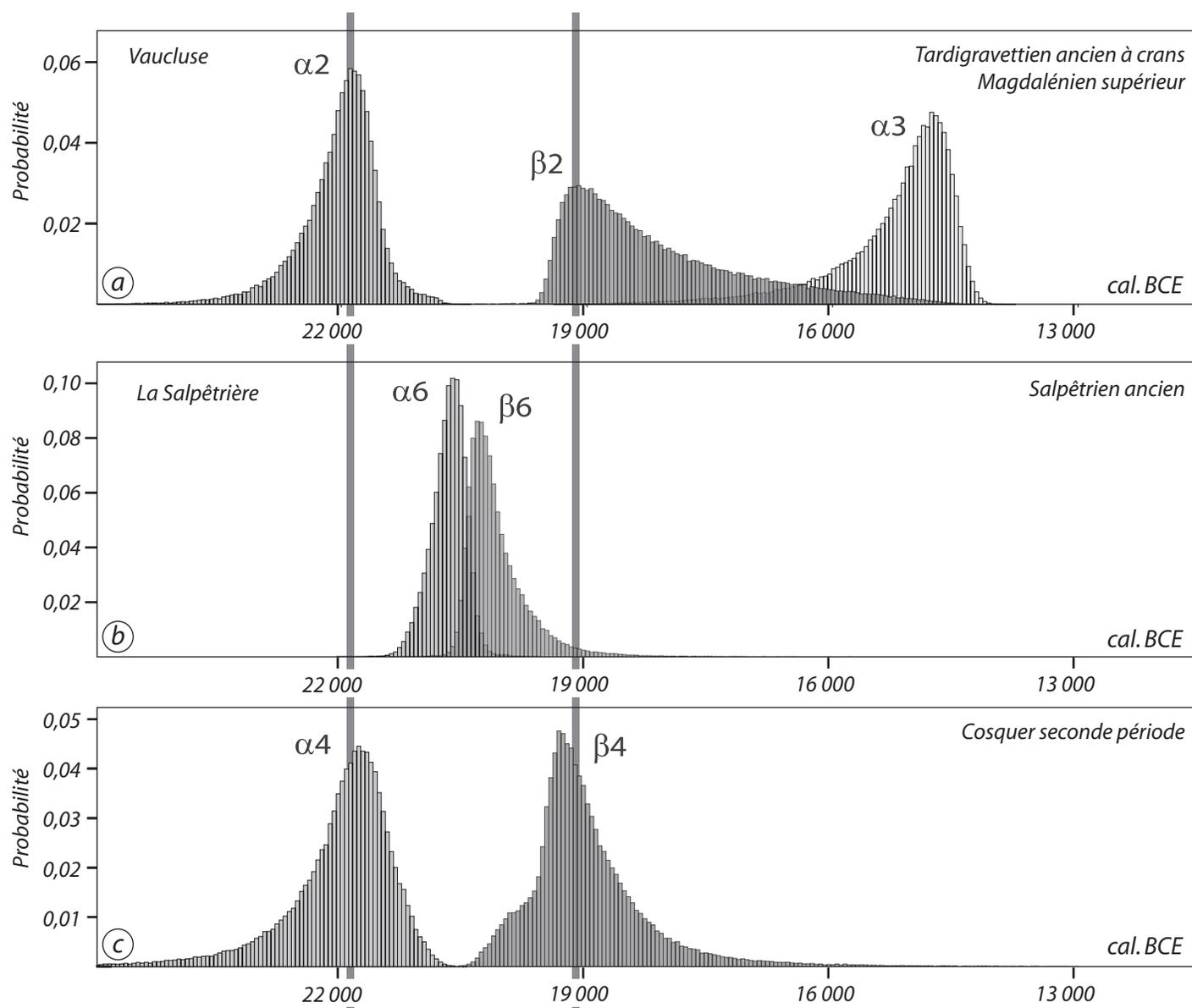
le Tardigravettien ancien à pointes à cran de *Chinchon 1* des premiers complexes industriels à structure magdalénienne (fig. 11). Il pourrait être partiellement comblé par l'épisode à lamelles à dos tronquées *Soubeyras 6* (S6) que les analyses factorielles (fig. 5) conduisent à considérer comme le terme de passage entre la phase tardigravettienne à pointes à cran et la phase magdaléno-azilienne (Livache, 1976 ; Brochier et Livache, 1978). Ces données chronologiques nouvelles montrent que l'homodynamisme maintes fois souligné (Laplace, 1966a ; Livache et Brochier, 2004) entre la série épigravettienne atlantique (phase à retouche plate solutréenne, phase à crans salpêtrienne) et la série tardigravettienne italique (phase à retouche plate puis phase à crans du Tardigravettien ancien) ne s'accomplit pas, de part et d'autre du Rhône, de façon totalement synchrone.

Nous n'avons pas pris en considération dans cette synthèse chronologique les données obtenues à la suite des fouilles de sauvetage de l'*abri du Rouet* à Carry-le-Rouet (Brochier et Livache, 2003) malgré la présence, dans les niveaux les plus anciens du site (9B et Loc1), de pointes à cran (de facture tardigravettienne) et de lamelles à dos tronquées. Le niveau 9B, fouillé dans la partie distale du talus de l'abri, daté de  $12520 \pm 130$  BP (Gif-A 93082) sur un charbon de *Larix decidua* (détermination Michel Thion, IMEP), regroupe très probablement des objets d'âges différents, pour partie en position secondaire, selon un mécanisme décrit par Arnaud Lenoble (2005, p. 182-183). La datation Gif-A 93082 est de toute évidence en relation avec l'événement « mise en place de l'unité sédimentaire » même si un « effet vieux bois » ne peut être écarté ; on ne peut cependant affirmer, avec toute la certitude nécessaire, qu'il en soit de même de tous les objets qu'elle contient. Le contexte sédimentaire du niveau Loc1 est beaucoup plus favorable mais il n'a pas été possible de le dater,



**Fig. 8** – Distributions des probabilités a posteriori des dates calendaires du début et de la fin du Tardigravettien ancien à pointes à face plane des Arene Candide, tel qu'il est défini par Georges Laplace (1964), et du Tardigravettien ancien à pointes à face plane de la couche 5 de la grotte Rainaude 1 dans le Var.

*Distribution of the a posteriori probabilities of the calendar dates from the beginning and the end of the early Tardigravettian with unifacial points from Arene Candide, as defined by Georges Laplace (1964), and the early Tardigravettian with unifacial points from layer 5 from the cave of Rainaude 1 in the Var.*



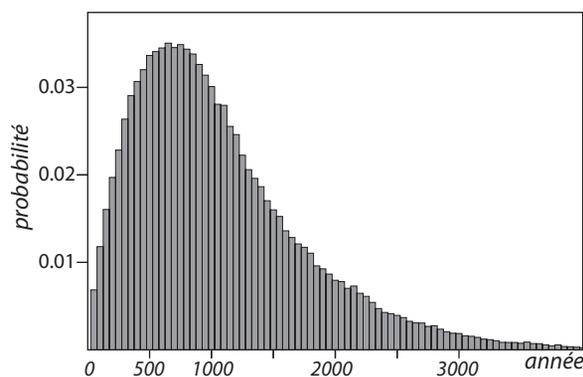
**Fig. 9** – a. Distributions des probabilités a posteriori des dates calendaires du début ( $\alpha_2$ ) et de la fin ( $\beta_2$ ) du Tardigravettien ancien à cran de Chinchon 1 et du début ( $\alpha_3$ ) de la phase magdalénienne ; b. Distributions des probabilités a posteriori des dates calendaires du début ( $\alpha_6$ ) et de la fin ( $\beta_6$ ) du Salpêtrien ancien de La Salpêtrière ; c. Distributions des probabilités a posteriori des dates calendaires du début ( $\alpha_4$ ) et de la fin ( $\beta_4$ ) de la phase récente d'utilisation de la grotte Cosquer. Les deux bandes grises verticales sont centrées sur les modes des distributions de  $\alpha_2$  et  $\beta_2$ .

**a. Distribution of the a posteriori probabilities of the calendar dates from the beginning ( $\alpha_2$ ) and the end ( $\beta_2$ ) of the early shouldered Tardigravettian from Chinchon 1 and from the beginning ( $\alpha_3$ ) of the Magdalenian phase; b. Distribution of the a posteriori probabilities of the calendar dates from the beginning ( $\alpha_6$ ) and the end ( $\beta_6$ ) of the early Salpêtrien from La Salpêtrière; c. Distribution of the a posteriori probabilities of the calendar dates from the beginning ( $\alpha_4$ ) and the end ( $\beta_4$ ) of the recent activity phase in Cosquer Cave. The two grey vertical bands are centred on the distribution modes of  $\alpha_2$  and  $\beta_2$ .**

faute de matériel approprié. Nous savons seulement que sa mise en place est antérieure à  $13820 \pm 120$  BP (Gif-A 93081, date obtenue à partir d'un charbon indéterminé), âge d'un niveau sub-stérile largement sus-jacent. L'indétermination demeure donc quant à l'âge du Tardigravettien à crans de l'abri du Rouet. Un âge comparable à celui du Tardigravettien de Chinchon est une des hypothèses possibles.

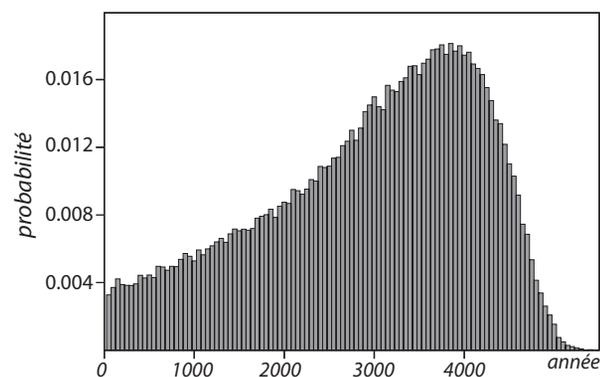
Très rapidement après la découverte de la grotte Cosquer et la datation directe de nombreuses peintures (Clottes *et al.*,

1992, 1997 ; Valladas *et al.*, 2001, 2005), ces dernières ont été reliées aux « cultures » solutréennes ou salpêtriennes (Clottes et Courtin, 1994 ; Onoratini, 1992), deux complexes industriels dont on a jamais observé la moindre trace à l'est du Rhône (Brochier *et al.*, 1993 ; Livache et Brochier, 2003), domaine du Tardigravettien d'affinité italique. Tout ce qui pouvait être remarqué était que l'âge des peintures de la phase récente de la grotte Cosquer (phase 2) trouvait des correspondances dans ceux du Solutréen et du Salpêtrien ancien du Languedoc.



**Fig. 10** – Estimation bayésienne de la durée qui sépare le Tardigravettien ancien à pointes à face plane de Rainaudes 1 du Tardigravettien ancien à cran de Chinchon 1 ( $\theta_1 - \alpha_2$ ).

*Bayesian estimation of the time span separating the early Tardigravettian with unifacial points from Rainaudes 1 from the early shouldered Tardigravettian from Chinchon 1 ( $\theta_1 - \alpha_2$ ).*



**Fig. 11** – Estimation bayésienne de la durée qui sépare le Tardigravettien ancien à cran des premiers complexes industriels à structure magdalénienne ( $\beta_2 - \alpha_3$ ).

*Bayesian estimation of the time span separating the early shouldered Tardigravettian from the first industrial complexes with a Magdalenian structure ( $\beta_2 - \alpha_3$ ).*

**Tabl. III** – Résultats de la calibration bayésienne des déterminations radiocarbone du Paléolithique supérieur récent vaclusien et varois, du Salpêtrien ancien et du Solutréen de la grotte de La Salpêtrière, et des peintures de la phase récente de la grotte Cosquer. Les  $a_j$  et  $\beta_j$  sont les dates calendaires de début et de fin de phase, les  $\theta_i$  les dates calendaires de chaque événement. Les valeurs entre parenthèses correspondent aux déterminations qui apparaissent aberrantes à l'issue du calcul. La colonne HPD 95 % cal. BCE donne les intervalles calendaires BCE dans lesquels les  $a_j$ ,  $\beta_j$  et  $\theta_i$  ont 95 chances sur 100 de se trouver. La colonne mode(s) cal. BCE précise la position de la (ou des) valeur(s) modale(s) de la distribution des probabilités a posteriori des dates calendaires. Courbes de référence : IntCal04 et IntCal09 (Reimer et al., 2004, Reimer et al., 2009).

*Results of the Bayesian calibration of radiocarbon determinations from the recent Upper Palaeolithic in the Vaucluse and Var region, from the early Salpêtrian and Solutrean from the cave of La Salpêtrière and from the recent phase of paintings from Cosquer Cave. The  $a_j$  and  $\beta_j$  are calendar dates from the beginning and the end of each phase, the  $\theta_i$  are calendar dates for each event. The values in brackets correspond to measurements which appear to be outliers after this calculation. The column HPD 95% cal. BCE gives BCE calendar intervals where  $a_j$ ,  $\beta_j$  and  $\theta_i$  have 95 chances out of 100 of falling within this range. The cal. BCE column mode(s) specifies the position of the modal value(s) of the a posteriori probability distribution of the calendar dates. Reference curves: IntCal04 and IntCal09 (Reimer et al., 2004, Reimer et al., 2009).*

|  | HPD 95 %          | mode            |
|--|-------------------|-----------------|
| durée de la phase tardigravettienne à crans [ $\alpha_2 - \beta_2$ ]   | 2 100 – 6 550     | 2 950           |
| durée séparant le tardigravettien ancien à pointes à face plane de Rainaudes 1 de la phase tardigravettienne à crans [ $\theta_1 - \alpha_2$ ] | 50 – 2 450        | 650             |
| durée séparant la phase tardigravettienne à crans de la phase magdalénienne [ $\beta_2 - \alpha_3$ ]   | 400 – 4 800       | 3 850           |
| durée séparant le Solutréen du Salpêtrien ancien [ $\beta_5 - \alpha_6$ ]  | 0 – 620           | 50              |
| durée de l'épisode Salpêtrien ancien [ $\alpha_6 - \beta_6$ ]  | 50 – 1950         | 50              |
| durée de la fréquentation (récente) de la grotte Cosquer [ $\alpha_4 - \beta_4$ ]  | 1300 – 4960       | 2650            |
|  | HPD 95 % cal. BCE | mode            |
| premières structures typologiques magdaléniennes ( $\alpha_3$ ).   | 16 520 – 14 230   | 14 700          |
| bornes de la phase récente de Cosquer  | $\beta_4$         | 20 250 – 17 450 |
|  | $\alpha_4$        | 23 450 – 20 850 |

**Tabl. IV** – Estimations bayésiennes du début, de la fin et de la durée des phases archéologiques.

*Bayesian estimations of the beginning, the end and the duration of the archaeological phases.*

| références laboratoire | référence échantillons              | dates calendaires | IntCal | HPD 95 % cal. BCE | mode cal. BCE     |   |
|------------------------|-------------------------------------|-------------------|--------|-------------------|-------------------|---|
| <b>béta 3</b>          |                                     |                   |        |                   |                   |   |
| Poz 14714              | Grand abri de Venasque – Bn         | théta 9           | 09     | 13 150 – 12 280   | 12 900            | Magdalénien supérieur                         |
| Poz 14715              | Grand abri de Venasque – Cn         | théta 8           | 04     | 14 820 – 13950    | 14 350            |   |
| Ly 5365 SacA 12085     | Chinchon 1 – B1                     | théta 7           | 04     | 14 850 – 14 090   | 14 430            |   |
| Ly 5052 SacA 10990     | Charasse 1 – Cm                     | théta 6           | 04     | 13 750 – 13 090   | 13 350            |   |
| Ly 5053 SacA 10991     | Charasse 1 – Ci                     | théta 5           | 04     | 13 730 – 13 080   | 13 350            |   |
|                        |                                     | <b>alpha 3</b>    |        | 16 520 – 14 230   | 14 700            |   |
|                        |                                     | <b>béta 2</b>     |        | 19 460 – 16 300   | 19 100            | Tardigravettien ancien à crans                |
| Ly 5076 SacA 11040     | Chinchon 1 – 17                     | théta 4           | 09     | 21 940 – 21 120   | 21 600            |   |
| Ly 5079 SacA 11043     | Chinchon 1 – 16a                    | théta 3           | 09     | 20 480 – 19 840   | 20 250            |   |
| Ly 5078 SacA 11042     | Chinchon 1 – C                      | théta 2           | 09     | 19 560 – 18 650   | 19 350            |   |
|                        |                                     | <b>alpha 2</b>    |        | 22 870 – 21 230   | 21 800            |   |
|                        |                                     | <b>béta 1</b>     |        |                   |                   | Tardigravettien ancien à pointes à face plane |
| MC 2335                | Rainaudes 1 – C5                    | théta 1           | 09     | 24 570 – 21 920   | 22 850 / 22 500   |   |
|                        |                                     | <b>alpha 1</b>    |        |                   |                   |   |
|                        |                                     | <b>béta 6</b>     |        | 20 570 – 19 390   | 20 300            |   |
| MC 2168 / MC 2083      | Salpêtrière 6b                      | théta 23          | 09     | 20 890 – 20 130   | 20 500            |   |
| LY 939                 | Salpêtrière 6 Escalon (= 6b Bazile) | théta 24          | 09     | 20 820 – 20 030   | 20 400            |   |
| MC 2084 / MC 2186      | Salpêtrière d Porche est            | théta 25          | 09     | 20 720 – 19 890   | 20 400            |   |
| MC 2167                | Salpêtrière 5                       | théta 26          | 09     | 20 750 – 19 780   | 20 400            |   |
| LY 4443                | Salpêtrière Porche centre 6b        | théta 27          | 09     | 20 850 – 20 200   | 20 500            |   |
| LY 4442                | Salpêtrière Porche centre 5 (n°356) | théta 28          | 09     | 20 610 – 19 890   | 20 350            |   |
|                        |                                     | <b>alpha 6</b>    |        | 21 060 – 20 310   | 20 600            |   |
|                        |                                     | <b>béta 5</b>     |        | 21 320 – 20 420   | 20 850            | Salpêtrien tardisolutréen                     |
| MC 2085                | Salpêtrière i3 porche est           | théta 17          | 09     | (22 260 – 20 530) | (21 200)          |   |
| MC 1370                | Salpêtrière i1 porche est           | théta 18          | 09     | 21 740 – 20 520   | 21 250            |   |
| MC 1372                | Salpêtrière i1 porche est           | théta 19          | 09     | 21 700 – 20 500   | 21 250            |   |
| LY 2050                | Salpêtrière porche est Ci           | théta 20          | 09     | (21 550 – 20 520) | (21 250 / 21 000) |   |
| GIF 6018               | Salpêtrière porche est Ci           | théta 21          | 09     | 21 650 – 20 490   | 21250 / 21 000    |   |
| LY 2051                | Salpêtrière Porche centre 8         | théta 22          | 09     | 21 760 – 20 520   | 21250 / 21 000    |   |
|                        |                                     | <b>alpha 5</b>    |        |                   |                   | Solutréen                                     |
|                        |                                     | <b>béta 4</b>     |        | 20 130 – 17790    | 19 250            |   |
| GIF A 92417            | Cosquer – cheval 1                  | théta 10          | 09     | 21 350 – 20 060   | 20 450            |   |
| GIF A 92492            | Cosquer – bison 1                   | théta 11          | 09     | 20 540 – 19 560   | 20 200            |   |
| GIF A 92418            | Cosquer – félin                     | théta 12          | 09     | 21 520 – 20 410   | 20 700            |   |
| GIF A 95135            | Cosquer – mégacéros 1               | théta 13          | 09     | 21 580 – 20 500   | 21 100 / 20 800   |   |
| GIF A 96075            | Cosquer – signe étoilé              | théta 14          | 09     | 20 190 – 18 910   | 19 450            |   |
| GIF A 98186            | Cosquer – cheval 7                  | théta 15          | 09     | 21 980 – 20 680   | 21 500            |   |
| GIF A 98188            | Cosquer – cerf                      | théta 16          | 09     | 21 790 – 20 280   | 20 750            |   |
|                        |                                     | <b>alpha 4</b>    |        | 23 110 – 20 960   | 21 700            | peintures de la seconde période               |

L'analyse du modèle chronologique complet permet de cerner le laps de temps pendant lequel des chasseurs-cueilleurs ont fréquenté la grotte et de proposer un lien entre complexe industriel et représentations pariétales (tabl. III et IV). Nous constatons que la fréquentation de la grotte *Cosquer* se prolonge sur de très nombreux siècles [HPD 95 % : 1300 – 4960 ans] entre 21700 cal. BCE (valeur modale, [HPD 95 % : 23450 – 20850 cal. BCE]) et 19250 cal. BCE (valeur modale, [HPD 95 % : 20250 – 17450 cal. BCE]). Ce laps de temps correspond précisément à celui dans lequel se développe le Tardigravettien ancien à pointes à cran de *Chinchon 1* (tabl. III, fig. 9). Les probabilités pour qu'une des peintures de la phase 2 de *Cosquer* ait une date calendaire comprise entre les bornes de la phase tardigravettienne sont comprises entre 0,95 et 0,99. La seule exception concerne le Cheval 7 (015) pour lequel la probabilité n'est que de 0,86.

Il semble ainsi plus conforme aux données typologiques, géographiques et chronologiques de relier la grotte peinte et gravée de *Cosquer*, pendant la phase 2, au monde tardigravettien ancien italique qu'au monde épigravettien ancien

atlantique. À ces époques reculées, entre 21700 et 19250 années avant notre ère environ, les témoins d'une présence tardigravettienne sont certes rares, encore mal calés dans la chronologie, mais ils sont dispersés sur l'ensemble de la région provençale, du Vaucluse au littoral, de l'axe rhodanien à la Ligurie.

#### Remerciements

Ce travail n'aurait pu voir le jour sans le soutien du Service Régional de l'Archéologie de la région PACA et du Service Départemental d'Archéologie de Vaucluse qui ont financé les mesures radiocarbone. La lecture attentive et critique de deux rapporteurs anonymes nous a permis d'améliorer la version initiale ; les imperfections qui pourraient subsister restent cependant de mon entière responsabilité. Enfin, je voudrais remercier Caitlin Buck (University of Sheffield), Paula Reimer (Queen's University Belfast) pour leur disponibilité sans faille, ainsi que Sandrine Cabut, statisticienne à l'UMR 7269, pour nos discussions fructueuses et hautement significatives.

## BIBLIOGRAPHIE

#### AMBROSE S.H.

1990: « Preparation and characterization of bone and tooth collagen for isotopic analysis », *Journal of Archaeological Science*, 17(4), p. 431-451.

#### AMORMINO V.

2000: « L'art paléolithique et le carbone 14 », *L'Anthropologie*, 104, p. 373-381.

#### BAHN P.G., VERTUT J.

1997: *Journey through the ice age*, University of California Press, 240 p.

#### BAZILE F.

1980: « Précisions chronologiques sur le Salpêtrien, ses relations avec le Solutréen et le Magdalénien en Languedoc oriental », *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 77(2), p. 50-56.

#### BAZILE F.

1990 : « Le Solutréen et l'Épissolutréen dans le sud-est de la France » in *Les industries à pointes foliacées du Paléolithique supérieur européen*, ERAUL 42, p. 393-423.

#### BAZILE F., BOCCACCIO G.

2007: « Du Solutréen supérieur au Magdalénien en Languedoc rhodanien : ruptures et continuités », *Bulletin de*

*la Société Préhistorique Française*, 104(4), p. 787-796.

#### BAZILE F., BOCCACCIO G.

2008: « Le Salpêtrien ancien : un technocomplexe épissolutréen redéfini », *Gallia Préhistoire*, 50, p. 103-141.

#### BAZILE-ROBERT É.

1979: *Flore et végétation du sud de la France pendant la dernière glaciation d'après l'analyse anthracologique*, Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, 154 p.

#### BAZILE-ROBERT É.

1981: « Le pin pignon (*Pinus pinea*) dans le Würm récent de Provence », *Géobios*, 14(3), p. 395-397.

#### BIETTI A.

1994: « A re-examination of the lithic industries of the P layers (1940-42 excavations) of the Arene Candide cave (Savona, Italy). Discussion and general conclusions », *Quaternaria Nova*, IV, p. 341-370.

#### BOCCACCIO G.

2005: *Les industries lithiques du Solutréen supérieur et du Salpêtrien ancien en Languedoc : ruptures et continuités*

*des traditions techniques*, Université de Provence, Aix-Marseille I, 528 p.

#### BOCHERENS H., DRUCKER D., BILLIOU D., MOUSSA I.

2005: « Une nouvelle approche pour évaluer l'état de conservation de l'os et du collagène pour les mesures isotopiques (datation au radiocarbone, isotopes stables du carbone et de l'azote) », *L'Anthropologie*, 109(3), p. 557-567.

#### BONIFAY E.

1964: « Rapport sur l'étude stratigraphique et géologique du gisement préhistorique de *Chinchon* », in PACCARD M. L'abri n°1 de *Chinchon* (Commune de Saumanes-de-Vaucluse), *Cahiers ligures de Préhistoire et d'Archéologie*, 13, p. 5-10.

#### BONIFAY M.F., LECOURTOIS-DUCGONINAZ A.

1977: « La faune des niveaux inférieurs de l'abri Cornille à Istres (Bouches du Rhône) », in ESCALON de FONTON M. (DIR.), *Congrès Préhistorique de France, XX<sup>e</sup> session, Provence*, Paris, Société Préhistorique Française, p. 228-247

#### BOWMAN S.

1990: *Radiocarbon dating*, London, British Museum Publications, 64 p.

- BROCHIER J.É.**  
1977: *Évolution des climats et des paysages vauclusiens au cours du Würmien récent et du Postglaciaire*, C.N.R.S. éd., 180 p.
- BROCHIER J.É.**  
2004: « Chasses paléolithiques » in BUISSON-CATIL J., GUILCHER A., PAGNI M., HUSSY C. OLIVE M. (DIR.), *Vaucluse préhistorique, le territoire, les hommes, les cultures et les sites*, Barthélemy, p. 103.
- BROCHIER J.É.**  
2008: Plus c'est long, plus c'est large ... mais encore ? Sur quelques caractères métriques des lames de plein débitage. in BROCHIER J.É., GUILCHER A. PAGNI M. (DIR.), *Archéologies de Provence et d'ailleurs. Mélanges offerts à Gaétan Congès et Gérard Sauzade* (volume Hors-Série n°5 du Bulletin Archéologique de Provence), p. 75-86.
- BROCHIER J.É., LIVACHE M.**  
1978: « Le niveau C de l'abri n°1 de Chinchon à Saumane de Vaucluse : analyse des correspondances et ses conséquences quant à l'origine des complexes du Tardiglaciaire en Vaucluse », *Géologie Méditerranéenne*, V(4), p. 359-369.
- BROCHIER J.É., LIVACHE M., SAUZADE G.**  
1993: « De la précipitation à l'incohérence. À propos de l'article de G.Onoratini : « La grotte sous-marine du cap Morgiou (Marseille), premier sanctuaire peint et gravé salpêtrien », *Bulletin de la Société Linnéenne de Provence*, 44, p. 61-64.
- BROCHIER J.É., LIVACHE M.**  
2003: « Les niveaux à crans de l'abri du Rouet (Carry-le-Rouet, Bouches-du-Rhône) et les industries pléni-tardiglaciaires du bassin bas-rhodanien », in LADIER E. (DIR.), *Les pointes à cran dans les industries lithiques du Paléolithique supérieur récent de l'oscillation de Lascaux à l'oscillation de Bölling* (Préhistoire du sud-ouest, supplément 6, Actes de la table-ronde de Montauban), p. 47-66.
- BROCHIER J.É., LIVACHE M.**  
2007: « Le Mas des Taillades à Fontvieille (Bouches-du-Rhône). Sériation des complexes industriels tardigravettiens évolués dans la basse vallée du Rhône », *Rivista di Scienze Preistoriche*, LVII, p. 67-82.
- BUCK C.E., CHRISTEN J.A., KENWORTHY J.B., LITTON C.D.**  
1994: « Estimating the duration of archaeological activity using <sup>14</sup>C determinations », *Oxford Journal of Archaeology*, 13, p. 229-240.
- BUCK C.E., CAVANAGH W.G., LITTON C.D.**  
1996: *Bayesian Approach to Interpreting Archaeological Data* (Statistics in Practice, V. Barnett éd.), Chichester, Wiley & Sons, 382 p.
- BUCK C.E., CHRISTEN J.A., JAMES G.N.**  
1999: « Bcal: an on-line Bayesian radiocarbon calibration tool », *Internet Archaeology*, 7.
- BUCK C.E., HIGHAM T.F.G., LOWE D.J.**  
2003: « Bayesian tools for tephrochronology », *The Holocene*, 13(5), p. 639-647.
- BUCK C.E., BARD É.**  
2007: « A calendar chronology for Pleistocene mammoth and horse extinction in North America based on Bayesian radiocarbon calibration », *Quaternary Science Reviews*, 26(17-18), p. 2031-2035.
- CARDINI L., TASCINI M.**  
1994: « Le industrie dei livelli mesolitici e paleolitici della caverna delle Arene Candide (Savona) », *Quaternaria Nova*, IV, p. 29-78.
- CHRISTEN J.A.**  
1994: « Summarizing a Set of Radiocarbon Determinations: A Robust Approach », *Journal of the Royal Statistical Society, Series C (Applied Statistics)*, 43(3), p. 489-503.
- CLOTTE J., COURTIN J., VALLADAS H., CACHIER N., MERCIER N., ARNOLD M.**  
1992: « La grotte Cosquer datée », *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 89(8), p. 230-234.
- CLOTTE J., COURTIN J.**  
1994: *La grotte Cosquer. Peintures et gravures de la caverne engloutie*, éd. du Seuil, 197 p.
- CLOTTE J., COURTIN J., COLLINA-GIRARD J., ARNOLD M., VALLADAS H.**  
1997: « News from Cosquer cave: climatic studies, recording, sampling, dates », *Antiquity*, 71, p. 321-326.
- CLOTTE J., COURTIN J., VANRELL L.**  
2005: « Nouvelles recherches à la grotte Cosquer (Marseille) », *Munibe*, 57, p. 9-22.
- COMBIER J.**  
1967: *Le Paléolithique de l'Ardèche dans son cadre paléoclimatique*, Bordeaux, éd. Delmas, 462 p.
- COMBIER J.**  
2003: « Pointes à cran du sud-est de la France (du Gravettien au Magdalénien final) », in LADIER E. (DIR.), *Les pointes à cran dans les industries lithiques du Paléolithique supérieur récent de l'oscillation de Lascaux à l'oscillation de Bölling* (Préhistoire du sud-ouest, supplément 6, Actes de la table-ronde de Montauban), p. 129-143.
- CRÉGUT-BONNOURE É., GAGNIÈRE S.**  
1981: « Sur la présence de *Saïga tatarica* (Mammalia, Artiodactyla) dans le dépôt pléistocène supérieur de la grotte de la Salpêtrière à Remoulins (Gard, France) », *Nouvelles Archives du Muséum de Lyon*, 19, p. 37-42.
- CRÉGUT-BONNOURE É., PACCARD M.**  
1997: « La faune à *Saïga tatarica* de Chinchon I (Saumane, Vaucluse) », *Quaternaire*, 8(4), p. 391-407.
- DÉLIBRIAS G., GUILLIER M.T., LABEYRIE J.**  
1974: « Gif natural radiocarbon measurements VIII », *Radiocarbon*, 16(1), p. 15-94.
- DÉLIBRIAS G., ÉVIN J.**  
1980: « Sommaire des datations <sup>14</sup>C concernant la préhistoire en France. II - Dates parues de 1974 à 1978 », *Bulletin de la Société préhistorique française*, 77(7), p. 215-224.
- DURAND N., DESCHAMPS P., BARD É., HAMELIN B., CAMOIN G., THOMAS A.L., HENDERSON G.M., YOKOYAMA Y.**  
2010: « New insights into the radiocarbon calibration based on <sup>14</sup>C and U-Th dating of corals drilled offshore Tahiti (IODP Expedition #310) », *Geophysical Research Abstracts*, 12(EGU2010-12689-1).
- ESCALON DE FONTON M.**  
1964: « Un nouveau faciès du Paléolithique supérieur dans la grotte de la Salpêtrière (Remoulins, Gard) », *Miscelanea en homenaje al abate Henri Breuil*, Barcelona, p. 405-421.
- ESCALON DE FONTON M.**  
1966: « Du Paléolithique supérieur au Mésolithique dans le Midi méditerranéen », *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, LXIII(1), p. 66-180.
- ESCALON DE FONTON M., ONORATINI G.**  
1976: « Les civilisations du Paléolithique supérieur en Provence littorale », in de LUMLEY H. (DIR.), *La Préhistoire Française*, Paris, éd. CNRS, I<sub>2</sub>, p. 1145-1156.
- ÉVIN J., MARIEN G., PACHIAUDI CH.**  
1973: « Lyon natural radiocarbon measurements IV », *Radiocarbon*, 15(3), p. 514-533.
- ÉVIN J., MARIEN G.**  
1974: « Essai de datage par le radiocarbone des couches paléolithiques supérieures du gisement de la Salpêtrière (Gard) », in ESCALON DE FONTON M. (DIR.),

- BROCHIER J.É.**  
1977: *Évolution des climats et des paysages vauclusiens au cours du Würmien récent et du Postglaciaire*, C.N.R.S. éd., 180 p.
- BROCHIER J.É.**  
2004: « Chasses paléolithiques » in BUISSON-CATIL J., GUILCHER A., PAGNI M., HUSSY C. OLIVE M. (DIR.), *Vaucluse préhistorique, le territoire, les hommes, les cultures et les sites*, Barthélemy, p. 103.
- BROCHIER J.É.**  
2008: Plus c'est long, plus c'est large ... mais encore ? Sur quelques caractères métriques des lames de plein débitage. in BROCHIER J.É., GUILCHER A. PAGNI M. (DIR.), *Archéologies de Provence et d'ailleurs. Mélanges offerts à Gaétan Congès et Gérard Sauzade* (volume Hors-Série n°5 du Bulletin Archéologique de Provence), p. 75-86.
- BROCHIER J.É., LIVACHE M.**  
1978: « Le niveau C de l'abri n°1 de Chinchon à Saumane de Vaucluse : analyse des correspondances et ses conséquences quant à l'origine des complexes du Tardiglaciaire en Vaucluse », *Géologie Méditerranéenne*, V(4), p. 359-369.
- BROCHIER J.É., LIVACHE M., SAUZADE G.**  
1993: « De la précipitation à l'incohérence. À propos de l'article de G.Onoratini : « La grotte sous-marine du cap Morgiou (Marseille), premier sanctuaire peint et gravé salpêtrien », *Bulletin de la Société Linnéenne de Provence*, 44, p. 61-64.
- BROCHIER J.É., LIVACHE M.**  
2003: « Les niveaux à crans de l'abri du Rouet (Carry-le-Rouet, Bouches-du-Rhône) et les industries pléni-tardiglaciaires du bassin bas-rhodanien », in LADIER E. (DIR.), *Les pointes à cran dans les industries lithiques du Paléolithique supérieur récent de l'oscillation de Lascaux à l'oscillation de Bölling* (Préhistoire du sud-ouest, supplément 6, Actes de la table-ronde de Montauban), p. 47-66.
- BROCHIER J.É., LIVACHE M.**  
2007: « Le Mas des Taillades à Fontvieille (Bouches-du-Rhône). Sériation des complexes industriels tardigravettiens évolués dans la basse vallée du Rhône », *Rivista di Scienze Preistoriche*, LVII, p. 67-82.
- BUCK C.E., CHRISTEN J.A., KENWORTHY J.B., LITTON C.D.**  
1994: « Estimating the duration of archaeological activity using <sup>14</sup>C determinations », *Oxford Journal of Archaeology*, 13, p. 229-240.
- BUCK C.E., CAVANAGH W.G., LITTON C.D.**  
1996: *Bayesian Approach to Interpreting Archaeological Data* (Statistics in Practice, V. Barnett éd.), Chichester, Wiley & Sons, 382 p.
- BUCK C.E., CHRISTEN J.A., JAMES G.N.**  
1999: « Bcal: an on-line Bayesian radiocarbon calibration tool », *Internet Archaeology*, 7.
- BUCK C.E., HIGHAM T.F.G., LOWE D.J.**  
2003: « Bayesian tools for tephrochronology », *The Holocene*, 13(5), p. 639-647.
- BUCK C.E., BARD É.**  
2007: « A calendar chronology for Pleistocene mammoth and horse extinction in North America based on Bayesian radiocarbon calibration », *Quaternary Science Reviews*, 26(17-18), p. 2031-2035.
- CARDINI L., TASCINI M.**  
1994: « Le industrie dei livelli mesolitici e paleolitici della caverna delle Arene Candide (Savona) », *Quaternaria Nova*, IV, p. 29-78.
- CHRISTEN J.A.**  
1994: « Summarizing a Set of Radiocarbon Determinations: A Robust Approach », *Journal of the Royal Statistical Society, Series C (Applied Statistics)*, 43(3), p. 489-503.
- CLOTTE J., COURTIN J., VALLADAS H., CACHIER N., MERCIER N., ARNOLD M.**  
1992: « La grotte Cosquer datée », *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 89(8), p. 230-234.
- CLOTTE J., COURTIN J.**  
1994: *La grotte Cosquer. Peintures et gravures de la caverne engloutie*, éd. du Seuil, 197 p.
- CLOTTE J., COURTIN J., COLLINA-GIRARD J., ARNOLD M., VALLADAS H.**  
1997: « News from Cosquer cave: climatic studies, recording, sampling, dates », *Antiquity*, 71, p. 321-326.
- CLOTTE J., COURTIN J., VANRELL L.**  
2005: « Nouvelles recherches à la grotte Cosquer (Marseille) », *Munibe*, 57, p. 9-22.
- COMBIER J.**  
1967: *Le Paléolithique de l'Ardèche dans son cadre paléoclimatique*, Bordeaux, éd. Delmas, 462 p.
- COMBIER J.**  
2003: « Pointes à cran du sud-est de la France (du Gravettien au Magdalénien final) », in LADIER E. (DIR.), *Les pointes à cran dans les industries lithiques du Paléolithique supérieur récent de l'oscillation de Lascaux à l'oscillation de Bölling* (Préhistoire du sud-ouest, supplément 6, Actes de la table-ronde de Montauban), p. 129-143.
- CRÉGUT-BONNOURE É., GAGNIÈRE S.**  
1981: « Sur la présence de *Saïga tatarica* (Mammalia, Artiodactyla) dans le dépôt pléistocène supérieur de la grotte de la Salpêtrière à Remoulins (Gard, France) », *Nouvelles Archives du Muséum de Lyon*, 19, p. 37-42.
- CRÉGUT-BONNOURE É., PACCARD M.**  
1997: « La faune à *Saïga tatarica* de Chinchon I (Saumane, Vaucluse) », *Quaternaire*, 8(4), p. 391-407.
- DÉLIBRIAS G., GUILLIER M.T., LABEYRIE J.**  
1974: « Gif natural radiocarbon measurements VIII », *Radiocarbon*, 16(1), p. 15-94.
- DÉLIBRIAS G., ÉVIN J.**  
1980: « Sommaire des datations <sup>14</sup>C concernant la préhistoire en France. II - Dates parues de 1974 à 1978 », *Bulletin de la Société préhistorique française*, 77(7), p. 215-224.
- DURAND N., DESCHAMPS P., BARD É., HAMELIN B., CAMOIN G., THOMAS A.L., HENDERSON G.M., YOKOYAMA Y.**  
2010: « New insights into the radiocarbon calibration based on <sup>14</sup>C and U-Th dating of corals drilled offshore Tahiti (IODP Expedition #310) », *Geophysical Research Abstracts*, 12(EGU2010-12689-1).
- ESCALON DE FONTON M.**  
1964: « Un nouveau faciès du Paléolithique supérieur dans la grotte de la Salpêtrière (Remoulins, Gard) », *Miscelanea en homenaje al abate Henri Breuil*, Barcelona, p. 405-421.
- ESCALON DE FONTON M.**  
1966: « Du Paléolithique supérieur au Mésolithique dans le Midi méditerranéen », *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, LXIII(1), p. 66-180.
- ESCALON DE FONTON M., ONORATINI G.**  
1976: « Les civilisations du Paléolithique supérieur en Provence littorale », in de LUMLEY H. (DIR.), *La Préhistoire Française*, Paris, éd. CNRS, I<sub>2</sub>, p. 1145-1156.
- ÉVIN J., MARIEN G., PACHIAUDI CH.**  
1973: « Lyon natural radiocarbon measurements IV », *Radiocarbon*, 15(3), p. 514-533.
- ÉVIN J., MARIEN G.**  
1974: « Essai de datage par le radiocarbone des couches paléolithiques supérieures du gisement de la Salpêtrière (Gard) », in ESCALON DE FONTON M. (DIR.),

- Congrès Préhistorique de France, XX<sup>e</sup> session, Provence*, Paris, Société Préhistorique Française, p. 248-250.
- ÉVIN J., MARIEN G., PACHIAUDI CH.**  
1976: « Lyon natural radiocarbon measurements VI », *Radiocarbon*, 18, p. 60-88.
- FREUNDLICH J.C., KUPER R., BREUNIG P., BERTRAM H.-G.**  
1989: « Radiocarbon dating of ostrich eggshells », *Radiocarbon*, 31, p. 1030-1034.
- HIGHAM T.**  
1994: « Radiocarbon dating New Zealand prehistory with moa eggshell: Some preliminary results », *Quaternary Science Reviews*, 13(2), p. 163-169.
- HIGHAM T.F.G., JACOBI R.M., BRONK RAMSEY C.**  
2006: « AMS radiocarbon dating of ancient bone using ultrafiltration », *Radiocarbon*, 48, p. 179-195.
- LAPLACE G.**  
1964: « Les subdivisions du Paléolithique italien. Étude de typologie analytique », *Bullettino di Paleontologia Italiana. Nuova serie*, 73, p. 25-63.
- LAPLACE G.**  
1966a: *Recherches sur l'origine et l'évolution des complexes leptolithiques*, Paris, École Française de Rome (coll. Mélanges d'Archéologie et d'Histoire, supplément 4), éd. de Broccard, 586 p.
- LAPLACE G.**  
1966b: « Le Magdalénien du Grand Abri Charasse à Entrechaux (Vaucluse) », *Revista da Faculdade de Letras de Lisboa*, III série, 10, p. 3-30.
- LAPLACE G.**  
1997: « Gravettien, Épigravettien et Tardigravettien », *Rivista di scienze preistoriche*, XLVIII, p. 223-237.
- LEE S., BRONK RAMSEY C.**  
2012: « Development and application of the trapezoidal model for archaeological chronologies », *Radiocarbon* 54(1), p. 107-122.
- LENOBLE A.**  
2005: *Ruissellement et formation des sites préhistoriques. Référentiel actualiste et exemples d'application au fossile*, BAR International Series 1363, 216 p.
- LERMAN J.C.**  
1972: « Carbon 14 dating: origin and correction of isotope fractionation errors in terrestrial living matter », *Proc. 8<sup>th</sup> Int. Conf. Radiocarbon Dating*, New Zealand, p. 612-624 (H16-H28).
- LITTON C.D., BUCK C.E.**  
1995: « The Bayesian approach to the interpretation of archaeological data », *Archaeometry*, 37, p. 1-24.
- LIVACHE M.**  
1976: Les civilisations du Paléolithique supérieur en Haute-Provence et dans le Vaucluse, *La Préhistoire Française*, I<sub>2</sub>, CNRS éd., p. 1157-1162.
- LIVACHE M.**  
2000: « Le continuum évolutif magdaléno-azilien en Vaucluse », *Bulletin Archéologique de Provence*, 29, p. 7-19.
- LIVACHE M., CARRY A.**  
1975: « Le gisement de La Font Pourquière (Lacoste, Vaucluse) et le Tardigravettien ancien », *Origini*, IX, p. 7-62.
- LIVACHE M., BROCHIER J.É.**  
2003: « L'évolution des industries pléni et tardiglaciaires en Provence et dans le bassin bas-rhodanien, lignées et convergences », *Rivista di Scienze Preistoriche*, LIII, p. 37-55.
- LIVACHE M., BROCHIER J.É.**  
2004: « Le Paléolithique supérieur en Vaucluse : aux confins des mondes atlantique et italique, in BUISSON-CATIL J., GUILCHER A., PAGNI M., HUSSY C. OLIVE M. (DIR), *Vaucluse préhistorique, le territoire, les hommes, les cultures et les sites*, éd. Barthélemy, p. 95-110.
- LONG A., HENDERSHOTT R.B., MARTIN P.S.**  
1983: « Radiocarbon dating of fossil eggshell », *Radiocarbon*, 25(2), p. 533-539.
- MACPHAIL R.I., HATHER J., HILLSON S., MAGGI R.**  
1994: « The Upper Pleistocene deposits at Arene Candide: soil micromorphology of some samples from the Cardini 1940-42 excavation », *Quaternaria Nova*, IV, p. 79-100.
- MAGEE J.W., MILLER G.H., SPOONER N.A., QUESTUAUX D.G., MCCULLOCH M.T., CLARK P.A.**  
2009: « Evaluating Quaternary dating methods: radiocarbon, U-series, luminescence and amino acid racemisation dates of a late Pleistocene emu egg », *Quaternary Geochronology*, 4, p. 84-92.
- MARCHAND G., DUPONT C., OBERLIN C., DELQUE-KOLIC E.**  
2007: « Entre "effet réservoir" et "effet de plateau" : la difficile datation du Mésolithique de Bretagne », in CROMBÉ Ph., VAN STRYDONCK M., SERGANT J., BATS M., BOUDIN M. (DIR.), *Chronology and Evolution in the Mesolithic of NW Europe*, Cambridge Scholar Publishing, p. 297-324.
- MAROM A., MCCULLAGH J.S.O., HIGHAM T.F.G., SINITSYN A.A., HEDGES R.E.M.**  
2012: « Single amino acid radiocarbon dating of Upper Paleolithic modern humans », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1116328109.
- ONORATINI G.**  
1992: « La grotte sous-marine du Cap Morgiou (Marseille). Premier sanctuaire peint et gravé salpêtrien », *Bulletin de la Société linnéenne de Provence*, 43, p. 29-34.
- PACCARD M.**  
1959: « Rares harpons en os du Vaucluse », *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 56(1-2), p. 58-60.
- PACCARD M.**  
1961: « L'abri n°1 de Chinchon (commune de Saumanes de Vaucluse) », *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 58(1-2), p. 40-44.
- PACCARD M.**  
1964: « L'abri n°1 de Chinchon (commune de Saumanes, Vaucluse) », *Cahiers Ligures de Préhistoire et d'Archéologie*, 13(1), p. 3-67.
- PACCARD M., DUMAS C.**  
1977: « Nouvelles recherches dans l'abri n°1 de Chinchon à Saumanes (Vaucluse). I - étude archéologique », *Gallia Préhistoire*, 20(1), p. 45-81.
- PALMA DI CESNOLA A.**  
1993: *Il Paleolitico superiore in Italia*, éd. Garlatti & Razzai, 575 p.
- PETTITT P.B., RICHARDS M., MAGGI R., FORMICOLA V.**  
2003: « The Gravettian burial known as the Prince (Il Principe): new evidence for his age and diet », *Antiquity*, 77(295), p. 15-19.
- POULAIN JOSIEN TH.**  
1964: « La faune de l'abri de Chinchon », in *L'abri n°1 de Chinchon (commune de Saumanes, Vaucluse)*, *Cahiers Ligures de Préhistoire et d'Archéologie*, 13(1), p. 64-66.
- REIMER P.J., BAILLIE M.G.L., BARD É., BAYLISS A., WARREN BECK J., BERTRAND C.J.H., BLACKWELL P.G., BUCK C.E., BURR G.S., CUTLER K.B., DAMON P.E., EDWARDS R.L., FAIRBANKS R.G., FRIEDRICH M., GUILDERSON T.P., HOGG A.G., HUGHEN K.A., KROMER B., MCCORMAC G., MANNING S., BRONK RAMSEY C., REIMER R.W., REMMELE S., SOUTHON J.R., STUIVER M.,**

- TALAMO S., TAYLOR F.W., VAN DER PLICHT J., WEYHENMEYER C.E.**  
 2004: « Intcal04 terrestrial radiocarbon age calibration, 0–26 cal kyr BP », *Radiocarbon*, 46(3), p. 1029-1058.
- REIMER P., BAILLIE M., BARD É., BAYLISS A., BECK J.W., BLACKWELL P.G., BRONK RAMSEY C., BUCK C.E., BURR G.S., EDWARDS R.L., FRIEDRICH M., GROOTES P.M., GUILDERSON T.P., HAJDAS I., HEATON T.J., HOGG A.G., HUGHEN K.A., KAISER K.F., KROMER B., McCORMAC F.G., MANNING S.W., REIMER R.W., RICHARDS D.A., SOUTHON J.R., TALAMO S., TURNEY C.S.M., VAN DER PLICHT J., WEYHENMEYER C.E.**  
 2009: « IntCal09 and Marine09 Radiocarbon Age Calibration Curves, 0 - 50,000 Years cal BP », *Radiocarbon*, 51(4), p. 1111-1150.
- RENAULT-MISKOVSKY J., ONORATINI G.**  
 1997: « Les sites du Paléolithique moyen et supérieur dans le sud-est de la France ; préhistoire et environnement, nouvelles données », *Préhistoire Européenne*, 10, p. 91-106.
- SHAKUN J.D., CLARK P.U., HÉ F., MARCOTT S.A., MIX A.C., LIU Z., OTTO-**
- BLIESNER B., SCHMITTNER A., BARD É.**  
 2012: « Global warming preceded by increasing carbon dioxide concentrations during the last deglaciation », *Nature*, 484, p. 49-55.
- SOUTHON J., NORONHA A.L., CHENG H., EDWARDS R.L., WANG Y.**  
 2012: « A high-resolution record of atmospheric <sup>14</sup>C based on Hulu Cave speleothem H82 », *Quaternary Science Reviews*, 33, p. 32-41.
- SONNEVILLE-BORDES DE D.**  
 1962: « Mouvement scientifique, Préhistoire, (compte rendu de lecture de l'abri n°1 de Chinchon par M. Paccard) », *L'Anthropologie*, 66(3-4), p. 344-346.
- SONNEVILLE-BORDES DE D.**  
 1966: « Évolution du Paléolithique supérieur en Europe occidentale et sa signification », *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, LXIII, Études et Travaux 1, p. 3-34.
- VALLADAS H., TISNERAT-LABORDE N., CACHIER H., ARNOLD M., BERNALDO DE QUIROS F., CABRERA-VALDES V., CLOTTES J., COURTIN J., FORTEA-PEREZ J.J., GONZALES-SAINZ C., MOURE-ROMANILLO A.**  
 2001: « Radiocarbon AMS dates for Paleolithic cave paintings », *Radiocarbon*, 43(2), p. 977-986.
- VALLADAS H., TISNERAT N., KALTNECKER E., ARNOLD M.**  
 2005: « Les datations de la grotte Cosquer », in CLOTTES J., COURTIN J., VANRELL L. (DIR.) *Cosquer redécouvert*, éd. du Seuil, p. 56-57.
- WARD G.K., WILSON R.**  
 1978: « Procedures for comparing and combining radiocarbon age determination : a critique », *Archaeometry*, 20(1), p. 19-34.
- YIZHAQ M., MINTZ G., COHEN I., KHALAILY H., WEINER S., BOARETTO E.**  
 2005: « Quality controlled radiocarbon dating of bones and charcoal from the Early Pre-Pottery Neolithic B (PPNB) of Motza (Israel) », *Radiocarbon*, 47(2), p. 193-206.
- ZEIDLER J. A., BUCK C.E., LITTON C.D.**  
 1998: « Integration of Archaeological Phase Information and Radiocarbon Results from the Jama River Valley, Ecuador: a Bayesian Approach », *Latin American Antiquity*, 9(2), p. 160-179.