



HAL
open science

La stratigraphie et la chronologie dans le village de Grand (88, Vosges)

Luc Sanson

► To cite this version:

| Luc Sanson. La stratigraphie et la chronologie dans le village de Grand (88, Vosges). 2022. <hal-03542008>

HAL Id: hal-03542008

<https://hal.science/hal-03542008v1>

Preprint submitted on 25 Jan 2022

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

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



HAL Authorization

La stratigraphie et la chronologie dans le village de Grand (88, Vosges)

discussion méthodologique

- projet professionnel : traitement des données d'un diagnostic archéologique
- Porteur : Luc Sanson, INRAP
- thématique de l'atelier concernée : 1 - méthodes et outils d'enregistrement et de traitement des données de terrain ;

présentation

Luc Sanson

Une opération de diagnostic archéologique a été menée dans le centre du village de Grand (Sanson 2021). C'est une célèbre agglomération de l'Antiquité pourvue d'un amphithéâtre, d'une basilique avec une grande mosaïque, ainsi que d'une enceinte monumentale, probablement dès le Haut-Empire.

Deux sondages ont été réalisés au cours de ce diagnostic, l'un, place de la Fontaine, l'autre, place des Halles, et ils ont livrés de nombreux résultats, échelonnés du Haut-Empire à l'époque Contemporaine.

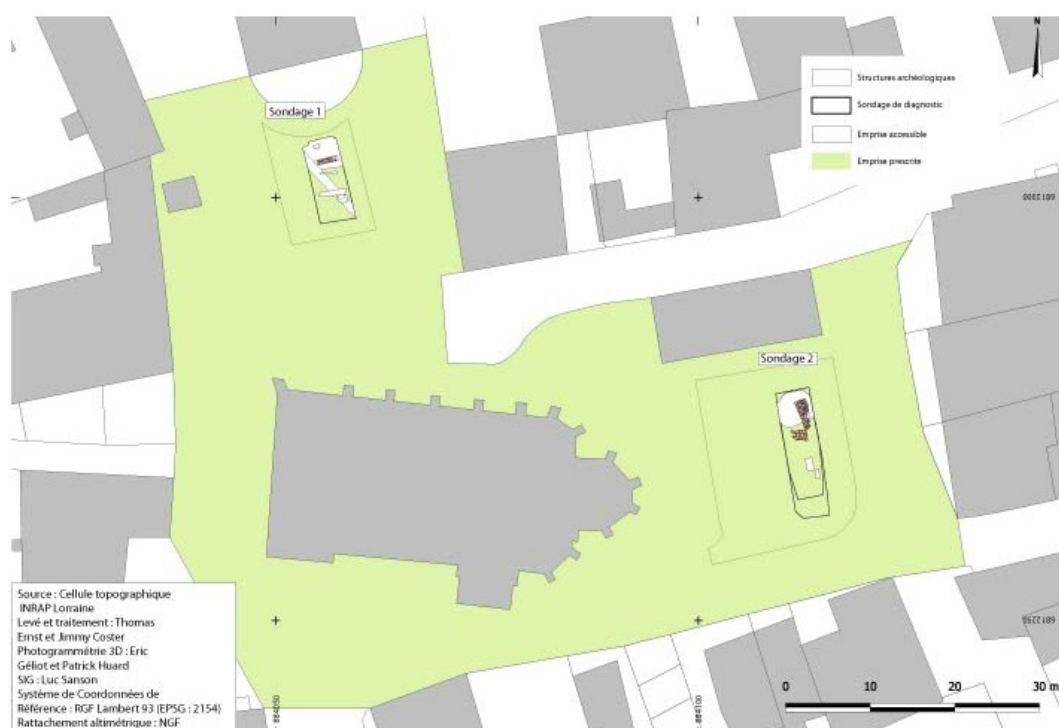


Fig.1 - plan général des sondages, place de la Fontaine et place des Halles, Grand (88)

La stratigraphie est dilatée sur plus de 3 mètres de profondeur, cote à laquelle les engins mécaniques ont atteint le substrat géologique. 87 Unités Stratigraphiques ont été numérotées sur le terrain. Elles ont été mises en phase grâce à l'application excel stratifiant. Le diagramme stratigraphique obtenu nous a d'ailleurs été d'une grande aide pour la rédaction du rapport et l'organisation des paragraphes.

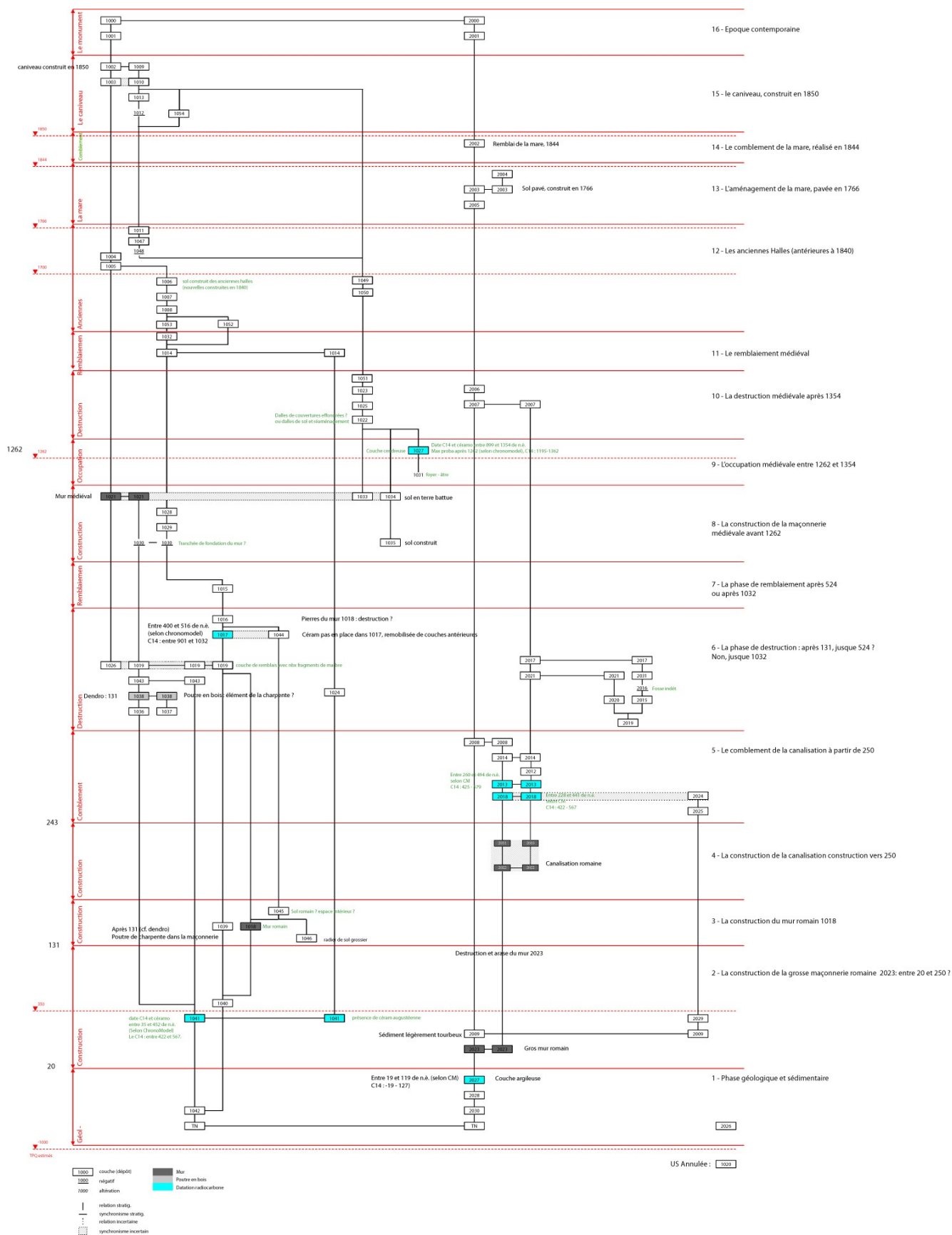


Fig.2 - le diagramme stratigraphique général (stratifiant).

La gestion des informations relatives à la chronologie nous a posé un défi un peu plus particulier.

Les informations chronologiques proviennent de différentes sources. L'étude céramologique, basée sur la typo-chronologie, nous donne une information sur le contexte d'enfouissement des tessons et la date probable de l'artefact. Six datations radiocarbone ont également été entreprises, dans des contextes bien définis. Les 5 graines et le morceau de charbon de bois datés par C14¹ permettent de dater la mort de l'écofact, et donc approximativement, en tenant compte d'une latence, l'enfouissement, avec un intervalle calculé à deux écarts-types, selon la courbe de calibration. Une poutre prélevée dans un niveau a été datée par dendro-chronologie. La date obtenue est un terminus, l'abatage de l'arbre, une date plancher avant laquelle la formation de l'US est impossible. Des informations issues des archives, essentiellement pour les périodes Moderne et Contemporaine, donnent des dates sur des événements bien identifiés en stratigraphie. Enfin, la chronologie relative de la succession des US (les relations stratigraphiques) permet d'obtenir la majeure partie des informations chronologiques.

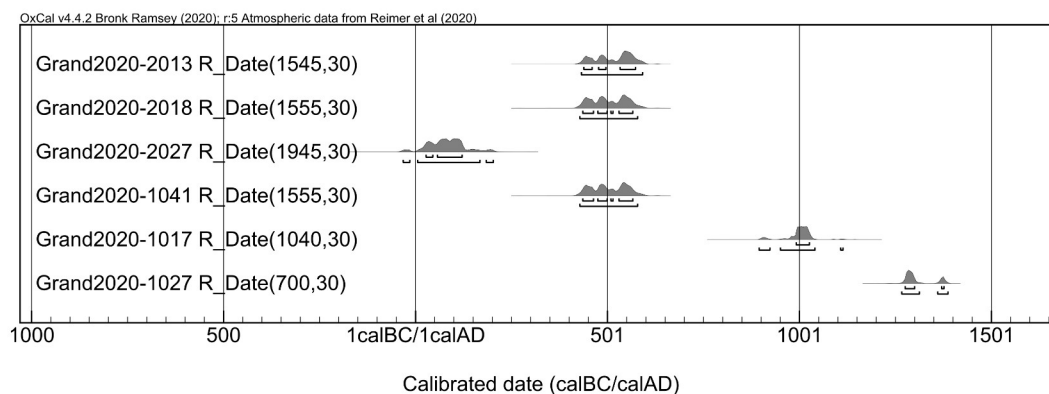


Fig.03 - les résultats radiocarbone.

La modélisation de toutes ces informations (stratigraphiques, typo-chronologie, C14, dendro-chronologie et archives) a été possible de par l'usage des statistiques bayésiennes et du logiciel ChronoModel. Ce logiciel repose sur un modèle d'événements dans lequel les informations chronologiques sont modélisées et tiennent compte des contraintes stratigraphiques. Les événements (ou events), à Grand, sont définis par la formation d'une US. Des bornes (ou boundaries) ont également été définies et contraignent par des dates affirmées le modèle d'événements[2]².

La synthèse de toutes ces données a été réalisée en considérant les sources d'informations chronologiques comme des a priori quant à la pertinence du résultat obtenu. Le modèle interprétatif respecte certaines contraintes observées sur le terrain (les relations stratigraphiques, par exemple, en posant comme hypothèse que la stratigraphie traduit correctement la chronologie).

1 - Datations réalisées par le laboratoire radiocarbone de l'université de Poznan (Pologne).

2 - Par exemple, le pavage de la mare, attesté par les archives en 1766 a été intégré dans le modèle d'événement comme une boundary avant laquelle le comblement de la mare (US 2002) est impossible.

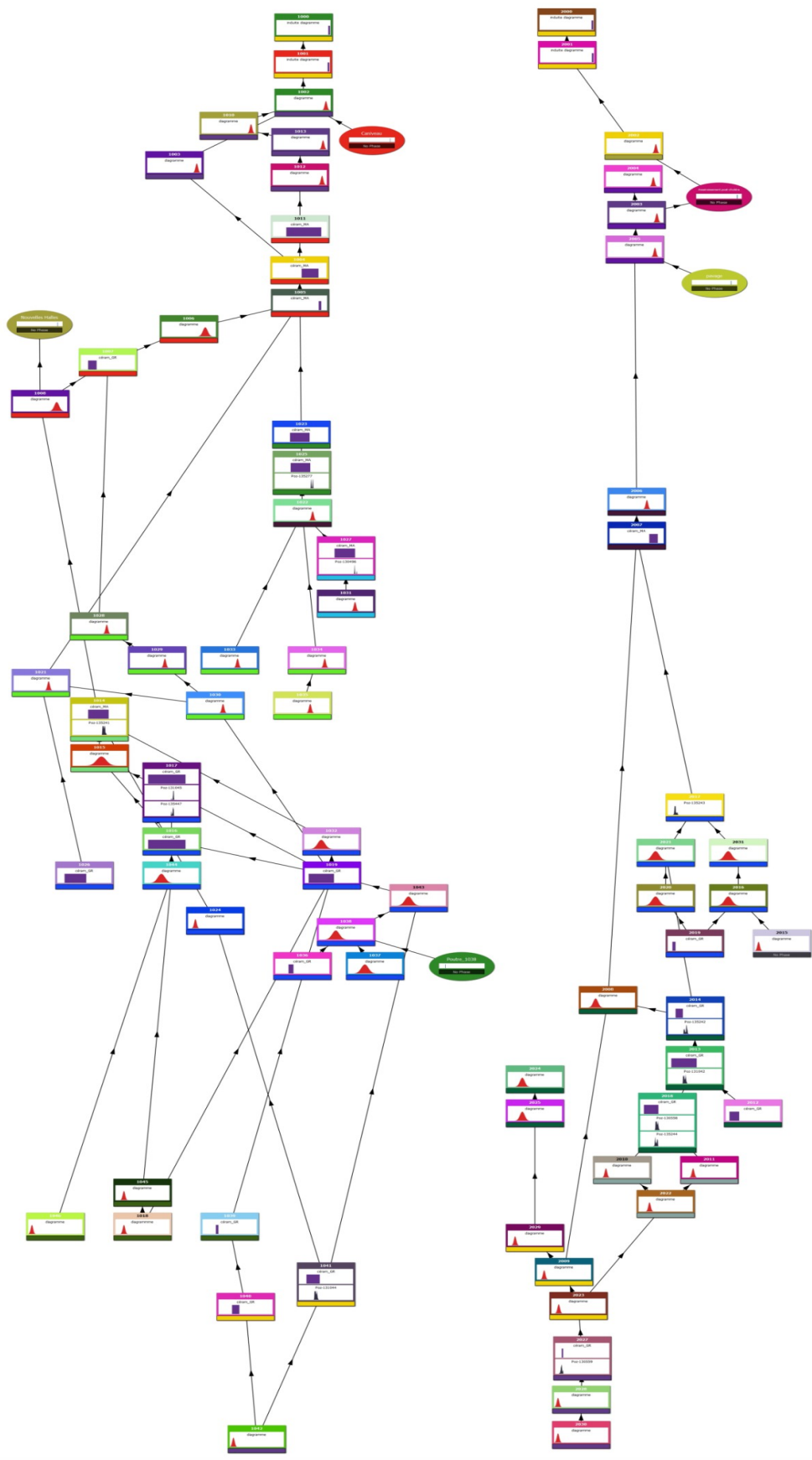


Fig.04 - le modèle d'évènements (restitution des phases issues du diagramme stratigraphique) sous ChronoModel.

Le résultat est fourni en intervalles de probabilités sachant les données de départ. C'est-à-dire à 95%

(deux écarts-types) compris entre 2 dates. Un évènement est donc daté entre X et Y à 95% de probabilité. Il est important également de comprendre que nous avons affaire ici à un résultat présenté sous la forme d'une surface occupée (une densité de probabilité). C'est donc un grand pas en avant, à mon sens, car on raisonne en général avec un intervalle (min-max) "plat". Le résultat des chaînes de calcul a été réalisé avec la méthode de Monte Carlo par Chaîne de Markov, ou MCMC. Le regroupement des US par phases a également été intégré dans la modélisation bayésienne. Les phases sont déterminées par un intervalle de départ (begin) et un intervalle de fin (end), à deux écarts-types (95% de probabilité). Le Phase Time Range, ou étendue, donne un intervalle de durée potentielle de la phase, là encore à deux écart-types.

Il est évident que le modèle réalisé avec ChronoModel est un modèle dont il faut estimer la fiabilité. Il dépend de la qualité des données a priori injectées. L'exemple de Grand est parfait pour cela, la grande diversité des méthodes de datations et l'importance de sa stratigraphie sont des configurations idéales pour l'usage de ChronoModel et des statistiques bayésiennes.

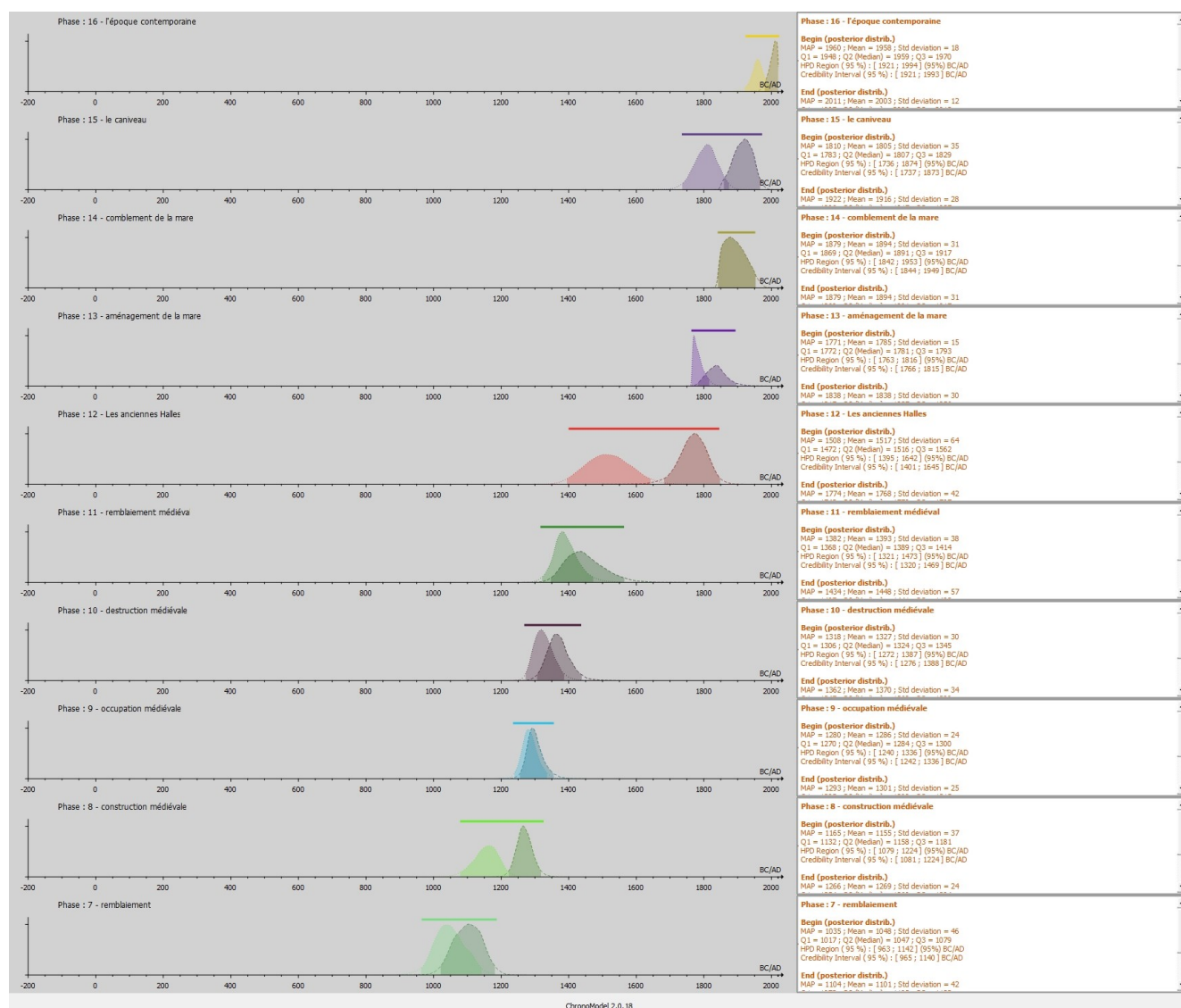


Fig.05 - Résultats des phases, remarquer les successions des courbes de Gauss correspondant à chaque fois au début (begin) et à la fin (end) de chaque phase, ChronoModel.

Après avoir présenté la stratigraphie et les grandes lignes du logiciel ChronoModel, je soumetts une question qui fait actuellement réfléchir l'un des concepteurs de l'application.

En gros comment dater une US pour laquelle on ne dispose que d'informations chronologiques « encadrantes ». Par exemple, une US sans mobilier, sans rien, mais située avant ou après une autre US,

quant à elle, bien datée ?

Pour ces US, je leur ai donc donné une date médiane, et pourvues d'un écart-type assez fort, de manière à ce que la probabilité de datation soit assez large, et dépasse sur les intervalles antérieurs et postérieurs.

Philippe Lanos pense que cette méthode affecte l'intégralité du modèle d'évènements et est donc à éviter. Il m'a dit que la façon correcte de procéder est plutôt d'estimer la date d'une US non datée (événement "requête") à partir des densités de date a posteriori obtenues pour le modèle ne contenant que les seuls Events datés. Il y a dans ChronoModel un moyen d'y arriver en passant par la scène des phases. L'une des solutions à explorer est de considérer la formation de l'US comme une phase en soi. Les bornes de début et de fin, quant à elles, serait également considérées comme des probabilités, et on peut tout à fait imaginer des courbes de gauss spécialement affectées aux bornes. C'est ce que propose déjà ChronoModel avec les phases ; ces dernières ont, à chaque fois un début (begin) et une fin (end) qui peut être représentée en densité de probabilité. Le phasage stratigraphique serait alors du phasage modélisé dans ChronoModel.



Fig.05 -

A la suite de la discussion (cf ci-dessous), il se confirme que la première solution envisagée (définir une médiane et un écart-type assez fort pour les US non datées), n'est pas la bonne. Le modèle mathématique doit être modifié, et Philippe Lanos travaille actuellement sur ce sujet. De plus, suite à la discussion que nous avons eue avec Bruno, il est important de bien distinguer dans le modèle ce qui est une date plancher (céramique, C14, p.ex.), ou une date plafond (comblement de la mare attestée par les archives en telle année p.ex.). Enfin, Bruno s'interroge sur la pertinence d'assimiler une US à un « event » (la clé d'entrée dans le logiciel). Il pense que les « events » étant des instants (non munis d'une durée), la date de début de formation d'une US est un event, sa date de fin de formation en est un autre plus récent, et l'US elle-même inclut ces deux events distincts car elle correspond à la durée (courte ou longue) qui s'étend entre eux. Cela rejoint l'idée de considérer les US comme des « phases » au sens de ChronoModel.

discussion

Présent-e-s lors de la présentation et de la discussion :

Eslem Ben Arous (EBA), François Capron (FC), Pablo Ciezar (PC), Vincent Dargery (VD), Bruno Desachy (BD), Auriale Domont (AD), Sabine Dupuy (SD), Julie Gravier (JG), Léa Hermenault (LH), Anaïs Lamesa (AL), Erwan Matthieu (EM), Véronique Montembault (VM), Ingrid Renault (IR), Emilie Roux-Capron (ERC), Dina Rizk (DR), Kornelia Rozsa (KR), Vanessa Roupert (VR), Luc Sanson (LS), Ségolène Vandeveld (SV)

La discussion a été très nourrie ; les principaux éléments ont été regroupés ci-dessous en 2 points. Elle s'est même prolongée par mails après la séance (3^e point ci-dessous).

1) sur Chronomodel, l'outil bayésien développé sous la direction de Philippe Lanos et utilisé par Luc

AL: quel intérêt d'utiliser ChronoModel?

LS: il permet d'intégrer la stratigraphie pour resserrer les intervalles de datation. Il est en accès libre avec toutes ses composantes sur Github. Il utilise les probabilités bayésiennes qui permettent de raisonner en remontant du résultat aux causes, et pas seulement au niveau du résultat (comme le font les probabilités classiques), d'un phénomène donné, ici la date d'un événement. On peut ainsi introduire des contraintes dans le calcul de probabilités, notamment les relations stratigraphiques. D'autres logiciels pour l'archéologie utilisaient probabilités bayésiennes, notamment OxCal pour la calibration des datations radiocarbone ; mais Chronomodel est plus complet car il peut intégrer toutes les sources de datation, et il donne la priorité aux relations stratigraphiques pour recalibrer des dates. Pour mieux comprendre l'approche bayésienne de façon compréhensible pour des non-matheux, je recommande un article très pédagogique de Thomas Perrin (Perrin 2014) ainsi qu'une video Youtube.

EB : J'ai travaillé avec Anne Philippe avec Chronomodel ; nous l'avons choisi car il permet effectivement une meilleure intégration des relations stratigraphiques qu'Oxcal. Pour raccourcir les intervalles de datation, on a pu utiliser la contrainte stratigraphique dans les deux sens : du bas vers le haut pour contraindre le début des intervalles (une couche au dessus ne peut pas être plus vieille qu'une couche en dessous) , mais aussi de haut en bas pour contraindre la fin des intervalles (la couche en dessous ne peut pas être plus jeune que la couche au dessus).

LS: par rapport au Stratifiant, celui-ci est utile pour débrouiller la stratigraphie et fixer le cadre chronostratigraphique à partir de l'enregistrement (il me semble d'ailleurs que la technique du diagramme stratigraphique se perd un peu aujourd'hui, et c'est dommage), mais ensuite, l'intérêt de la modélisation bayésienne et de ChronoModel est d'avoir des densités de probabilités, qui apportent plus d'information que les intervalles « plats » (indication limitée à « entre telle date et telle date ») donnés par les TPQ et TAQ rentrés dans le stratifiant.

BD : oui, tout à fait : la formalisation utilisée par le stratifiant est une première étape, qui s'appuie sur une pure logique de relations d'ordre et de synchronisme, et qui reflète le raisonnement archéologique de terrain, sans approche probabiliste. Il existe dans le stratifiant une modalité d'incertitude pour les données saisies (relations ou bornes de datation), mais c'est une forme simplifiée de logique modale et non une approche probabiliste. L'avantage de cette formalisation simple c'est qu'elle colle au raisonnement archéologique empirique d'utilisation de la stratigraphie et des TPQ et TAQ (dates plancher et plafond) ; elle est donc compréhensible « de l'intérieur » par les archéologues et elle permet un contrôle de cohérence logique de l'enregistrement et de ce raisonnement. Sa limite, c'est qu'une fois défini des intervalles d'imprécision entre TPQ et TAQ recalés par les relations stratigraphiques, il n'y a aucun moyen de savoir si, à l'intérieur d'un intervalle d'imprécision, une

hypothèse est meilleure qu'une autre. Pour cela il faut effectivement passer à une vraie modélisation probabiliste.

2) sur le questionnement de Luc (datation des unités intermédiaires) ;

BD : je suis d'accord avec Philippe sur l'attribution d'une date médiane pour les US intermédiaires entre deux US datées : ça ne me paraît pas une bonne solution. Je crois que la clé du problème est la notion d'événement (« event ») qui doit être clarifiée par rapport à celle d'unité stratigraphique : « l'évent », dans ChronoModel tel que je l'ai compris, est un instant, un point sur l'axe du temps, attaché à l'objet daté. « L'évent » formé par une datation radiocarbone par exemple est bien un instant, l'instant de décès de l'animal ou du végétal dont l'échantillon daté est un reste. Attention ! l'intervalle de probabilité dans lequel se situe cet instant n'est pas celui de l'US, c'est seulement celui du décès de l'organisme vivant daté. De ce fait, « l'évent » ne peut pas être assimilé à l'unité stratigraphique. En effet l'US est un objet temporel muni d'une durée, entre l'instant de début de sa formation, et l'instant de fin de sa formation. Or « l'évent » de ta datation radiocarbone n'est aucun de ces deux instants ; il constitue seulement une limite au plus ancien pour l'instant de fin de formation. En effet, l'objet daté est venu rejoindre l'US au cours de la durée de formation de l'US ; la date radiocarbone (ou typologique, le principe est le même) de cet objet est donc nécessairement antérieure ou égale (et non pas égale) à l'instant de fin de formation de l'US. La seule chose que l'on peut donc affirmer d'emblée, c'est que l'US n'a pas pu achever de se former avant la borne ancienne de l'intervalle donné par la datation radiocarbone. C'est la notion de « terminus post-quem » (date-plancher), dont les limites d'utilisation sont rappelées dans les publications méthodologiques (par ex. (Giot et Langouët 1984), mais que l'on est souvent tenté de « forcer » un peu car c'est plus sympa de pouvoir situer les couches dans le temps de façon apparemment plus précise... . Mais on ne peut pas affirmer a priori que la fin de l'intervalle de probabilité de la datation radiocarbone constitue la date plafond (« terminus ante quem ») de l'US (la date avant laquelle elle a nécessairement achevé de se former). Il est même possible voire fréquent que l'instant daté (donc tout l'intervalle de probabilité de la datation radiocarbone) soit non seulement antérieur à la fin de la formation de l'US, mais aussi à son début de formation (cela dépend du temps de vie ou de circulation de l'objet, d'éventuels phénomènes de résidualité ou de remaniement...). On ne peut formuler l'hypothèse de l'assimilation de cet intervalle de probabilités à celui de l'instant de fin de formation de la couche que dans certains cas très précis qui doivent être argumentés :

- lorsque la durée qui sépare l'instant daté de l'instant de fin de formation de l'US peut être considéré comme négligeable à l'échelle de temps considérée, par exemple entre le décès de la personne (squelette daté au radiocarbone) et le dépôt dans la sépulture dans le cas d'une inhumation en connexion (à condition qu'il ne s'agisse pas d'une momie réinhumée!) ;

- ou lorsque que c'est la formation de l'US qui est directement datée ; correspondant à ce cas, je ne vois guère que les datations archéomagnétiques de fours in situ qui (l'US concernée étant bien l'unité d'altération thermique due à l'utilisation du four et non pas la paroi elle-même du four, qui est antérieure), ou les datation OSL de lits de sable (formes de sol construits par exemple) restés à l'abri de la lumière ;

Ces cas sont les seuls où la borne récente de l'intervalle donné par la datation de laboratoire donne bien la date plafond de la formation de l'US (la date-plancher étant toujours fournie pas la borne ancienne). Mais ces cas ne sont pas les plus fréquents, et il faut une vraie argumentation archéologique pour les établir ! En pratique, les « vraies » dates plafond sont le plus fréquemment des indications historiques, extrinsèques à la fouille, mais concernant les contextes fouillés (dates historiquement connues de destruction ou d'aménagement...).

Cela a comme conséquence – on arrive là à ta question de datation d'unités stratigraphiquement intermédiaires – qu'on ne peut **pas** appliquer **toutes** les relations stratigraphiques à des « events » (qui ne sont en fait que des limites au plus ancien, et plus rarement au plus récent). La date plancher d'une US constitue aussi une date plancher pour les US postérieures, mais ne constitue **pas** une date plafond

pour les US antérieures ; il faut donc seulement se servir des relations de postériorité de l'US concernée. Réciproquement la date plafond est aussi une date plafond pour les unités antérieures, mais **pas** une date plancher pour les unités postérieures (cela rejoint ce que disait Eslem ci dessus sur les 2 sens d'utilisation de la stratigraphie). Les US pour lesquelles on ne dispose pas de datations les concernant directement (objets datés ou autres) sont donc chronologiquement comprises (plus exactement leur instant de fin de formation est compris) entre la plus récente borne au plus ancien (date-plancher) des unités antérieures, et la plus ancienne borne au plus récent (date plafond) des unités postérieures. On ne peut pas en dire plus (sauf à introduire dans le calcul des paramètres explicites de durée de formation de l'US et/ou de durée de trajectoire des objets datés, ce qui nous emmènerait plus loin, mais est à mon avis possible : cf (Desachy 2016; 2018).

Donc remarque pratique par rapport à l'utilisation que tu as faite du Stratifiant. pour rentrer une date radiocarbone dans le Stratifiant, il faut rentrer la borne ancienne de l'intervalle à 2 écarts-type comme TPQ, mais il ne faut pas indiquer la borne récente comme TAQ (date plafond) (sauf cas particulier évoqué ci-dessus). Concernant Chronomodel, il me semble qu'il faut calculer l'étalement de la densité de probabilité de « l'événement » lié à une datation radiocarbone (cet événement n'étant qu'une limite au plus ancien) sur tout l'intervalle plus large qui contient l'instant de fin de formation de l'US et qui va donc jusqu'à la date plafond. En d'autres termes, ces « événements » sont des « boundaries » et non des US, mais des limites elle-mêmes munies d'une variation probabiliste. Il me semble d'ailleurs que la notion d'US, qui est rappelons-le un objet temporel munie d'une durée (de formation, et même si en pratique les archéologues réduisent trop souvent l'US à un instant) aurait, pour cela et en bonne formalisation, plus à voir avec le concept de « phase » dans Chronomodel.

En tous cas je trouve le travail de Luc, d'essai de et comparaison d'outils de traitement chronologique, extrêmement intéressant et utile. Cela donne à l'archéologue de terrain un rôle actif de « pilote d'essai », passant par une compréhension et une analyse critique des outils, et non pas de simple utilisateur passif de « boîte noire » sur lesquelles on ne se pose pas de question. Je recommande la lecture de son rapport de diag !

3) remarques postérieures à la suite de la discussion

(remarque par courriel P. Ciezar) :

Quelque chose m'a un peu manqué c'est l'évaluation même de la portée de l'échantillon obtenu avec le diagnostic. Deux tranchées relativement distantes dans un contexte stratigraphique aussi complexe peuvent-elles vraiment être mises dans un continuum ? la part des résidualités ne peut-elle pas être masquée/occultée par un assemblage réduit ?

Peut-être ce sont deux questions un peu hors-sujet, mais je m'interroge souvent depuis que j'ai repris le terrain sur la qualité des ramassages de mobilier qu'on réalise parfois dans des conditions limites, sur des surfaces exigües et incomplètes.

(réponse B. Desachy) :

Oui, tout à fait, je pense que tu as raison : la question de l'impact de la résidualité, surtout concernant de relativement faibles quantités de mobilier recueillis, est très importante, et c'est un point à prendre en compte dans les stratis complexes de type urbain ; en fait on sait bien que la majeure partie du mobilier en urbain est frappé de forts risque de remaniement ou de résidualité, car la majeure partie du volume sont des remblais, et non pas des dépôts primaires formant des assemblage mobiliers (relativement) fiables. Quand on en trouve un, de dépôt primaire (latrine, dépotoir...), c'est la fête ! En diag, de plus, il y a moins de matériel recueilli, on a moins la possibilité de raisonner sur les proportions de matériel daté pour détecter la résidualité.

Une date plancher sur du matériel en remblai donc peut-être remanié ou résiduel, reste une date plancher - la date réelle cherchée, celle de formation du remblai (la date de fin de formation du remblai, pour être précis), est de toute façons postérieure ou égale à cette date plancher - mais la date

cherchée risque d'être de beaucoup postérieure. C'est évident bien sûr, mais c'est peu intégré dans les modélisations chrono. Je pense qu'il faut vraiment le faire ; à commencer par clarifier les "boîtes" de ChronoModel, qui expriment des "events" qui ne sont donc pas, dans la majorité des cas (en urbain), des temps de formation d'US, mais des bornes au plus ancien pour ces formations, possiblement beaucoup plus anciennes que ces formations.

(réponse L. Sanson) :

Tout d'abord, Pablo, oui tu as raison, les tranchées sont assez distantes l'une de l'autre et pourtant, j'ai pris le parti de les présenter ensemble. Vu que l'aménageur (la mairie) ne financera jamais une fouille, j'ai pensé que rassembler les résultats des deux tranchées pour mettre en relation les dynamiques communes pouvait être intéressant (mais on peut discuter de ce point, je suis d'accord).

La question de la représentativité du mobilier recueilli est aussi une problématique récurrente. Pour le diag de Grand, on a fait des big-bags de sédiments (en choisissant les US qu'on estimait les plus intéressantes), que j'ai tamisé. C'est sûr que c'est imparfait, mais on moins quand je dis "je n'ai pas trouvé de monnaie", je suis sûr qu'il y en avait pas (sauf si elles passent les mailles). Je te met une photo et aussi un résultat de tamisage sur un fossé Laténien, où le mobilier recueilli au tamisage représente la moitié du matos (donc si on ne se contente que d'une fouille manuelle, on perd 50% du mobilier...)

Bruno, je suis d'accord avec toi aussi, le mobilier qu'on a retrouvé est forcément remanié et résiduel. Il faudrait trouver un système, dans ChronoModel, pour distinguer le mobilier remanié (dans une US de remblai en urbain p.ex.) d'un dépôt primaire (une céramique dans une sépulture p.ex....).

références et liens

Les outils cités :

Chronomodel : <https://github.com/Chronomodel/chronomodel/releases/tag/v2.0.18>

OxCal : <https://c14.arch.ox.ac.uk/oxcal.html>

Le Stratifiant : <https://abp.hypotheses.org/le-programme-bassin-parisien/les-projets/axe-3-systemes-dinformation-et-referentiels-geohistoriques/rct>

bibliographie :

Desachy, Bruno. 2016. « From Observed Successions to Quantified Time: Formalizing the Basic Steps of Chronological Reasoning ». ACTA IMEKO 5 (2): 4-13.
https://doi.org/10.21014/acta_imeko.v5i2.353.

———. 2018. « Chronophage – téléchargement et documentation ». Billet. ArchéoFab - Archéologies du Bassin Parisien (blog). 2018. <https://abp.hypotheses.org/4284>.

Giot, Pierre-Roland, et Loïc Langouët. 1984. La Datation du passé : La mesure du temps en archéologie. Réédition 1992 : 243 p. G.M.P.C.A.

Perrin, Thomas. 2014. « Méthodes Pour l'appréhension Raisonnée d'une Série de Dates Radiocarbone : De l'histogramme Cumulatif à La Modélisation Bayésienne ». In Chronologie de La Préhistoire Récente Dans Le Sud de La France. Acquis 1992-2012. Actualité de La Recherche. Actes Des 10e Rencontres Méridionales de Préhistoire Récente, Porticcio, 18 Au 20 Octobre 2012., 11-22.
https://www.academia.edu/8673105/M%C3%A9thodes_pour_l_appr%C3%A9hension_raisonn%C3%A9e_d_une_s%C3%A9rie_de_dates_radiocarbone_de_l_histogramme_cumulatif_%C3%A0_la_mod%C3%A9lisation_bay%C3%A9sienne.

Sanson, Luc. 2021. « Une importante séquence stratigraphique dans le centre du village de Grand ». Rapport de diagnostic archéologique. Metz: Inrap Grand-Est.
<http://dolia.inrap.fr/flora/ark:/64298/0161932>.