

Projet RDMed

Compte-Rendu de réunion

- **Auteur** : N. Bernigaud
- **Date et lieu** : 27 septembre 2019, CEREGE, Aix-en-Provence (10-16 h00)
- **Présents (10)** : Bernard L. (Univ. de Strasbourg), Bernigaud N. (CEREGE), Bertoncetto F. (CEPAM-CNRS), Bondeau A. (IMBE), Guiot J. (CEREGE), Kirman A. (EHSS), Leveau Ph. (Univ. de Provence), Maughan N. (Univ. Aix-Marseille), S. Olivier (Univ. de Nîmes), Turci M. (CCJ, Aix-en-Provence)
- **Excusés (4)** : Bouby L. (ISEM, Montpellier), Pagnoux Cl. (Ecole Française d'Athènes), Ouriachi M.-J. (Univ. de Nice Sophia-Antipolis), Surmelihindi G. (Univ. de Mayence)

Objet de la réunion : bilan des travaux réalisés, perspectives de recherche pour la seconde année, définir le sujet d'une prochaine réunion plus élargie au printemps 2020.

Déroulement de la journée :

La matinée a été consacrée à l'exposé de travaux en cours de réalisation qui ont suscité de nombreuses questions et commentaires. Durant l'après-midi, la discussion a principalement porté sur la faisabilité d'un projet d'étude socio-environnementale concernant la période moderne avec S. Olivier et N. Maughan notamment. La journée s'est conclue en abordant le thème et de la date d'une prochaine réunion plus importante, qui doit réunir un plus grand nombre de participants au printemps 2020.

PRESENTATION DES TRAVAUX DE LA PREMIERE ANNEE

Après avoir évoqué les principaux objectifs et enjeux du projet, ainsi que ses contraintes de temps et de finances, J. Guiot a rappelé aux participants la remise du rapport de fin de première année du projet en août 2019. Le projet sera évalué par la fondation A*Midex par un ensemble d'indicateurs (nombre de publications cosignées dans des revues interdisciplinaires, engagement des participants,...). Une étude statistique du nombre de présents aux réunions antérieures fait ressortir l'assiduité des collaborateurs issus des différents horizons pluridisciplinaires.

Travaux de modélisation spatiale et multi-agents (N. Bernigaud)

Downscaling et modélisation LPJmL + STICS

N. Bernigaud a présenté les travaux de modélisation paléoclimatiques et agrosystémiques réalisés au cours de la première année : en premier lieu la modélisation de l'évolution du climat à l'échelle de la Provence et du Languedoc pour chaque siècle des 3 derniers millénaires mise en œuvre par downscaling, dans la continuité méthodologique des travaux réalisés par D. Contreras dans un précédent projet. Ces modélisations réalisées avec les logiciels R et Qgis à partir de données paléoclimatiques produites pour tout le bassin méditerranéen (Guiot et Kaniewski 2015) ont permis de produire une série de cartes de type raster (Températures, Précipitations, nébulosité,...) qui ont servi à alimenter le modèle agrosystémique LPJmL développé par A. Bondeau (IMBE). Les premiers résultats de la modélisation LPJmL réalisés pour 2500 BP (VI^e s. av. J.-C.) -caractérisés par une moyenne des températures particulièrement basse pour la région d'étude-, et 2000 BP (I^{er} s. av. J.-C.) -au contraire marqué par une moyenne particulièrement haute-, mettent en évidence que les fluctuations de températures de l'Holocène ont eu un impact très important sur le rendement des cultures. Les premiers résultats montrent en effet que la production potentielle de blés, de pois et de vigne au début du I^{er} s. av. J.-C. est supérieure de plus de 25 % à celle du VI^e s. av. J.-C. Ces importantes variations de

rendements agricoles ont certainement eu un rôle de premier plan dans la trajectoire socio-environnementale des sociétés paysannes entre l'Age du Fer et le début de la période gallo-romaine, qui a de toute évidence bénéficié de conditions climatiques beaucoup plus favorables au développement économique.

Par ailleurs des travaux de modélisation des rendements de la vigne réalisés avec le logiciel STICS développé par l'INRA mettent aussi en évidence une forte augmentation potentielle de la production pendant le Haut-Empire (I^{er}-III^e s. ap. J.-C.).

Si ces premiers travaux se sont efforcés d'évaluer l'impact des variations de températures sur les productions agricoles, J. Guiot a rappelé que l'exercice doit désormais être repris en prenant en compte l'effet des sécheresses, c'est-à-dire des périodes avec des températures relativement hautes pour des quantités de précipitations relativement basses, comme par exemple 2600 BP, 2200 BP ou 1900 BP d'après Guiot et Kaniewski (2015).

Modélisation multi-agents : le modèle ROM-AGRI

Dans un second temps a été présentée une modélisation multi-agents qui simule les variations de production de blé d'une exploitation paysanne de type familial en fonction de différents paramètres sur lesquels les agronomes antiques nous donnent quelques indications (quantité de semence, rendements, etc.). Le modèle ROM-AGRI développé sous NETLOGO permet par exemple de calculer la superficie minimale d'une exploitation agricole antique en fonction du rendement en X/1 qu'elle est capable d'obtenir grâce à la fertilité naturelle du sol ou par des pratiques d'amendements. Entre autres résultats, la simulation démontre qu'une exploitation fondée sur des rendements de 4/1 doit atteindre un minimum de 6 ha de terres emblavées pour commencer à dégager des excédents.

Cette modélisation sera très prochainement enrichie d'une émulation de la modélisation LPJmL mise au point par J. Guiot et adaptée à NETLOGO. Celle-ci permettra de faire varier les rendements en fonction de paramètres climatiques, principalement les fluctuations de températures et de pluviosité saisonnière. Le modèle ROM-AGRI continuera d'être développée dans la seconde année pour d'autres types d'exploitations et de cultures comme par exemple la vigne et l'olivier qui occupaient une place importante dans l'économie agricole de la Narbonnaise à la période gallo-romaine. Cette modélisation de la production agricole doit par ailleurs servir au développement du SMA ModelAnSet développé à Nice par F. Bertoncello et M.-J. Ouriachi.

Modélisation spatiale des vignobles et des zones céréalières pendant l'Antiquité romaine

De premiers essais de modélisation spatiale des zones de productions spécialisées dans la vigne et les céréales en Gaule romaine ont été présentés. Le principe repose sur l'addition de critères (map algebra) jugés favorables à l'implantation des différents types de cultures « spéculatives » (terme critiqué en réunion par Ph. Leveau, car inapproprié à l'Antiquité). La proximité des voies de transports routières et fluviales qui permettent d'exporter les productions, ainsi qu'à une relative proximité des marchés urbains sont considérés comme favorables à ces formes d'agricultures tournées vers des productions commerciales. Des zones tampons (ou buffers) ont été créées sous SIG autour du réseau des fleuves navigables, des grandes routes et des capitales de cité. L'addition des différents rasters obtenus permet de produire une carte des zones proches tout à la fois proches des voies de communication et des agglomérations urbaines. La carte cumulative ainsi produite est ensuite additionnée à des critères environnementaux adaptés à l'implantation de cultures spécifiques, d'après la littérature agronomique antique. Pour la vigne, le critère d'exposition au nord et au sud a été retenu. Pour les céréales, la nature pédologique des sols a en revanche été considérée comme un critère prépondérant, en l'occurrence les luvisols et les fluvisols extraits de la carte pédologique européenne (Eusoils). Une première confrontation de ces cartes « prédictives » avec les données archéologiques et

archéobotaniques montre une bonne concordance, à l'exception de quelques secteurs (Var par exemple). Les premiers résultats s'avèrent encourageants et la méthode pourra être affinée.

Arkeogis (L. Bernard)

L. Bernard a rappelé le fonctionnement et la structure du site de webmapping Arkeogis qui a pour vocation de rassembler dans une interface cartographique les nombreuses bases de données archéologiques et paléoenvironnementales produites par les chercheurs. La mise en ligne des données accessibles à tous, encouragée par l'Europe (directive INSPIRE), commence aujourd'hui à prendre de l'ampleur. L'Institut National de Recherche en Archéologie Préventive (INRAP) travaille actuellement au projet ARIADNE qui met en ligne les opérations d'archéologie préventive en France et à l'étranger. Des bases de données archéologiques de plus en plus nombreuses sont désormais accessibles par Internet, comme par exemple OUTAGR, dédiée à l'outillage agricole de la période gallo-romaine. La mise en ligne des données bioarchéologiques est aussi un projet en cours de développement (BioArcheoDat).

L. Bernard a insisté sur la nécessité de pouvoir rendre accessible en ligne les données mobilisées et analysées dans le cadre du projet RDMed, afin d'assurer la traçabilité et la reproductibilité des analyses. Quelques exemples de bases de données déjà intégrées à Arkeogis et utilisables pour le projet ont été présentées, ainsi que la manière d'effectuer des requêtes sur différents critères (géographiques, chronologiques, type de site, nature du mobilier archéologique...). La discussion a porté sur la recherche de marqueur archéologique de production agricole (outils, silos, greniers, dolia...).

De nouvelles données archéologiques et paléoenvironnementales concernant l'Âge du Fer et la période gallo-romaine seront intégrées dans ArkeoGis durant cette seconde année du projet RDMed à l'échelle de la Provence et du Languedoc. Ce travail sera réalisé par M. Turci dans le cadre d'un contrat post-doctoral de 4 mois (novembre 2019 à février 2020), en collaboration avec N. Bernigaud et L. Bernard.

Reclassification des sols de la cité de Fréjus selon des critères pédologiques antiques (F. Bertoncello)

F. Bertoncello a présenté un travail de classification des sols de la région de Fréjus (Var) selon des critères antiques. Au I^{er} s. ap. J.-C., l'agronome latin Columelle (*De Re Rustica*, II, 2) distinguait par leur fertilité 4 types de sols en fonction de leur texture et de leur réserve en eau (gras et meuble ; gras et ferme ; naturellement arrosé ; sec et dur). Les données pédologiques attachées à la carte actuelle des pédopaysages du Var ont été analysées en collaboration avec le pédologue B. Lacassin (société du canal de Provence) et le géographe D. Fox (Univ. de Nice Sophia-Antipolis), afin de reclasser les sols en fonction de ces catégories définies par Columelle. L'objectif de cette étude est de reconsidérer le potentiel agricole des sols d'un point de vue agronomique antique, afin de discuter de leur utilisation spécifique ou non pour certains types de cultures (vigne, olivier, céréales,...) où comme pâture pour l'élevage. Ces travaux sont destinés à être intégrés à la modélisation multi-agents ModelAnSet qui simule la dynamique de création et d'abandon des exploitations agricoles sur le territoire de l'antique cité de Fréjus.

PERSPECTIVES DE RECHERCHE POUR LA 2EME ANNEE

Agriculture et climat à la période moderne (S. Olivier, N. Maughan)

Lors de la discussion de l'après-midi, S. Olivier a fait part de sa volonté de développer pour la seconde année du projet une recherche concernant la période moderne. Bien que cette période s'inscrive dans le Petit Âge Glaciaire, elle n'en a pas moins été marquée par des épisodes de sécheresses sévères.

L'étude envisagée concernera principalement les XVII^e et XVIII^e siècles, mais pourra être prolongée jusqu'au XIX^e siècle pour lequel on dispose de statistiques agricoles d'enquêtes nationales. Il a toutefois été rappelé que les chiffres de ces enquêtes sont parfois faussés et doivent par conséquent être utilisés avec certaines précautions.

La difficulté d'identifier plus spécifiquement les années de sécheresses a été évoquée. La discussion a notamment porté sur la manière d'orienter les recherches, quels types d'évènements rechercher (processions religieuses ?, mentions d'incendies ?,...) et vers quels fonds d'archives se diriger (rôles des dîmes, cadastres, compoix, etc.). La question de l'adaptation des sociétés modernes aux sécheresses semble plus ardue encore, mais quelques pistes se dessinent dans le domaine de la gestion de l'eau. Les périodes de sécheresses répétées ont certainement eu un rôle dans le développement des structures de stockage de l'eau et des systèmes d'irrigation. Si le dépouillement de nouvelles archives est envisagé, l'étude pourra mobiliser à moindre coût des sources publiées et des travaux universitaires encore inédits. Le Lodévois -étudié par S. Olivier dans sa thèse- sera l'une des régions d'étude retenue (un territoire couvrant une cinquantaine de communes a été évoqué). La participation de N. Maughan au projet laisse aussi ouverte la possibilité de travailler dans la région de Marseille pour laquelle on dispose de séries anciennes de relevés climatiques.

Ce volet d'étude pour la période moderne mettra en œuvre la modélisation LPJmL en collaboration avec A. Bondeau afin de tester l'impact du climat sur les rendements agricoles potentiels à la période moderne.

RESUME DES PRINCIPALES ACTIONS PREVUES POUR LA 2EME ANNEE

- **Récolement et homogénéisation des bases de données archéologiques et bioarchéologique à l'échelle de la Provence et du Languedoc** : M. Turci sera chargé durant son contrat post-doctoral de rassembler et d'homogénéiser les différentes données concernant les établissements ruraux de l'Age du Fer et de la période gallo-romaine ainsi que les données bioarchéologiques (archéobotaniques, archéozoologiques) à l'échelle de la Provence et du Languedoc. Il devra contacter pour s'aider dans cette tâche les différents partenaires du projet, comme par exemple L. Bouby pour les données carpologiques. Les données autorisées à être diffusées seront mises en ligne sur le site de webmapping ArkeoGis géré par L. Bernard.
- **Modélisation des données (bio)archéologiques** : N. Bernigaud réalisera à partir des données (bio)archéologiques des modélisations spatiales et dynamiques sur l'évolution du peuplement et zones cultivées entre l'Age du Fer et la période gallo-romaine, pour les analyser ensuite avec les données paléoclimatiques avec la modélisation LPJmL, en collaboration avec A. Bondeau et J. Guiot.
- **Impact des sécheresses dans le sud de la France à la période moderne** : S. Olivier se charge de rassembler prochainement et de faire rapidement le point sur la documentation historique et les chiffres des statistiques agricoles concernant le Languedoc, de même que N. Maughan pour la Provence. Ce travail sera mené en collaboration avec A. Bondeau pour l'approche modélisatrice LPJmL.
- **Développement et couplage des SMA** : le développement du modèle ModelAnSet sera poursuivi par F. Bertoncetto et M.-J. Ouriachi en collaboration avec N. Bernigaud qui continuera de faire évoluer la modélisation de production agricole ROM-AGRI en intégrant notamment l'émulateur LPJmL développé par J. Guiot. Ce travail devra être réalisé pour les différents types de cultures (céréales, vigne, olivier, légumineuses,...).

THEME DE LA PROCHAINE RENCONTRE RDMED

La journée s'est enfin conclue par une discussion ayant pour objectif de définir le thème d'une prochaine rencontre réunissant un plus grand nombre de participants et qui sera organisée au printemps 2020 (avril-mai). Le sujet pressenti est celui de la modélisation socio-environnementale et de la réponse des agrosystèmes anciens aux changements climatiques. Des spécialistes internationaux seront invités : les noms de D. Contreras, T. Kohler, Ph. Verhagen, R. Axtel ou encore J. Epstein ont été évoqués.