

# L'Optimum Climatique Romain : quel impact sur les sociétés en Gaule méditerranéenne ?



Introduction

Méthodes

Résultats LPJmL

Résultats Netlogo

Résultats croisés

Conclusion

N. Bernigaud<sup>\*1</sup>, A. Bondeau<sup>2</sup>, L. Bernard<sup>3</sup>, F. Bertonecello<sup>4</sup>, Ph. Leveau<sup>5</sup>, D. Isoardi<sup>5</sup>, M.-J. Ouriachi<sup>4</sup>, M. Turci<sup>5</sup>, J. Guiot<sup>1</sup>

Entre le 3<sup>e</sup> s. av. J.-C. et le 3<sup>e</sup> s. ap. J.-C., plusieurs proxies paléoclimatiques témoignent d'un réchauffement climatique qualifié de *Roman Warm Period* (RWP) ou *Roman Climatic Optimum* (RCO).

Quel impact ce réchauffement a-t-il eu sur les sociétés en Gaule méditerranéenne ? A-t-il pu favoriser l'essor des sociétés gauloises puis de l'Empire romain ?

Dans le cadre du projet pluridisciplinaire **RDMed** qui associe archéologues, historiens, paléoclimatologues et agronomes, des modélisations agrosystémiques et multi-agents sont développées pour mesurer l'impact potentiel du changement climatique sur les rendements agricoles et les systèmes de peuplement entre les âges du Fer et la fin de la période gallo-romaine dans le sud de la Gaule.



Centre Camille Jullian

Histoire et archéologie de la Méditerranée et de l'Afrique du Nord de la Protohistoire à la fin de l'Antiquité

Université

de Strasbourg



Cultures Environnements  
Préhistoire-Antiquité-Moyen Âge



# L'Optimum Climatique Romain : quel impact sur les sociétés en Gaule méditerranéenne ?

Introduction

Méthodes

Résultats LPJmL

Résultats Netlogo

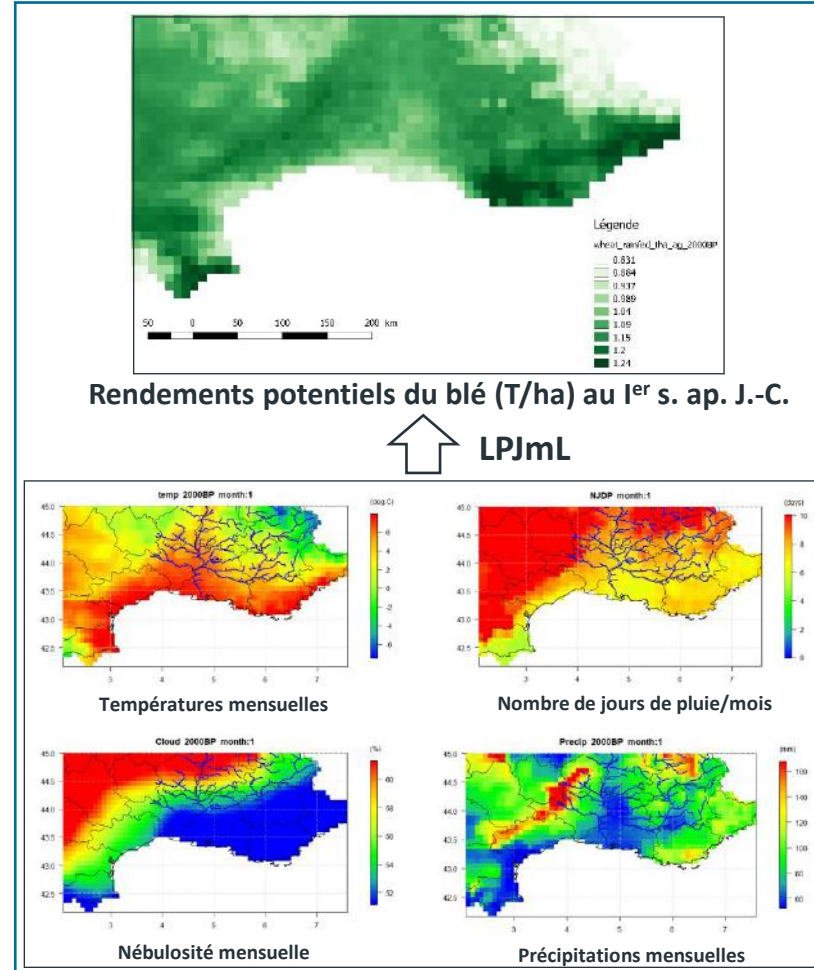
Résultats croisés

Conclusion

## Modélisation agrosystémique LPJmL :

Développée par les agronomes, LPJmL permet de simuler les rendements agricoles potentiels de différentes espèces végétales cultivées en fonction des caractéristiques du climat (températures, précipitations, nébulosité, etc.).

A partir d'une reconstruction paléoclimatique basée sur des données polliniques<sup>1</sup>, des valeurs moyennes de rendements potentiels du blé, de la vigne, de l'olivier et des légumineuses ont été calculées pour chaque siècle entre le 6<sup>e</sup> s. av. J.-C. et le 7<sup>e</sup> s. ap. J.-C.



Rendements potentiels du blé (T/ha) au 1<sup>er</sup> s. ap. J.-C.

↑ LPJmL

## ENTRÉES DU MODÈLE

- Climat mensuel : températures, précipitations, jours de pluie, nébulosité
- Concentration atmosphérique en CO<sup>2</sup>
- Structure du sol
- Occupation du sol

## SORTIES DU MODÈLE

- Rendements (t/ha), production (t), période de croissance
- Cycle du carbone
- Evaporation des sols, transpiration des plantes...

# L'Optimum Climatique Romain : quel impact sur les sociétés en Gaule méditerranéenne ?

Introduction

Méthodes

Résultats LPJmL

Résultats Netlogo

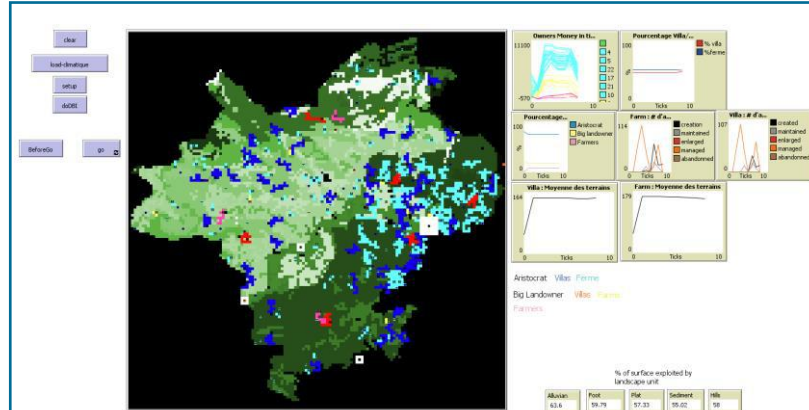
Résultats croisés

Conclusion

## Modélisation multi-agents :

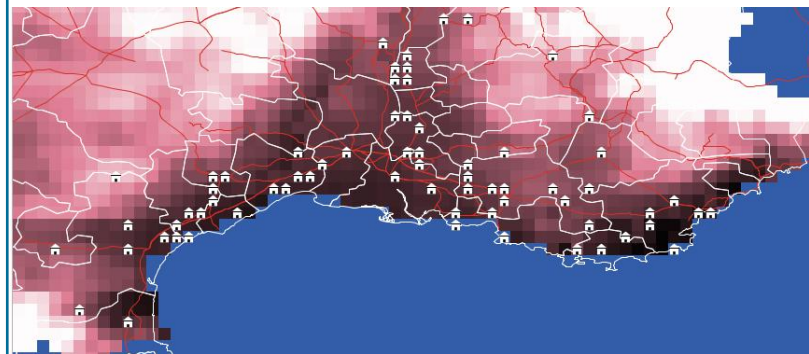
Plusieurs modèles multi-agents sont en cours de développement pour tester l'impact des variations climatiques sur les systèmes de peuplement par le biais des rendements potentiels :

- Différents types d'exploitations agricoles (familiales, rentières, etc.) pourvues d'un ensemble de caractéristiques sont programmés comme agents.
- Les récoltes et les profits des exploitations sont simulés en fonction des superficies exploitées et des rendements potentiels retournés par LPJmL.
- Les exploitations peuvent disparaître si elles n'ont plus la capacité à nourrir leurs exploitants ou à dégager des profits.



Modèle ModelAnSet simulant la dynamique du peuplement en interaction avec l'environnement dans la cité romaine de Fréjus

CEPAM <https://www.cepam.cnrs.fr/projets/autres-projets/modelanset-idx-uca-jedi/>



Modèle NETLOGO simulant la production de vin par des *villae* romaines en fonction des variations du climat. L'emplacement des exploitation viticole est attesté par l'archéologie

## Principales caractéristiques des exploitations programmées comme agents :

- Superficie exploitée (variable selon le type d'exploitation)
- Récolte annuelle (superficie exploitée \* rendement)
- Nombre de personnes vivant dans l'exploitation
- Statut social des exploitants
- Consommation annuelle des exploitants en céréales
- ...

Données archéologiques utilisées accessibles sur Arkeogis

<https://arkeogis.org/>

# L'Optimum Climatique Romain : quel impact sur les sociétés en Gaule méditerranéenne ?



Introduction

Méthodes

Résultats LPJmL

Résultats Netlogo

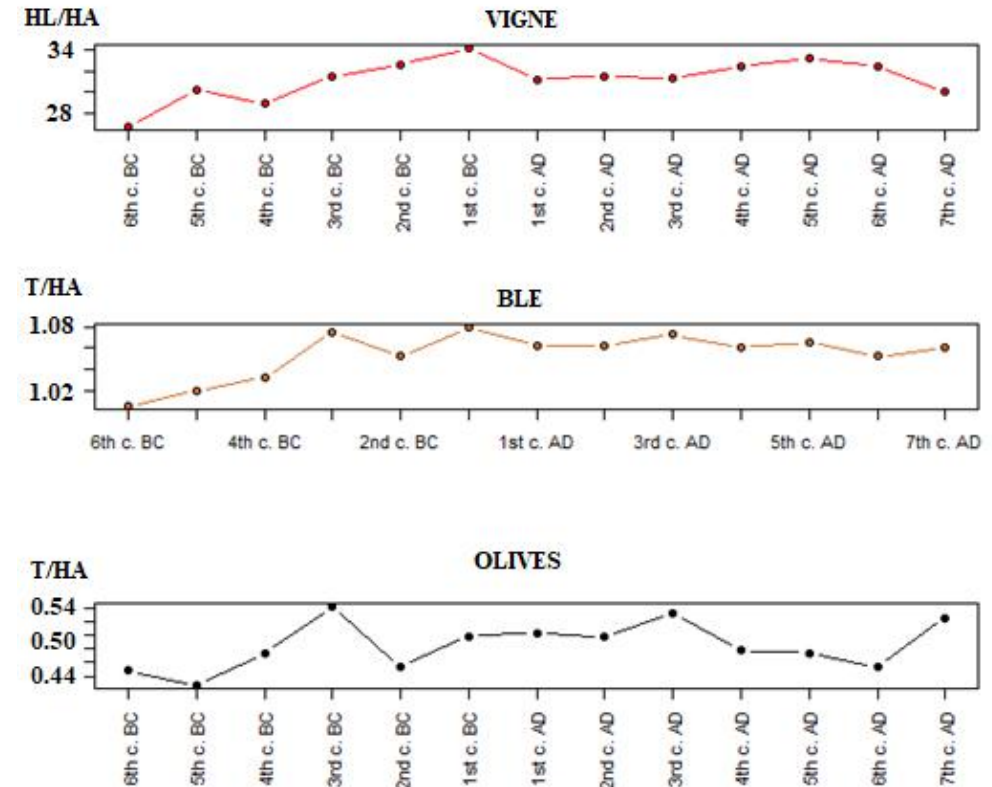
Résultats croisés

Conclusion

## Résultats de LPJmL :

D'après la modélisation agrosystémique réalisée pour chaque siècle entre le 6<sup>e</sup> s. av. J.-C. et le 7<sup>e</sup> s. ap. J.-C., on observe notamment :

- Une augmentation séculaire des moyennes des rendements potentiels de la vigne et du blé depuis le 6<sup>e</sup> s. av. J.-C. (point le plus bas) jusqu'au 1<sup>er</sup> s. av. J.-C. (point le plus haut).
- Après le pic du 1<sup>er</sup> s. av. J.-C. les rendements potentiels de la vigne et du blé diminuent, mais les valeurs de la période romaine restent nettement supérieures à celles de l'âge du Fer.
- La courbe d'évolution des rendements moyens de l'olivier est différente des autres. Les valeurs sont aussi toutefois globalement plus élevées à la période romaine qu'à l'âge du Fer, même si un important pic apparaît au 3<sup>e</sup> s. av. J.-C. comme pour le blé.
- Les dissimilitudes entre les courbes rappellent que les différentes espèces cultivées ne réagissent pas de la même manière au changement climatique.



Évolution des moyennes séculaires des rendements potentiels de la vigne, du blé et de l'olivier entre le 6<sup>e</sup> s. av. J.-C. et le 7<sup>e</sup> s. ap. J.-C. d'après la modélisation LPJmL

# L'Optimum Climatique Romain : quel impact sur les sociétés en Gaule méditerranéenne ?

Introduction

Méthodes

Résultats LPJmL

Résultats Netlogo

Résultats croisés

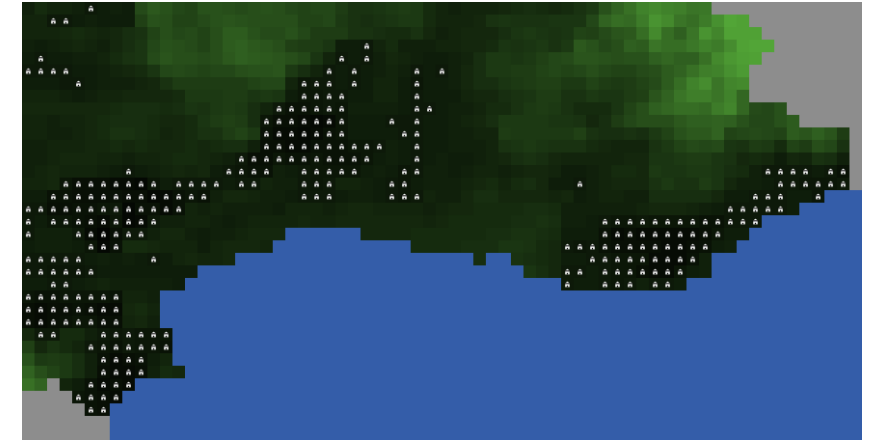
Conclusion

## Tester la sensibilité de l'agriculture de subsistance au changement climatique :

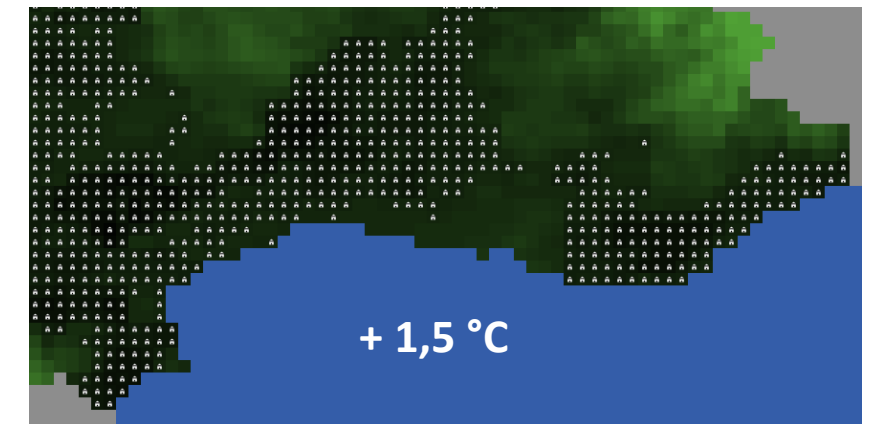
NETLOGO nous permet par exemple de simuler des fluctuations dans la géographie du peuplement en fonction des variations du climat par le biais des rendements en blé.

Dans ce modèle, de petites exploitations familiales théoriques de 5 personnes peuvent mettre en culture à la main 1,3 hectares (paramètres modifiables). Elles pratiquent une agriculture de subsistance et ne peuvent se maintenir en un lieu donné que si les récoltes annuelles sont suffisantes pour nourrir la famille.

Les résultats de la modélisation montrent que ce type d'exploitation aurait pu gagner plus largement du terrain à la faveur des conditions climatiques du 1<sup>er</sup> s. av. J.-C. (en bas) par rapport au 6<sup>e</sup> s. av. J.-C. (en haut) où la moyenne des températures était plus basse de 1,5°C d'après la reconstruction paléoclimatique utilisée.



Simulation de la géographie d'exploitations familiales (points blancs) au 6<sup>e</sup> s. av. J.-C. en fonction des rendements potentiels du blé (en vert)



Simulation de la géographie d'exploitations familiales (points blancs) au 1<sup>er</sup> s. av. J.-C. en fonction des rendements potentiels du blé (en vert)

# L'Optimum Climatique Romain : quel impact sur les sociétés en Gaule méditerranéenne ?

Introduction

Méthodes

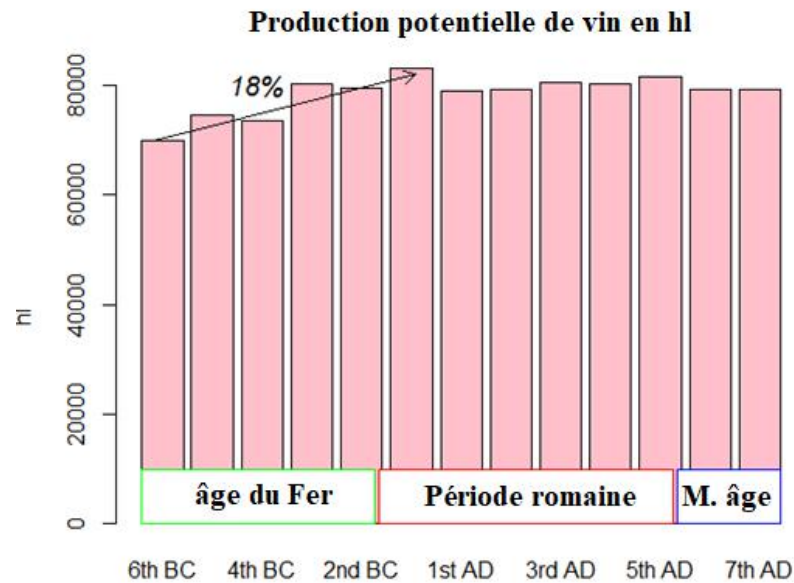
Résultats LPJmL

Résultats Netlogo

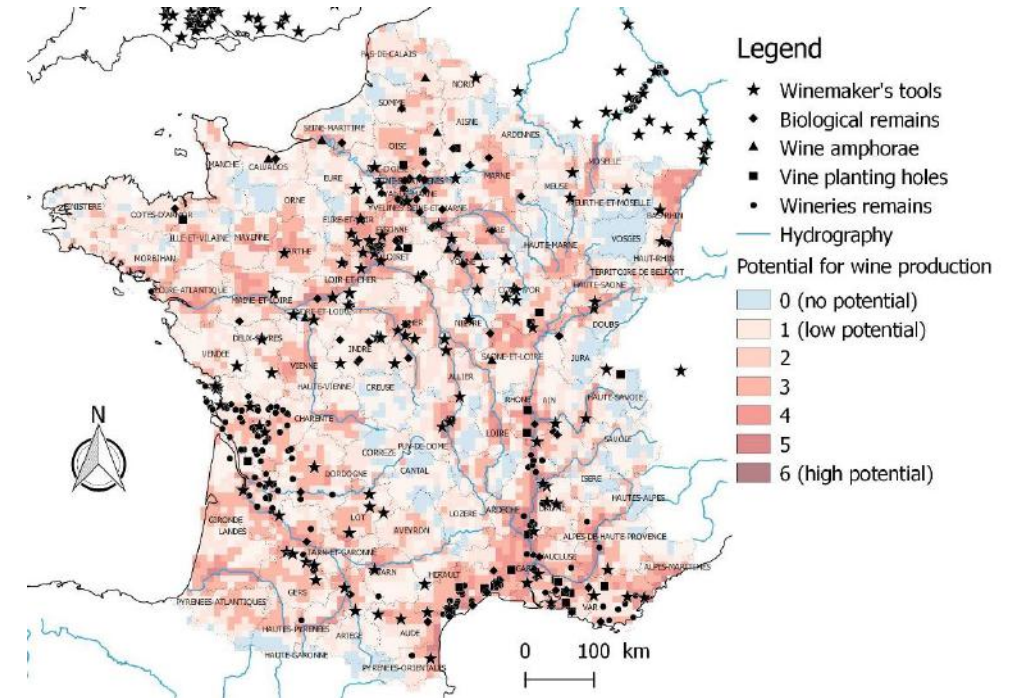
Résultats croisés

Conclusion

## Le réchauffement climatique a favorisé l'essor de la viticulture en Gaule romaine



La production potentielle de vin calculée par le modèle multi-agents à partir des rendements potentiels de LPJmL indique une augmentation de 18 % entre le 6<sup>e</sup> s. av. J.-C. et le 1<sup>er</sup> s. av. J.-C. La production potentielle de l'âge du Fer apparaît nettement inférieure à celle de l'époque romaine. L'augmentation de la production potentielle sous l'effet du réchauffement climatique a certainement abaissé le seuil de rentabilité des exploitations et favorisé le développement de la viticulture en Gaule.



Modèle prédictif de localisation des zones favorables à la viticulture au 1<sup>er</sup> s. ap. J.-C. en fonction du climat, de la proximité aux agglomérations urbaines et aux grands axes de communication. Plus la couleur est rouge foncé, plus le potentiel est élevé. Les découvertes archéologiques concernant la viticulture sont superposées au modèle. Peu de découvertes témoignent à ce jour de la viticulture dans le nord-est de la Gaule, alors que le potentiel y apparaît bon d'après la modélisation (d'après Bernigaud et al. soumis).

# L'Optimum Climatique Romain : quel impact sur les sociétés en Gaule méditerranéenne ?



Introduction

Méthodes

Résultats LPJmL

Résultats Netlogo

Résultats croisés

Conclusion

## Éléments de conclusion :

- D'après les résultats des modélisations multi-agents, l'OCR a pu avoir des effets importants sur la densité et la géographie du peuplement. Le réchauffement climatique a en effet permis d'augmenter les rendements potentiels en blé et de franchir des seuils au-delà desquels de nouveaux terrains jusqu'alors insuffisamment productifs ont pu supporter une agriculture de subsistance, notamment en altitude. Indirectement, le RCO pourrait donc avoir favorisé l'essor démographique constaté par les archéologues dans le sud de la Gaule au 3<sup>e</sup> s. av. J.-C.
- La modélisation LPJmL met en évidence dès le 1<sup>er</sup> s. av. J.-C., une forte augmentation des rendements potentiels de la vigne. Cette augmentation de la productivité potentielle a certainement contribué à l'essor d'une viticulture spéculative bien attestée par l'archéologie en Gaule durant toute la période romaine.
- Si l'OCR a pu générer des effets négatifs par une recrudescence d'évènements climatiques plus extrêmes (tempêtes, inondations...), il semble néanmoins avoir été très favorable à l'agriculture et au développement des sociétés gauloises puis gallo-romaines.
- De nouvelles simulations permettront en fin de projet de tester l'impact du climat sur la démographie de ces populations.