



**HAL**  
open science

**Quelle place pour la céréaliculture en Gaule  
Narbonnaise ? État de la question et nouvelles  
perspectives de la modélisation spatiale,  
agro-écosystémique et multi-agents dans le projet MICA**

Nicolas Bernigaud, Nuria Rovira Buendia, Laurent Bouby, Justine Gomes,  
Alberte Bondeau, Joel Guiot

► **To cite this version:**

Nicolas Bernigaud, Nuria Rovira Buendia, Laurent Bouby, Justine Gomes, Alberte Bondeau, et al..  
Quelle place pour la céréaliculture en Gaule Narbonnaise ? État de la question et nouvelles perspectives  
de la modélisation spatiale, agro-écosystémique et multi-agents dans le projet MICA. XIX CIRCA  
UILLAM. El món dels cereals: producció, distribució i consum, Museu Arqueològic de Banyoles,  
Ajuntament de Banyoles; Grup de Recerca Arqueològica del Pla de l'Estany; Laboratori d'Arqueologia,  
Història Antiga i Prehistòria, Institut de Recerca Històrica, Universitat de Girona; Archéologie des  
sociétés méditerranéennes, Montpellier; Université de Pau et des pays d'Adour. Laboratoire IRAA-  
CNRS, Pau., Nov 2023, Banyoles, Espagne. hal-04335760

**HAL Id: hal-04335760**

**<https://hal.science/hal-04335760>**

Submitted on 11 Dec 2023

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

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



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

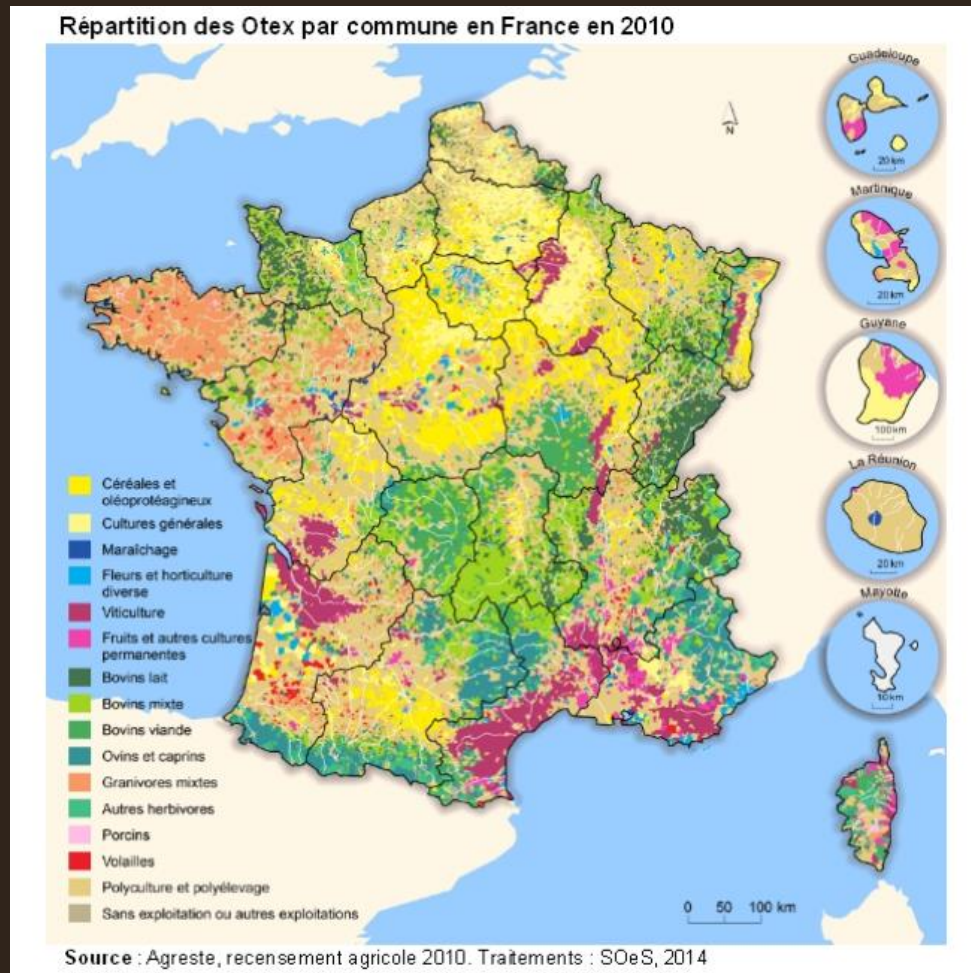
# Quelle place pour la céréaliculture en Gaule Narbonnaise ? État de la question et nouvelles perspectives de la modélisation spatiale, agro-écosystémique et multi-agents dans le projet MICA

Nicolas Bernigaud, Núria Rovira

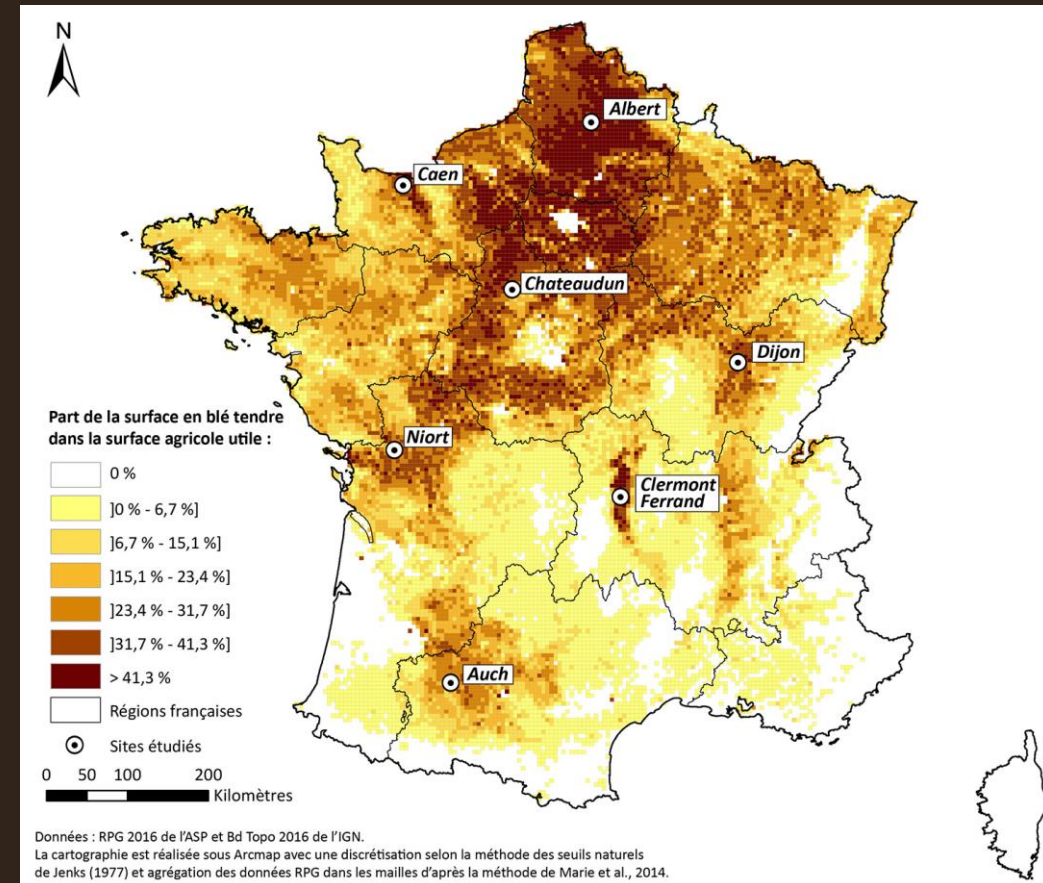
Laurent Bouby, Justine Gomes, Alberte Bondeau, Joël Guiot

CIRCA VILLAM, 16-17 NOV. 2023, BANYOLES

# La céréaliculture aujourd'hui dans le sud de la France



Orientation technico-économique des exploitations



Source: BEAUVAIS et al. 2022

Part de la surface en blé tendre dans la SAU

# Quel impact des changements climatiques sur l'occupation du sol ?

ANR MICA : Modelling  
Interactions between Climate  
change and Agriculture in Ancient  
West

<https://mica.hypotheses.org/>

*Impact des changements climatiques sur  
l'agriculture et le choix des espèces &  
variétés cultivées*

« Au XIX<sup>e</sup> siècle, le Narbonnais est  
essentiellement une terre à blé; la culture  
de la vigne est encore restreinte.

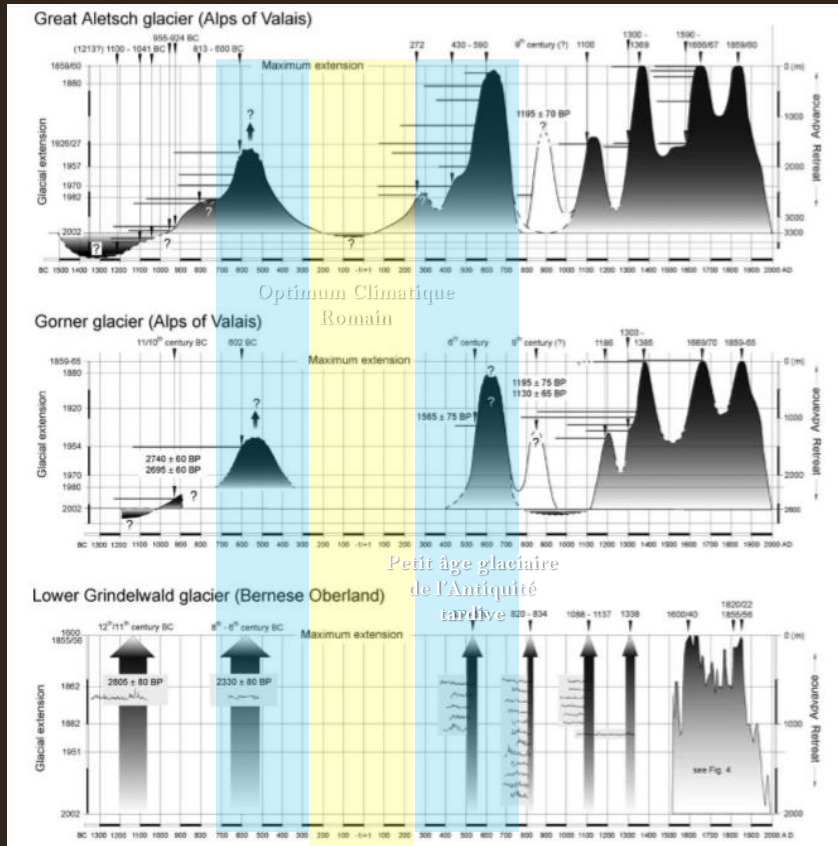
Aux alentours de 1810, la sécheresse du  
climat et la faiblesse des rendements  
aidant, l'agriculture s'oriente vers la  
production vinicole »

NÉGRIER 2001

# Problématiques générales

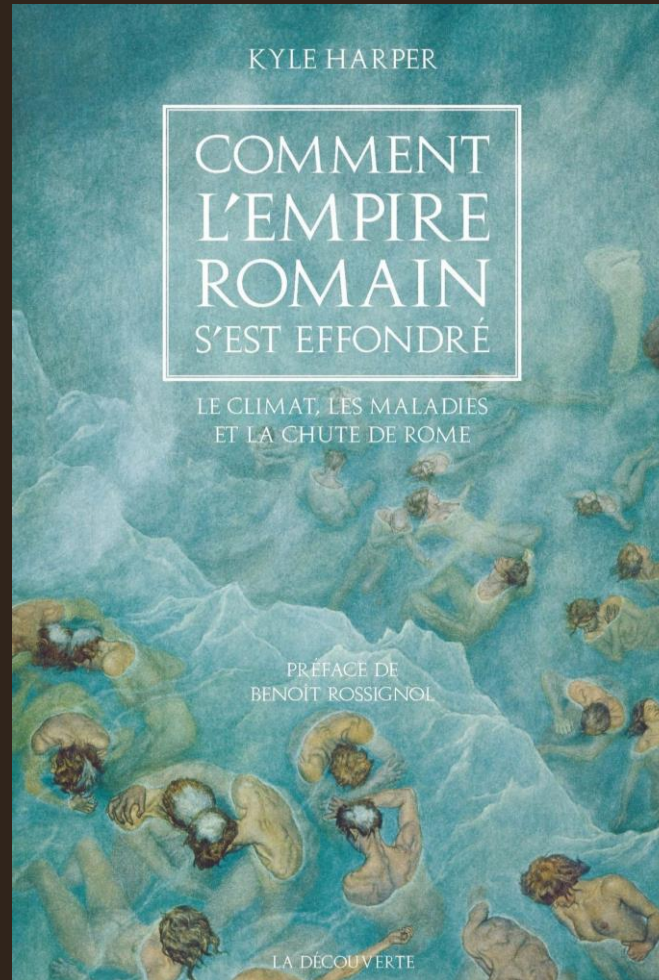
- Quelle géographie et quelle importance de la céréaliculture en Narbonnaise à la période romaine par rapport aux autres productions agricoles ?
- Quel impact potentiel des changements climatiques sur la géographie des cultures ?

# Quel impact des variations climatiques sur les sociétés et l'occupation du sol ?



Age du Bronze | Age du Fer | Empire | Moyen Age | Moderne

Fluctuations des glaciers suisses (d'après Holzhauser 2005)



- Optimum Climatique Romain (II<sup>e</sup> s. av. J.-C.-II<sup>e</sup> s. ap. J.-C.)
- Petit âge glaciaire de l'Antiquité tardive (IV<sup>e</sup>-VI<sup>e</sup> s. ap. J.-C.)

2017

colloque  
**Le TEXTE et la PRATIQUE**  
dialogues pluridisciplinaires  
sur le statut du traité d'agriculture

1<sup>er</sup> > 3 juin 2022 - Lyon

La céréaliculture en Gaule narbonnaise durant  
l'époque romaine : croisement des  
données archéologiques et archéobotaniques

Núria Rovira, Stéphane Mauné, Frédérique Durand, Isabel Figueiral, Laurie Flottes,  
Justine Gomes, Philippe Marinval, Jérôme Ros, Margaux Tillier, Vincenzo Pellegrino,  
Hervé Bohbot et Laurent Bouby



# Les céréales en Narbonnaise à l'âge du Fer

« Après avoir marché quatre jours de suite depuis l'endroit où il avait franchi le Rhône, Hannibal arriva dans une région très peuplée et riche en blé appelée l'Ile et qui doit son nom au fait qu'elle se trouve à un confluent.

*Bordée par le Rhône d'un côté et de l'autre par l'Isère »*



Champ de dolia, oppidum d'Ensérune

**Polybe, II, 49**

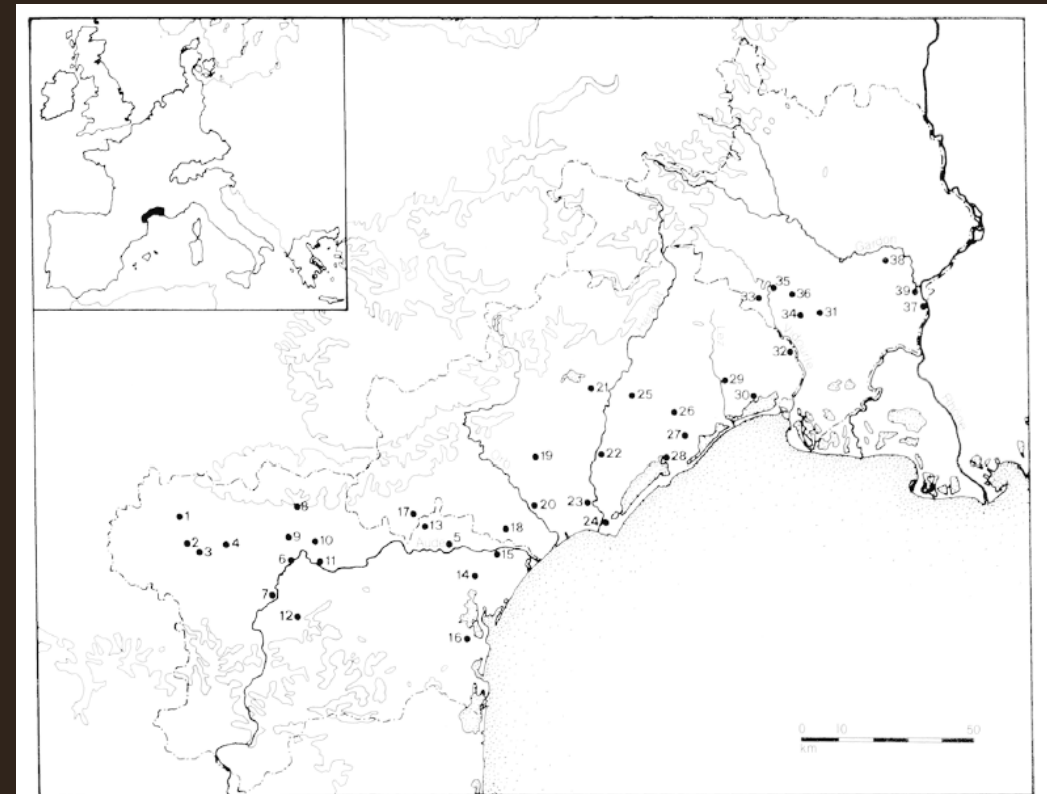


FIG. 1. -- Carte de répartition des sites étudiés : 1, Castelnaudary; 2, Mireval; 3, Villasavary; 4, Bram; 5, Ventenac; 6, Carcassonne; 7, Rouffiac et Pomas; 8, Lastours; 9, Villegailhenc; 10, Malves; 11, Trèbes; 12, Laderon-sur-Lauquet; 13, Mailhac; 14, Narbonne; 15, Salles-d'Aude; 16, Sigean; 17, Aignes; 18, Nissan-les-Ensérune; 19, Magalas; 20, Béziers; 21, Clermont-l'Hérault; 22, Aumes; 23, Bessan; 24, Agde; 25, Saint-Bauzille-de-la-Sylve; 26, Pignan; 27, Fabrègues; 28, Balaruc-le-Vieux; 29, Castelnaud-le-lez; 30, Etang de Mauguio; 31, Nages; 32, Villetelle; 33, Gailhan; 34, Calvisson; 35, Vic-le-Fesc; 36, Montpezat; 37, Beaucaire; 38, Saint-Bonnet-du-Gard; 39, Comps.

Localisation des structures de silos et *dolia* à l'âge du Fer en Languedoc (d'après Garcia 1987)



# Une place secondaire pour la céréaliculture dans l'économie domaniale de Narbonnaise ?

« Si vous me demandez quel est le meilleur domaine, je vous répondrai : sur un domaine de cent arpents et bien situé, la **vigne** est la meilleure récolte (1), si elle est productive : je place ensuite un **potager** arrosable (2) ; au troisième rang, une **oseraie** (3) ; au quatrième, l'**olivier** (4) ; au cinquième, une **prairie** (5) ; au sixième, les **céréales** (6) ; au septième, un **taillis** ; puis un **verger** (7), et enfin une **forêt** de chênes (8). »

Caton, *De re rustica*, I

« Dans toute la Narbonnaise, en effet, les productions du sol sont identiquement les mêmes qu'en Italie, tandis qu'en avançant vers le nord et dans la direction du mont Cemmène on ne rencontre déjà plus de plantations d'oliviers ni de figuiers ; les autres cultures, il est vrai, continuent de prospérer, mais, pour peu qu'on avance encore dans la même direction, on voit la vigne, à son tour, ne plus réussir qu'avec peine.

En revanche, tout le reste de la Gaule produit du blé et en grande quantité, ainsi que du millet, du gland et du bétail de toute espèce, le sol n'y demeurant nulle part inactif, si ce n'est dans les parties où les marécages et les bois ont absolument interdit toute culture ».

Strabon IV, 1

# Une place secondaire pour la céréaliculture dans l'économie domaniale de Narbonnaise ?

*« Durant l'Antiquité, les céréales constituaient la production principale des exploitations agricoles mais d'un point de vue archéologique, les vestiges les plus aisément repérables sont ceux de la production de l'huile et du vin.*

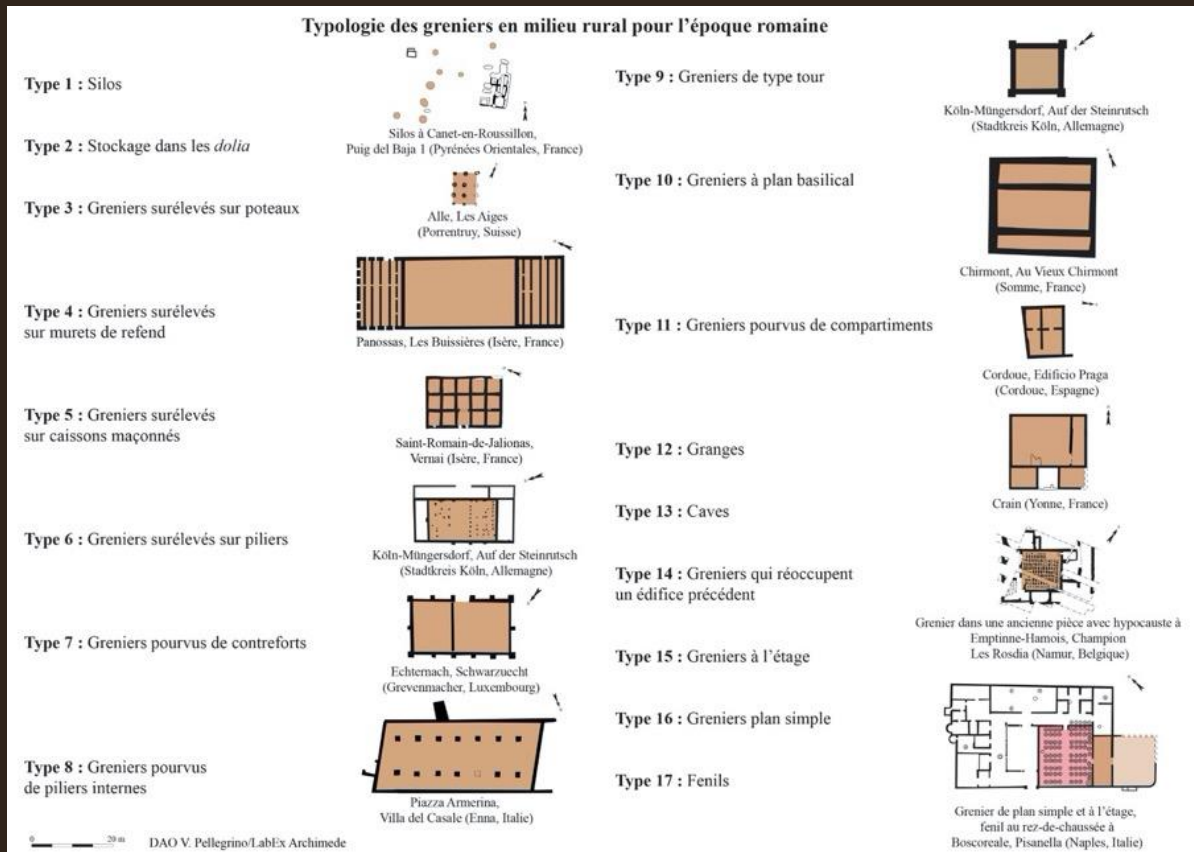
*C'est que les blés n'ont guère besoin d'installations bâties pour être préparés et stockés à l'exception des greniers souvent détruits par le temps alors que les olives et le raisin nécessitent des moulins, des fouloirs, des pressoirs et des entrepôts qui laissent des vestiges presque indestructibles sous forme de meules et de blocs de pierre caractéristiques, de massifs de béton de tuileau, de cuves enterrées et de grandes jarres, les dolia. »*

Cours n°5 de J.-P. BRUN 2022

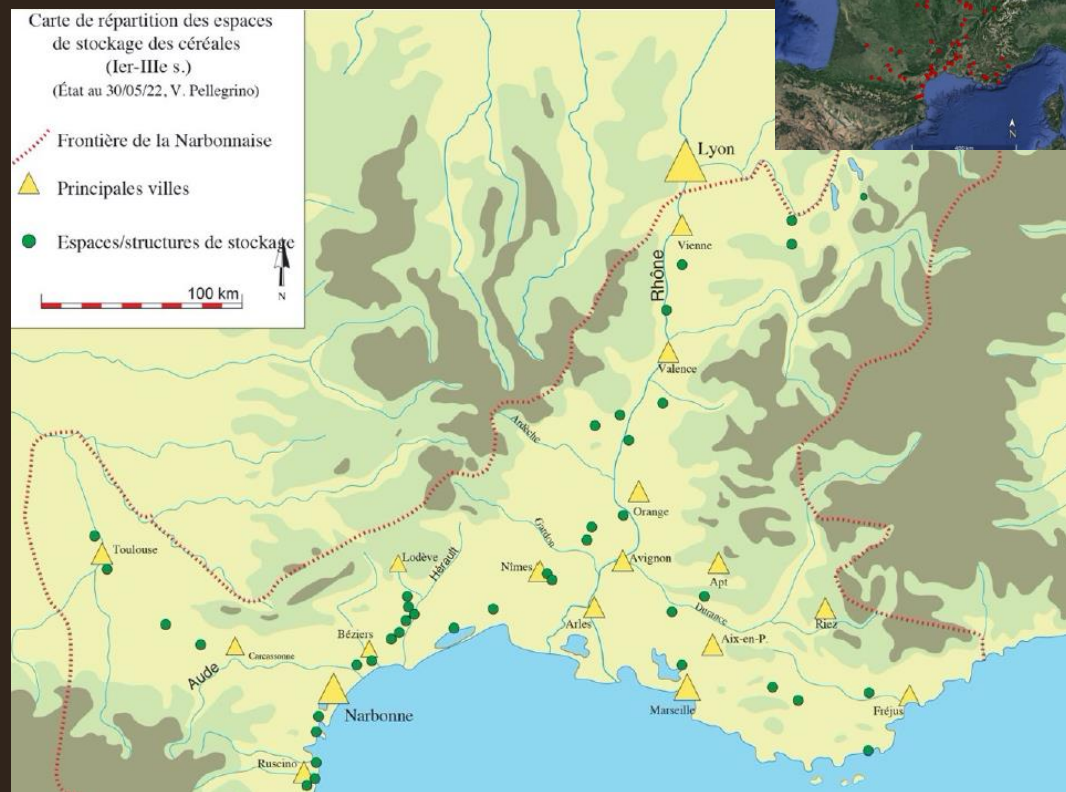
*Quelle vision de la céréaliculture par les sources historiques,  
archéologiques et archéobotaniques ?*

# Stockage

ROVIRA et al. en préparation



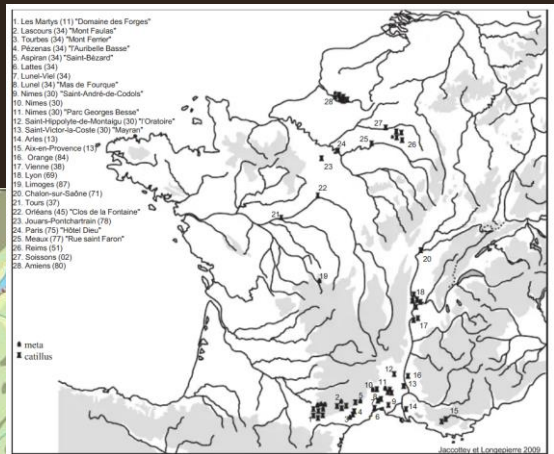
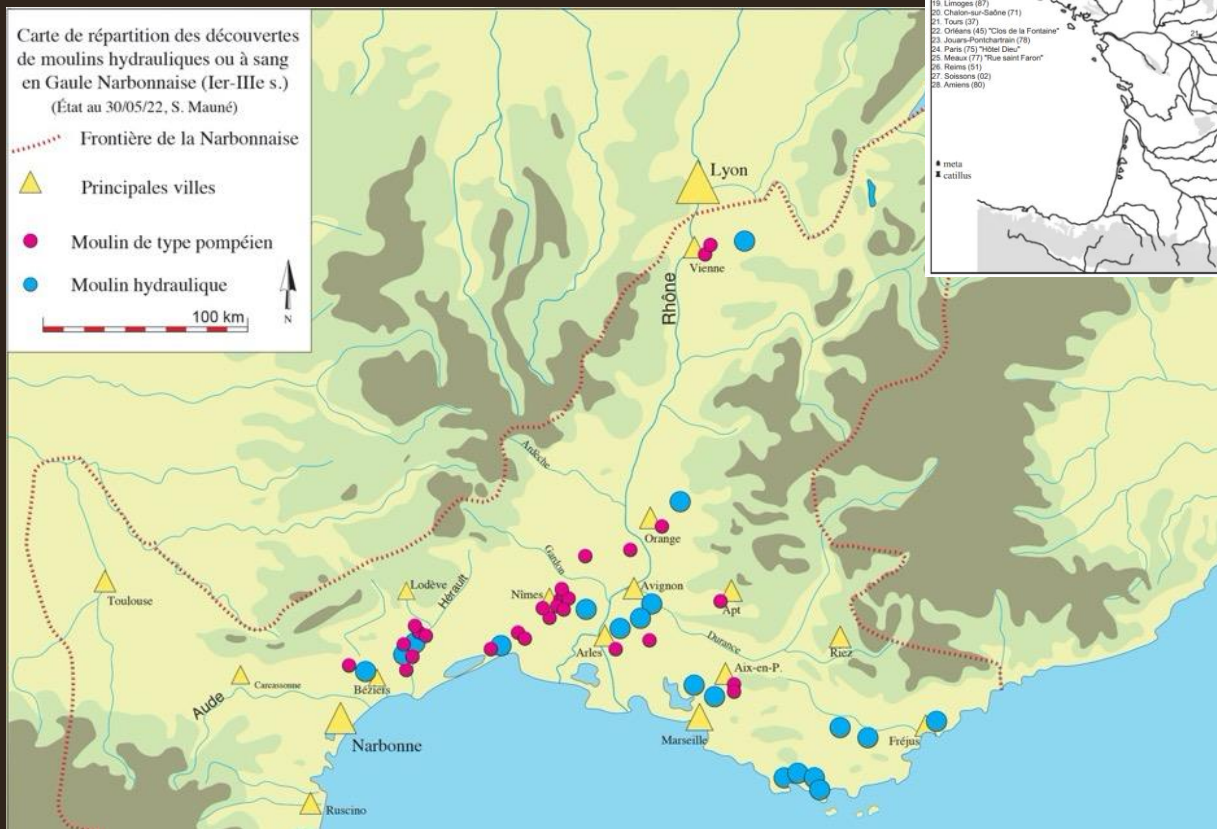
Typologie des greniers en milieu rural pour l'époque romaine  
Source: PELLEGRINO 2018



Carte de répartition des espaces de stockage des céréales en Narbonnaise (I<sup>er</sup>-III<sup>e</sup> s. ap. J.-C.) (N=40)  
Travail V. PELLEGRINO au 30/05/2022

# Mouture

ROVIRA et al. en préparation



Restitution des grands moulins de Barbegal (Bouches-du-Rhône)

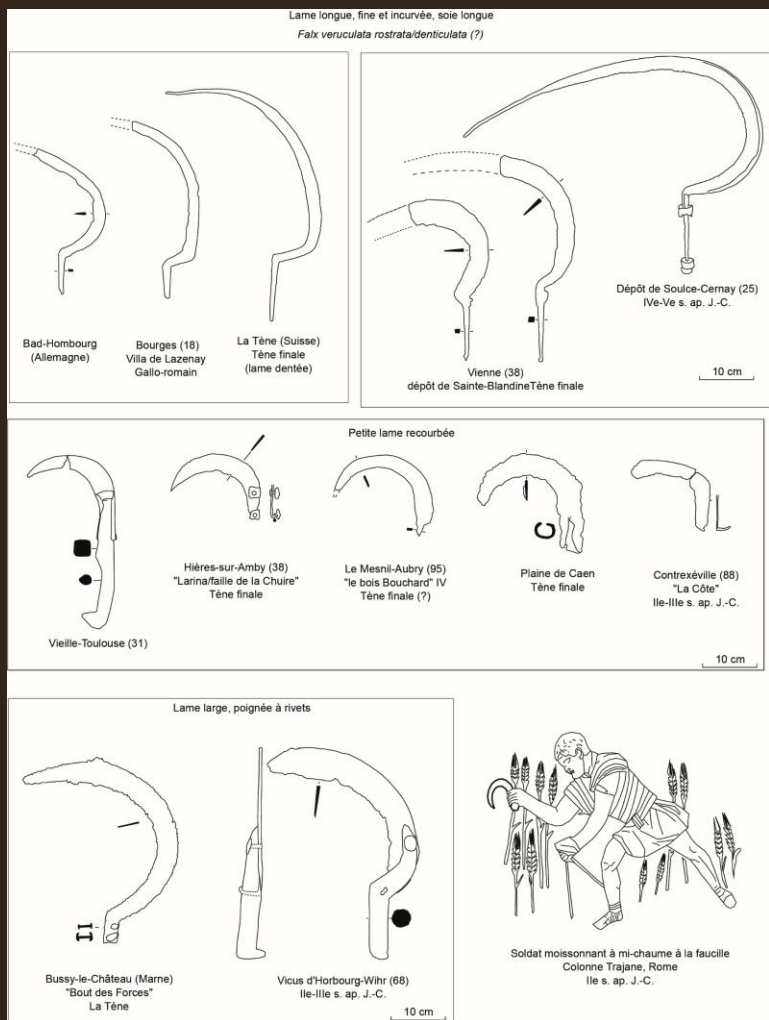


Bas-relief du boulanger MARCUS CAREIVS ASISA (Narbonne)

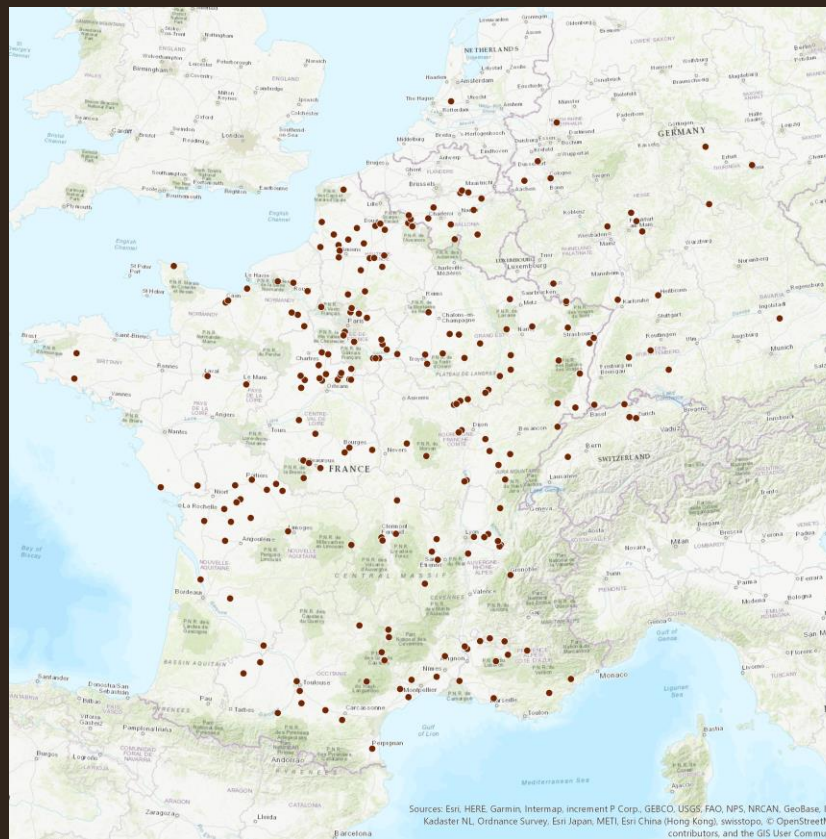
Carte de répartition des découvertes de moulins hydrauliques ou à sang en Gaule Narbonnaise (Ier-IIIe s. ap. J.-C.)

Inventaire S. Mauné au 30/05/2022

# Moissons

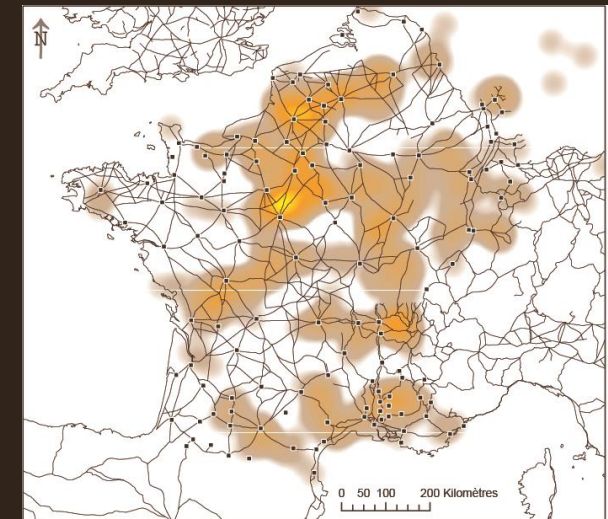


Typologie des faucilles  
BERNIGAUD 2023



Cartographie des découvertes de faucilles en Gaule romaine (n= 221)

<http://outagr.huma-num.fr/Outagr/>



Régions céréalicoles désignées par la carte de densité des faucilles

# Commerce

« Ils ne se nourrissaient plus que de millet et d'orge gâté, dont ils avaient jadis pourvu les greniers en cas de siège »

César, B. C., II, 22

« Les Massaliotes occupent un territoire où pousse l'olivier et qui est couvert de vignes, mais pauvre en céréales à cause de son aridité »

Strabon, IV, 1, 5

« Ces vignobles qui sont la seule culture de la cité et grâce auxquels elle se procure en dehors tous ses approvisionnement »

Paulin de Pella, Eucharisticos

Massil(iam) Rubrio [... ]sino, hord(ei) Cavar(um), sicci, mundi, [... ]i, m(odii) mille (et quingenti).

« A destination de Marseille, pour Rubrius ..sinus, 1500 boisseaux d'orge du pays des Cavares, sec, mondé, ... »



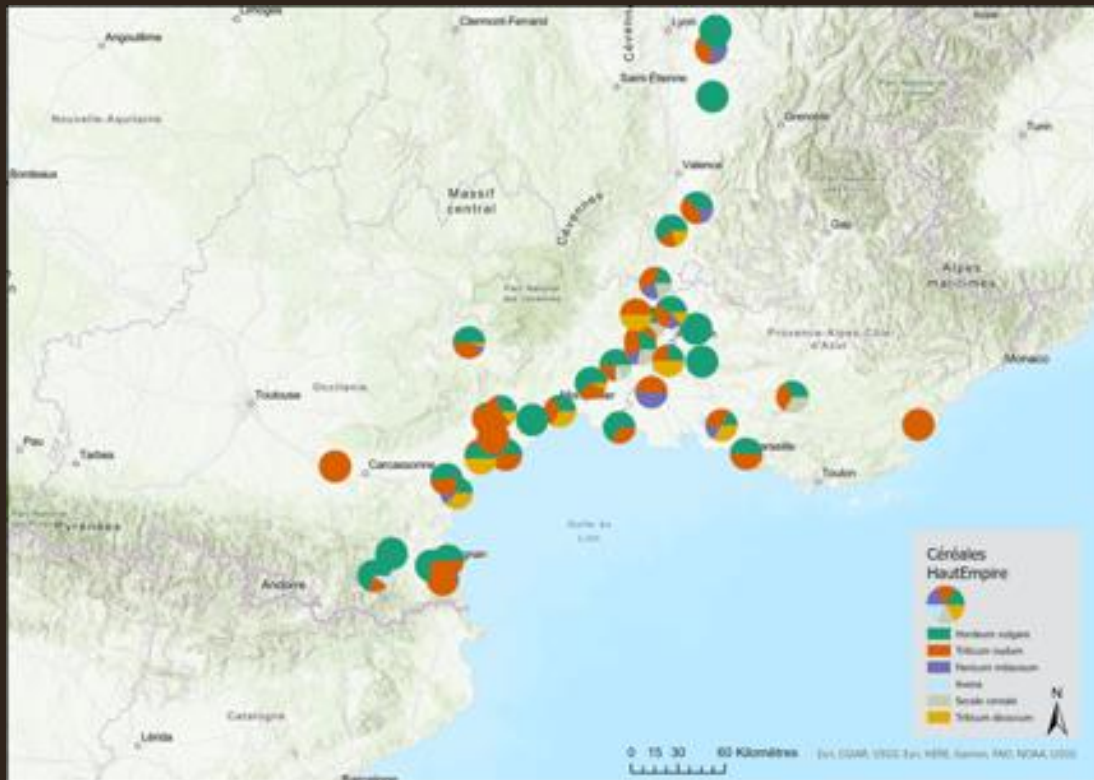
Source: LIOU & MOREL 1977



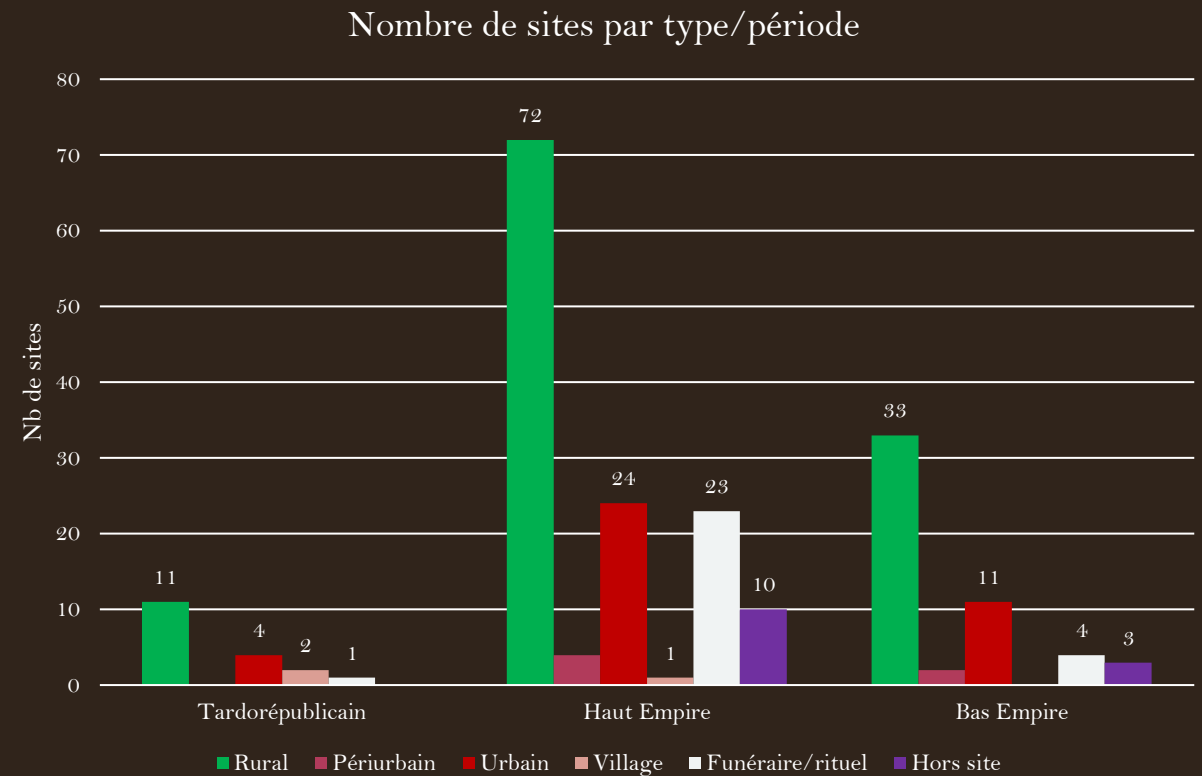
Le territoire des Cavares (au centre) sur la Table de Peutinger (fin du IV<sup>e</sup> s.)

# Données carpologiques

ROVIRA et al., à paraître



- 114 sites étudiés
- 204 contextes/assemblages

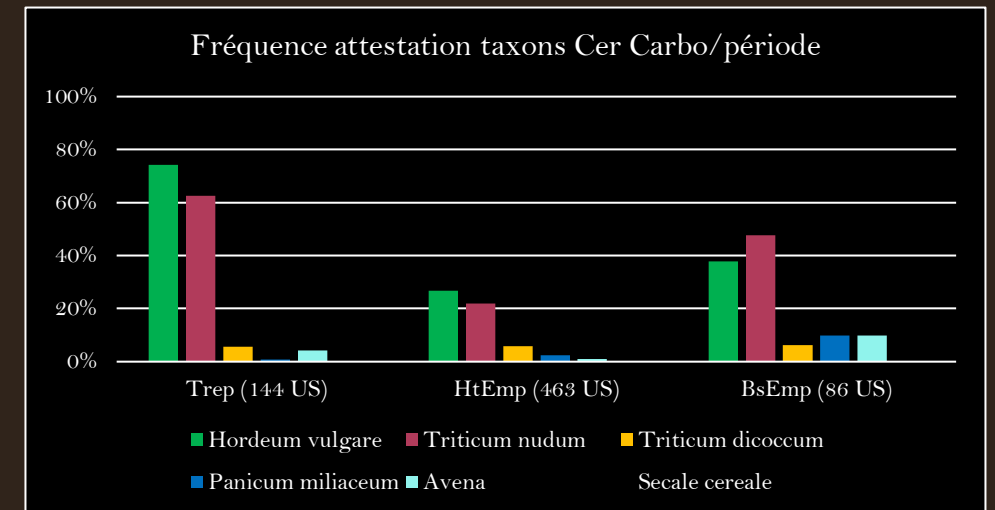
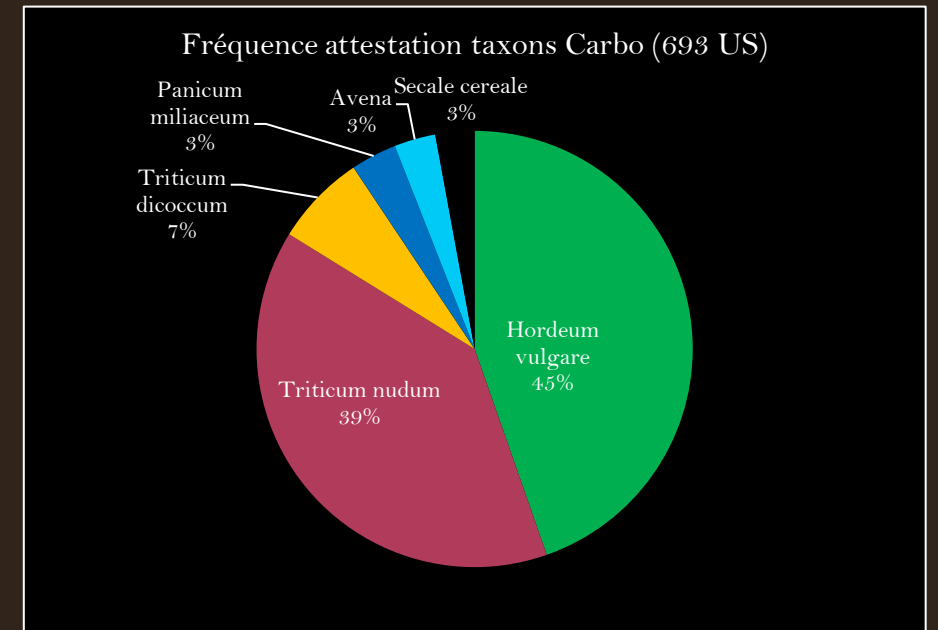




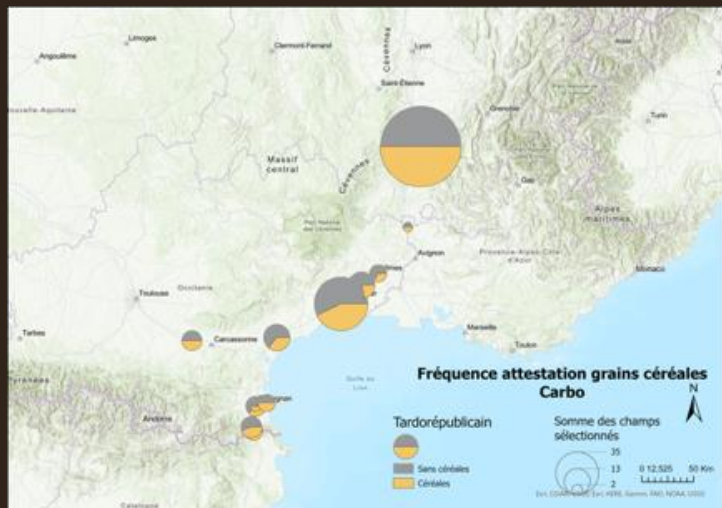
# Données carpologiques

- **Orge vêtue et blés: céréales les plus fréquentes et abondantes au cours de la période romaine**
- Blé amidonnier devient minoritaire par rapport à l'âge du Fer mais il est régulièrement présent
- Millet commun, peu attesté, semble progresser durant le Bas Empire
- Avoine (difficultés à identifier l'espèce cultivée) & seigle semblent aussi suivre cette dernière tendance

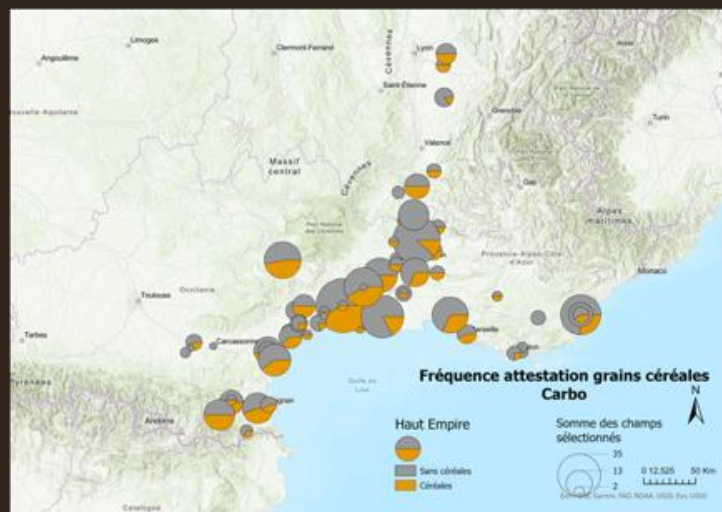
ROVIRA et al., à paraître



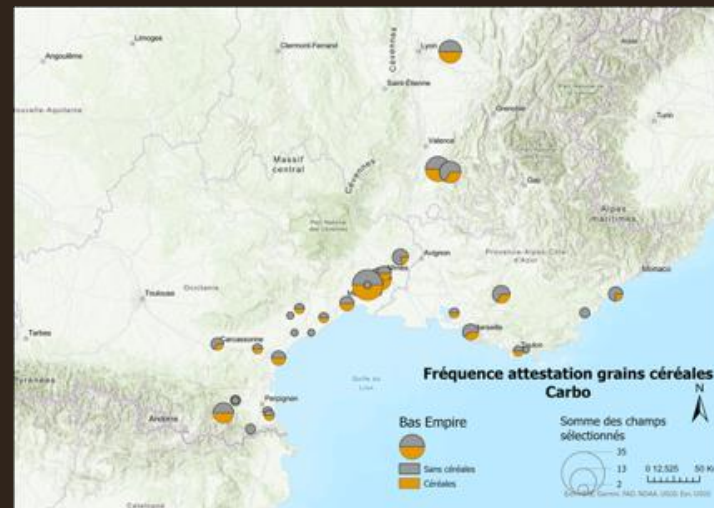
# Données carpologiques



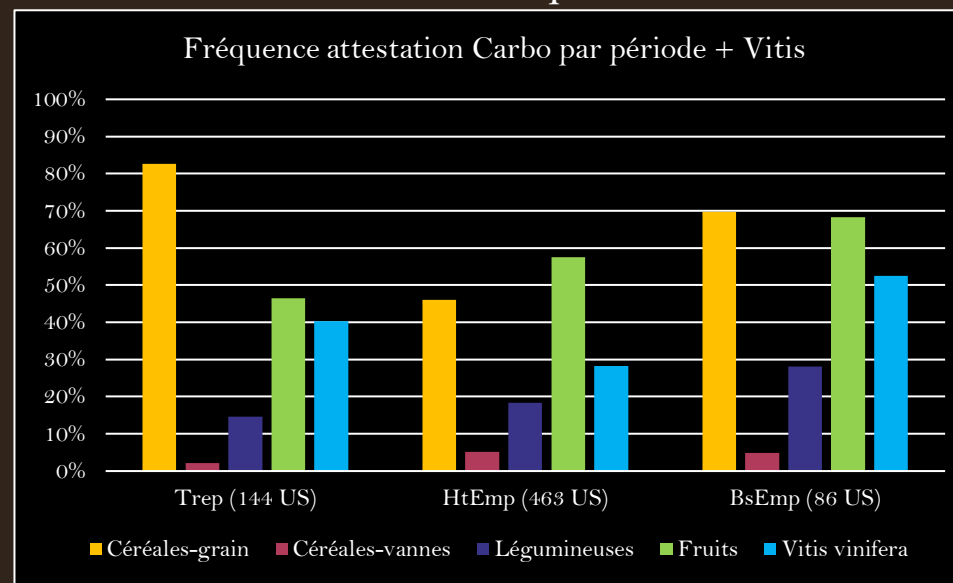
Tardo-républicain



Haut-Empire

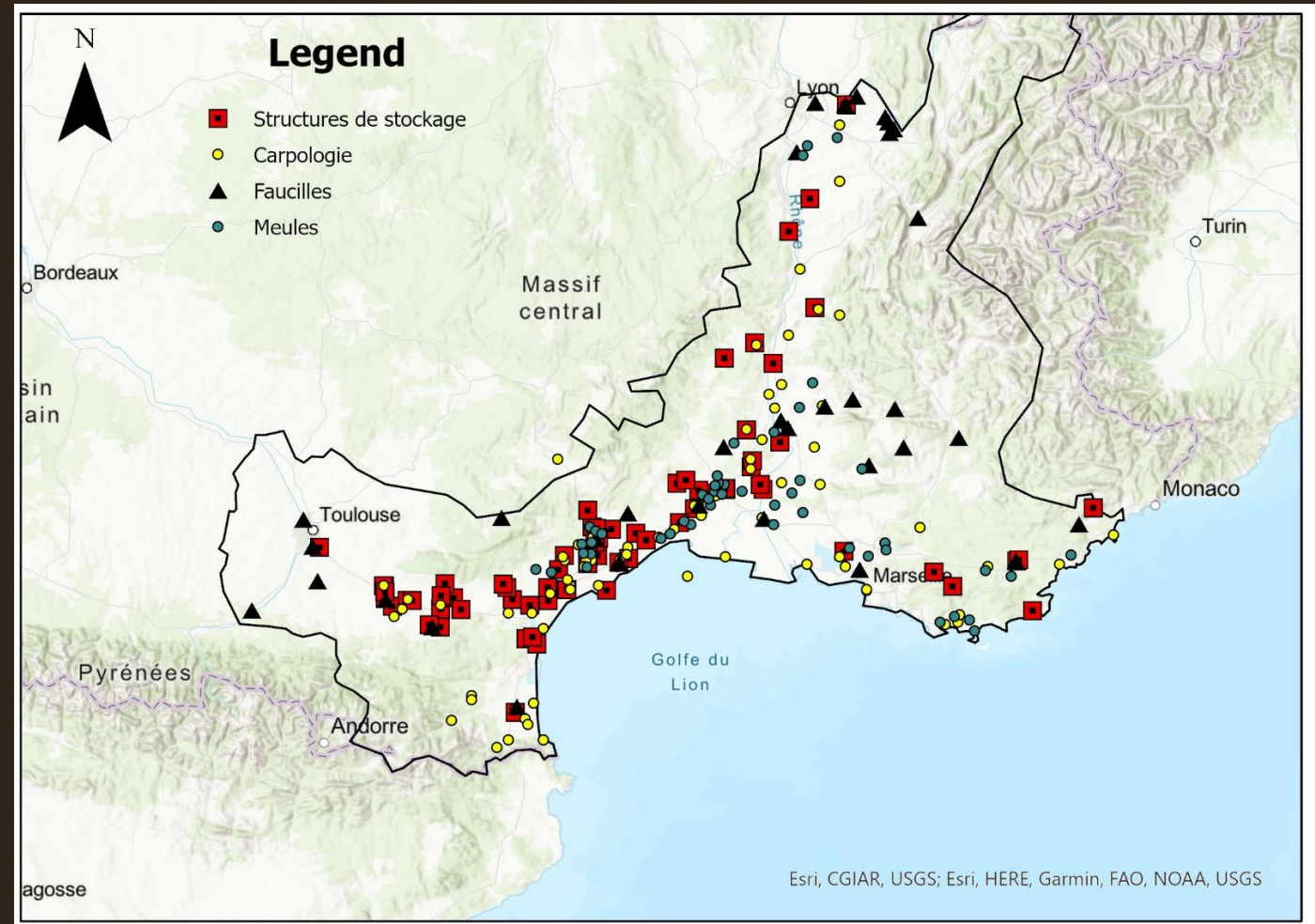


Bas-Empire



# Quel bilan ?

- Vision encore lacunaire d'un point de vue spatial à l'échelle de la Narbonnaise
- Déséquilibre régional des données (Languedoc vs Provence)
- Difficultés à identifier la production

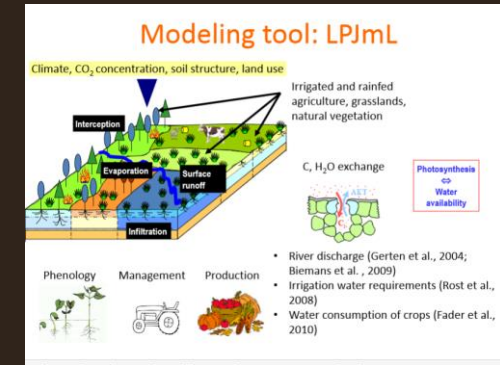


# *Approches modélisatrices*

- LPJmL
- SMA
- Suitability maps

# Modélisation agro-écosystémique Lund Potsdam Jena managed Land (LPJmL): Principes

*Modéliser à l'échelle du globe les rendements des principales plantes cultivées en fonction de données climatiques*



## Entrées

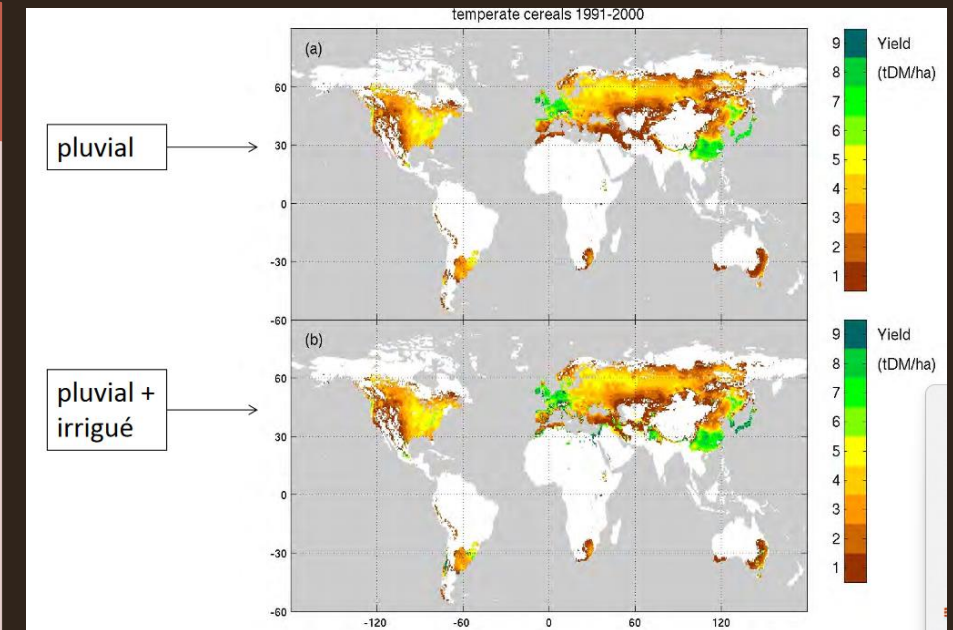
- Données climatiques mensuelles
- Températures
- Précipitations
- Nombre de jours de pluie
- Nébulosité
- Concentration atmosphérique en CO<sub>2</sub>
- Structure du sol

LPJmL

## Sorties

- Rendements (T/h)
- Production
- Période de croissance
- Cycle du carbone
- Évaporation des sols
- ...

- BONDEAU et al. 2007
- FADER et al. 2015



Modélisation des rendements céréaliers dans le monde (1991-2000) en tonnes/hectares

# LPJmL for the Past

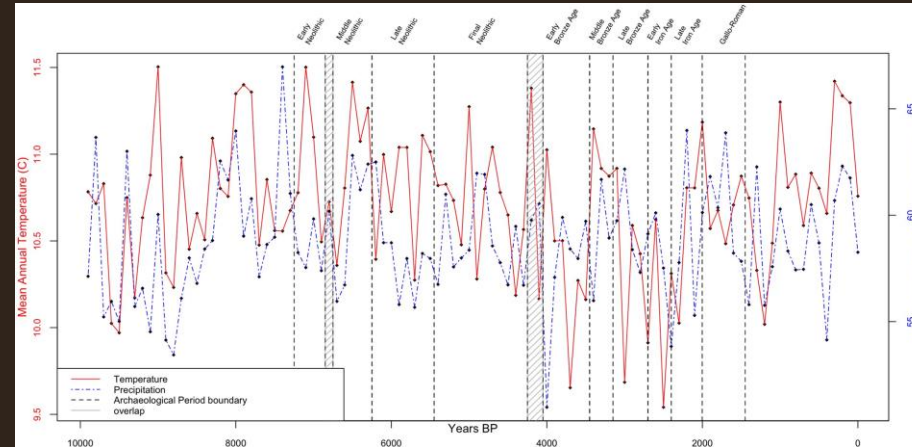
PLOS ONE

OPEN ACCESS PEER-REVIEWED  
RESEARCH ARTICLE

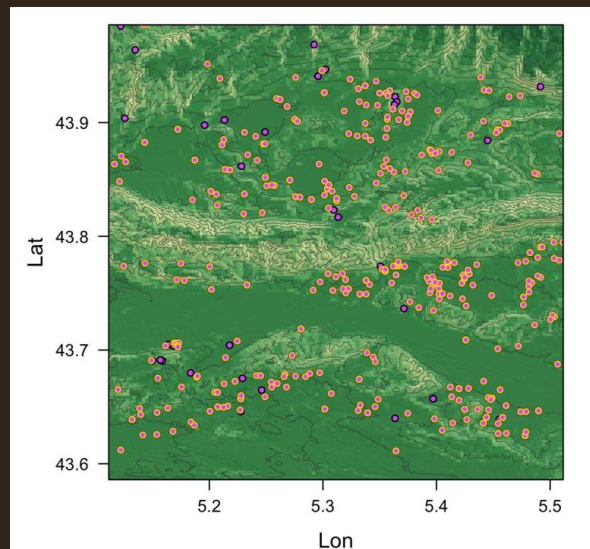
## Regional paleoclimates and local consequences: Integrating GIS analysis of diachronic settlement patterns and process-based agroecosystem modeling of potential agricultural productivity in Provence (France)

Daniel A. Contreras, Eneko Hiriart, Alberte Bondeau, Alan Kirman, Joël Guiot, Loup Bernard, Romain Suarez, Sander Van Der Leeuw

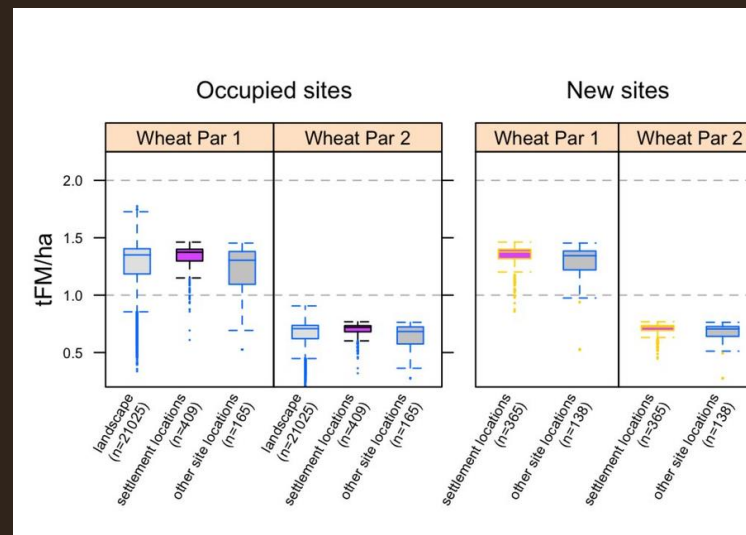
CONTRERAS et al. 2018



Moyennes annuelles par siècle des T et P pour la zone d'étude pendant l'Holocène

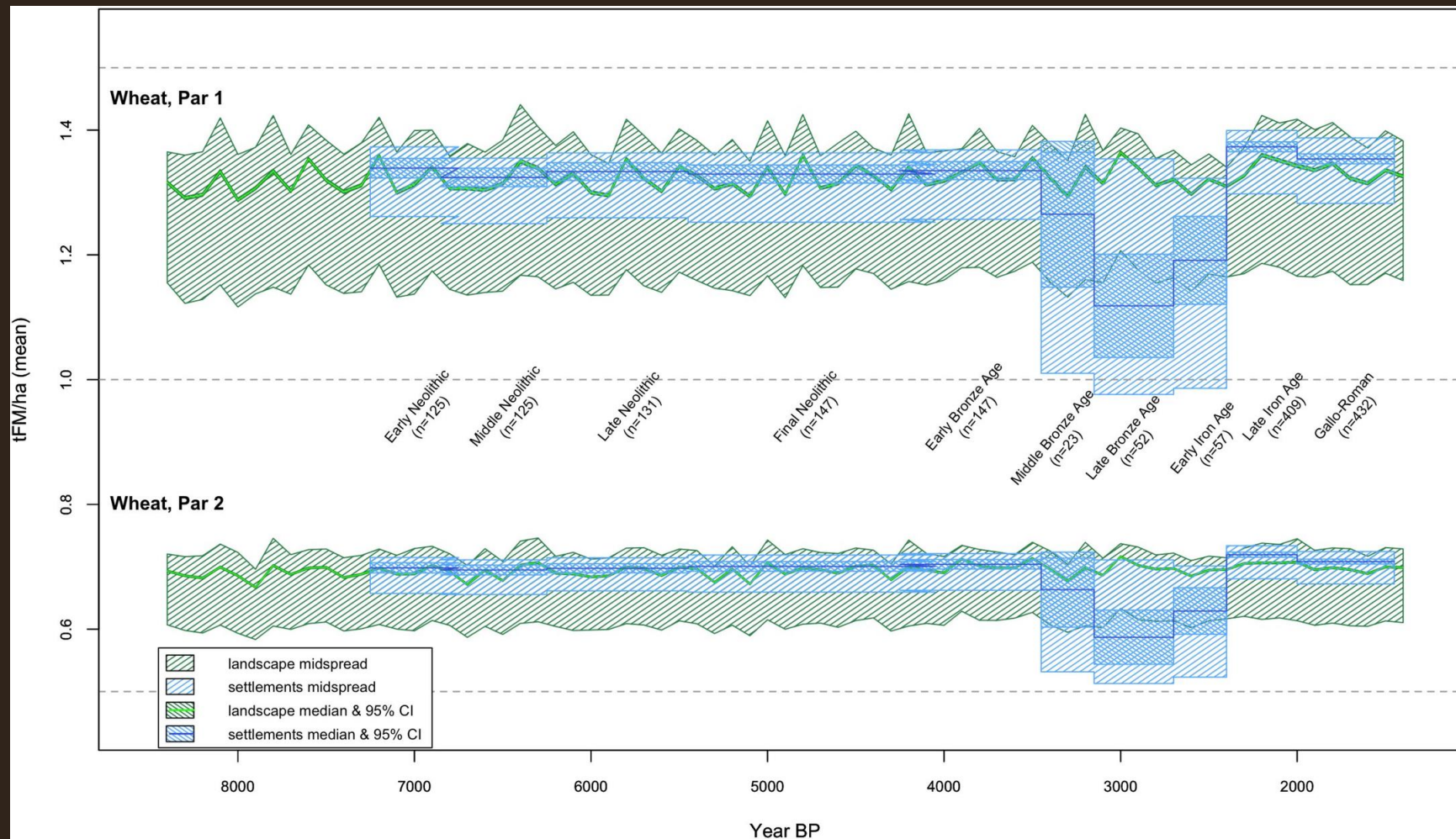


Distribution des sites de la fin de l'âge du Fer/  
rendements potentiels en céréales

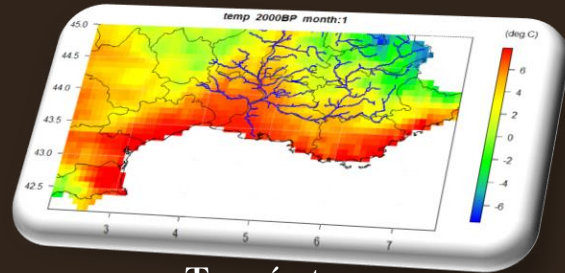


Microrégion d'étude (Lubéron)

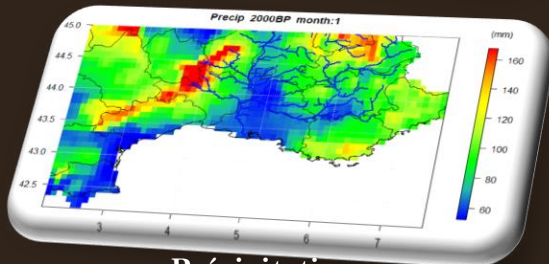
# LPJmL for the Past



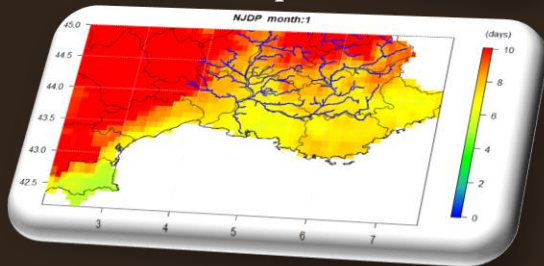
# LPJmL for the Past



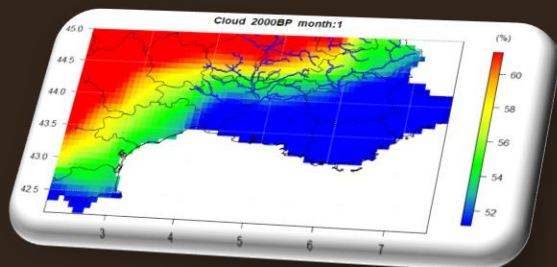
Températures



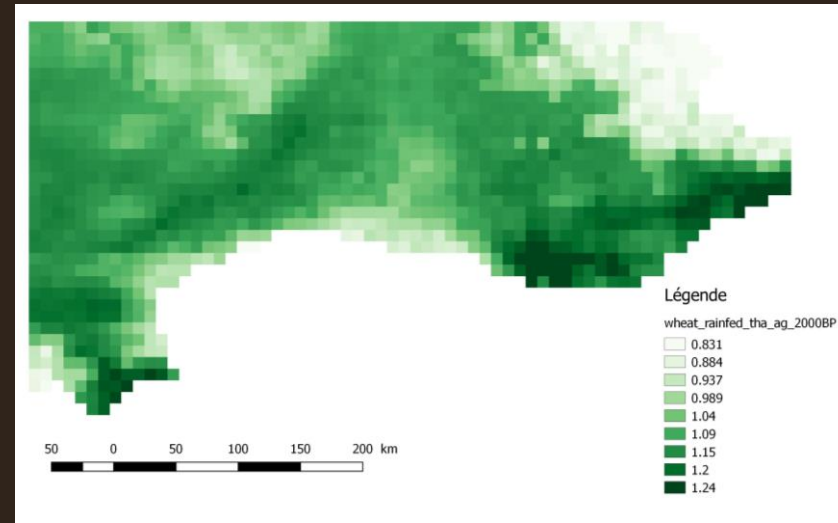
Précipitations



Nombre de jours de pluie



Nébulosité



Wheat yield per T/ha (2000 BP)

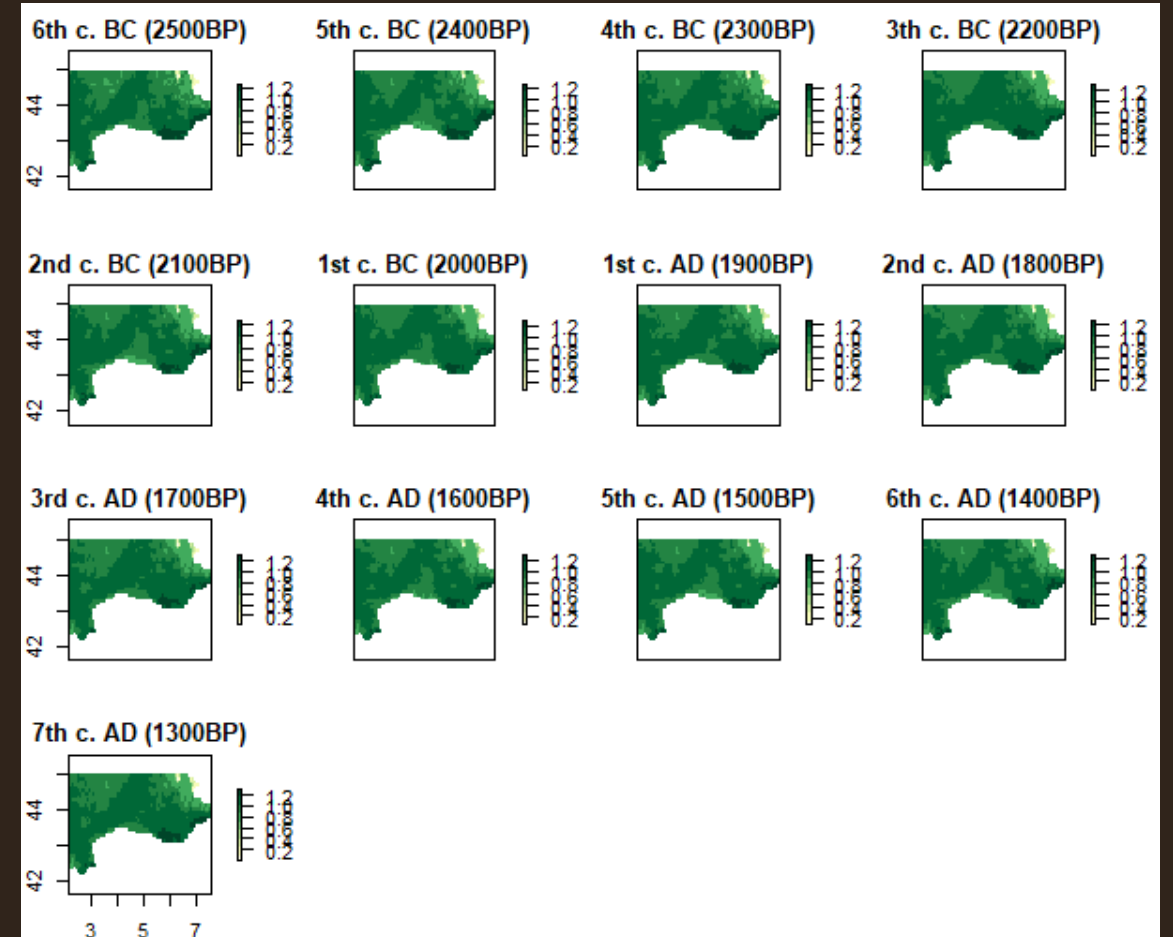
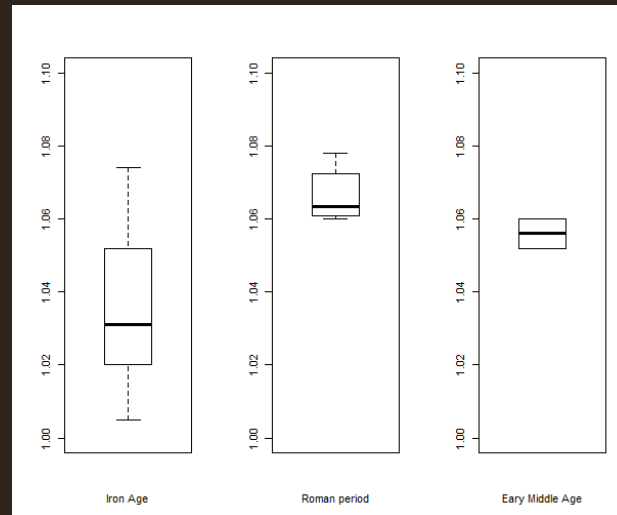
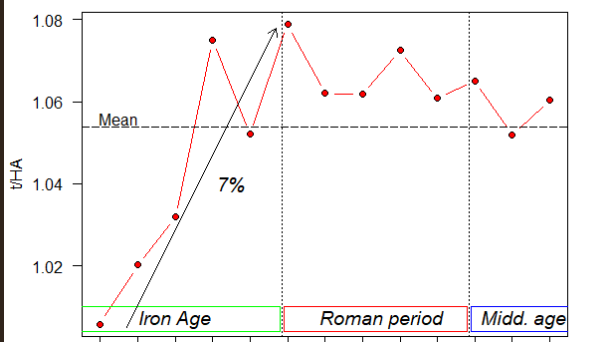
Reconstruction of potential yields in I<sup>st</sup> c. BC



# Centennial variations of WHEAT 's potential yields (t/HA) 6th c. BC - 7th c. AD

- Increase of yields during Iron Age
- Noticeable peak in 3rd c. BC
- High yields during Roman period
- Decrease during early Middle age

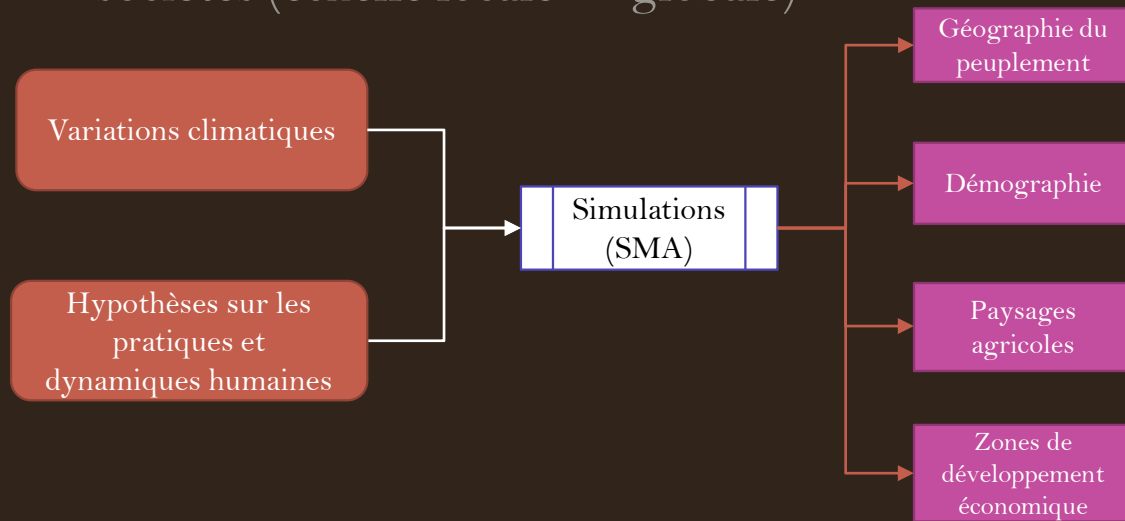
Centennial average of potential yields of WHEAT in tons/HA



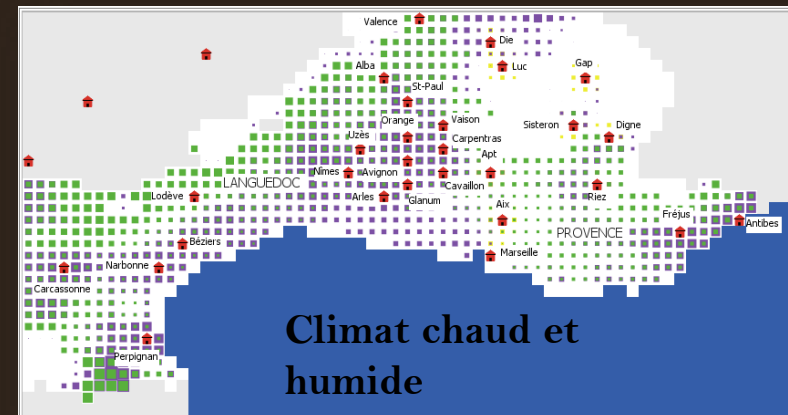
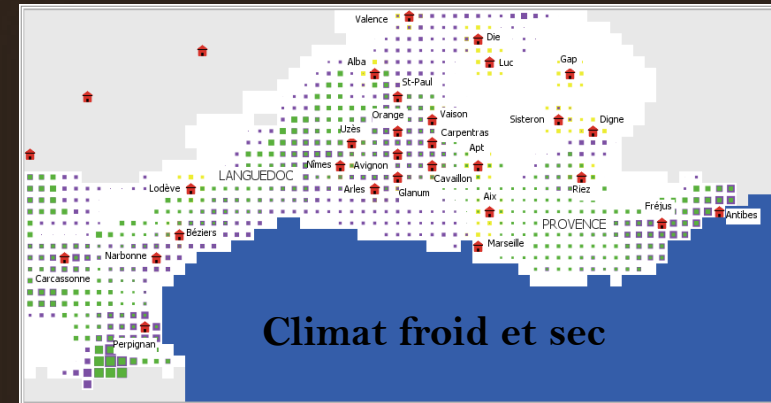
# Simuler les interactions sociétés-climats

## -> Les Systèmes Multi-Agents (SMA)

- Impact des changements climatiques et réponses des sociétés (échelle locale -> globale)

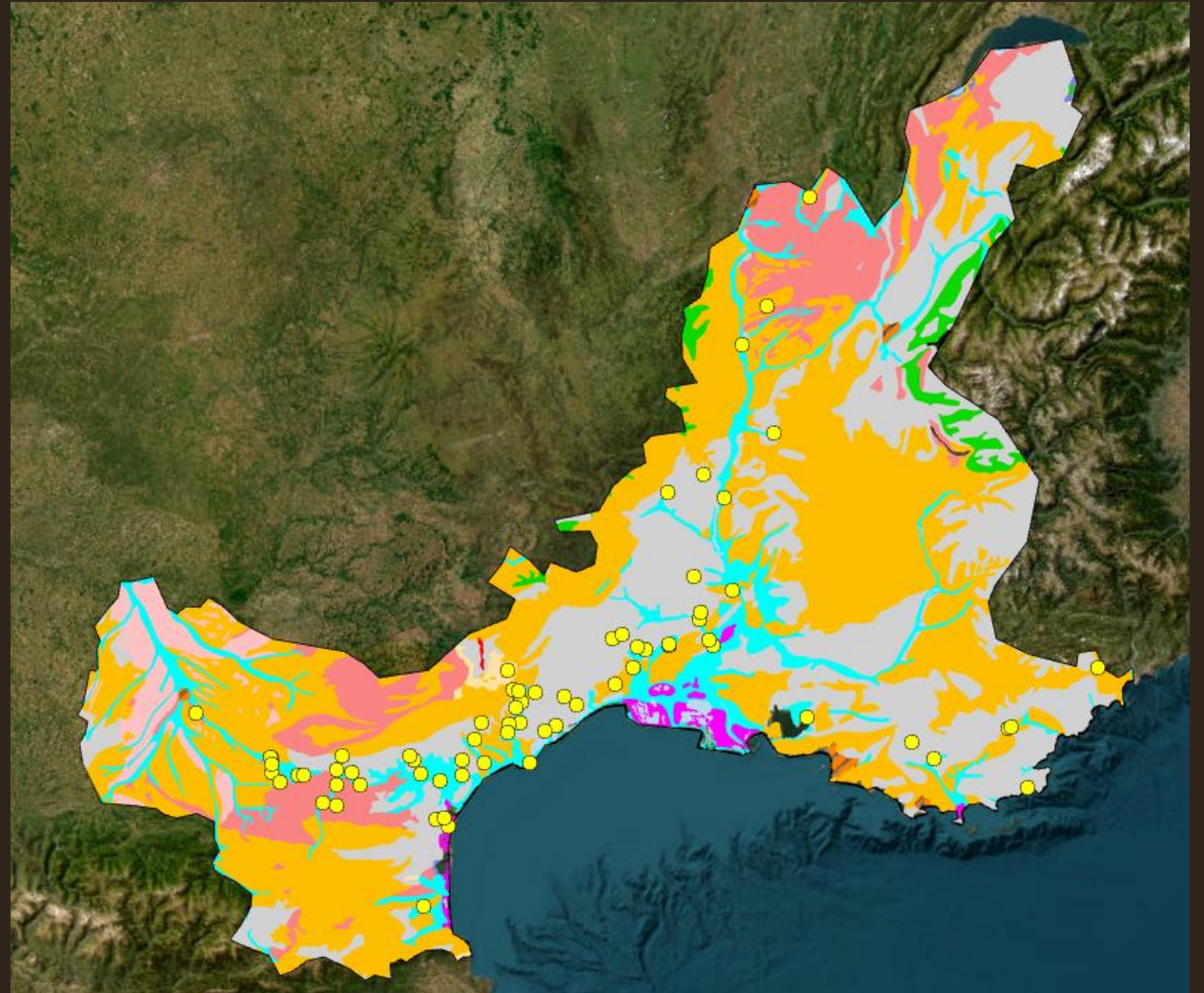
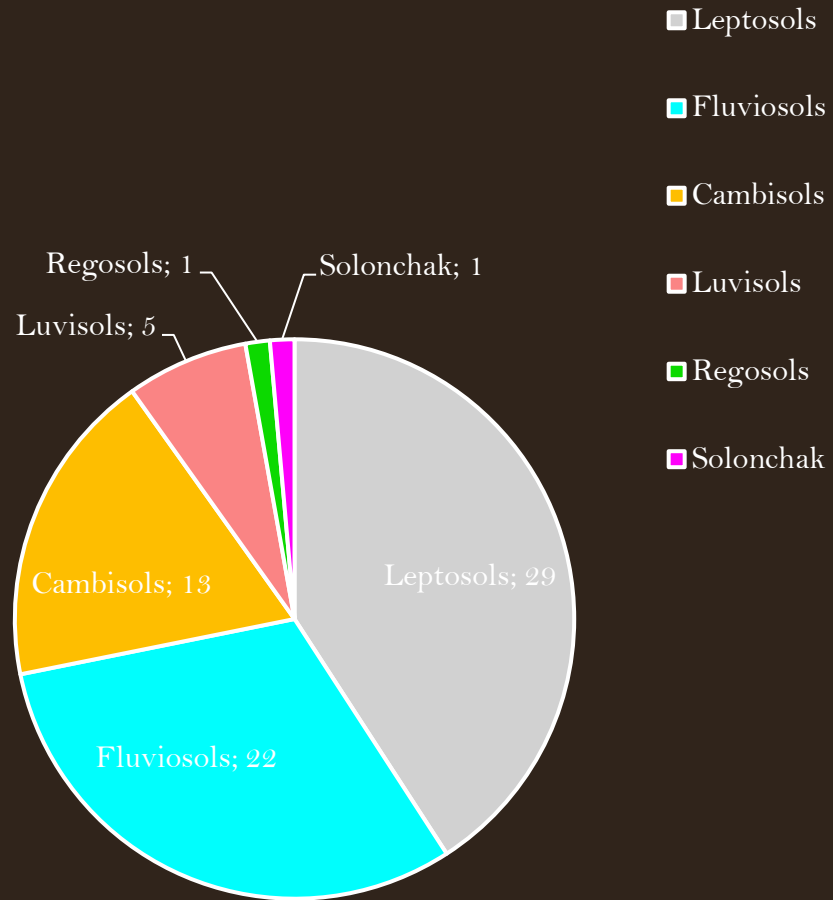


- Tester des scénarios alternatifs (« étudier le passé comme un futur »)
- Observer en sortie des modèles l'effet des variations de paramètres sur les systèmes de peuplement, la géographie des cultures, la démographie, etc. (phénomènes émergents)



Modèle ROMCLIM: simulations pour la rentabilité potentielle des exploitations viticoles, oléicoles et céréalières gallo-romaines en fonction des changements climatiques (d'après Bernigaud et al., soumis à la revue Plos One)

Nombre de sites par unité pédologique



# Potentialité pédologique des sols pour la céréaliculture antique

Nature sols	Superficie (km <sup>2</sup> )	%	Nombre de sites	% sites	Kgain	Appréciation
Leptosol	25074	30,3 %	29	40,8 %	0,25	Modérément favorable
Fluviosol	7733	9,34 %	22	30,9 %	0,69	Très favorable
Cambisol	35503	42,9 %	13	18,3 %	-1,34	Défavorable
Luvisol	8438	10,1 %	5	7,4 %	-0,43	Défavorable
Regosol	326	0,39 %	1	1,4 %	-2,5	Défavorable
Solonchak	732	0,88 %	1	1,4 %	0,37	Modérément favorable

$$K_{gain} = 1 - (\% \text{ area} - \% \text{ sites})$$

# Carte de potentialité pour la céréaliculture antique



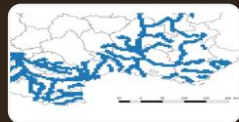
1. Proche du grand réseau routier

• < 10 km



2. Proche d'une agglomération antique

• < 30 km



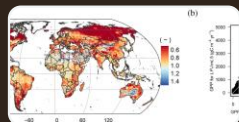
3. Proche d'une grande voie fluviale

• < 10 km



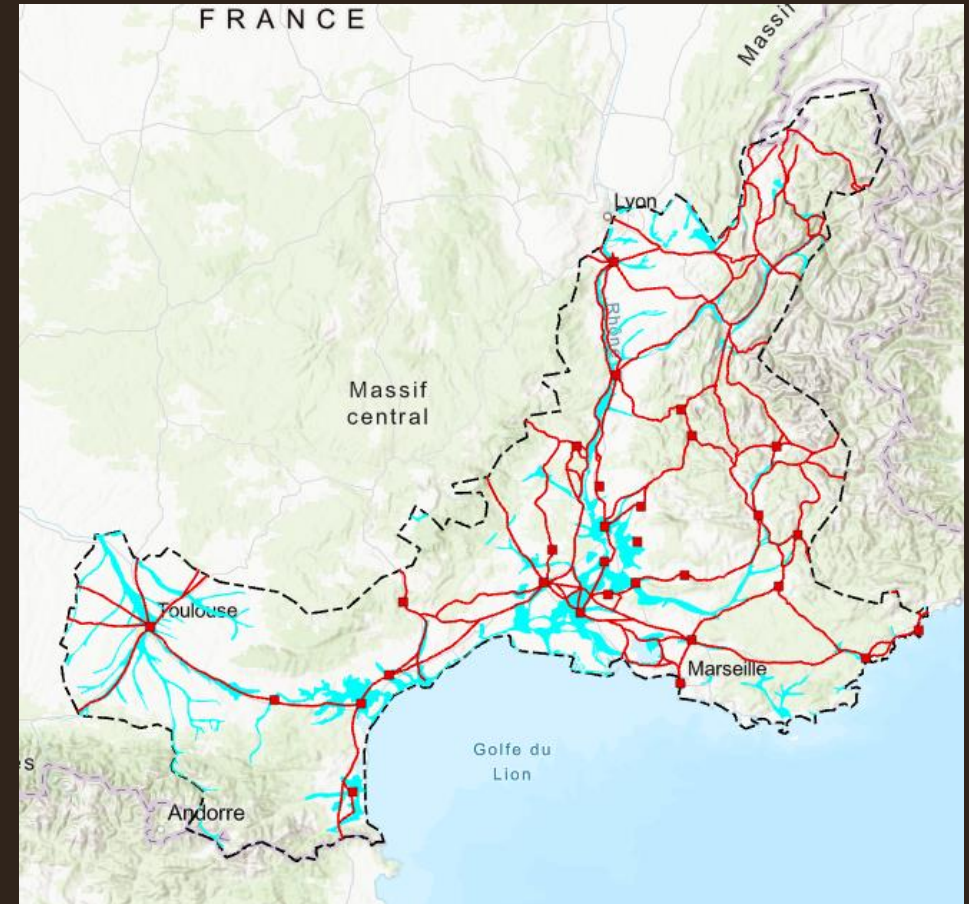
4. Sols

• Fluvisols

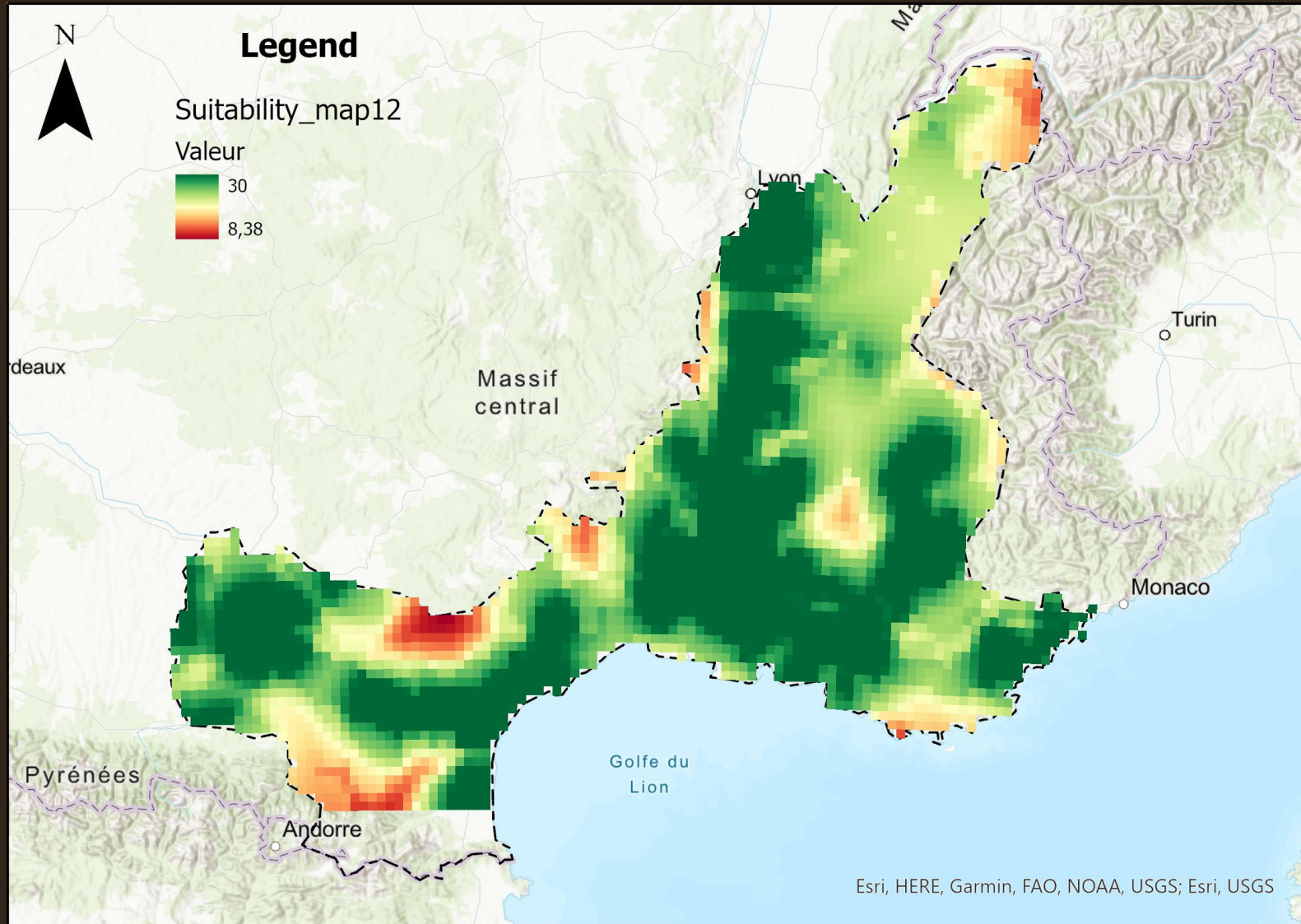


5. Caractéristiques climatiques

• Potentiel LPJmL

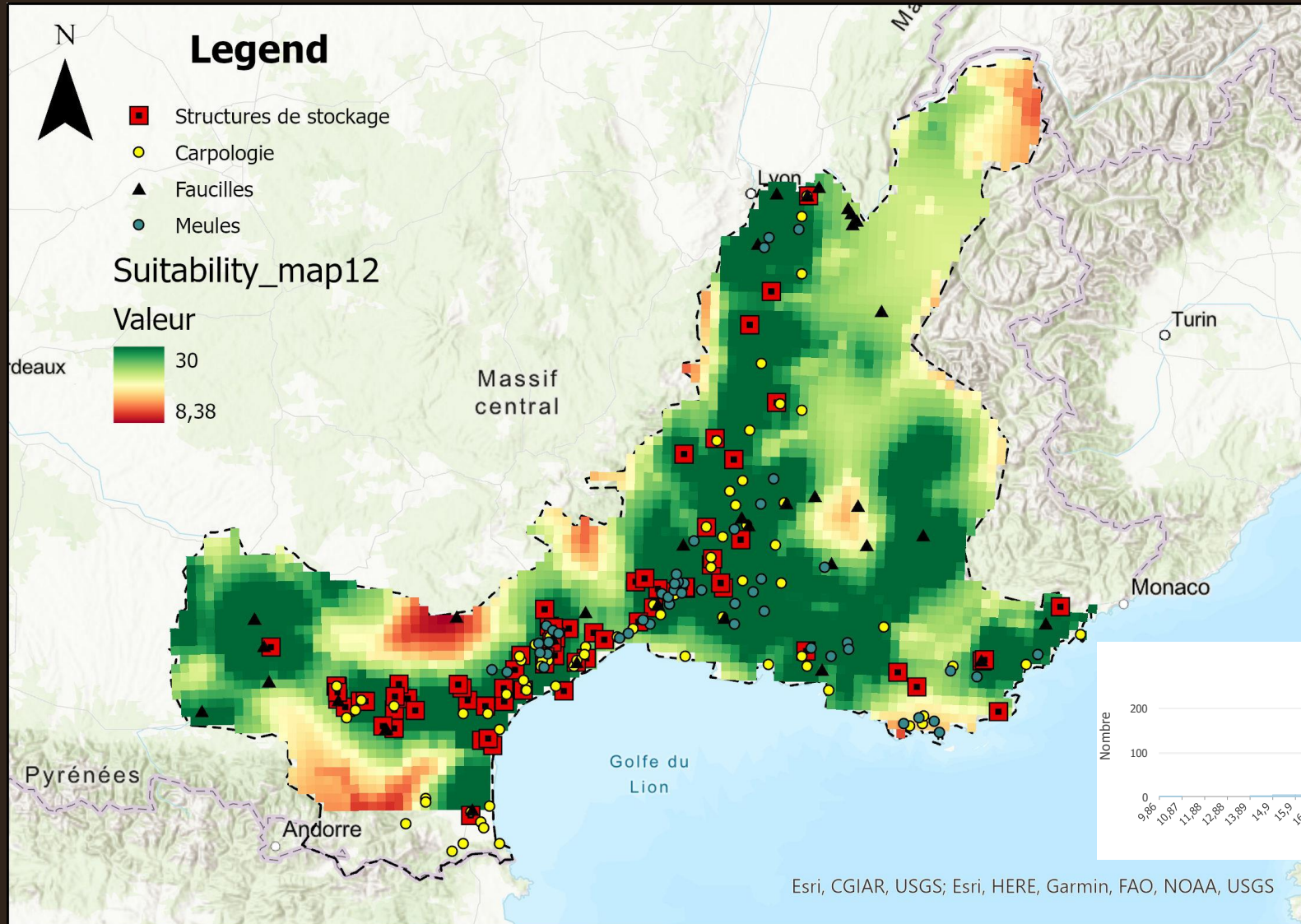


# Suitability map for cereals



# Suitability map for cereals VS archaeological data

III. Approche modélisatrice  
-Cartes de potentialités



*Pour conclure*