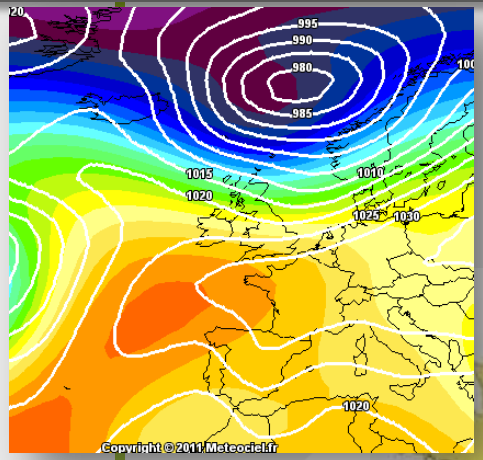
Présentation du site pilote de Saint-Emilion, Pomerol et leurs satellites et des principaux résultats sur la variabilité climatique en lien avec le développement de la vigne et la maturation du raisin

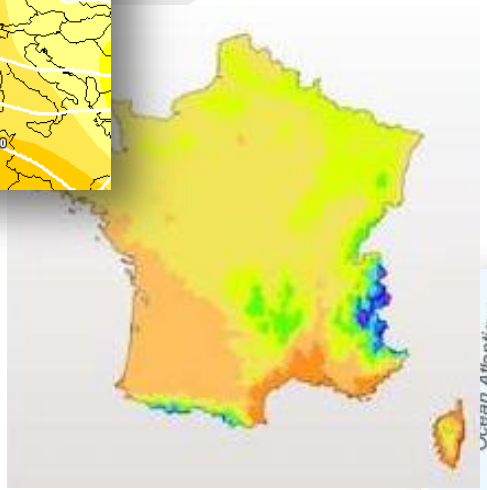
Laure de Rességuier, Théo Petitjean, Renan Le Roux, Kees van Leeuwen

Under the contract number: LIFE13 ENV/FR/001512

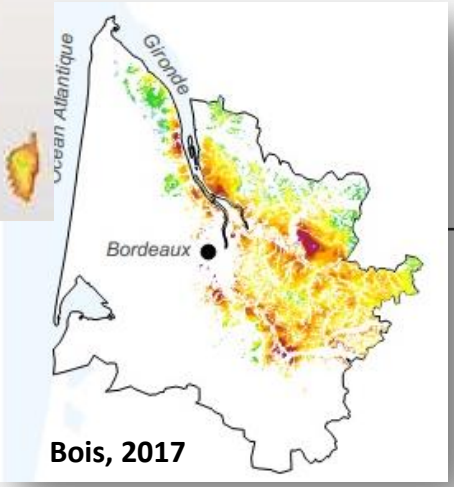
L'étude du climat, mais à quelle échelle ?



Climat à échelle continentale



Climat à échelle nationale



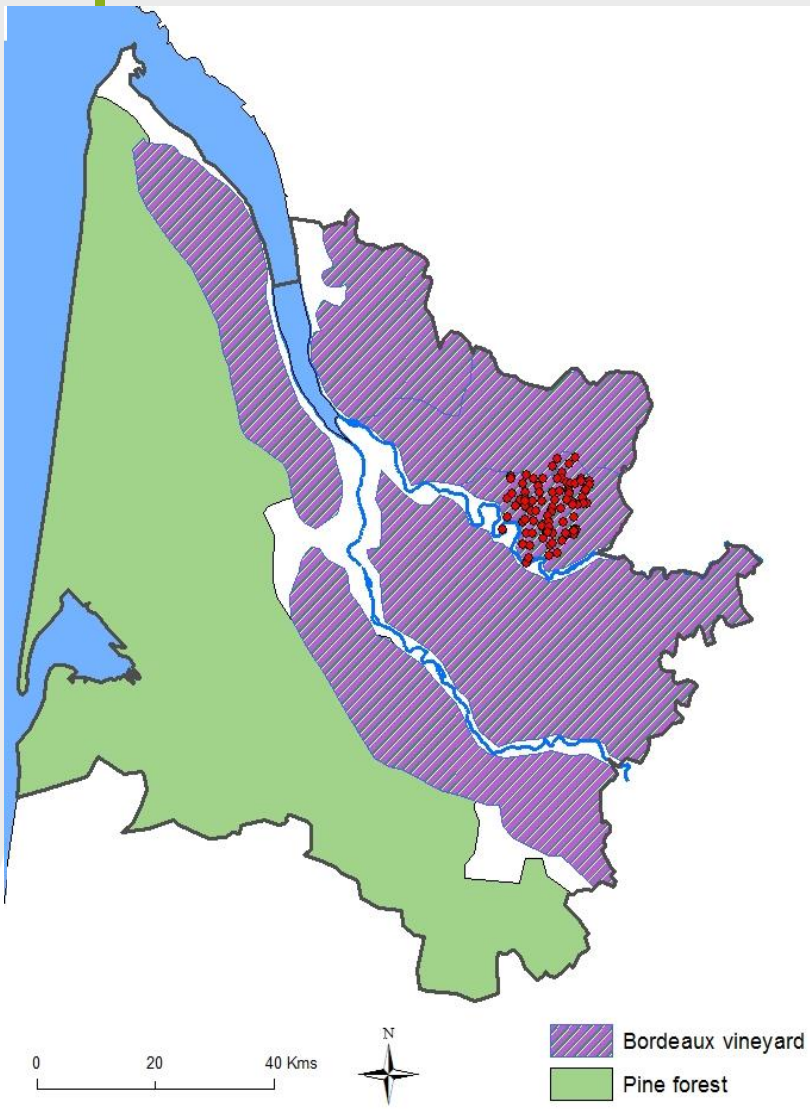
Bois, 2017

Climat à échelle régionale

?

Climat à échelle locale

Evolution de la caractérisation des climats viticoles, vers une descente d'échelle



- Avec le développement des stations météorologiques privées et publics

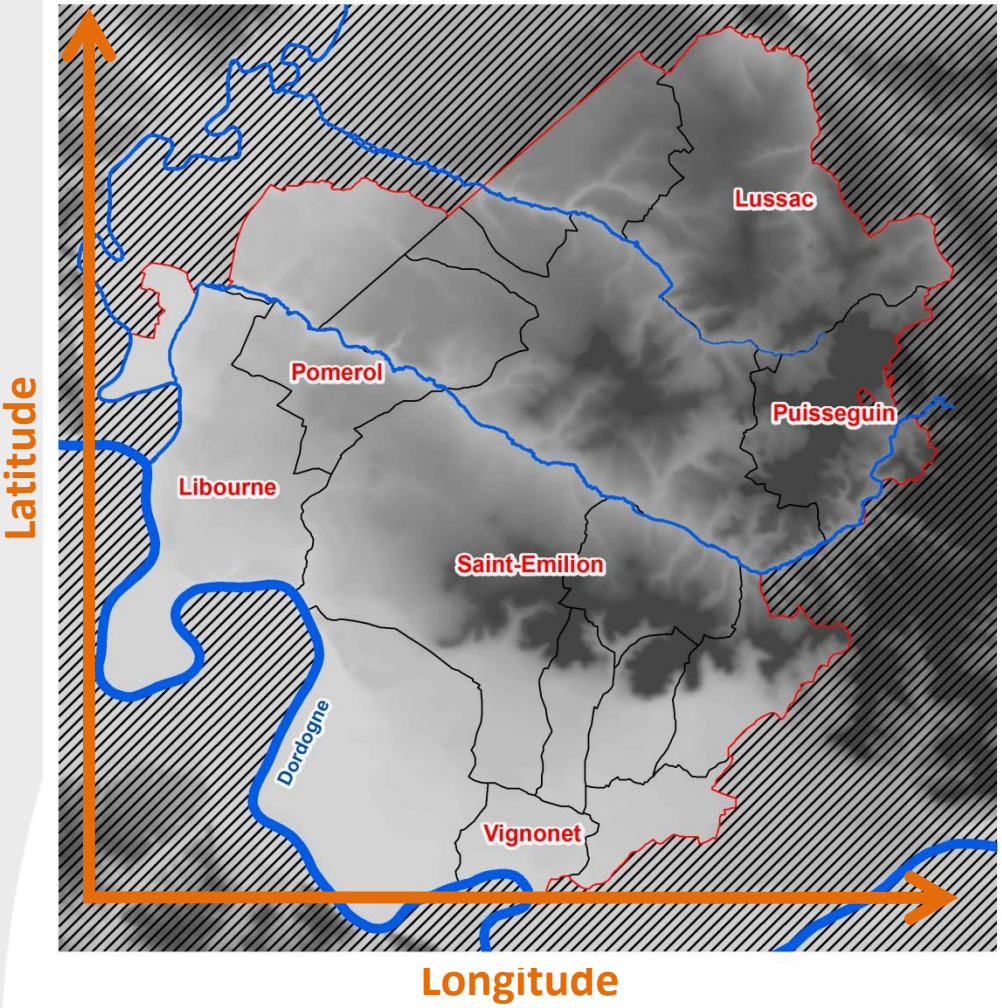
→ La cartographie de la variabilité climatique à l'échelle de régions viticoles est devenue possible

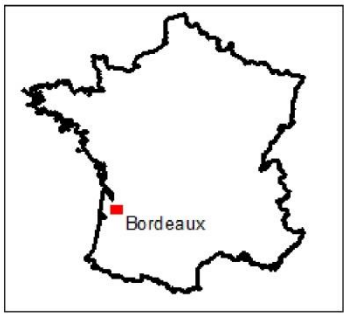
- Avec la miniaturisation et diminution des coûts des capteurs

→ L'étude du climat aux échelles fines devient possible

Etude climatique à l'échelle fine

Permet de prendre en compte les facteurs topographiques et environnementaux





Rivière

Altitude (mètre)

117 mètres

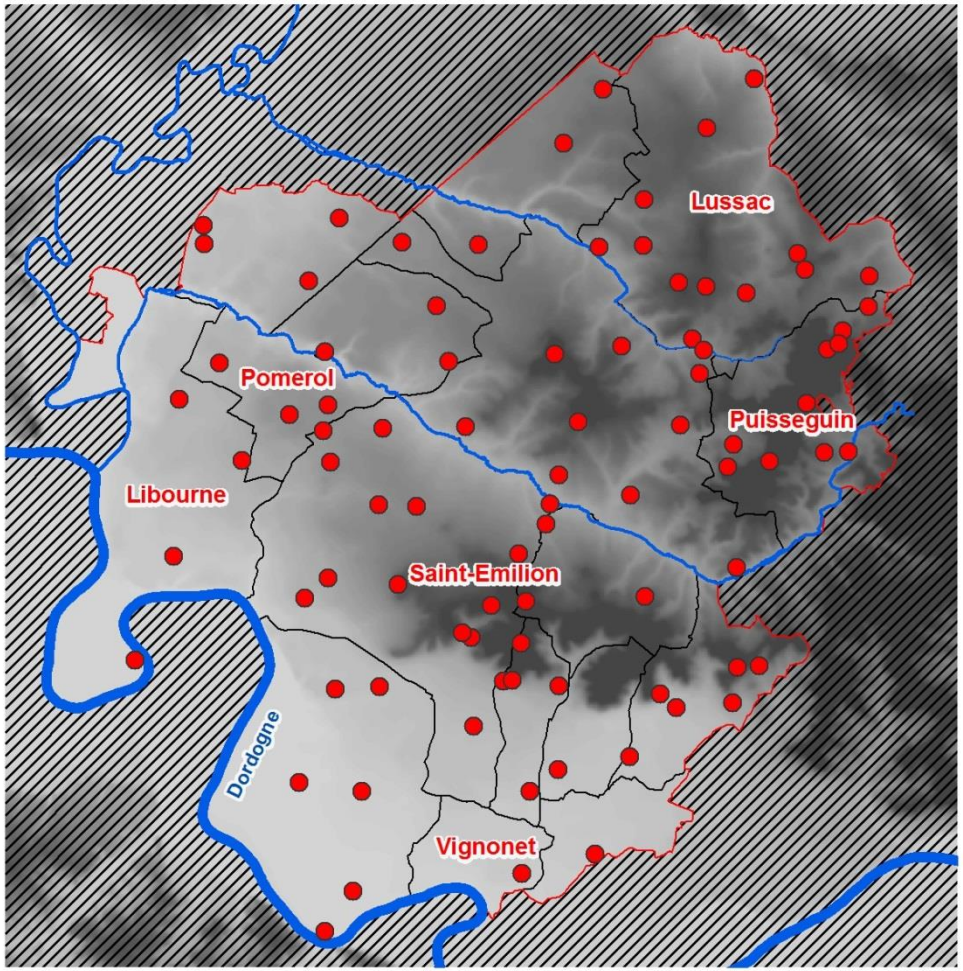
1 mètre

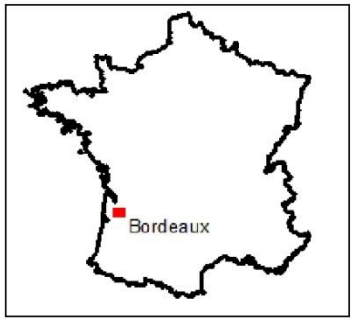
0 2 4 Kms

N

- Relief (pente, exposition, altitude)
- Distance aux grandes masses d'eau
- Latitude et longitude

Un réseau de capteurs innovant pour étudier la température à échelle locale





Capteur de température

Rivière

Altitude (mètre)

117 mètres

1 mètre

0 2 4 Kms

N

90 capteurs installés en 2012 sur le site d'étude

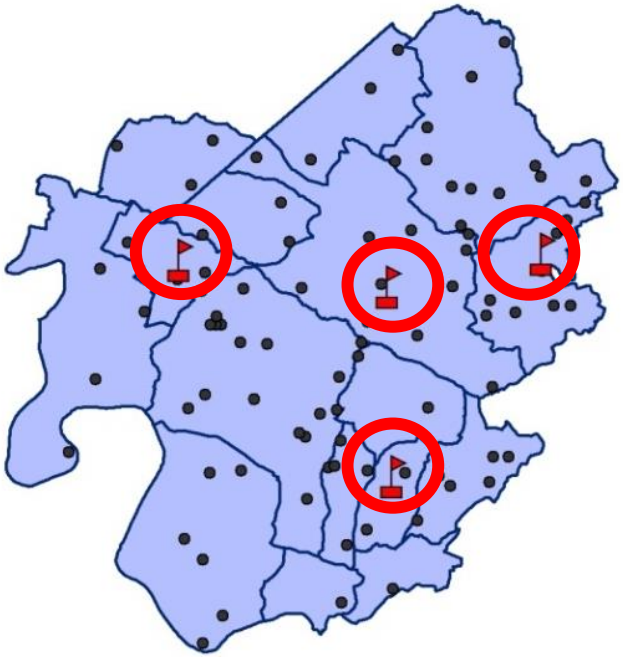
Surface : 19 230 ha

1 capteur pour 210ha

Des capteurs installés dans la végétation
Système de transmission des données automatique

- Les capteurs sont fixés sur les piquets de vigne à 1m20

- Automatisation de la transmission des données depuis fin 2015



Radio

Internet

Capteur température (x 90)

Gateway LoRa (x 4)

Plateforme WEB

- Programmés pour enregistrer des données horaires :

- Température minimale - Température maximale - Température moyenne

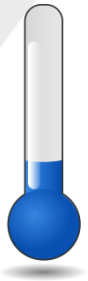
Analyse des résultats : comparaison entre les millésimes

Calcul de la moyenne des températures sur la saison végétative (1er Avril – 30 Septembre) pour chacun des 90 capteurs

Température moyenne

Température minimale

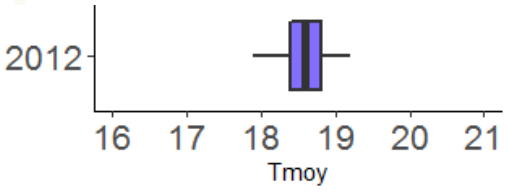
Température maximale

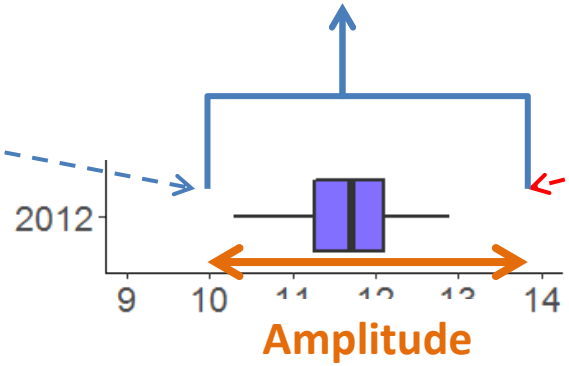


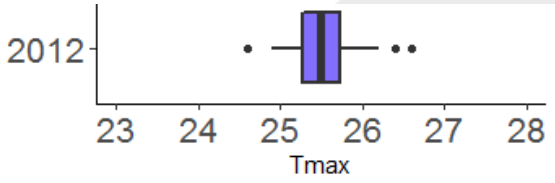
Les 90 capteurs

Capteur le plus froid

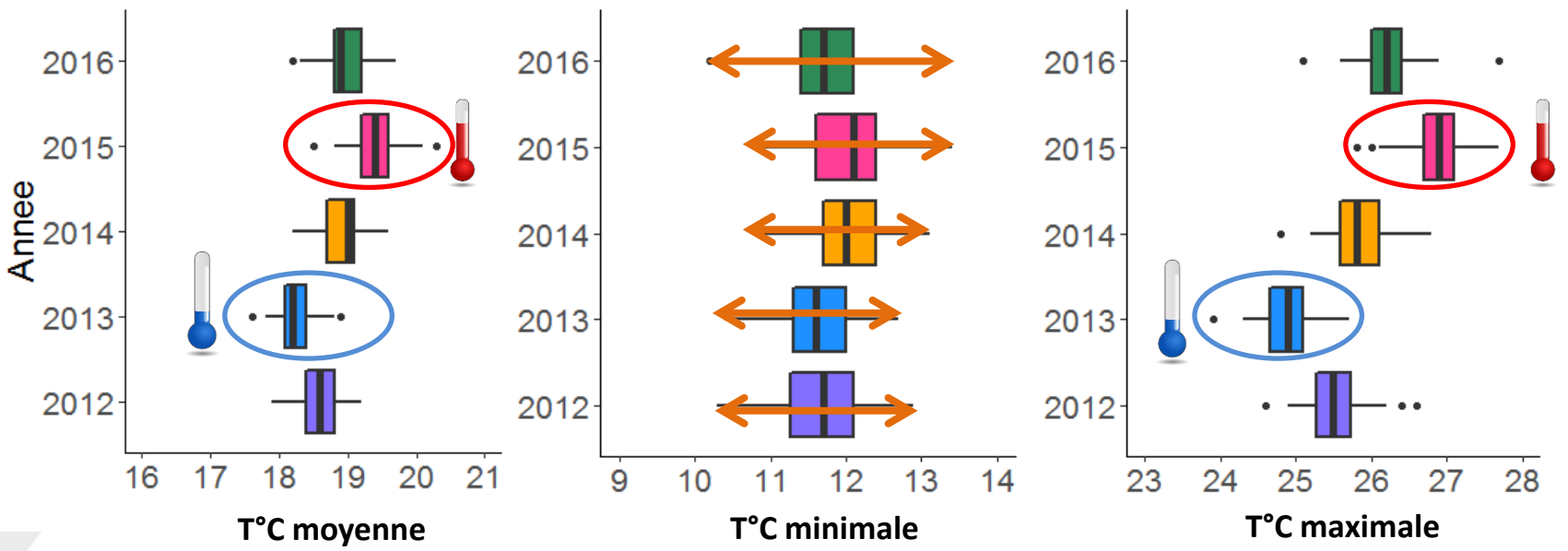
Capteur le plus chaud







Températures pendant la saison végétative (1er avril – 30 septembre)



La température moyenne présente de faibles amplitudes mais permet de distinguer un effet millésime :

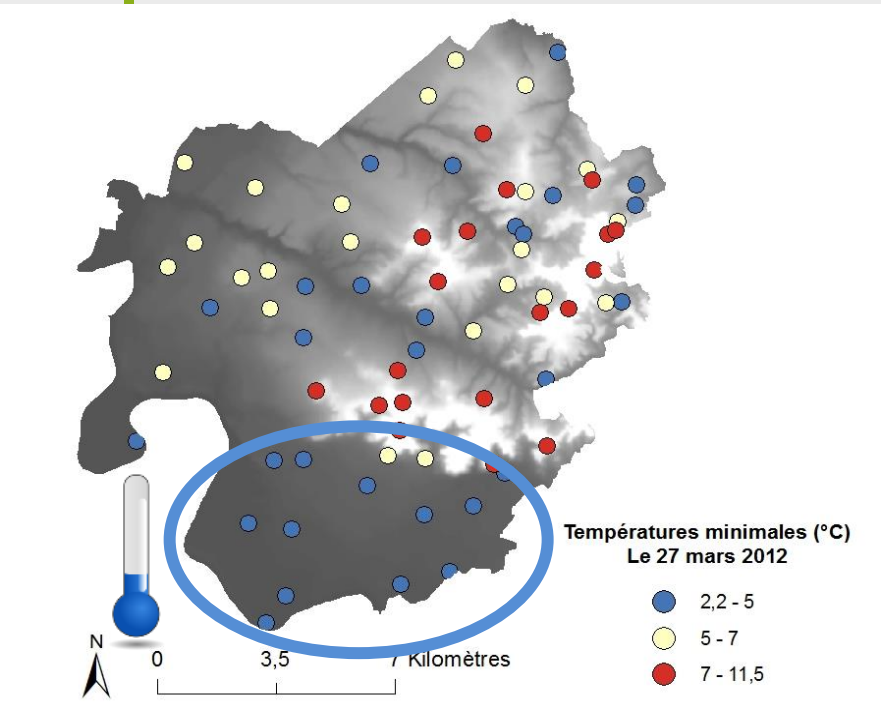
2015 est l'année la plus chaude et 2013 la plus froide

La température minimale présente une grande amplitude spatiale entre les capteurs (2.5°C), mais on ne distingue pas d'effet millésime

La température maximale présente une forte variabilité interannuelle

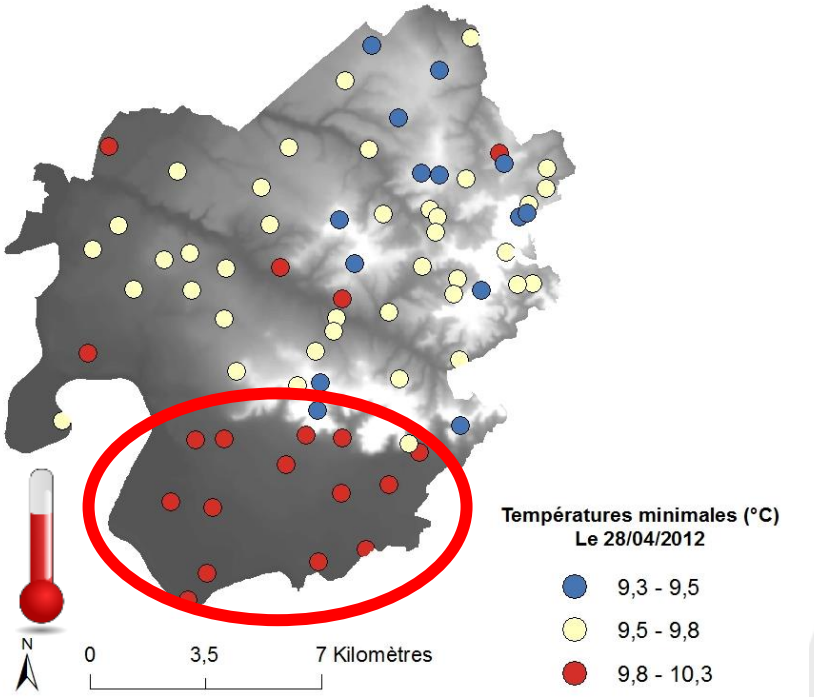
L'effet millésime est induit par les températures maximales

Forte variabilité spatiale et temporelle de la température a l'échelle d'une journée



Journée anticyclonique ensoleillée par temps clair

Grandes amplitudes pouvant atteindre 9°C



Journée avec une couverture nuageuse pluvieuse

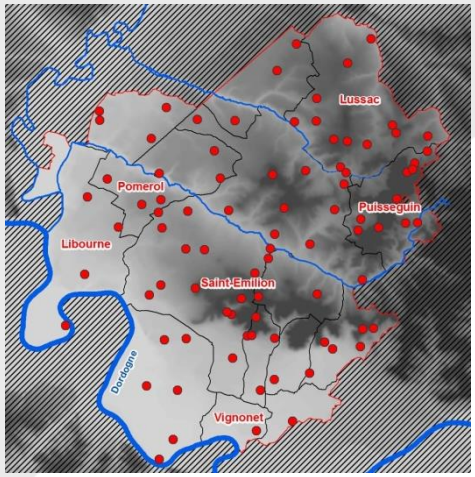
Faibles amplitudes d'environ 1°C

Fortes variations d'un jour à l'autre

Répartition spatiale des températures très variable

Spatialisation des températures

Température journalière pour chaque point



Température minimale journalière

Date	Tmin
01/01/2015	-6,0
02/01/2015	-3,4
03/01/2015	2,9

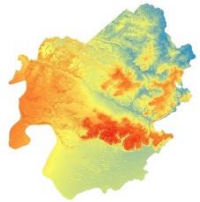
Température maximale journalière

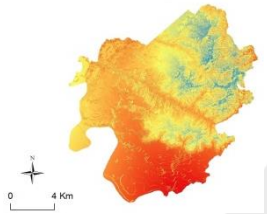
Date	Tmax
01/01/2015	5,6
02/01/2015	5,3
03/01/2015	12,4

Comment obtenir des cartes spatialisant les températures journalières sur la totalité du site d'étude ?

Développement d'un modèle : Thèse de Renan Le Roux

Carte Tmin journalière

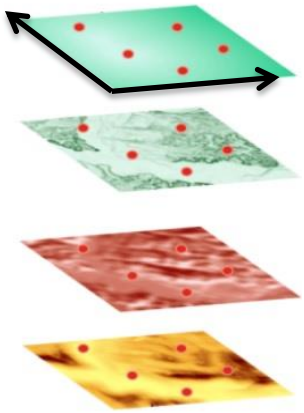




Carte Tmax journalière

On regarde quelles variables environnementales expliquent la variabilité spatiale des températures journalièrement

Variables explicatives



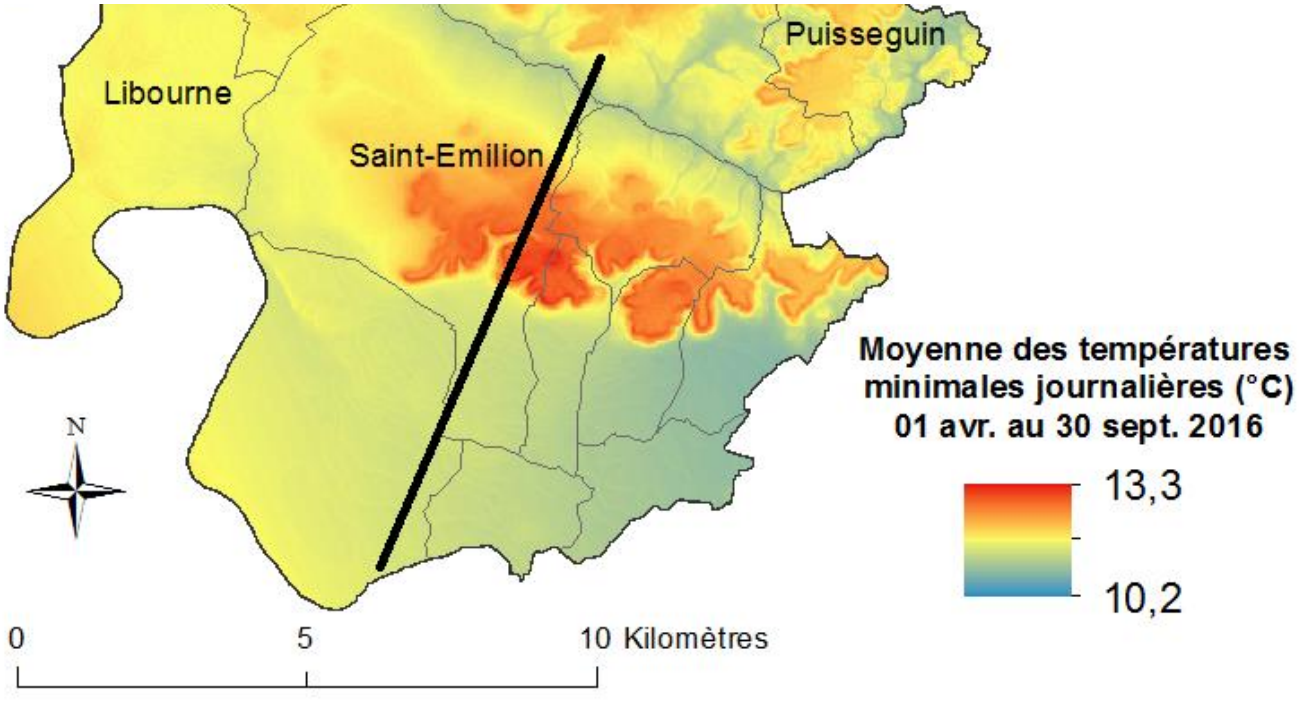
Position

Pente

Exposition

Altitude

Variabilité spatiale de la température minimale pendant la saison végétative de 2016



Quels facteurs environnementaux expliquent la variabilité de la température minimale ?

Altitude

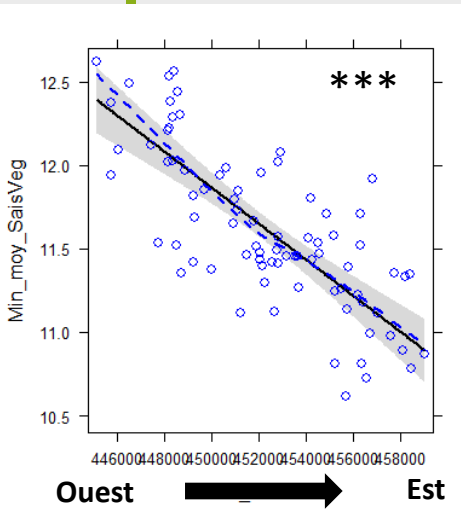
Exposition

Pente

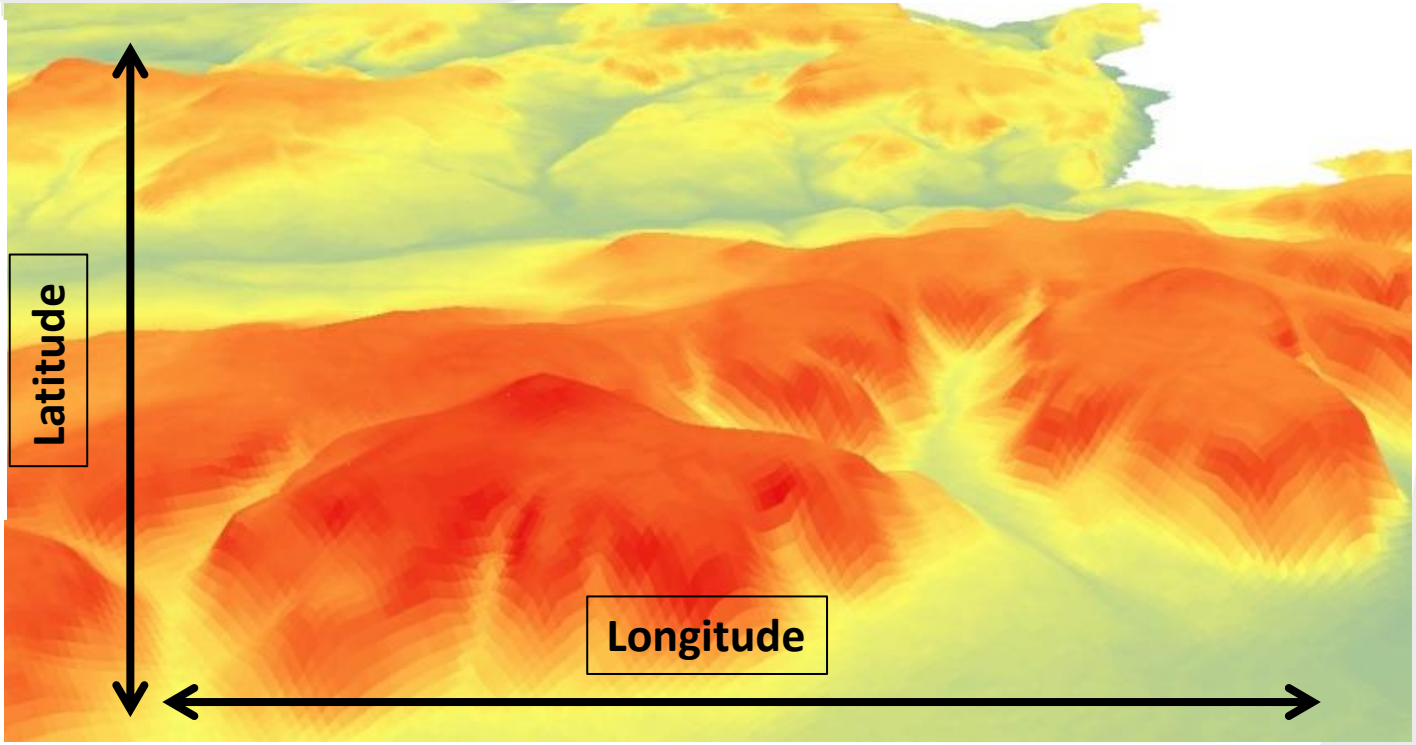
Latitude

Longitude

Quels facteurs environnementaux expliquent la variabilité de la température minimum ?

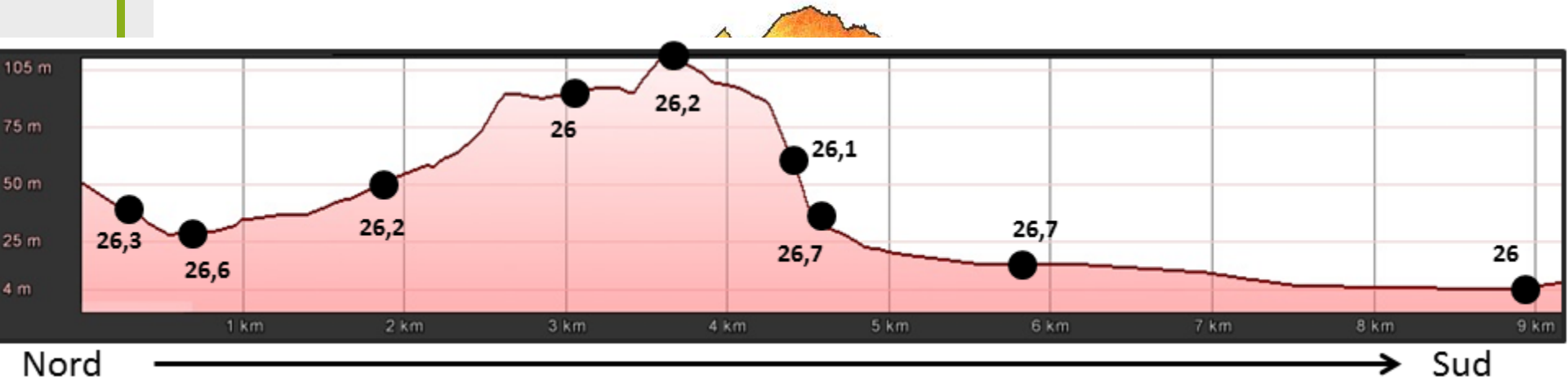


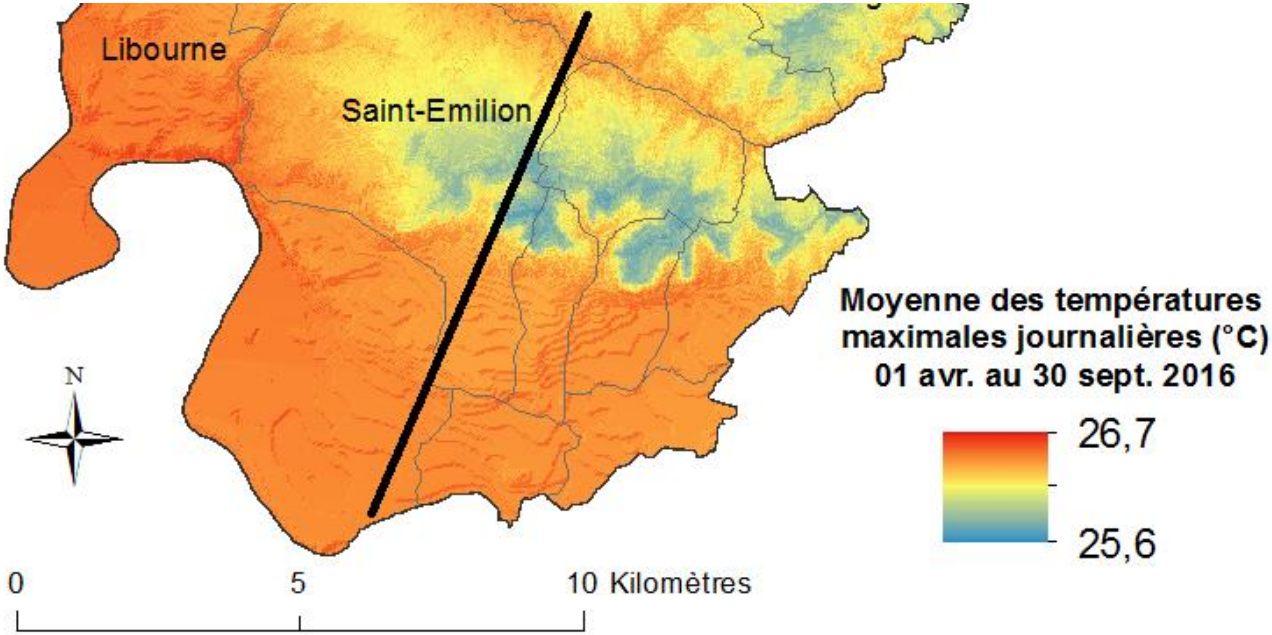
Longitude



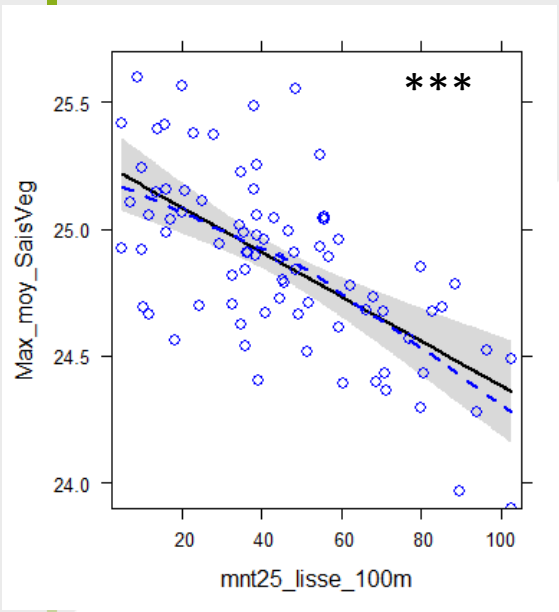
- Les températures minimales augmentent avec l'altitude et la pente
- Les températures minimales diminuent avec la latitude et la longitude (gradient Est/Ouest)
- L'exposition n'a pas d'effet sur la variabilité des températures minimales

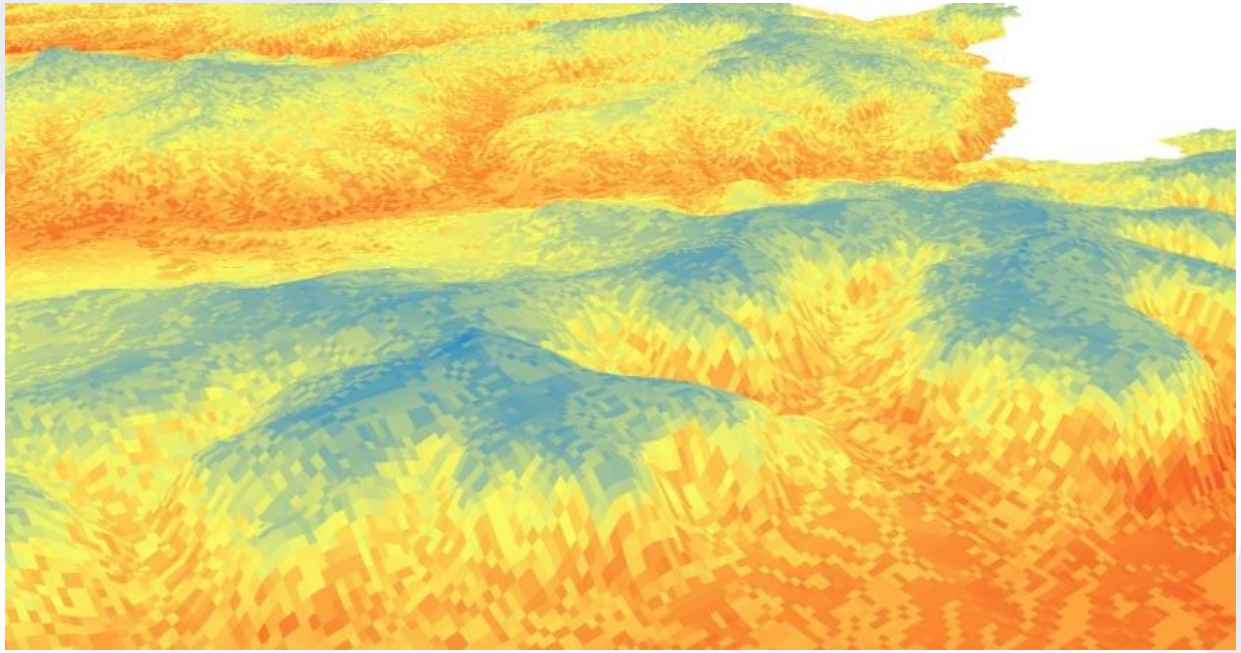
Variabilité spatiale de la température maximale pendant la saison végétative (2016)





Quels facteurs environnementaux expliquent la variabilité de la température maximale ?



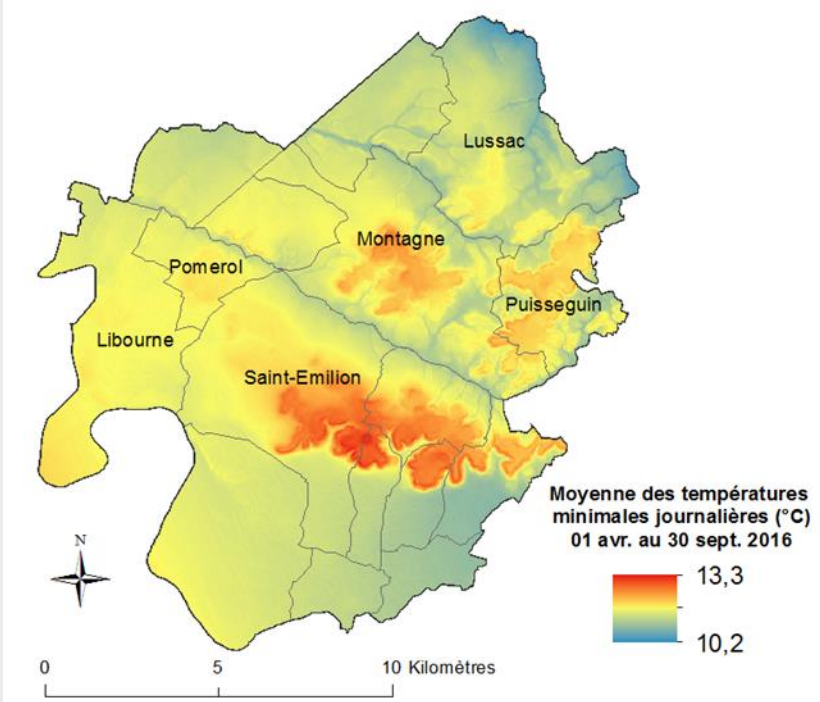


Altitude

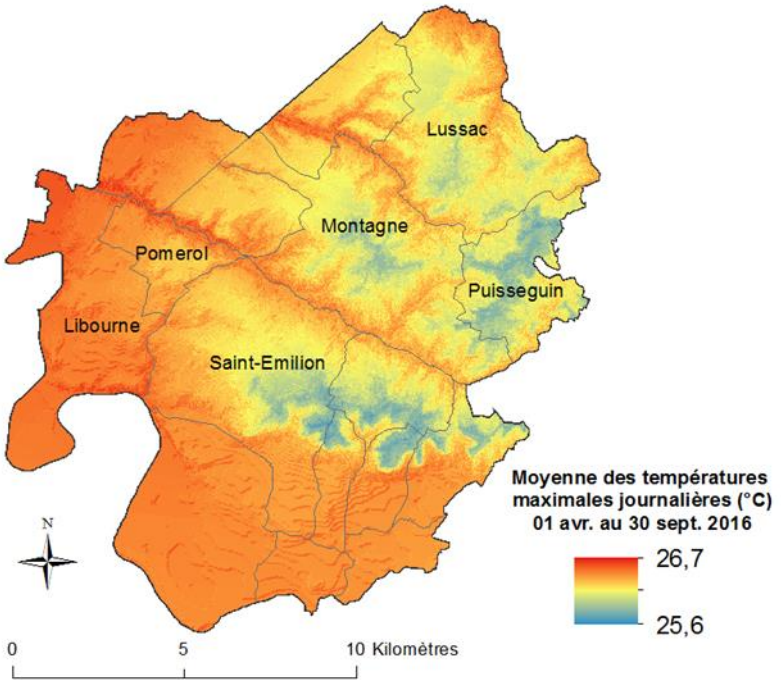
- L'altitude apparait comme le seul facteur environnemental impactant significativement les températures maximales durant la saison végétative
- La température maximale diminue avec l'altitude

Comparaison de la variabilité spatiale des températures minimales et maximales

Température minimale



Température maximale



- La température minimale présente une grande variabilité spatiale entre les capteurs (3°C)
- Les plateaux enregistrent de faibles amplitudes entre les Tmin et les Tmax
- Les plaines et les fonds de vallons enregistrent des fortes amplitudes entre les Tmin et les Tmax
- La zone Ouest du site d'étude (Libourne, Pomerol et Lalande de Pomerol) enregistre des Tmin et des Tmax élevées

Présentation du site pilote de Saint-Emilion, Pomerol et leurs satellites et des principaux résultats sur la variabilité climatique en lien avec le développement de la vigne et la maturation du raisin

Laure de Rességuier, Théo Petitjean, Renan Le Roux, Kees van Leeuwen

Under the contract number: LIFE13 ENV/FR/001512

Lien température / développement de la vigne : utilisation des indices bioclimatiques

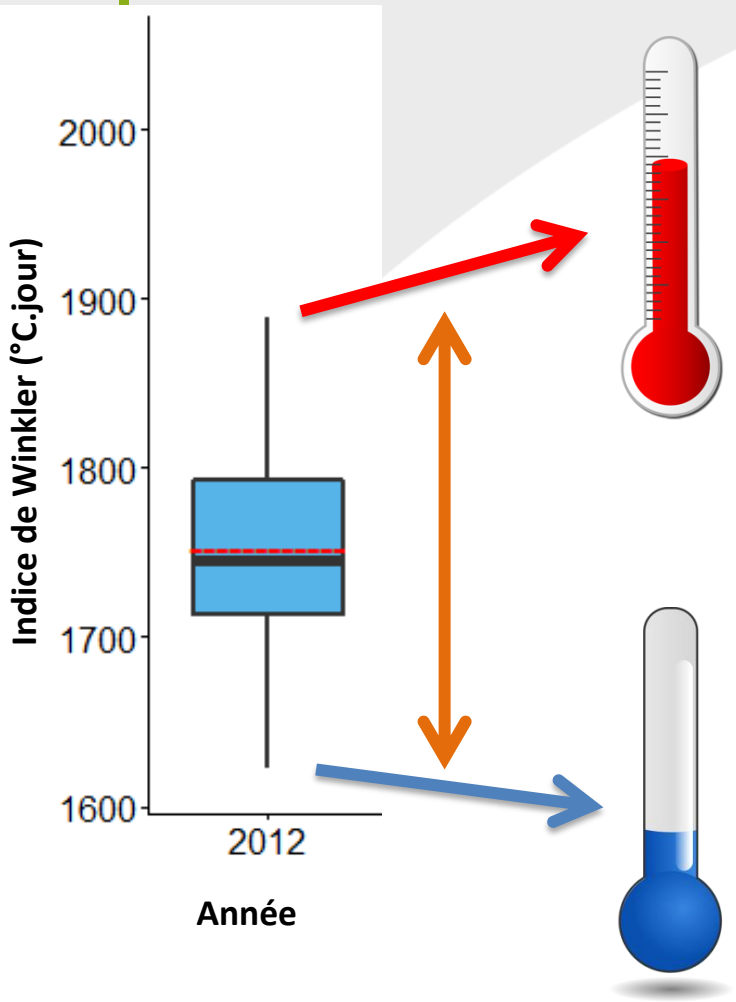
- Fort lien entre la température et la croissance de la vigne

- Création d'indices bioclimatiques basés sur des sommes thermiques :
  - permettent de caractériser les régions viticoles
  - de quantifier les écarts de température en lien avec le développement de la vigne à l'intérieur de régions viticoles

- Un indice fréquemment utilisé l'indice de Winkler :
  - C'est une somme thermique base 10°C cumulée du 1er avril au 31 octobre

$$WI = \sum_{01.04}^{31.10} (T_m - 10)$$

Grande amplitude spatiale de l'indice de Winkler



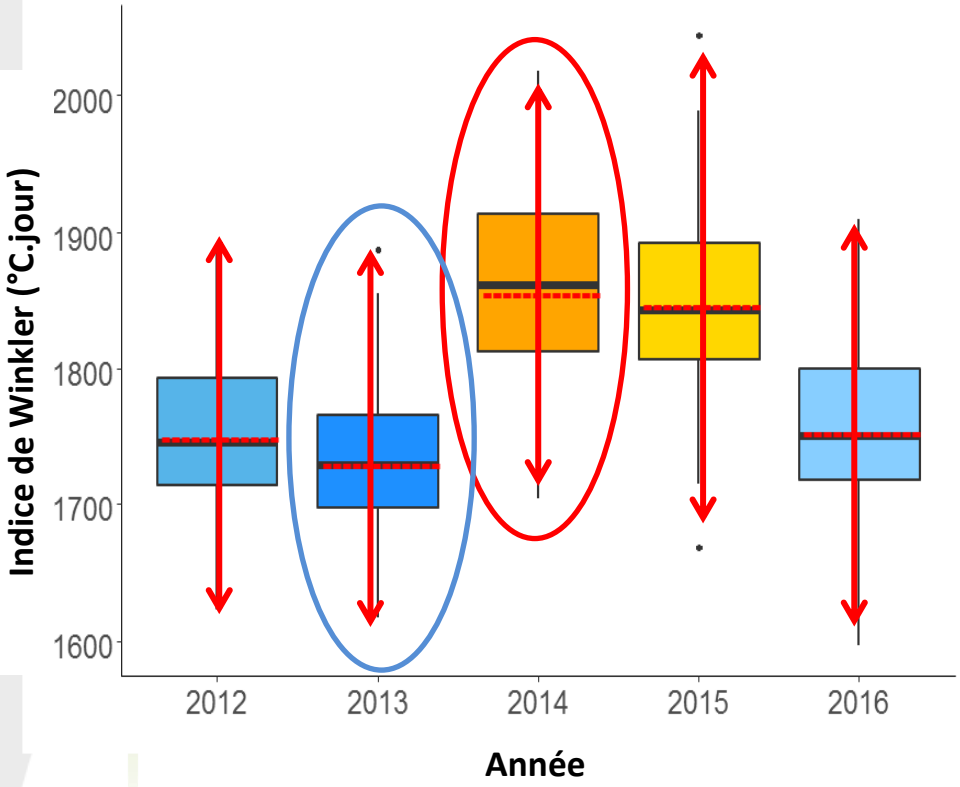
Capteur le plus chaud :
indice de Winkler de
1890°C.jour

Capteur le plus froid :
indice de Winkler de
1620°C.jour

Amplitude spatiale de l'indice de Winkler : **270°C.jour**

→ **1 mois** de décalage théorique de maturité induite par la température

Variabilités spatiale et temporelle de l'indice de Winkler



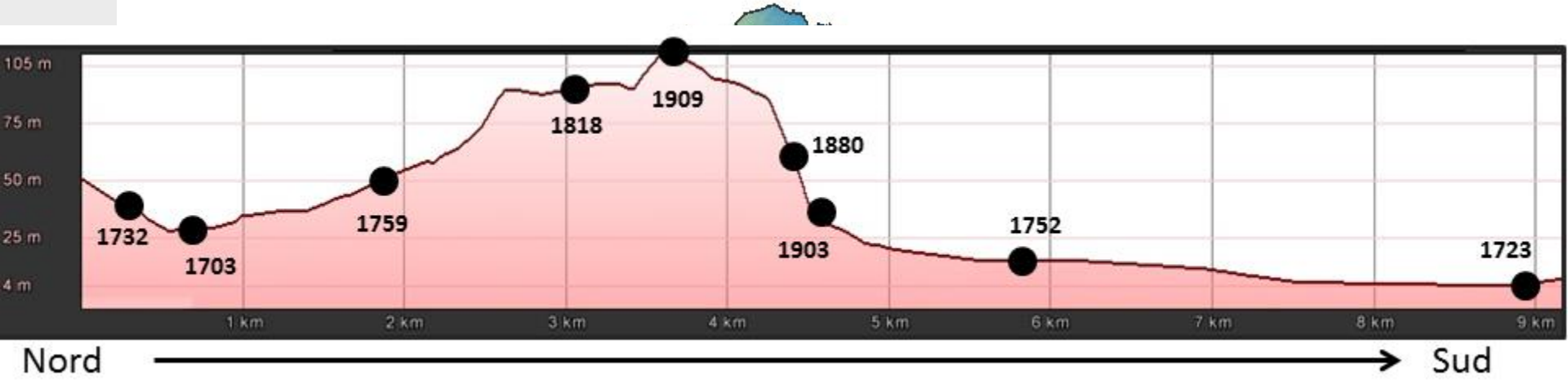
Variabilité temporelle « Effet millésime »

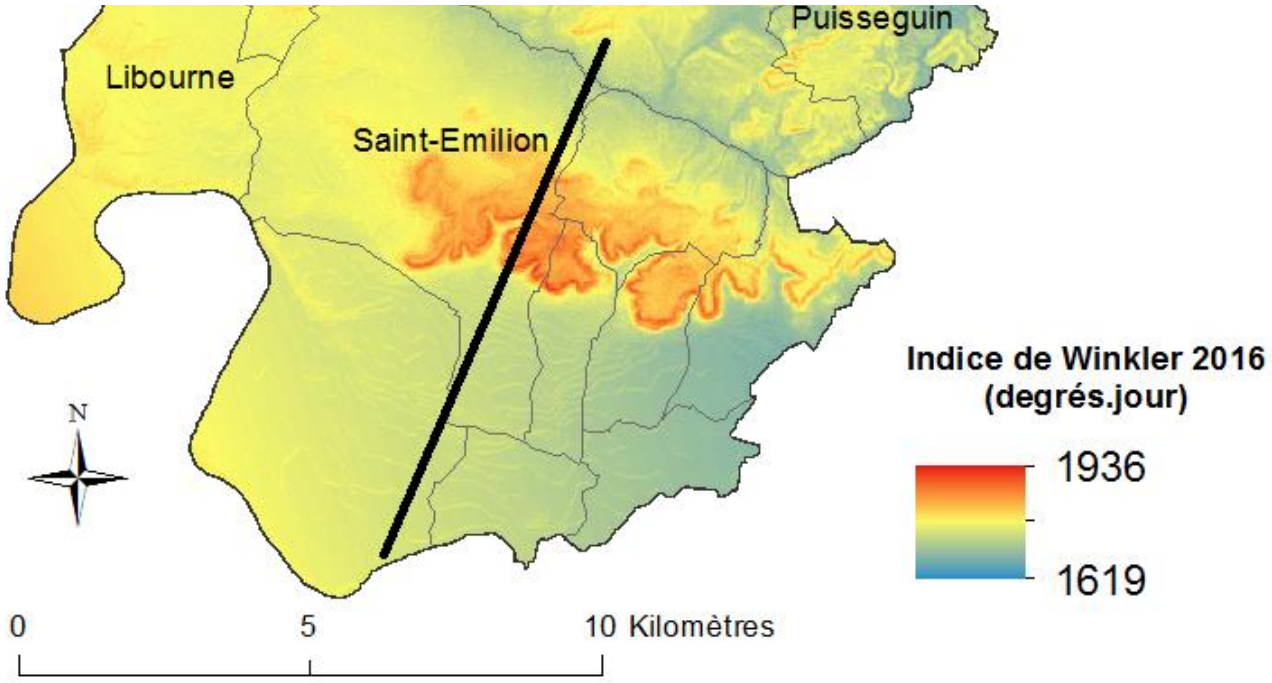
↳ 2014 plus chaud,
2013 plus frais

Variabilité spatiale : grande amplitude de 300°C.jour en moyenne de 2012 à 2016

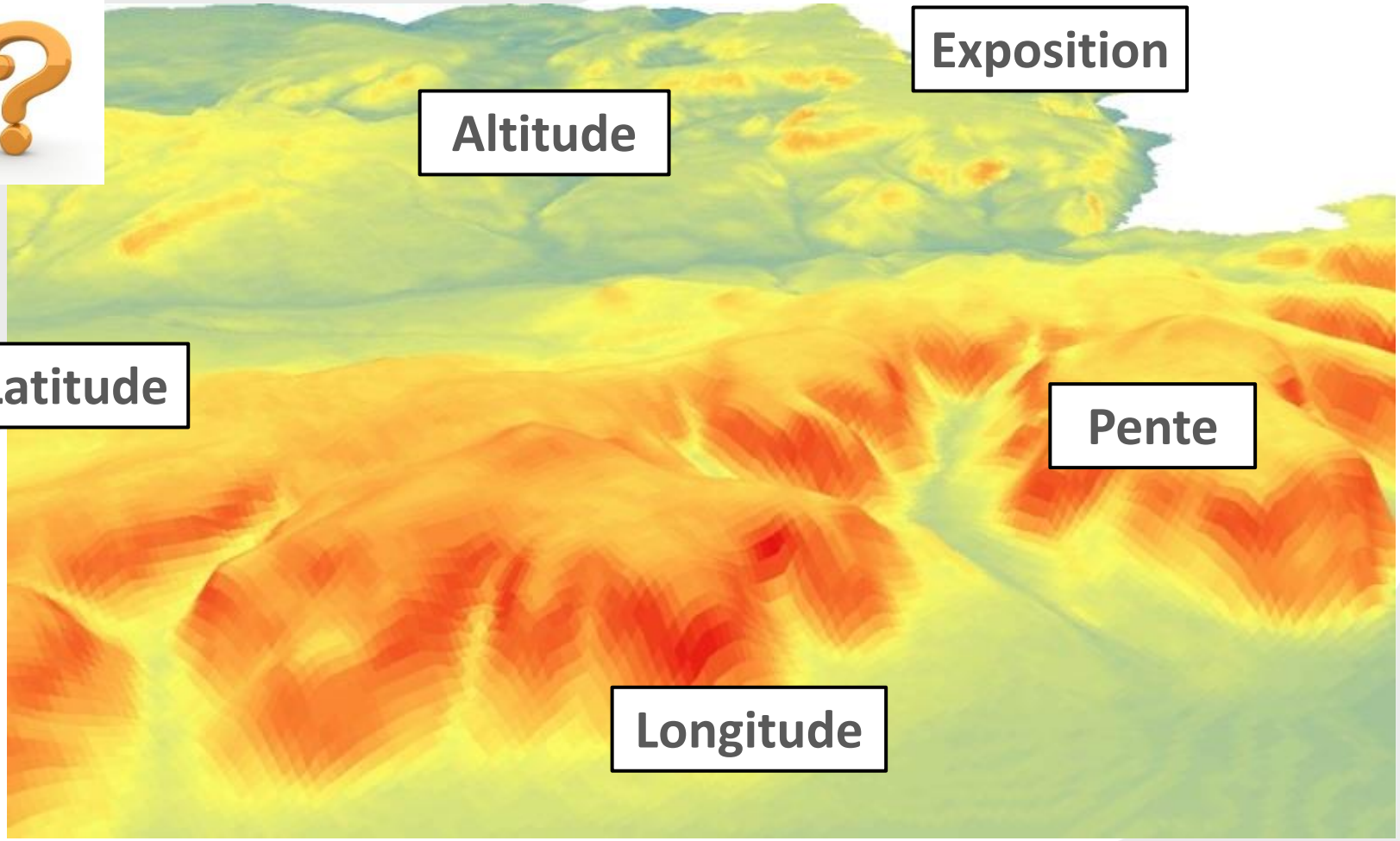
↳ 1 mois de décalage théorique de maturité

Distribution spatiale de l'indice de Winkler (2016)



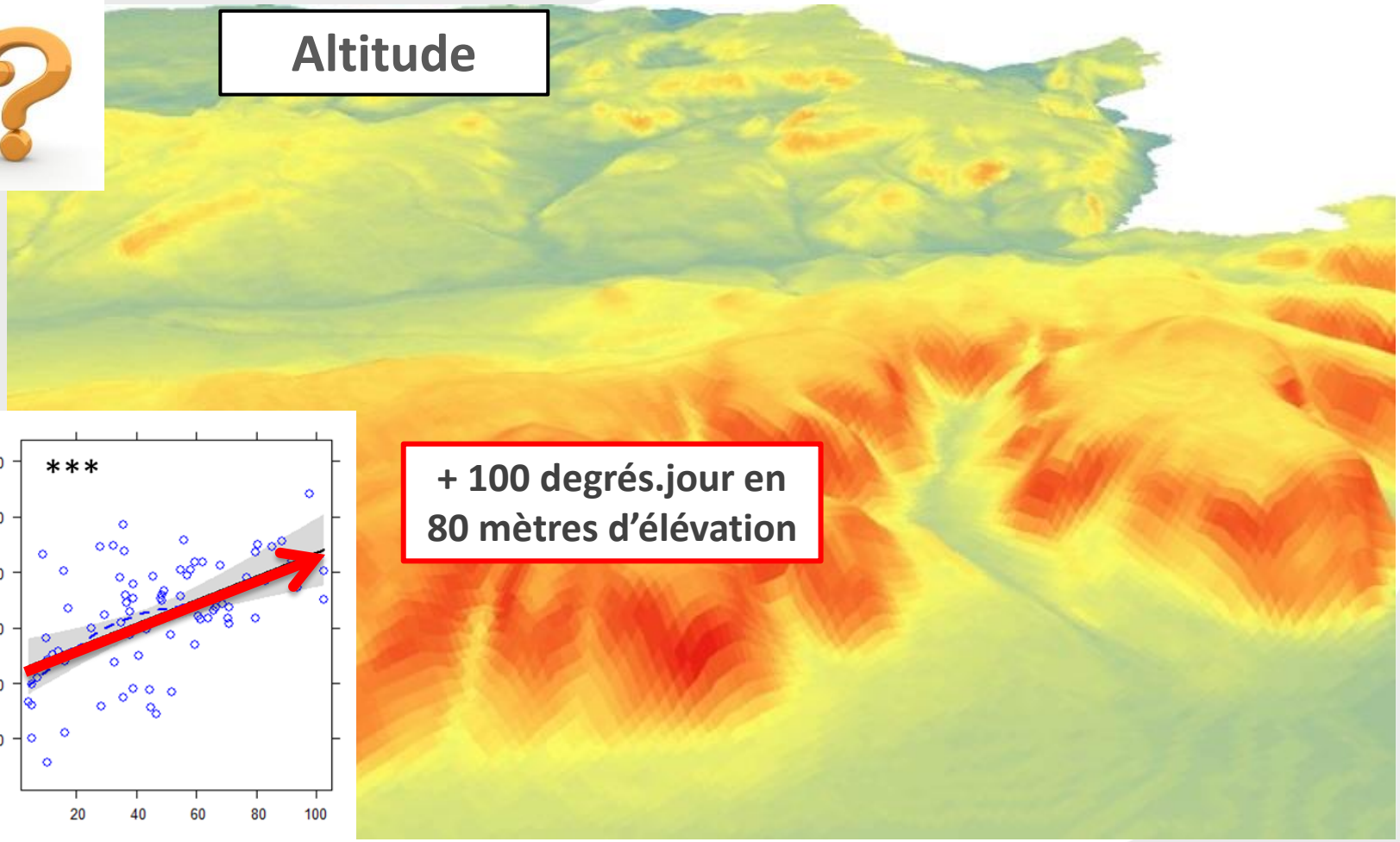


Quelles variables de l'environnement expliquent cette distribution spatiale ?

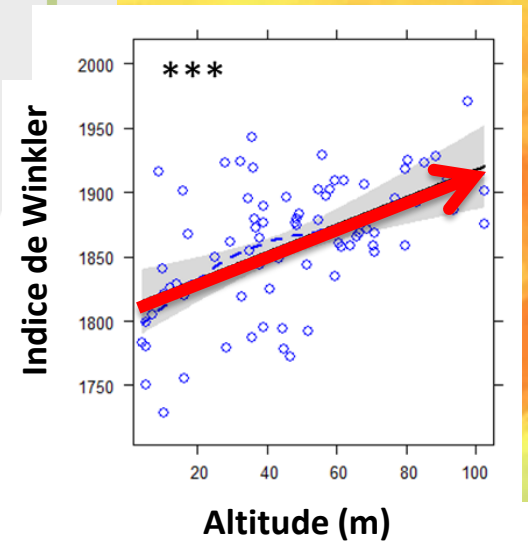


Quelles variables de l'environnement expliquent cette distribution spatiale ?

Altitude

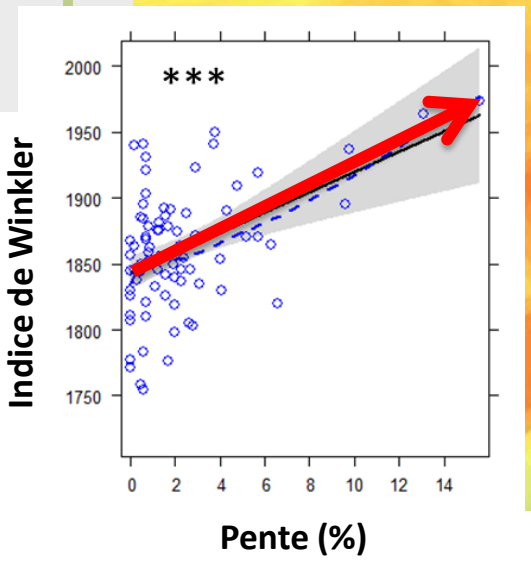


+ 100 degrés.jour en 80 mètres d'élévation



Quelles variables de l'environnement expliquent cette distribution spatiale ?

Pente



% pente
Indice de Winkler

Quelles variables de l'environnement expliquent cette distribution spatiale ?

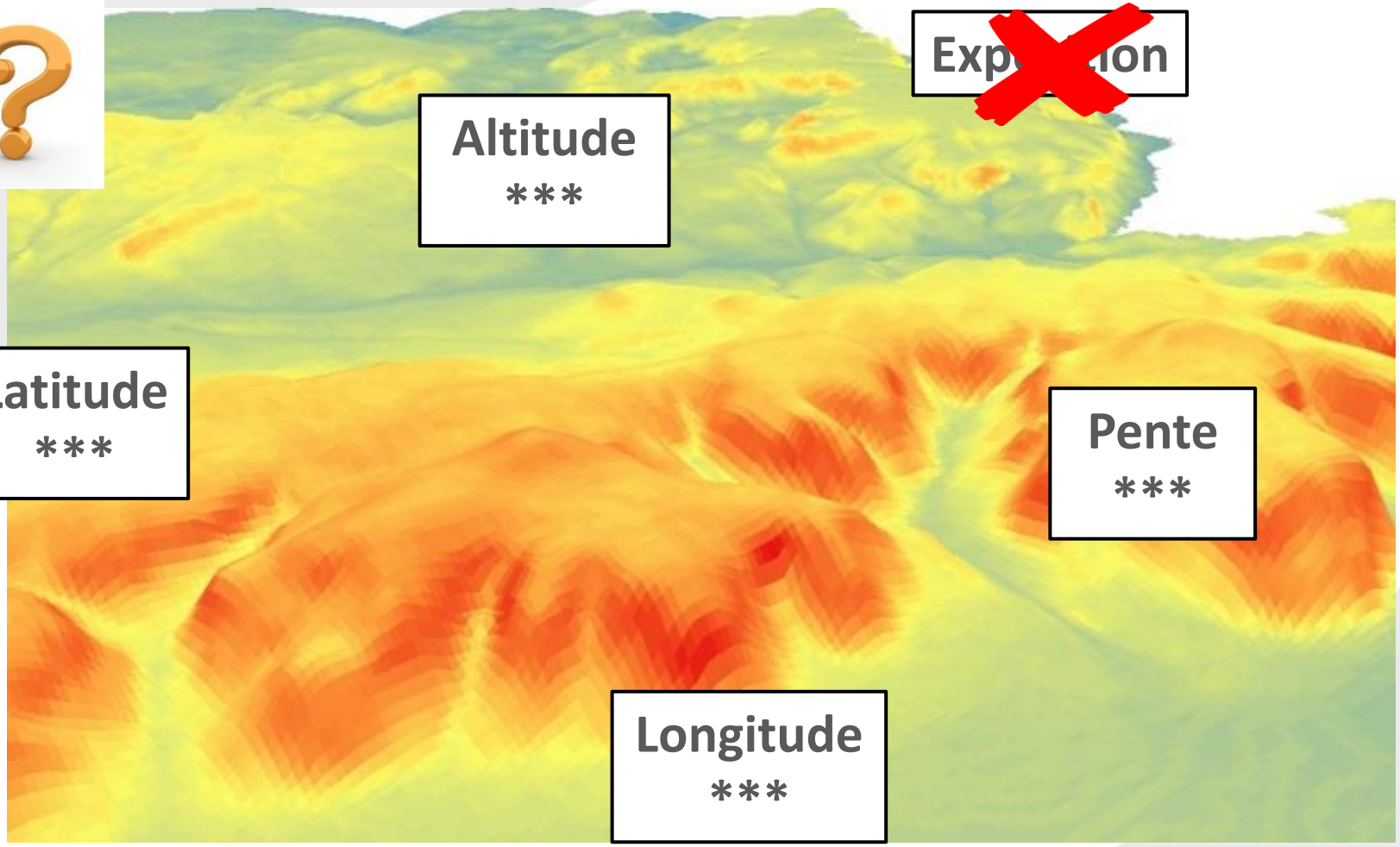
↘ Indice de Winkler du Sud vers le Nord de la zone d'étude

Latitude

↘ Indice de Winkler de l'Ouest vers l'Est de la zone d'étude

Longitude

Quelles variables de l'environnement expliquent cette distribution spatiale ?



Altitude
***

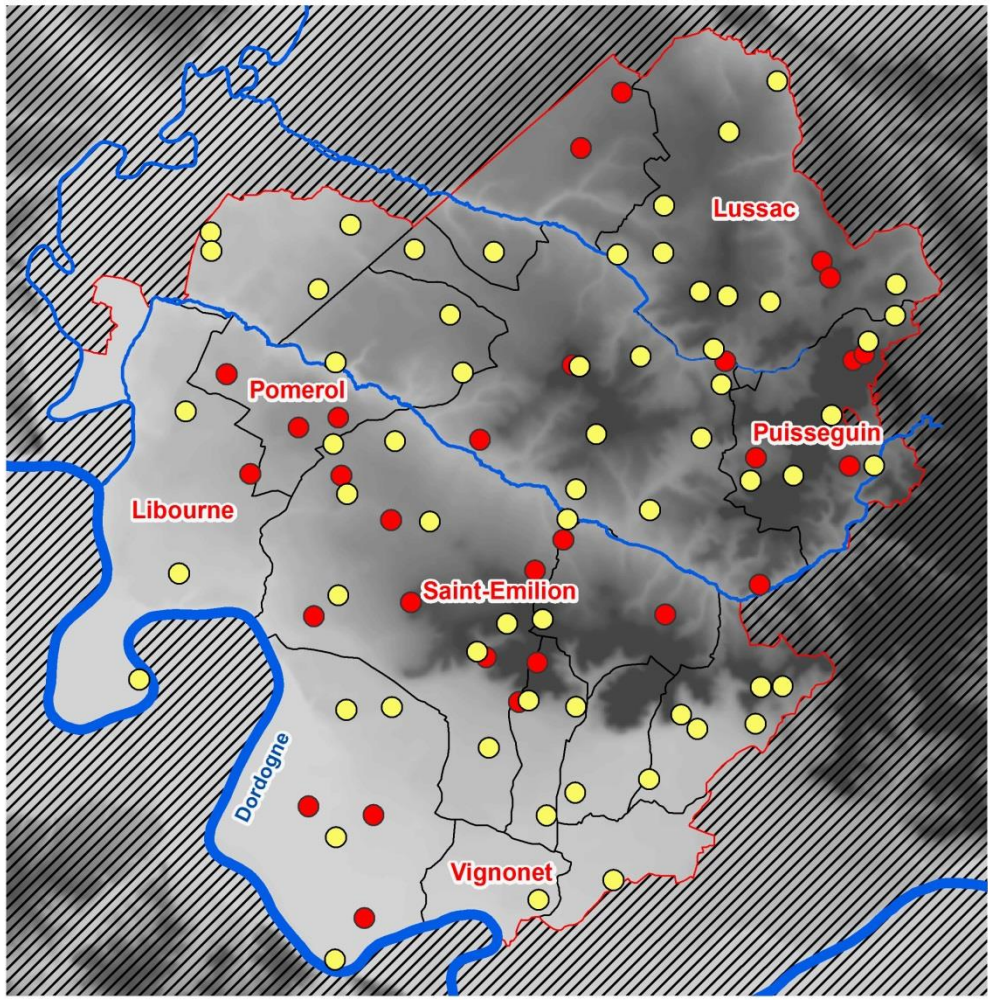
Exposition

Latitude
***

Pente
***

Longitude
***

Quelle est la réponse de la vigne (Merlot) à ces variations climatiques locales marquées ?



60 placettes suivies :

- 50% débourrement
- 50% floraison
- 50% véraison

18 placettes suivies :

- Maturité théorique : 200g/L de sucre

Suivi de la phénologie

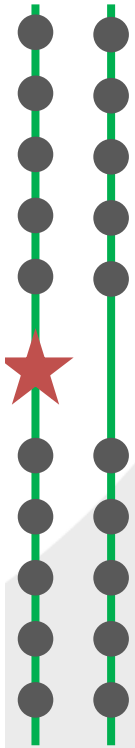
Capteur de température

1 placette = 20 pieds de Merlot autour d'un capteur

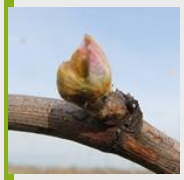
Rang

Capteur

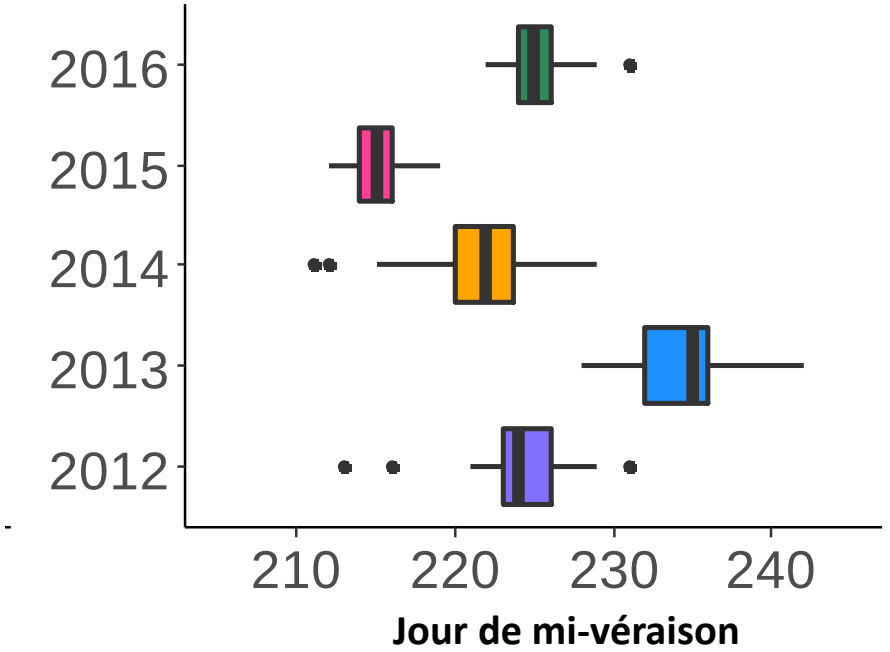
cep



Réponse de la vigne (Merlot) à ces variations climatiques locales marquées ?

	Ecart moyen par stade (2012-2016)
50 % Débourrement 	**20 jours**
50 % Floraison	**9 jours**
50 % Véraison	**13 jours**
Jour 200g/L de Sucre	**27 jours**

- Une amplitude assez forte pour le débourrement et la maturité théorique
- Plus faible pour la floraison et la véraison
- Un développement en lien avec la température



Développement de modèles phénologiques spécifiques pour ce site

Utilisation de la plateforme de modélisation phénologique PMP (CNRS)

Températures journalières

Date	Tmin
01/01/2015	-6,0
02/01/2015	-3,4
03/01/2015	2,9

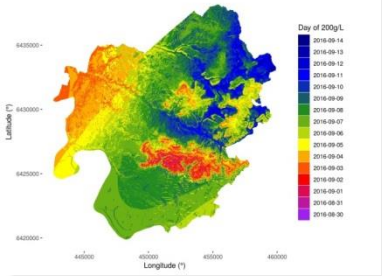
Date	Tmax
01/01/2015	5,6
02/01/2015	5,3
03/01/2015	12,4

Observations phénologiques sur placettes de Merlot proches des capteurs :

Mi-débourrement ; Mi-floraison ; Mi-véraison ; Maturité théorique

Création de modèles phénologiques à échelle locale pour chaque stade : 1 modèle pour chaque stade créé (Modèles GDD)

Combinés avec les modèles climatiques

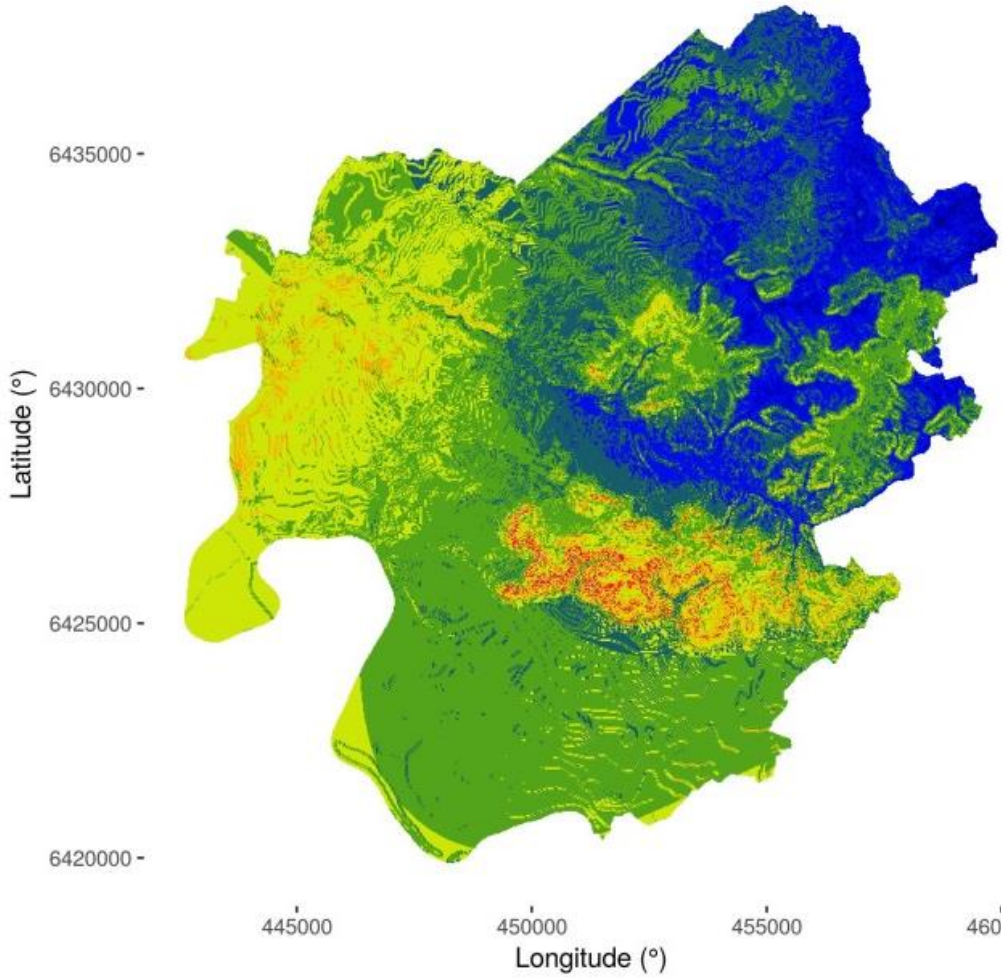


Carte de l'occurrence des stades phénologiques

Carte modélisée de l'occurrence de la mi-véraison en 2016

Modèle développé pour la mi-véraison :
Somme thermique base 3°C cumulée à partir du 52ème jour de l'année

Somme thermique nécessaire pour atteindre ce stade pour le Merlot :
2296°C.jour



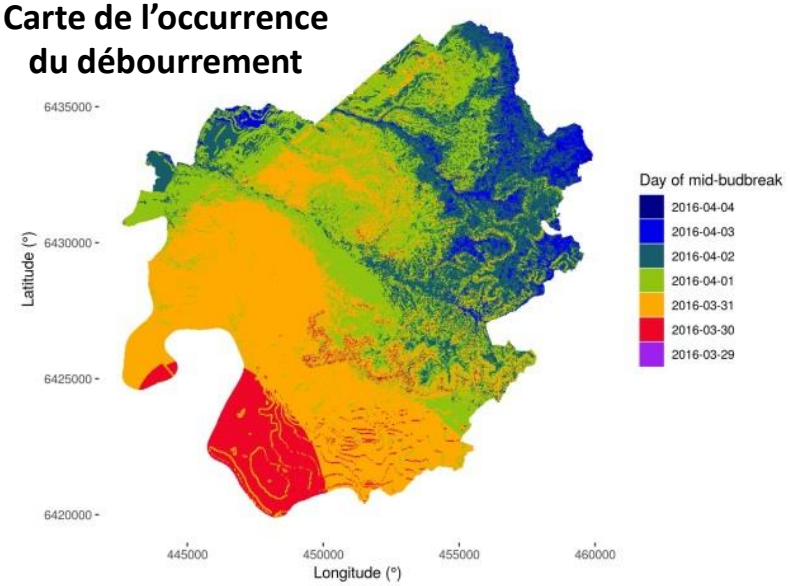
Jour de mi-véraison 2016

- 19/08/16
- 18/08/16
- 17/08/16
- 16/08/16
- 15/08/16
- 14/08/16
- 13/08/16
- 12/08/16
- 11/08/16
- 10/08/16

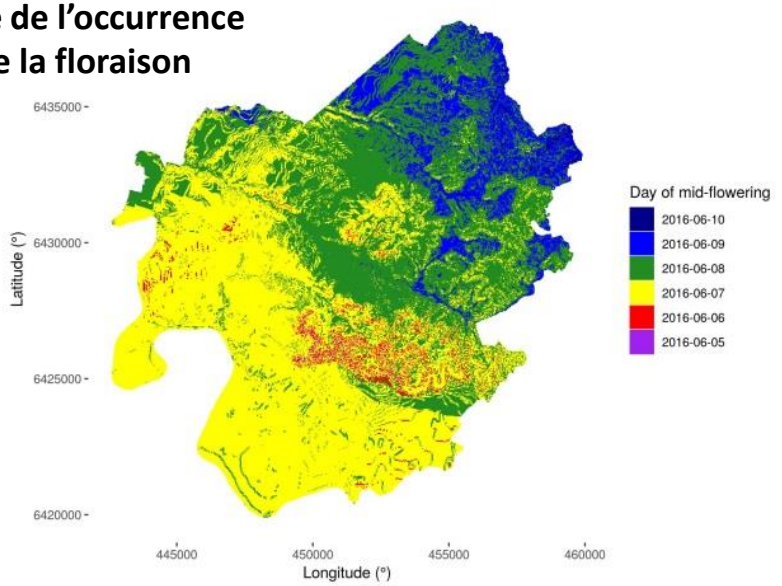
- Dates observées : du 9 au 18 août
- Dates modélisées : du 10 au 19 août

Cartes de la phénologie en 2016

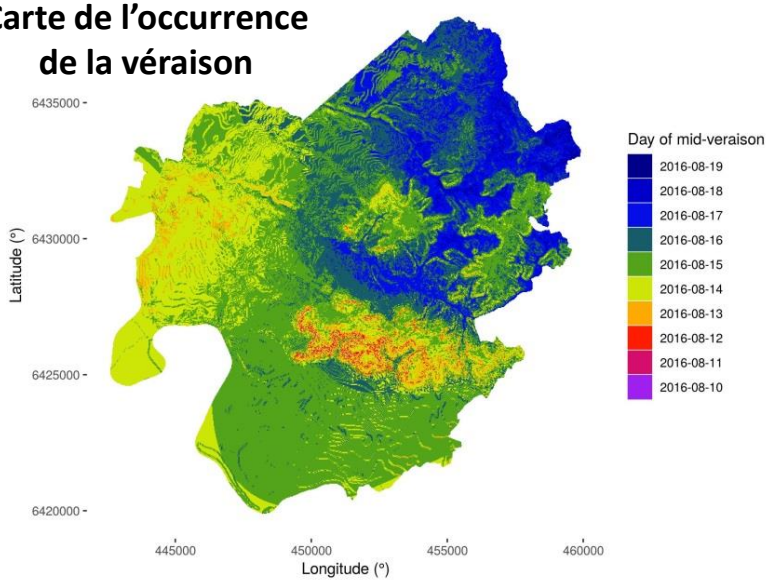
Carte de l'occurrence du débourrement



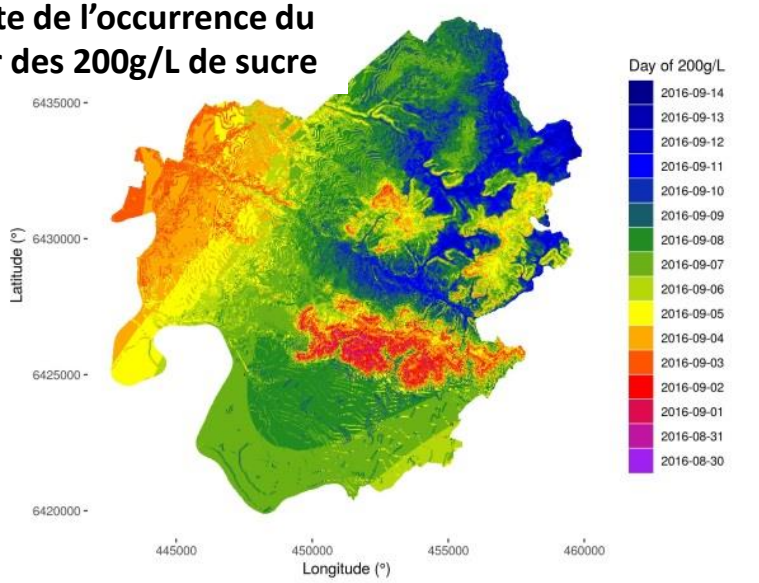
Carte de l'occurrence de la floraison



Carte de l'occurrence de la véraison



Carte de l'occurrence du jour des 200g/L de sucre



Des modèles phénologiques utilisables pour se projeter dans le futur

Utilisation de la plateforme de modélisation phénologique PMP (CNRS)

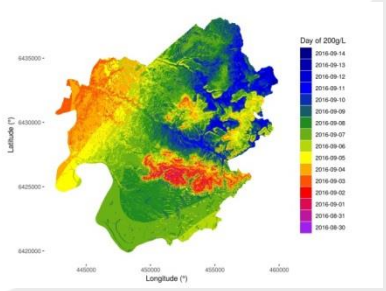
Températures journalières

Observations phénologiques sur placettes de Merlot proches des capteurs :
Mi-débourrement ; Mi-floraison ; Mi-véraison ; Maturité théorique

Création de modèles phénologiques à échelle locale pour chaque stade : 1 modèle pour chaque stade créé (Modèles GDD)

Combinés avec les modèles climatiques

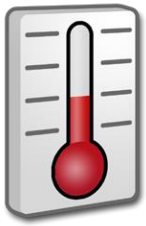
Ces modèles vont permettre de visualiser l'évolution de l'occurrence de la phénologie dans le futur



Carte de l'occurrence des stades phénologiques

Relation entre la température, l'alimentation hydrique, la nutrition azotée et la composition du raisin

Alimentation hydrique



Nutrition azotée

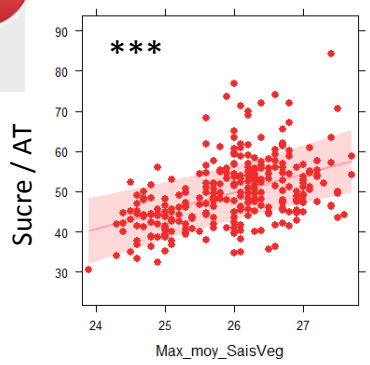
- Chaque année, proche de la maturité, un échantillon de baies est prélevé proche de tous les capteurs de température

- Les paramètres suivants sont analysés :
  - Maturité technologique
  - Statut azoté (Nass)
  - Alimentation hydrique (δ13C)
  - Poids des baies

Relation avec le paramètre de maturité Sucre / Acidité Totale

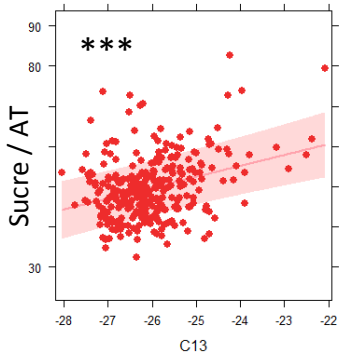
Temp Max Saison végétative

↗ S/AT
↗ Tmax



Alimentation hydrique

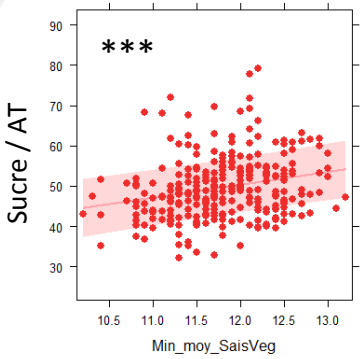
↗S/AT
↗$\delta^{13}C$



Sucre / AT

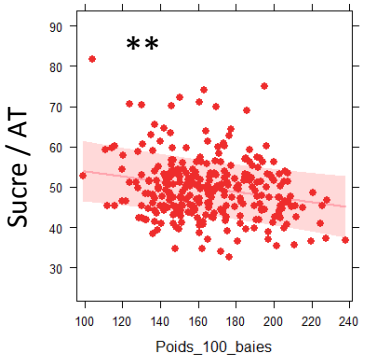
Temp Min Saison végétative

↗ S/AT
↗ Tmin



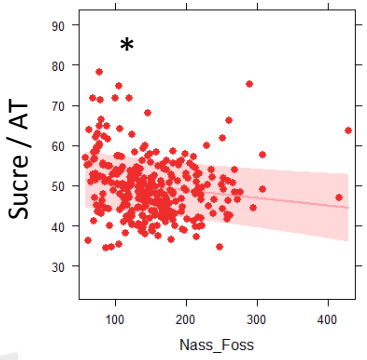
Poids des baies

↘S/AT
↗Poids baies



Nutrition azotée

↘ S/AT
↗ Nass

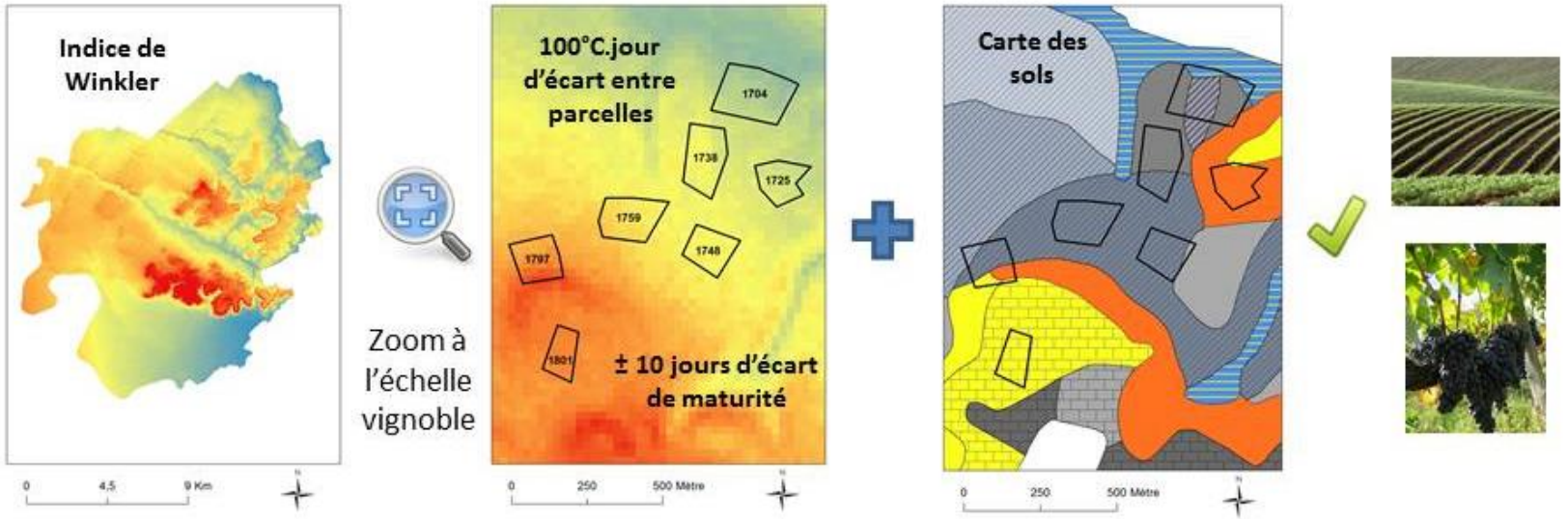


Comment utiliser les données produites dans ce projet ?

- Meilleure caractérisation de potentialités viticoles des terroirs de ce site

- Les cartographies des indices bioclimatiques et de la phénologie permettent de quantifier la variabilité climatique et ses conséquences sur le développement de la vigne.

- Croisés avec les cartes des sols :
  - Outils d'aide à la décision dans l'adéquation terroir / matériel végétal (porte-greffe, cépage, clone)
  - Adaptation fine des pratiques, des systèmes de conduite, des dates de récolte

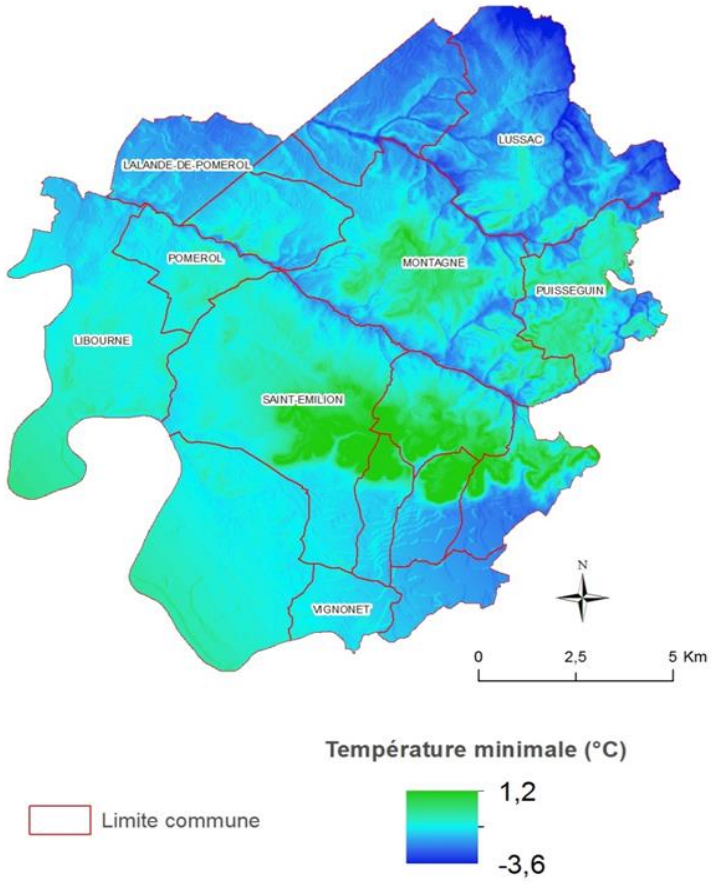


Comment utiliser les données produites dans ce projet ?

Les cartes journalières peuvent permettre de mieux comprendre la répartition spatiale de la température pour des journées particulières :

- Exemple de nuit de gel : détermination des zones les plus sensibles

Température minimale du 27/04/2017



Une notion d'échelle à prendre en compte

Ces cartes n'illustrent pas la variabilité intra-parcellaire

Elles sont particulièrement adaptées :

- Echelle du territoire : exemple pour les syndicats
- Echelle de grandes unités de production :
  - Caves coopératives
  - Propriétés présentant de grandes surfaces
- Pour les petites unités il faut prendre quelques précautions

Attention : d'autres paramètres non utilisés dans les modélisations peuvent avoir un impact sur la température (haies, forêts, bâtiments…)

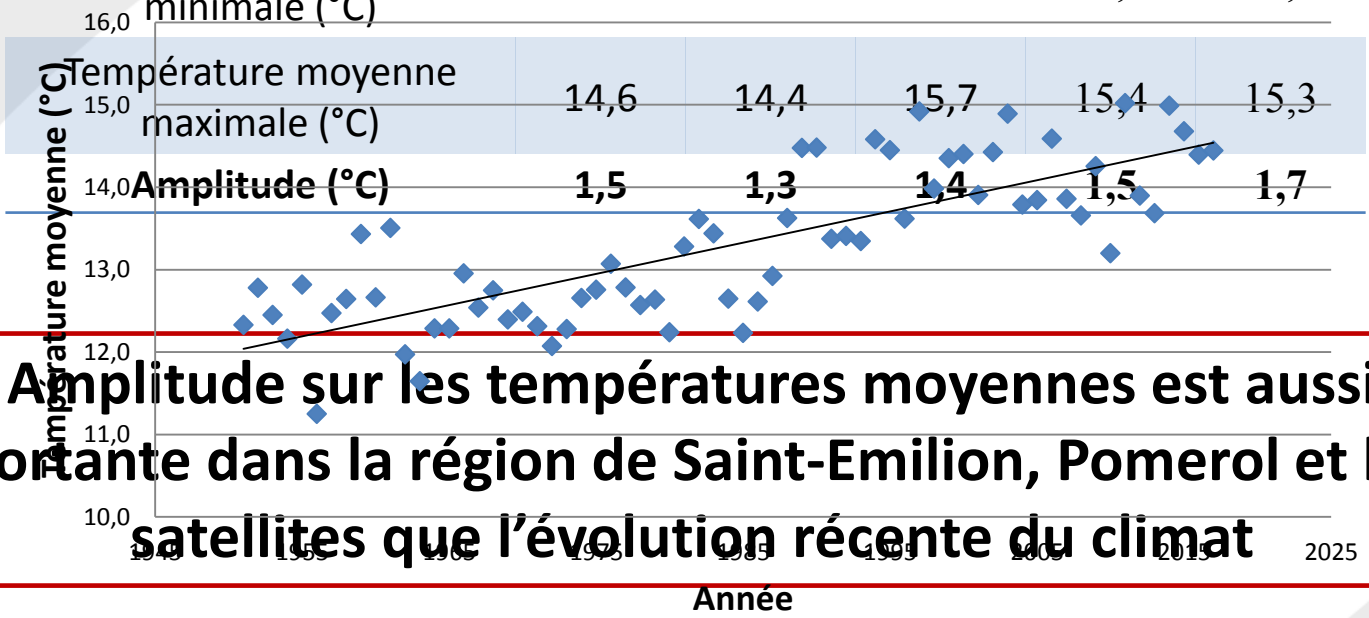
Focus sur la température moyenne dans un contexte de changement climatique

Evolution de la température moyenne annuelle de 1951 à 2017

Température moyenne sur le site de Saint-Emilion, Pomerol et leurs satellites

Station Météo France de Mérignac

	2012	2013	2014	2015	2016
Température moyenne (°C)	13,8	13,7	15	14,7	14,4
Température moyenne minimale (°C)	13,1	13	14,3	13,9	13,6
Température moyenne maximale (°C)	14,6	14,4	15,7	15,4	15,3
Amplitude (°C)	**1,5**	**1,3**	**1,4**	**1,5**	**1,7**



Amplitude sur les températures moyennes est aussi importante dans la région de Saint-Emilion, Pomerol et leurs satellites que l'évolution récente du climat

Une augmentation d'environ 1,6°C au cours des 65 dernières années

Conclusion et perspectives

- Un **réseau innovant** pour étudier la température à l'échelle locale
- Une **grande variabilité thermique** mise en évidence sur ce site
- Des cartographies pour mieux piloter les vignobles mises en ligne via une **plateforme web**
- Des modèles développés utilisables sur d'autres sites équipés de capteurs mais aussi pour a**ffiner les projections du changement climatique** à échelle locale
- Utilisation des ces données dans **un modèle multi agents** qui permet de définir l'impact du changement climatique sur les pratiques et de proposer des stratégies d'adaptation
- Des premiers résultats sur la maturité qui vont être développés dans un projet financé par le CIVB, le **projet Avvenir**

ADVICLIM

Merci de votre attention

Université Rennes 2 - Place du Recteur Henri Le Moal - 35043 Rennes Cedex

contact@adviclim.eu · www.adviclim.eu

ADVICLIM receives founds from the European Life + 2013 Program