



# Le modèle VitiTerroir pour simuler la dynamique spatiale des vignobles sur le temps long (1800-2014)

Un exemple de simulation appliqué au département d'Indre-et-Loire

Treizièmes Rencontres de ThéoQuant

Besançon, 17 - 19 mai 2017

Adrien Lammoglia - Samuel Leturcq – Etienne Delay

[lammoglia.adrien@gmail.com](mailto:lammoglia.adrien@gmail.com) - [samuel.leturcq@univ-tours.fr](mailto:samuel.leturcq@univ-tours.fr) - [etienne.delay@gmail.com](mailto:etienne.delay@gmail.com)



# Introduction : le programme VitiTerroir

## Fonctionnement du modèle

## Premiers résultats

## Discussion

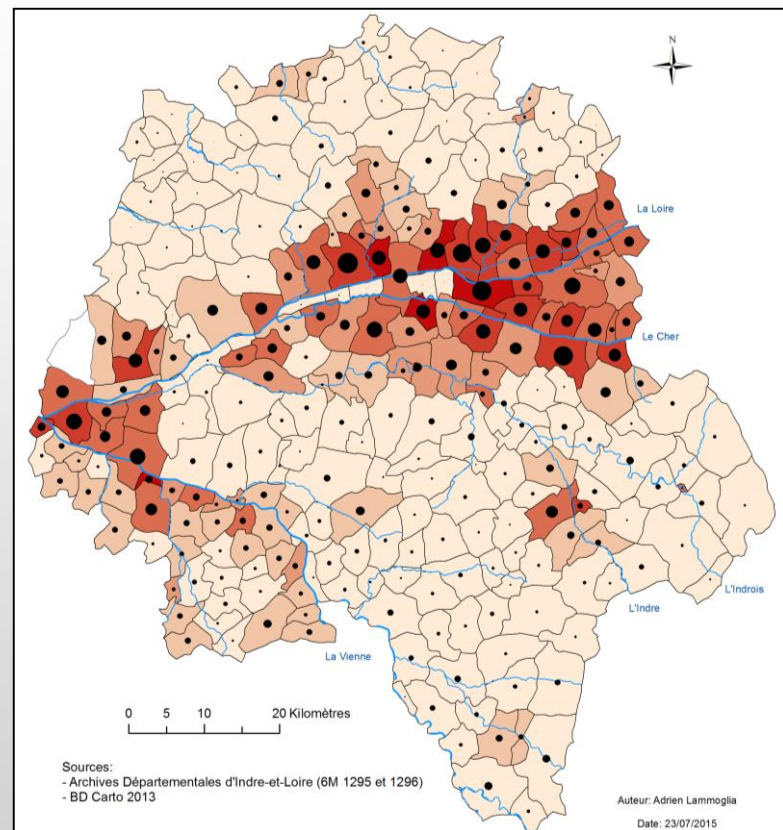
# Présentation du programme

- ➔ Projet de recherche régional ayant pour objectif l'étude et la simulation des dynamiques spatiales des territoires viticoles ligériens.
- ❑ **Financement** : APR de la Région Centre: 2013-2016
- ❑ **Laboratoire pilote** : Laboratoire Archéologie et Territoires (LAT) - UMR 7324 CITERES de l'université François Rabelais de Tours.
- ❑ **Responsable** : Samuel Leturcq
- ❑ **Coordination** : Samuel Leturcq et Adrien Lammoglia (2014-2016)

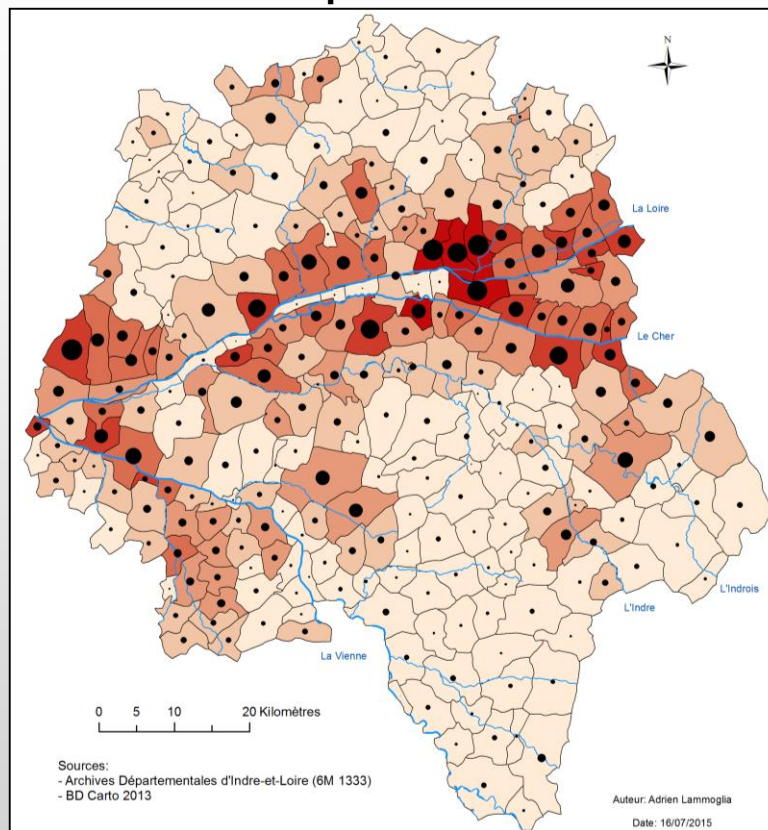
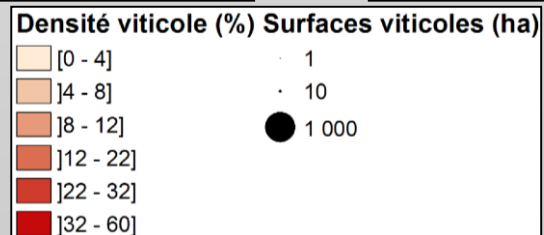


# Le vignoble de Touraine (1836-2014)

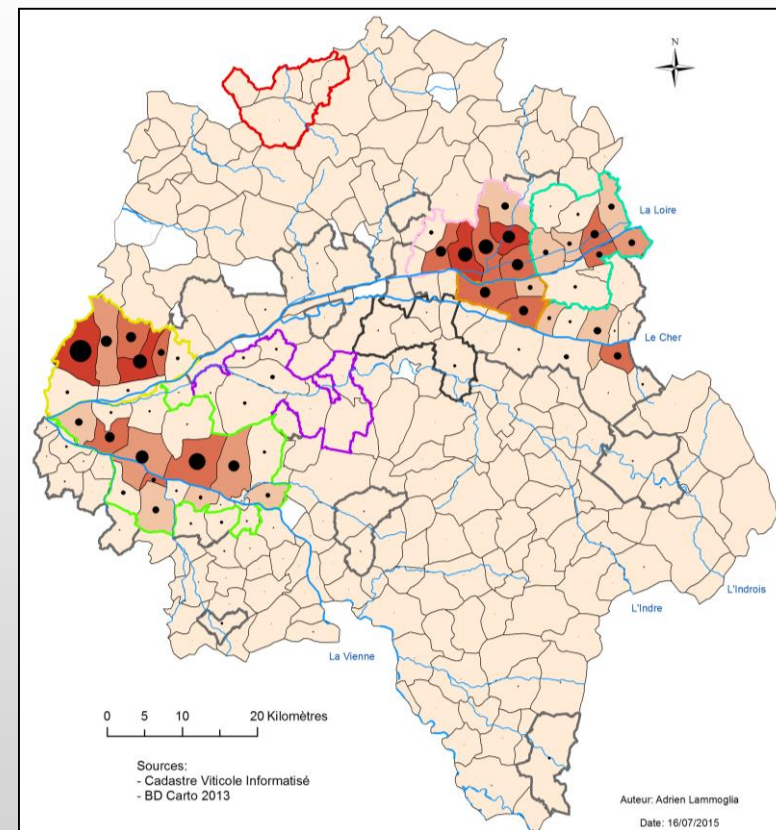
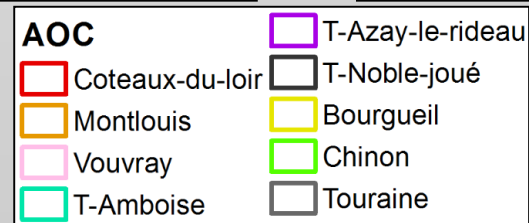
## Echelle départementale



1836



1910



2014

# Objectif du programme

**Des dynamiques spatiales... comment les expliquer ?**

*Il faut simplifier pour dégager l'essentiel de l'accessoire, le permanent et le déterminant du contingent.*

Durand-Dastès 2001

Introduction : le programme VitiTerroir

Fonctionnement du modèle

Premiers résultats

Discussion

# Objectif du modèle

- ❑ Simuler l'évolution des superficies viticoles des communes d'Indre-et-Loire à partir d'un temps  $t_0$  (1836) et jusqu'à un temps  $t_{\text{final}}$  (2014)
- ❑ Les superficies viticoles sont calculées année par année
- ❑ Le modèle est soumis à 4 facteurs :
  - l'évolution de la consommation par habitant combinée à l'évolution démographique française : demande en vin
  - la distance de chaque commune à des noyaux d'élite. A partir de 1937 et 1939 les communes sont aussi impactées par la délimitation des aires AOC mise en place par l'INAO. Ce facteur permet de distinguer les communes ayant une activité viticole particulière
  - la croissance urbaine des communes que nous analysons à travers l'évolution de la densité de population : identifier les communes qui ont potentiellement connu une compétition spatiale entre la vigne et la ville
  - la crise du phylloxera qui a entraîné une chute brutale des surfaces viticoles à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle

# Résolution spatiale et temporelle

- ❑ Simulation des **superficies viticoles par commune** (= résolution) à l'échelle du département d'Indre-et-Loire
- ❑ Le pas de temps de la simulation est l'année (une itération = 1 an)
- ❑ La durée est variable. Pour les résultats présentés ici : **1836-2014** (période renseignée)



# Description des agents

- ❑ 1 catégorie d'agents : les communes
- ❑ Aucune capacité de cognition ni d'interaction : la superficie viticole évolue en fonction d'une équation générale (type automate cellulaire)
- ❑ Variables caractérisant les communes :
  - Superficie viticole initiale
  - Distance au noyau d'élite le plus proche
  - Appartenance ou non à une délimitation AOC
  - Dynamique de peuplement

## – Facteur 1 –

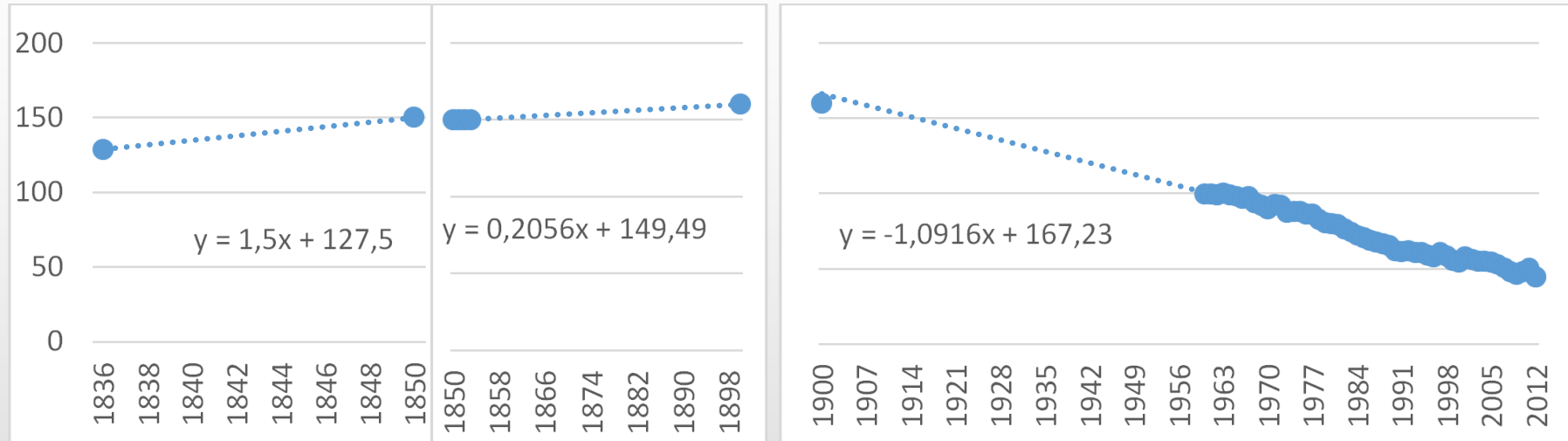
### Demande en vin : consommation et démographie

- ❑ Facteur de haut niveau (même impact sur l'ensemble des communes)
  
- ❑ Deux variables :
  - consommation brute mesurée à l'échelle nationale (l/hab/an) (source : France AgriMer)
  - accroissement démographique français (source : INSEE)
  
- ❑ Modélisation des tendances par le biais de fonctions linéaires
  
- ❑ Période 1836-2014 discrétisée en trois phases
  
- ❑ Le modèle calcule à chaque itération les coefficients de variation (qui permettent d'obtenir  $t+1$  en fonction de  $t$ ) en fonction des tendances

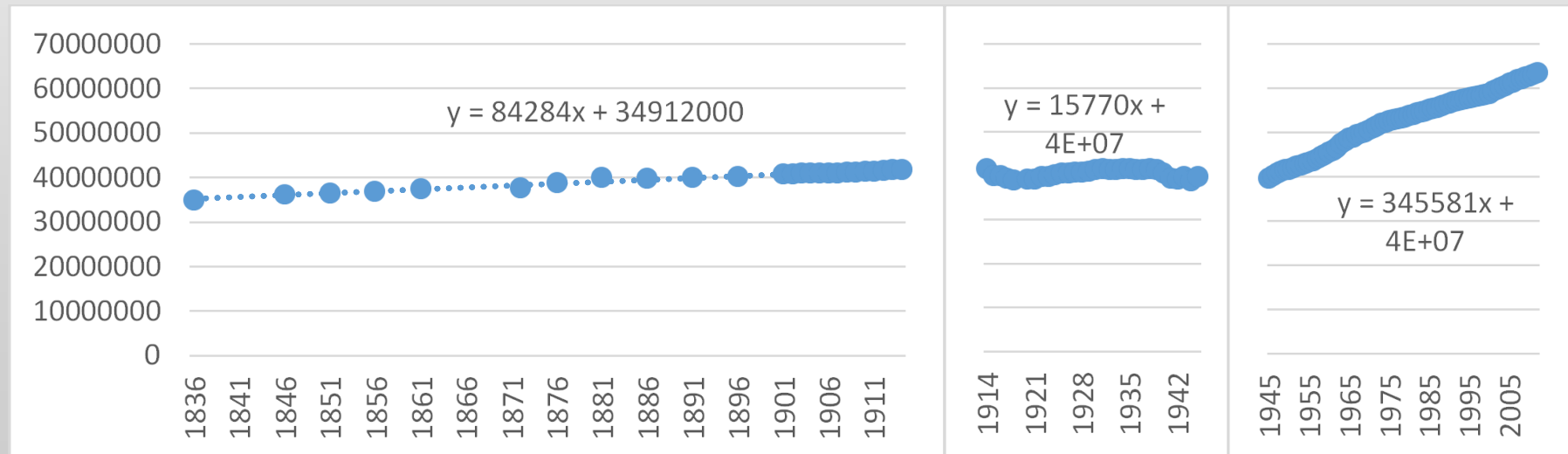
## – Facteur 1 –

# Demande en vin : consommation et démographie

Consommation française (l/hab/an)



Démographie



## – Facteur 2 –

# Polarisation viticole : « noyaux d'élite » et délimitation AOC

- ❑ Facteur de différenciation spatiale : niveau local
- ❑ Noyau viticole = berceau historique de viticulture basé sur la réputation (Kuhnholz-Lordat, 1991)
- ❑ Dans le modèle, les noyaux d'élite sont choisis à l'initialisation
- ❑ La résilience des vignobles dépend de la distance au noyau d'élite le plus proche

## – Facteur 2 –

### Polarisation viticole : « noyaux d'élite » et délimitation AOC

- ❑ A partir de la 2<sup>nd</sup> moitié du XX<sup>e</sup> siècle, les communes se situant dans une aire AOC vont connaître une croissance viticole. On distingue 3 catégories :
  - les communes ne se situant pas dans une aire AOC (aucune croissance viticole particulière)
  - les communes se situant dans l'AOC Touraine et mention de Touraine : à partir de 1939 ces communes sont soumises au coefficient 1,03
  - les communes se situant dans une des principales AOC : Vouvray, Bourgueil, Saint Nicolas de Bourgueil, Chinon et Montlouis : à partir de 1937 ces communes sont soumises au coefficient 1,05
  
- ❑ NB le *Coef AOC* a été calibré de manière totalement empirique

## – Facteur 3 –

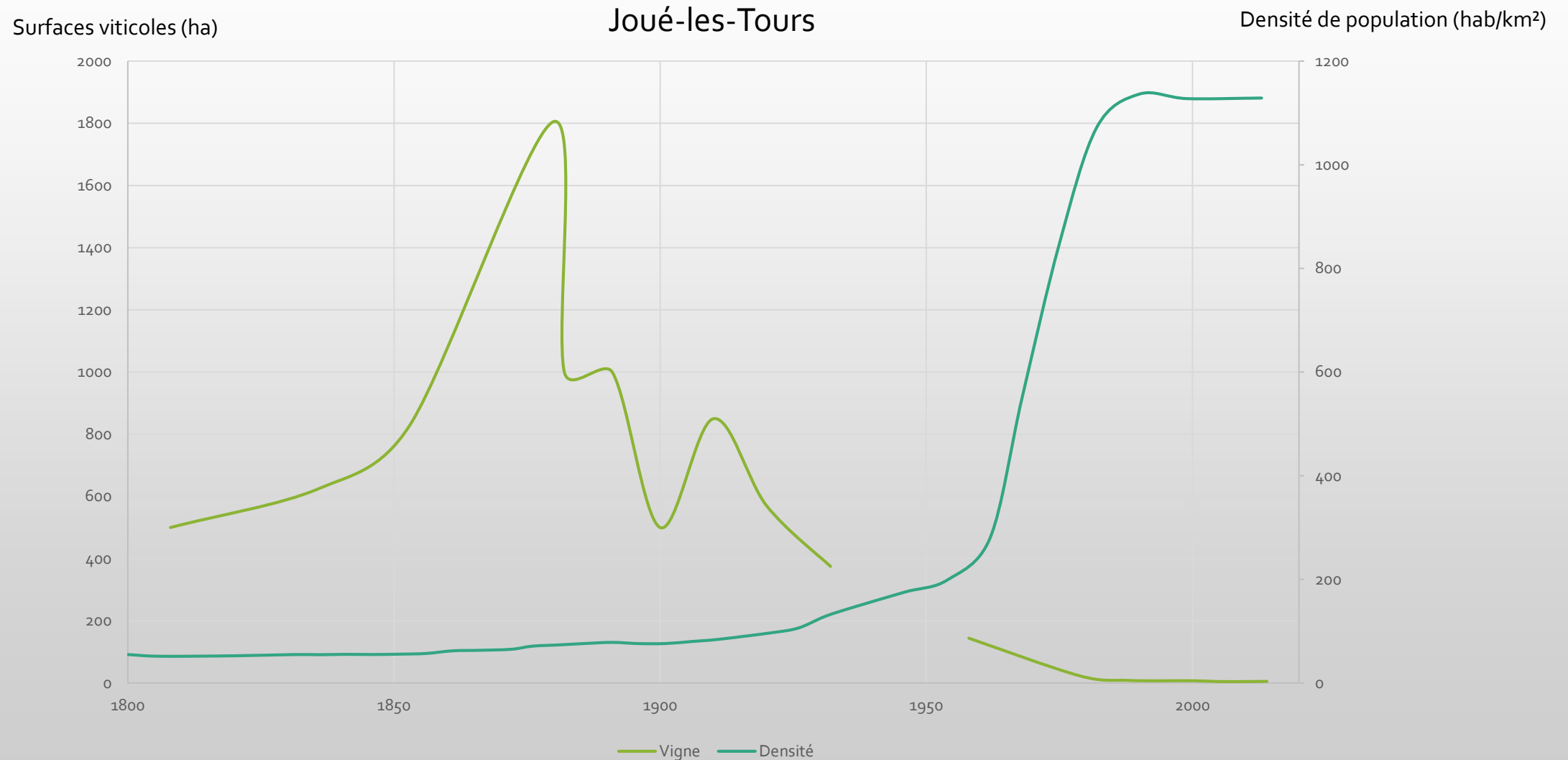
# Croissance urbaine et concurrence spatiale : densités de population

- ❑ Facteur de différenciation spatiale : niveau local
- ❑ Hypothèse : les communes ayant connu une croissance démographique rapide et importante au cours du XX<sup>e</sup> siècle ont connu une croissance urbaine significative et donc une potentielle artificialisation des terres au détriment des terres viticoles (Ex: Joué-les-Tours)
- ❑ Objectif : identifier les communes ayant connu une forte croissance démographique (1946-2013) et calculer le coefficient de variation



## – Facteur 3 –

# Croissance urbaine et concurrence spatiale : densités de population



## – Facteur 4 –

### La crise du phylloxera (1880-1900 en Touraine)

- ❑ Objectif : prendre en compte la chute brutale des superficies viticoles engendrée par le phylloxera sur la période 1880-1900
- ❑ Nous avons calculé la perte observée à l'échelle du département que nous avons appliqué à toutes les communes de manière proportionnelle :
  - ➡ à l'instant  $t = 1900$  chaque commune subit une perte de 45% de sa superficie viticole

# Équation générale du modèle

***SurfaceVigneSimu*<sub>t+1</sub>**

$$= \text{SurfaceVigneSimu}_t \times \frac{\text{CoefConso}^{\text{PoidsConso}} \times \text{CoefPop} \times \text{CoefAOC}}{\text{DistanceNoyaux}^{\text{PoidsDistanceNoyau}} \times \text{CoefDensite}^{\text{PoidsDensite}}}$$

(la pondération nous permet de calibrer le modèle)

# Indicateurs

## □ Niveau global

- Ecart département (ha) : indique les écarts entre les surfaces viticoles départementales simulées et celles réelles

## □ Niveau local

- Moyenne (écarts des communes) : indique la moyenne des écarts des surfaces viticoles communales (simulées – réelles)
- Médiane (écarts des communes) : indique la médiane des écarts des surfaces viticoles communales (simulées – réelles)
- Ecart type (écarts des communes) : indique l'écart type des écarts des surfaces viticoles communales (simulées – réelles)
- Indice moyen : nous faisons la moyenne des trois indicateurs précédents.

Introduction : le programme VitiTerroir

Fonctionnement du modèle

**Premiers résultats**

**Discussion**

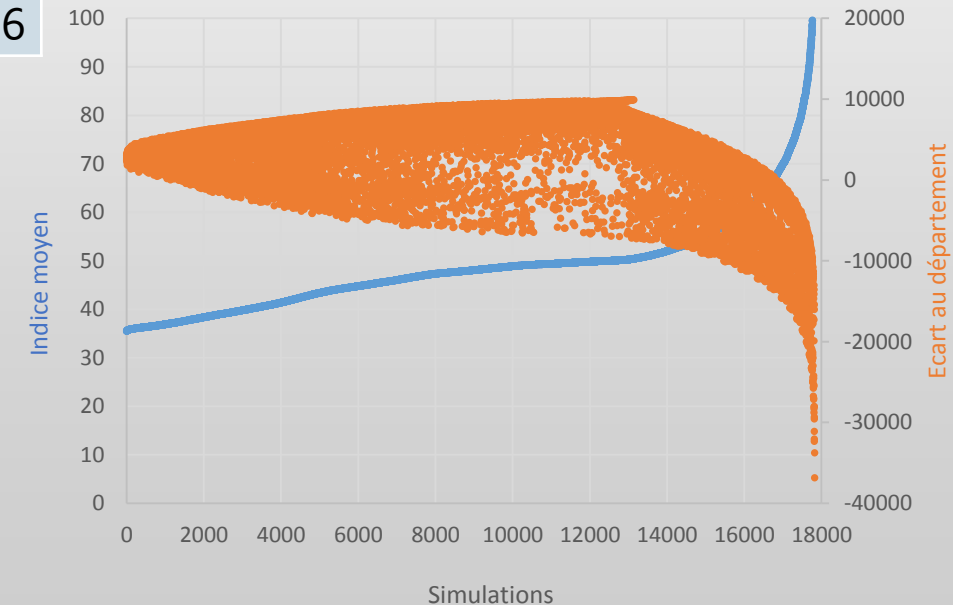
# Synthèse de l'exploration des modèles

	Modèle 1	Modèle 2	Modèle 3	Modèle 4
Meilleure simu indice	49,45	37,78	35,49	35,46
Meilleure simu dep	53,41	44,01	67,72	56,95
Meilleur compromis (écart dep < 2000)	50,49	38,04	35,69	35,66

Résultat de l'exploration du modèle 4 pour un total de 35 200 simulations

## □ Chaque facteur implémenté a permis :

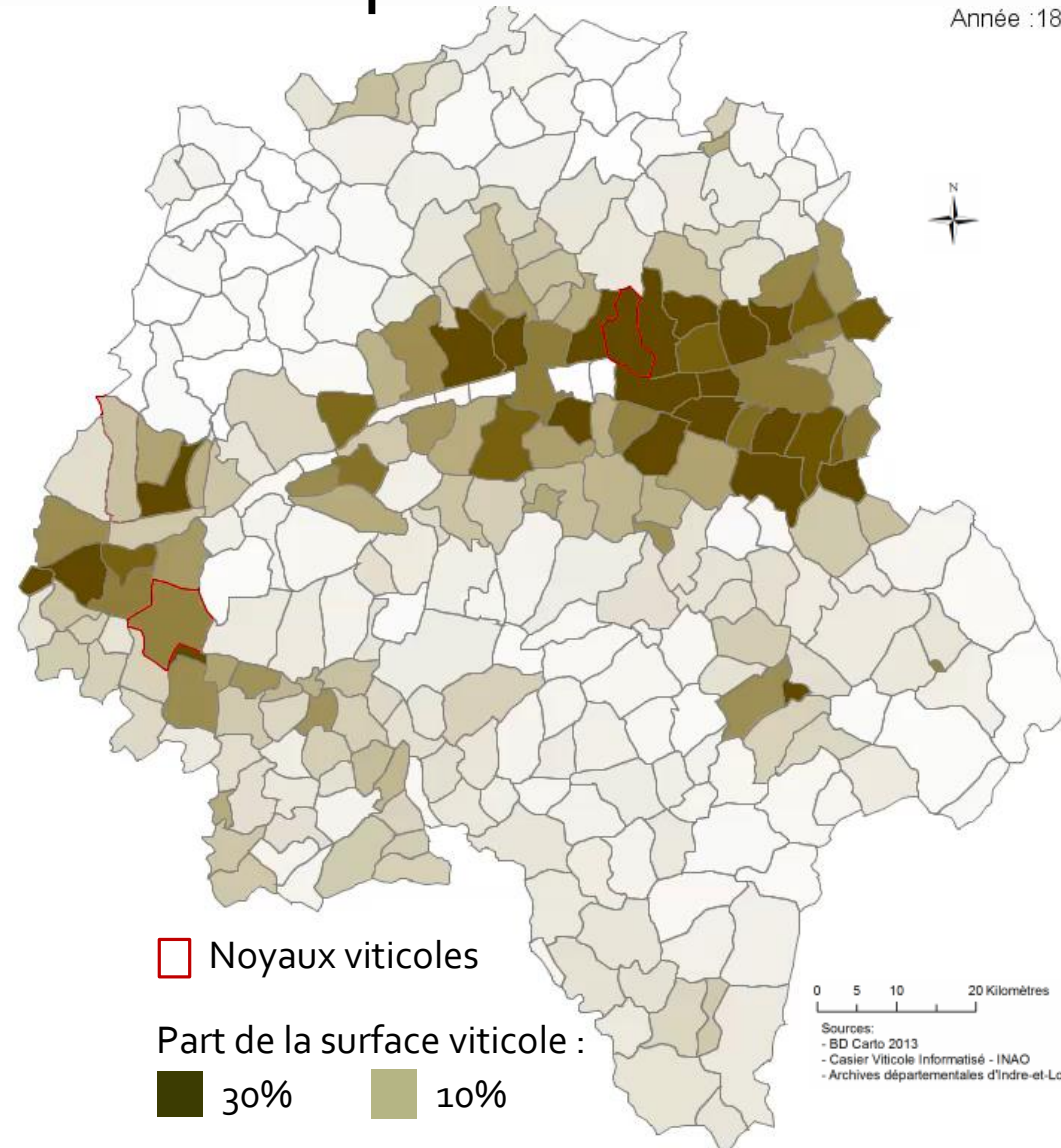
- D'affiner la précision (diminution des deux indicateurs)
- D'améliorer la stabilité





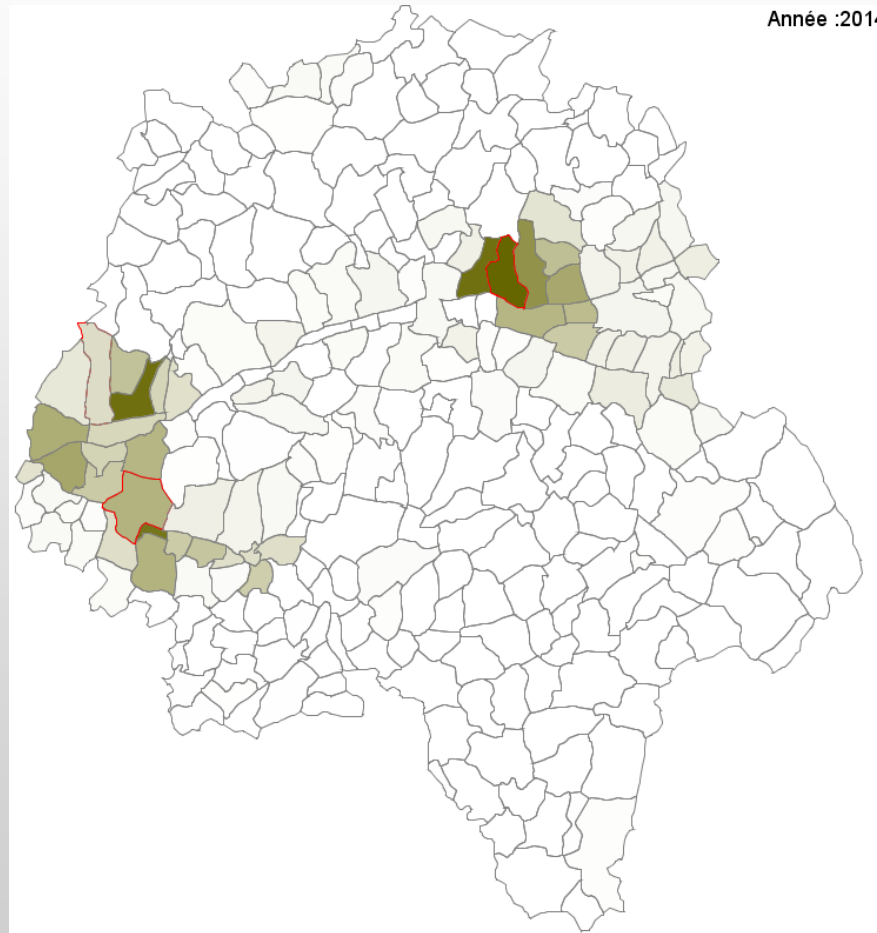
# Exemple de simulation

Année : 1836

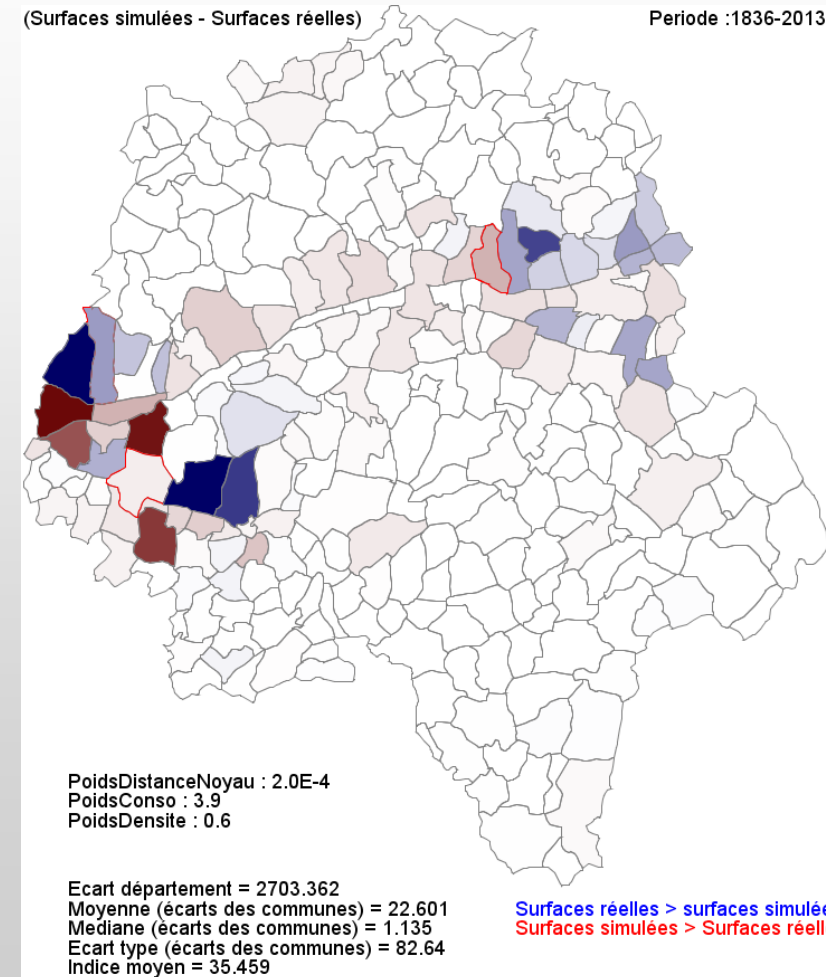


# Cartographie des résultats

Poids Conso	Poids Distance Noyau	Facteur AOC	Facteur Mention	Poids Densite	Indice Moyen	Ecart Surfaces Dep	Noyaux d'élite
3,9	2,00E-04	1,05	1,03	0,6	35,46	2703,36	Bourgueil, Chinon Vouvray



Densité de vigne simulée



Ecarts entre surfaces simulées et surfaces réelles

# Intérêts du modèle

- ❑ Un modèle permettant de simuler finement l'évolution des surfaces viticoles en Indre-et-Loire sur 2 siècles:
  - moyenne des écarts = 22,47 ha
  - une médiane = 0,93 ha
  - un écart type = 82,51 ha
  
- ❑ Mise en évidence de trajectoires particulières :
  - Saint-Nicolas de Bourgueil : croissance exceptionnelle à la fin du XXe siècle
  - Cravant-les-Coteaux et Panzoult devenus des pôles majeurs à l'échelle du département.
  - Rive droite de la vallée de la Loire et la vallée du Cher : deux zones qui autre fois étaient très viticoles et qui ont connu un déclin très important

Introduction : le programme VitiTerroir

Fonctionnement du modèle

Premiers résultats

**Discussion**

## Quels leviers pour améliorer le modèle ?

- ❑ Le poids des structures sociales :
  - ➡ facteur essentiel, largement identifié dans VitiTerroir mais qui n'a pas pu être pris en compte
  
- ❑ Consommation mondiale et pris en compte du poids des exportations
  - ➡ facteur incontournable notamment pour les dernières décennies et pour une approche prospective.
  
- ❑ Travailler à des résolutions plus fines que le découpage communal (délimitations AOC)

## Quelles suites pour le programme ?

- ❑ Application du modèle sur un autre territoire pour analyser la répliquabilité (Bergerac, Bourgogne, Cahors...)
- ❑ Simulation des superficies viticoles dans une approche prospective (prolongation de tendance et scénarios)
- ❑ Simulation des superficies viticoles dans une approche rétrospective





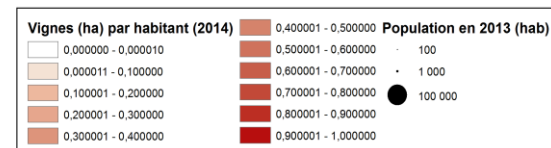
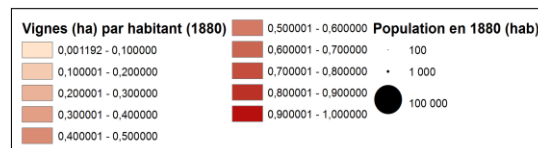
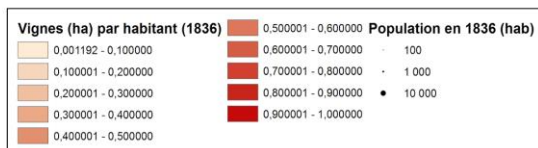
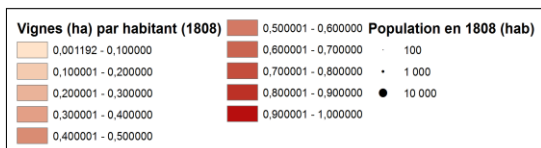
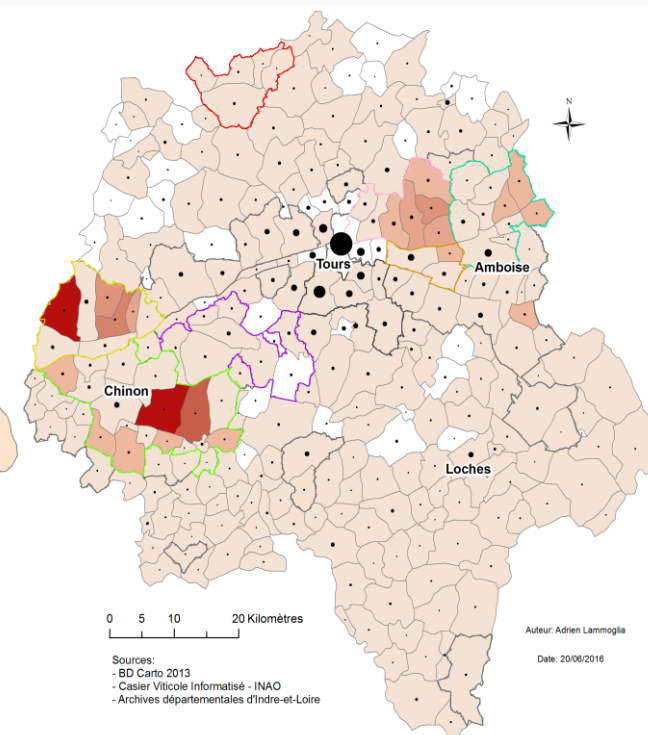
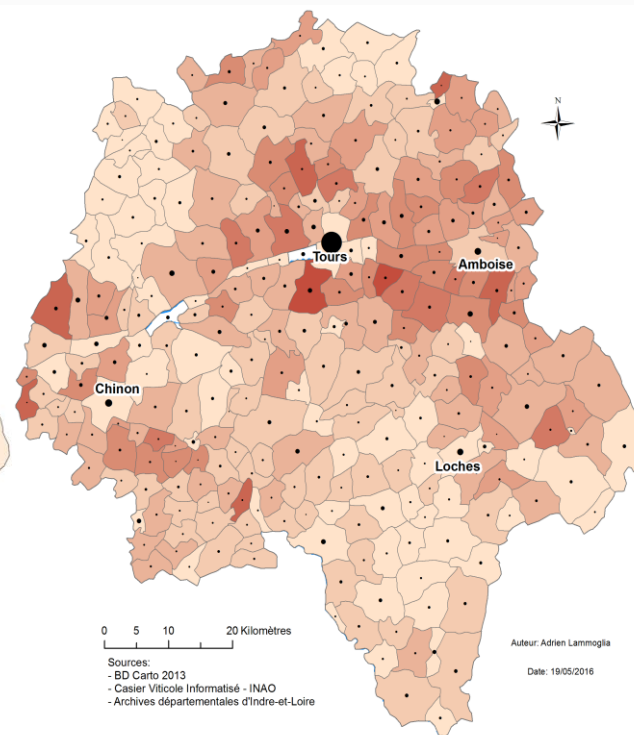
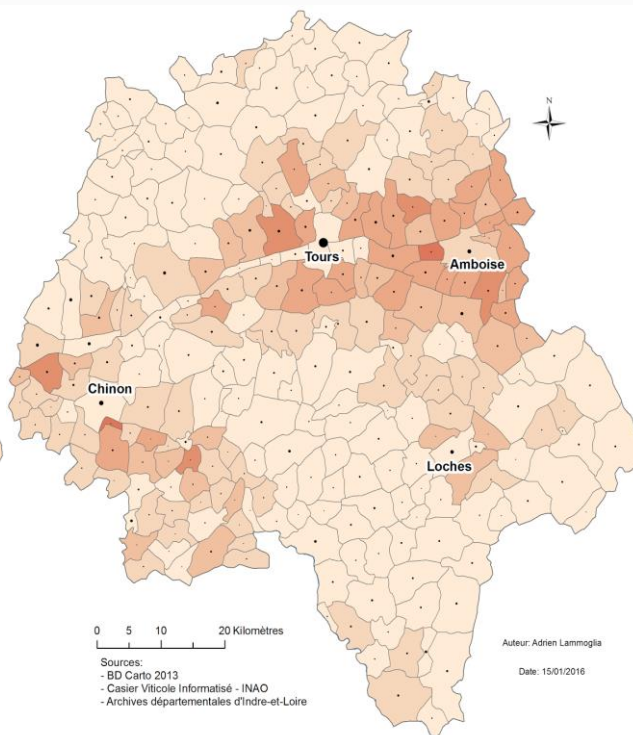
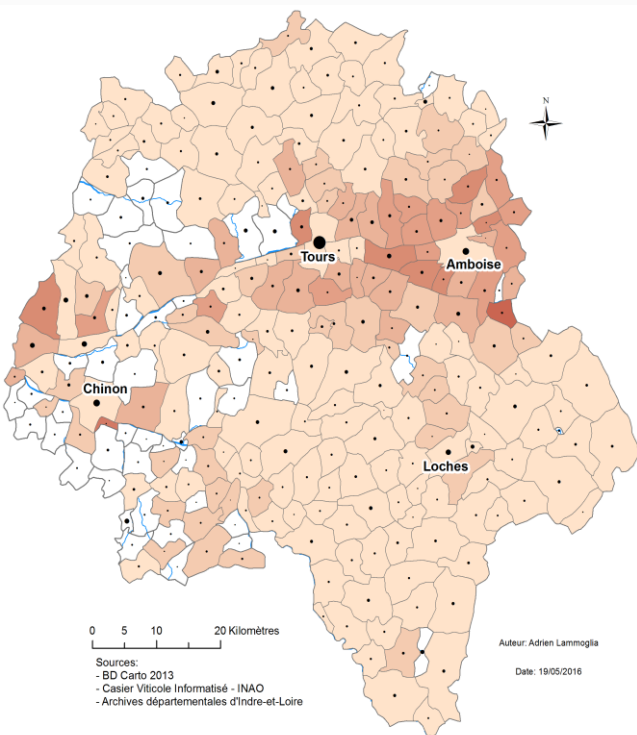
# Merci et place aux questions

Adrien Lammoglia - [lammoglia.adrien@gmail.com](mailto:lammoglia.adrien@gmail.com)

Samuel Leturcq – [samuel.leturcq@univ-tours.fr](mailto:samuel.leturcq@univ-tours.fr)

Etienne Delay - [etienne.delay@gmail.com](mailto:etienne.delay@gmail.com)

# Viticulture et démographie



1808

1836

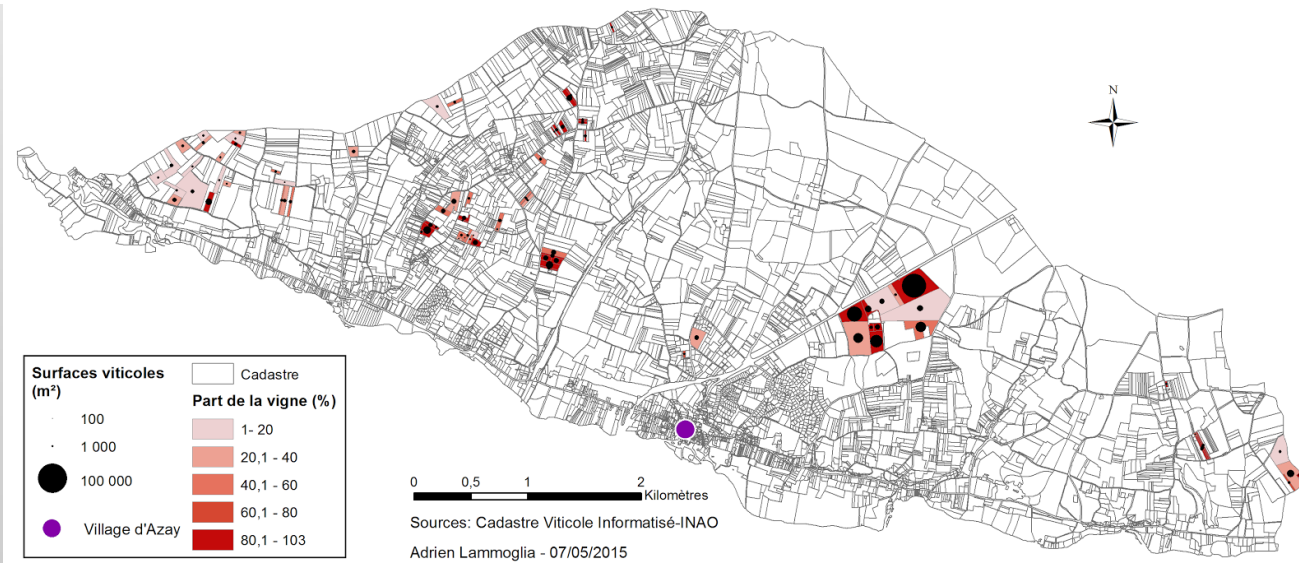
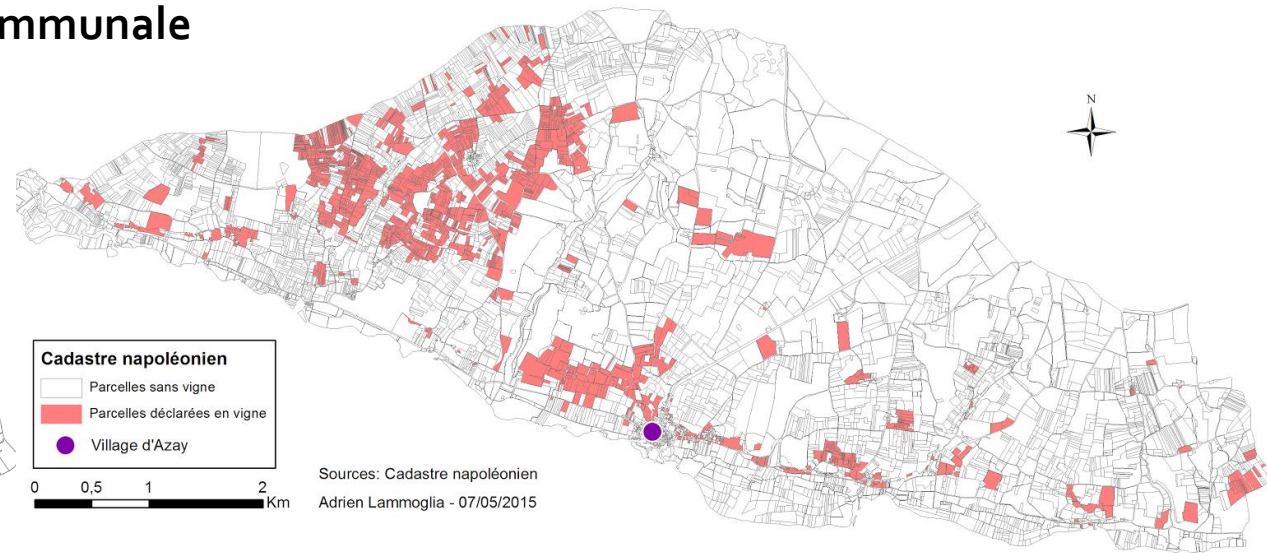
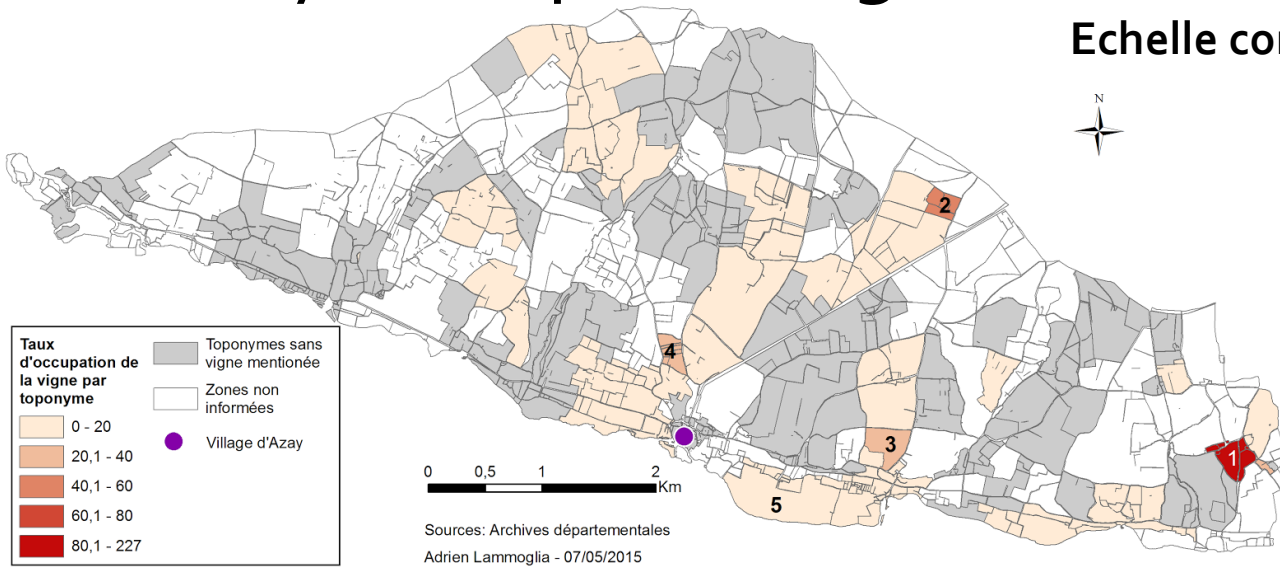
1880

2013



# Dynamique du vignoble d'Azay-le-Rideau (XVIIe s.-2014)

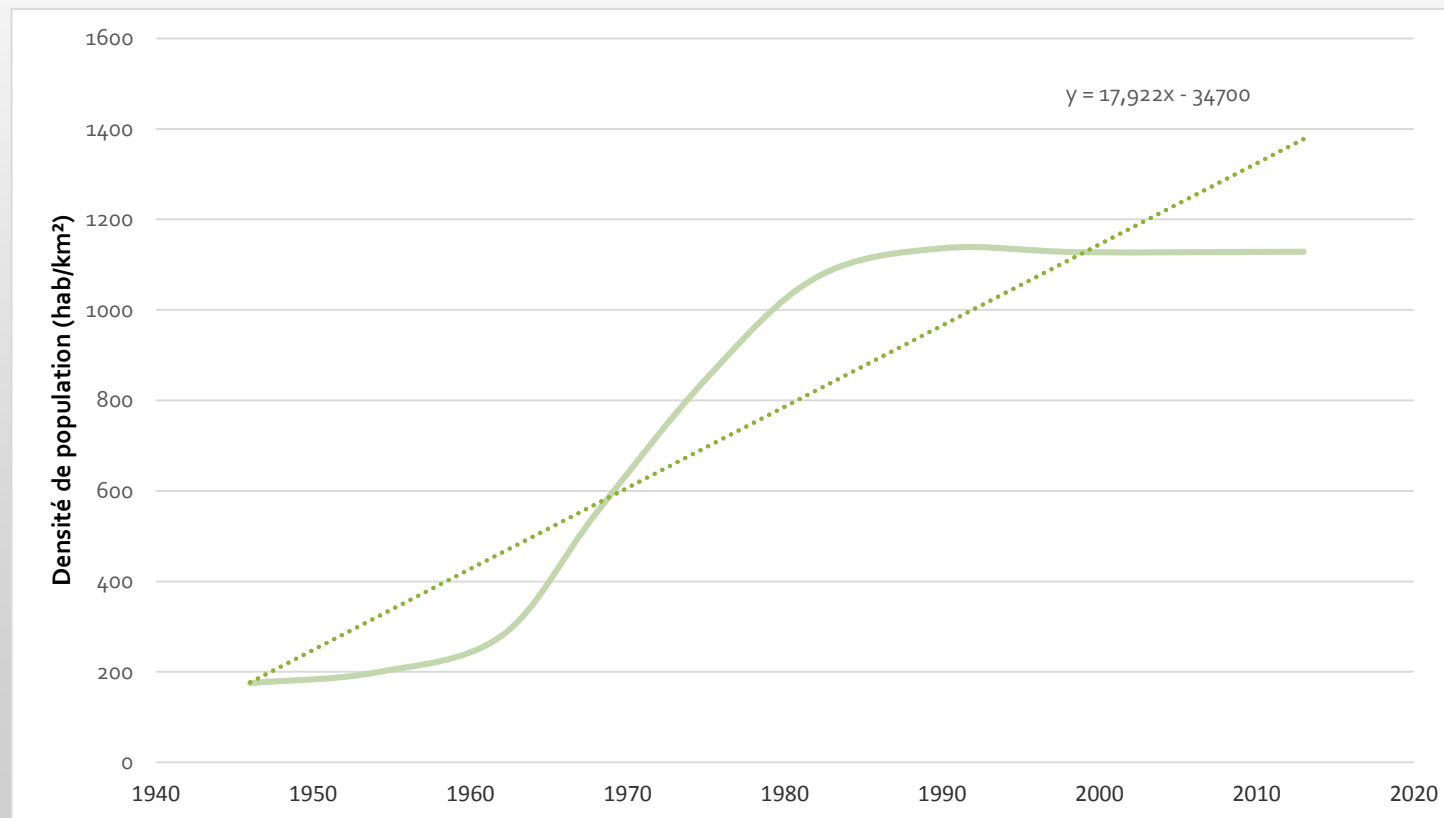
## Echelle communale



## – Facteur 3 –

# Croissance urbaine et concurrence spatiale : densités de population

- Pour chaque commune ayant un coefficient de variation supérieur à 1, le modèle intègre la fonction affine d'ajustement linéaire qui va définir le *CoefDensité*



# Équation générale du modèle

***SurfaceVigneSimu***<sub>t+1</sub>

$$= \text{SurfaceVigneSimu}_t \times \frac{\text{CoefConso}^{\text{PoidsConso}} \times \text{CoefPop} \times \text{CoefAOC}}{\text{DistanceNoyaux}^{\text{PoidsDistanceNoyau}} \times \text{CoefDensite}^{\text{PoidsDensite}}}$$

(la pondération nous permet de calibrer le modèle)

# Synthèse des facteurs

Facteurs	Description	Résolution spatiale	Plage temporelle	Fiabilité des données
1. Consommation et démographie	La combinaison de ces deux variables représente la demande générale en vin	Données à l'échelle nationale = niveau global	1836-2014	Assez bonne (données de consommation éparées pour le XIXe siècle)
2. Noyaux d'élite et délimitation AOC	Le territoire départemental est polarisé par des aires de production privilégiées	Niveau local	- 1836-2014 pour la polarisation par les noyaux d'élite - 1937(9)-2014 pour les aires AOC	- Noyaux d'élite : données empiriques basées sur une théorie - Délimitations AOC : données parfaitement fiables
3. Croissance urbaine	La potentielle compétition entre la ville et la vigne est analysée à travers l'évolution de la densité de population par commune	Niveau local	1946-2014 pour toutes les communes sauf Tours qui a connu une forte croissance plus précoce (1836-2014)	Assez bonne : facteur établi à partir de courbes de tendance démographique
4. La crise du phylloxera	Il s'agit de prendre en compte la destruction brutale des vignobles engendrée par le phylloxera à la fin du XIX <sup>e</sup> siècle	Niveau global (part (%) de destruction appliquée de manière homogène à l'ensemble des communes)	La perte intervient à l'instant $t = 1900$	Assez fiable : basée sur la perte observée sur les données départementales

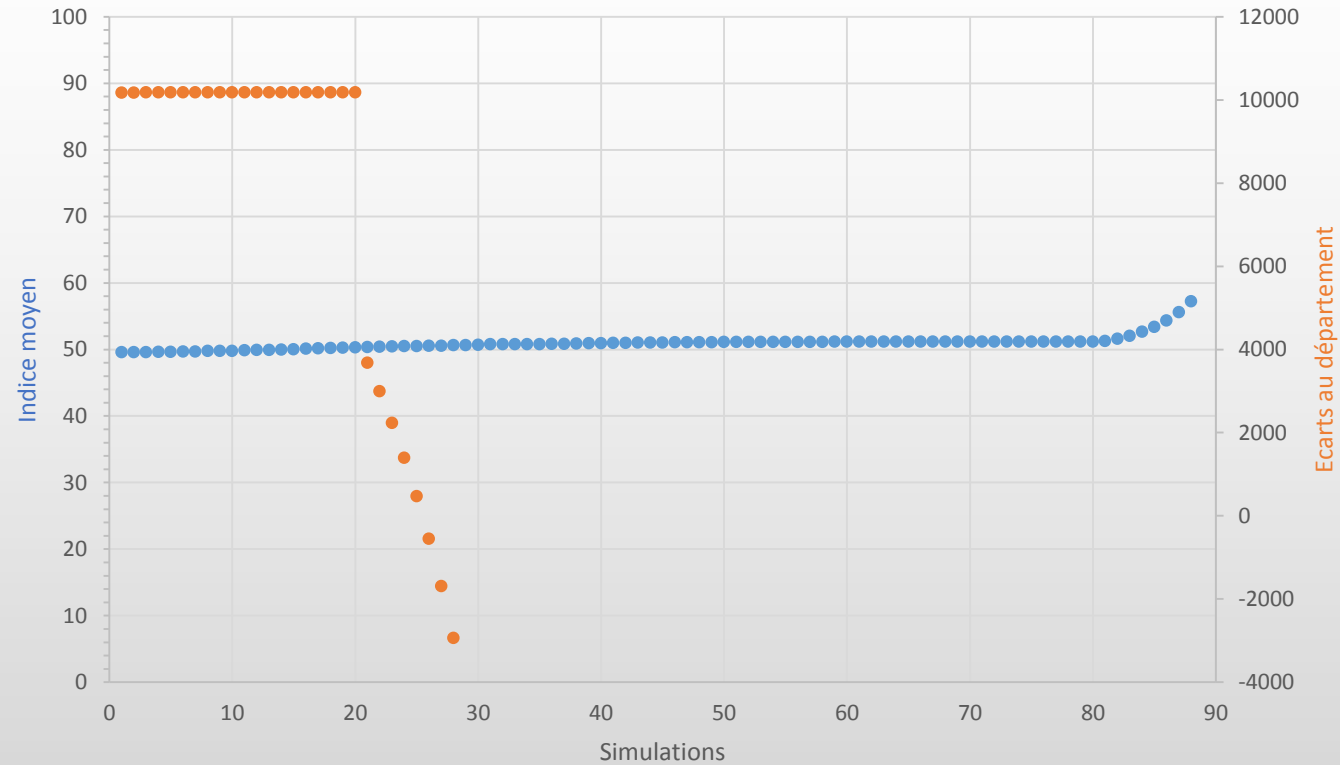


# Exploration du modèle

# Consommation & démographie

- ❑ Variation des paramètres de simulation :
  - *parameter PoidsConso min: 1.0 max: 10.0 step:0.1*
  
- ❑ Total = 91 simulations

# Consommation & démographie



	Poids Conso	Indice Moyen	Ecart Surfaces Dep
Meilleure simu indice	2,6	<b>49,45</b>	7548,10
Meilleure simu dep	1,3	53,41	470,64
Meilleur compromis	1,9	50,49	4862,87

# Consommation & démographie + Noyaux d'élite & AOC

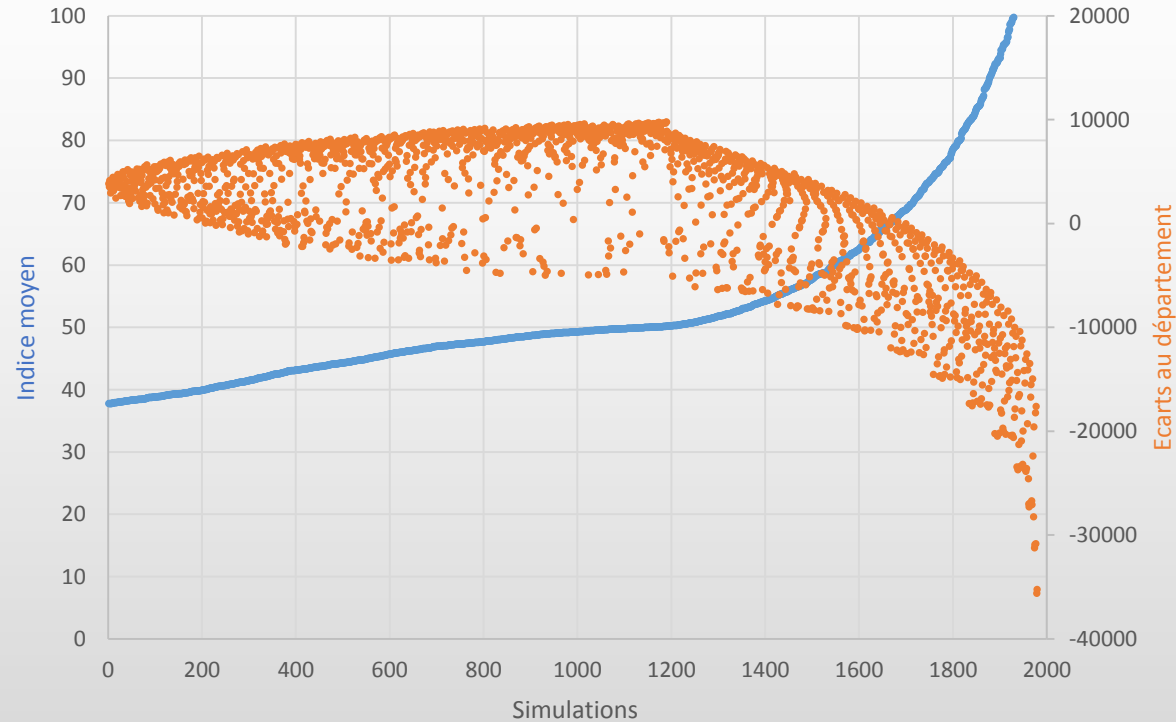
## □ Variation des paramètres de simulation :

- *Parameter **PoidsDistanceNoyau** min:0.0001 max:0.0005 step:0.0001*
- *parameter **PoidsConso** min: 3,5 max: 4.5 step:0.1*
- *parameter **FacteurAOC** min: 1.0 max: 1.05 step:0.01*
- *parameter **FacteurMention** min: 1.0 max: 1.05 step:0.01*

## □ Noyaux d'élite : Bourgueil, Chinon, Vouvray

## □ Total : 1980 simulations

# Consommation & démographie + Noyaux d'élite & AOC



	Poids Conso	Poids Distance Noyau	Facteur AOC	Facteur Mention	Indice Moyen	Ecart Surfaces Dep
Meilleure simu indice	4,1	3,00E-04	1,04	1,01	<b>37,78</b>	3834,10
Meilleure simu dep	4,3	3,00E-04	1,05	1,01	44,01	-1,78
Meilleur compromis	4,1	2,00E-04	1,04	1,02	38,04	2711,59

# Consommation & démographie + Noyaux d'élite & AOC + Densité de population

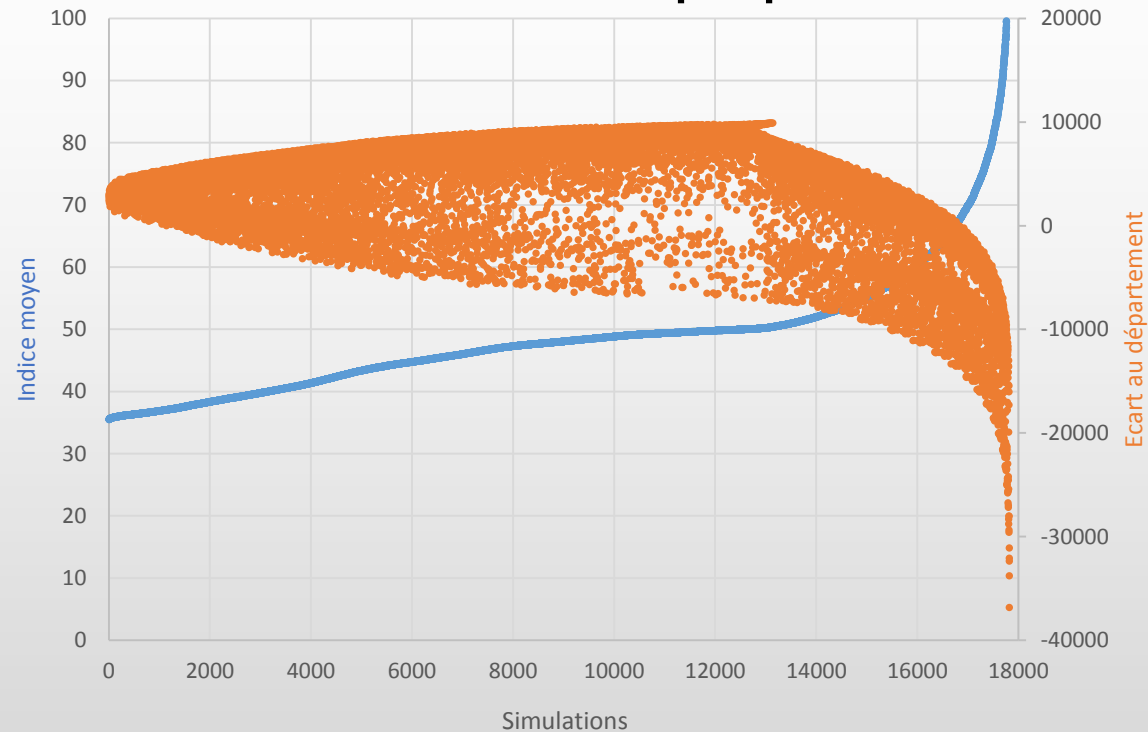
## □ Variation des paramètres de simulation :

- *parameter **PoidsConso** min: 3.5 max: 4.5 step: 0.1*
- *parameter **PoidsDistanceNoyau** min:0.0001 max:0.0005 step:0.0001*
- *parameter **FacteurAOC** min: 1.0 max: 1.05 step:0.01*
- *parameter **FacteurMention** min: 1.0 max: 1.05 step:0.01*
- *parameter **PoidsDensite** min: 0.1 max: 0.9 step:0.1*

## □ Noyaux d'élite : Bourgueil, Chinon, Vouvray

## □ Total : 17820 simulations

# Consommation & démographie + Noyaux d'élite & AOC + Densité de population



	Poids Conso	Poids Distance Noyau	Facteur AOC	Facteur Mention	Poids Densite	Indice Moyen	Ecart Surfaces Dep
Meilleure simu indice	4,5	2,00E-04	1,05	1,03	0,6	<b>35,49</b>	2730,74
Meilleure simu dep	4,1	3,00E-04	1	1,05	0,1	67,72	1,09
Meilleur compromis	4,5	1,00E-04	1,05	1,03	0,5	35,69	1860,39

# Influence du choix des noyaux d'élite

Principe de sélection	Noyaux d'élite	Poids Densité	Poids Conso	Poids Distance Noyau	Facteur AOC	Facteur Mention	Indice Moyen
les trois communes centrales	Bourgueil Cravant Vernou	0,6	4,4	0,0004	1,05	1,03	34,21
les 3 communes avec le plus fort taux vignes/hab	Restigne Riviere Chancay	0,4	4,4	0,0003	1,05	1,03	34,56
les 3 communes de renommée	Bourgueil Chinon Vouvray	0,6	4,5	0,0002	1,05	1,03	35,48
les 3 communes avec le plus de vigne en abs	Restigne Chinon Vouvray	0,6	4,5	0,0002	1,05	1,03	35,49
les 3 communes de renommée + Bléré	Bourgueil Chinon Vouvray Bléré	0,6	4,5	0,0002	1,05	1,02	35,51



# Consommation & démographie + Noyaux d'élite & AOC + Densité de population + Phylloxera

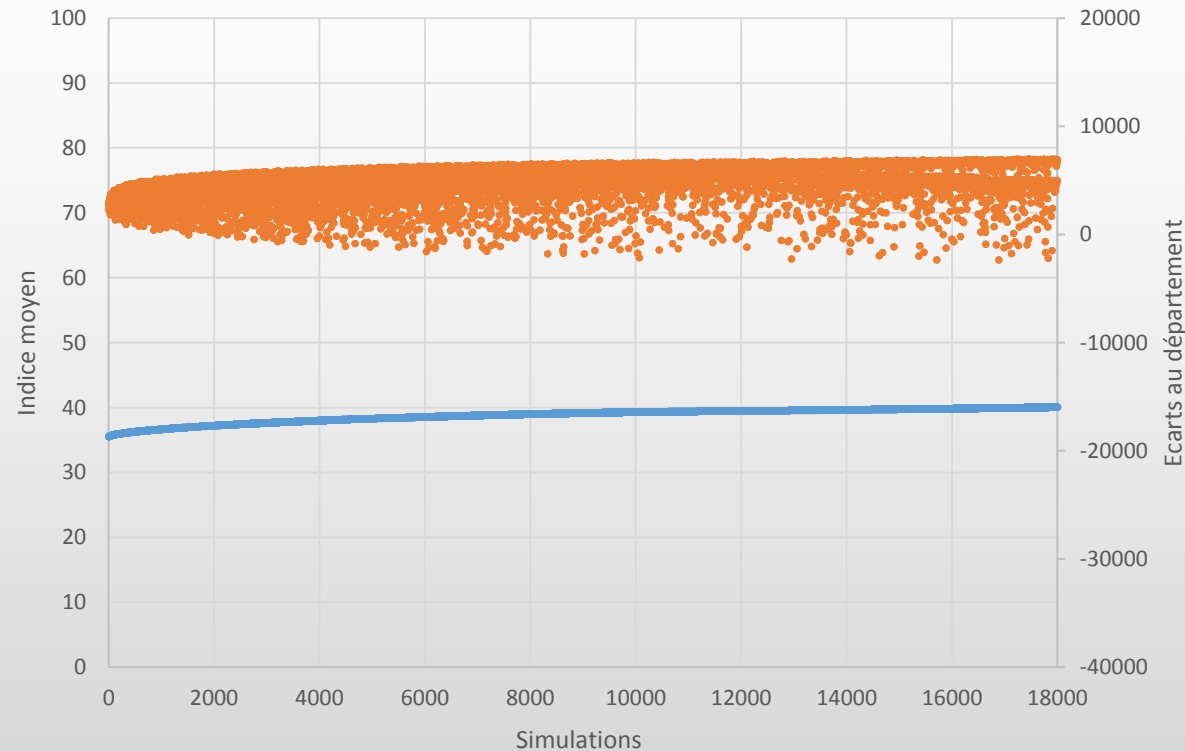
## □ Variation des paramètres de simulation :

- *parameter PoidsConso min: 3.5 max: 4.5 step: 0.1*
- *parameter PoidsDistanceNoyau min:0.0001 max:0.004 step:0.0001*
- *parameter FacteurAOC min: 1.03 max: 1.06 step:0.01*
- *parameter FacteurMention min: 1.01 max: 1.05 step:0.01*
- *parameter PoidsDensite min: 0.3 max: 0.7 step:0.1*

## □ Noyaux d'élite : Bourgueil, Chinon, Vouvray

## □ Total : 35 200 simulations

# Consommation & démographie + Noyaux d'élite & AOC + Densité de population + Phylloxera



	Poids Conso	Poids Distance Noyau	Facteur AOC	Facteur Mention	Poids Densite	Indice Moyen	Ecart Surfaces Dep
Meilleure simu indice	3,9	2,00E-04	1,05	1,03	0,6	<b>35,46</b>	2703,36
Meilleure simu dep	3,8	0,0024	1,06	1,02	0,6	56,95	0,01
Meilleur compromis	3,9	1,00E-04	1,05	1,03	0,5	35,66	1829,81