

Modélisation mathématique de l'entrée de l'Homme moderne en Europe

Anna Degioanni, Hervé Guillard, Boniface Nkonga, Silvana Condemi

▶ **To cite this version:**

Anna Degioanni, Hervé Guillard, Boniface Nkonga, Silvana Condemi. Modélisation mathématique de l'entrée de l'Homme moderne en Europe. Journée de restitution 2018 "Défi Infiniti", Oct 2018, Paris, France. hal-01959157

HAL Id: hal-01959157

https://inria.hal.science/hal-01959157

Submitted on 20 Dec 2018

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.

Modélisation mathématique de l'entrée de l'Homme moderne en Europe

Paris le 31 octobre 2018

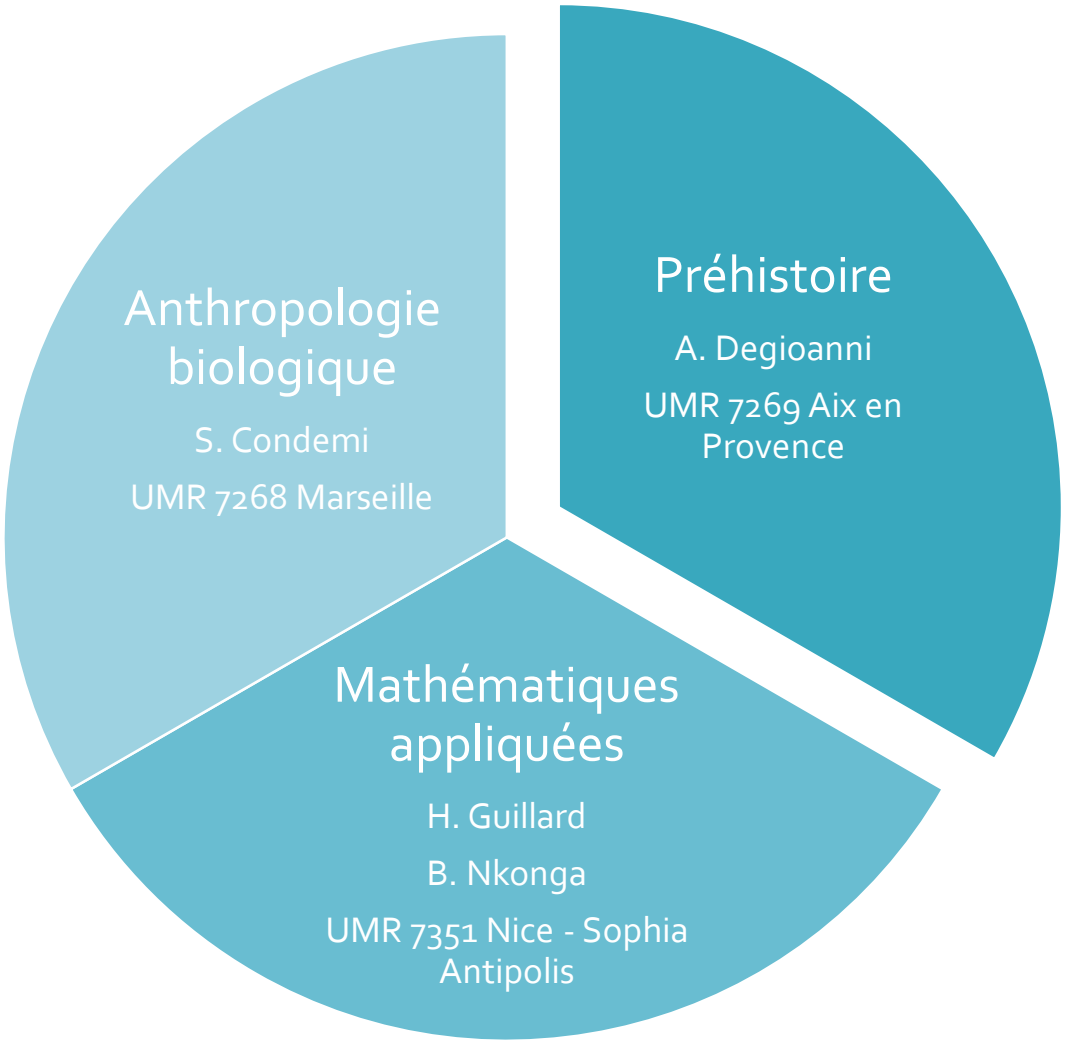
MI
Mission pour l'Interdisciplinarité

Défi interdisciplinaire INFINITI

INterFaces Interdisciplinaires NumérIque et ThéorIque

projets 2018

Laboratoires participants

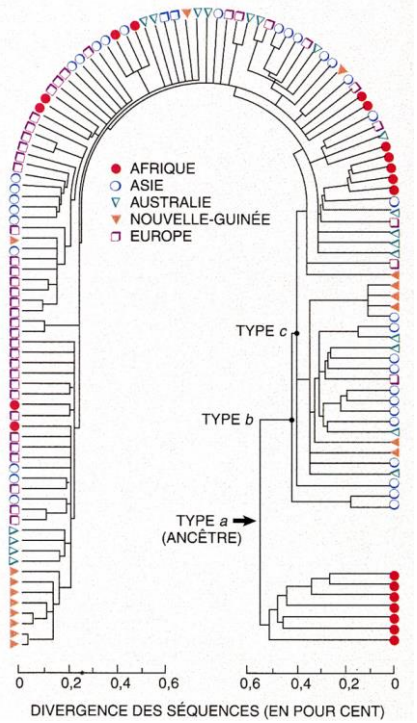


un stage Polytech Nice -Sophia Ingénieur Mathématique Appliquée et modélisation XU Zhenyu

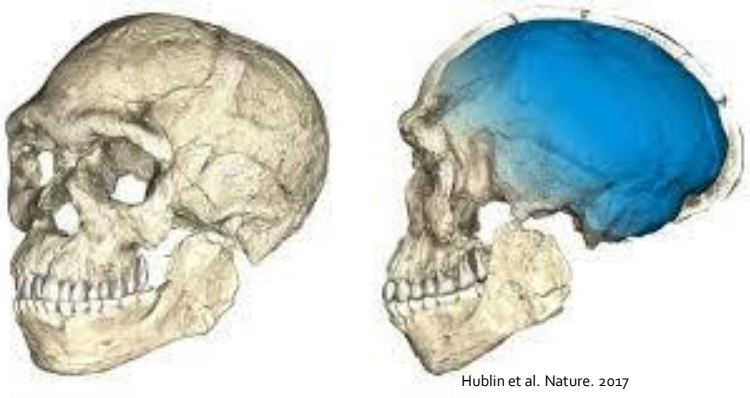
L'Homme anatomique-ment moderne (*Homo Sapiens)*

Afrique

- dès environ - 300.000 ans *Homo sapiens archaïque*
- - 150.000 ans *Homo sapiens*



Cann et al. Nature. 1987



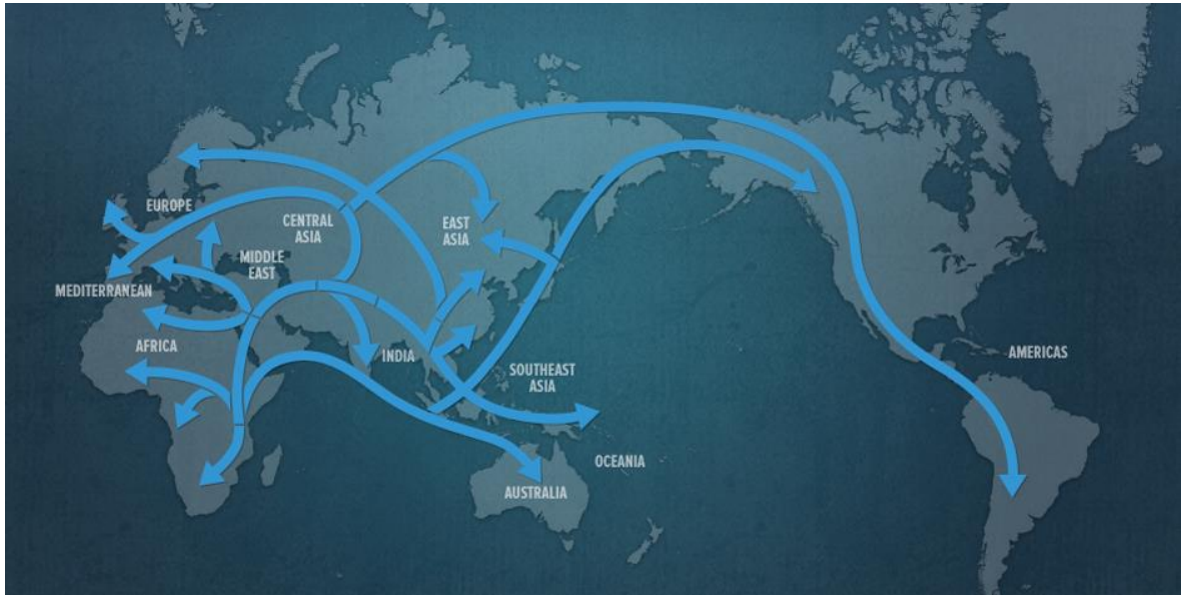
Hublin et al. Nature. 2017



Photo © 2000 David L. Brill, Brill Atlanta

Migrations de l'Homme moderne

- SortieS d'Afrique à partir de - 120 000 ans



https://genographic.nationalgeographic.com/human-journey/



Jon Foster Scientific American 2015

L'Europe données archéologiques



Paul Blades http://www.megalithic.co.uk/



Claude Paris - Sipa

- Moustérien / Aurignacien



J.L. Monnier UMR6566



Pierre Magniez, LAMPEA

La grotte de Goat , Paviland

Problématique : entrée de l'Homme moderne en Europe

Questions

- Quand
- Comment
- Combien de temps

Apport de la modélisation

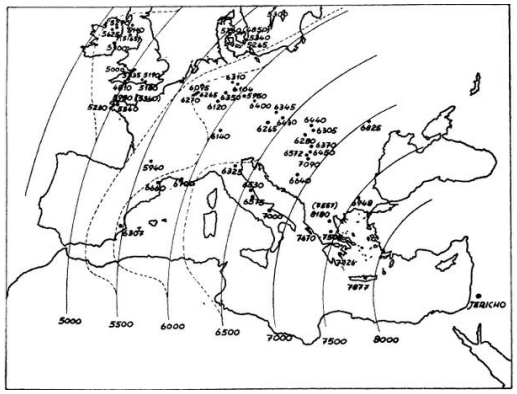
- Valider – infirmer
- Vraisemblance des hypothèses formulées par les archéologues

Modélisation mathématique en anthropologie biologique

MEASURING THE RATE OF SPREAD OF EARLY FARMING IN EUROPE

A. J. AMMERMAN
Institute of Archaeology, University of London
L. L. CAVALLI-SFORZA
University of Pavia

Man
New Series, Vol. 6, No. 4
(Dec., 1971), pp. 674-688 (15 pages)



- model Fisher ('37 génétique) =
- Skellman ('51 dynamique pop) =
- KPP- Kolmogorov, Petrovskii, Piskunov- ('37 mathématique)

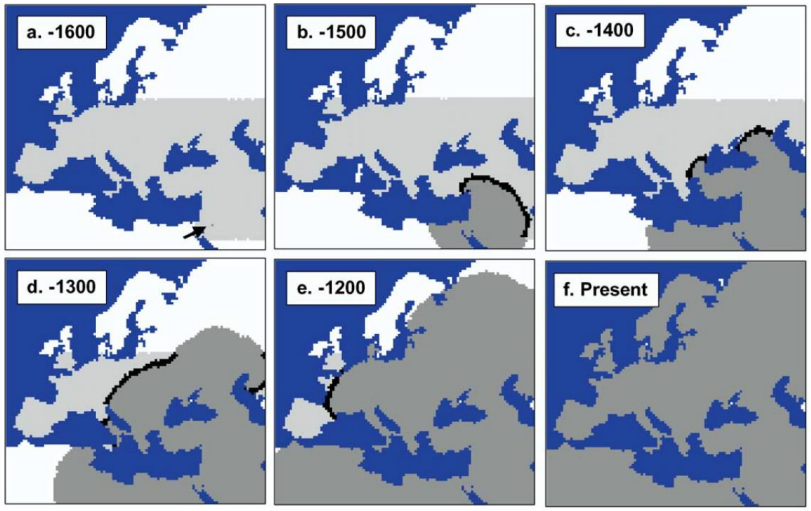
Modélisation de données génétiques

Modern Humans Did Not Admix with Neanderthals during Their Range Expansion into Europe

Mathias Currat[1,2], Laurent Excoffier[1*]

PLoS Biology | www.plosbiology.org

December 2004 | Volume 2 | Issue 12 | e421



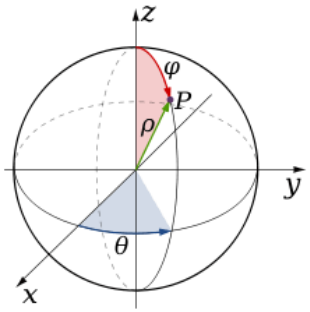
- Modèle de Lotka-Volterra
- Extension de KPP

Nos objectifs

- Construction outil informatique utilisable par des anthropologues (archéologues)
  - Simple pour non spécialistes (en mathématiques appliquées)
  - Transposables à d'autres contextes (période, culture,…)
- Modèle spatialisé : le peuplement de l'Europe ne s'est pas réalisé de façon uniforme – couloir de migration, barrières géographiques, …..
- Contraintes géographiques, climatologiques et anthropologiques

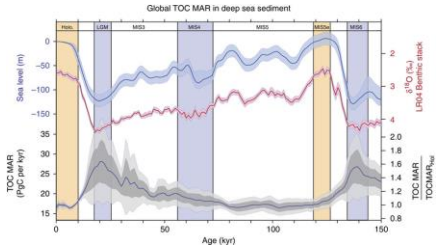
Contraintes géographiques et climatologiques



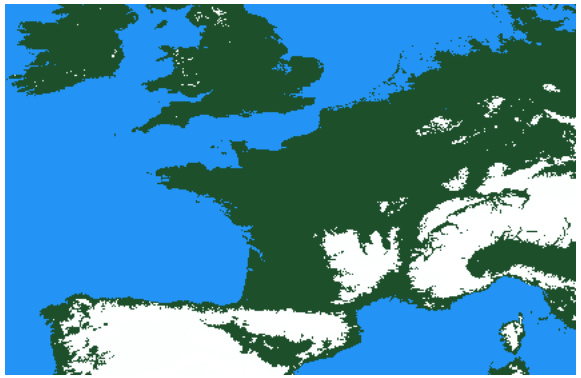


Equations formulées en coordonnées sphériques

$$\nabla.\mathbf{F} = \frac{1}{a\cos\varphi}[\partial_\theta F_\theta + \partial_\varphi \cos\varphi F_\varphi]$$



Cartapanis et al. Nature Communications 2016





Contraintes anthropologiques

- Prise en compte du relief
- Prise en compte des cours d'eau



Jacques Malaterre, 2004





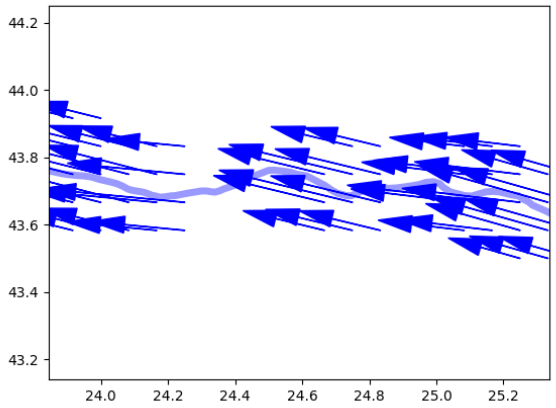
Contraintes d'efficacité

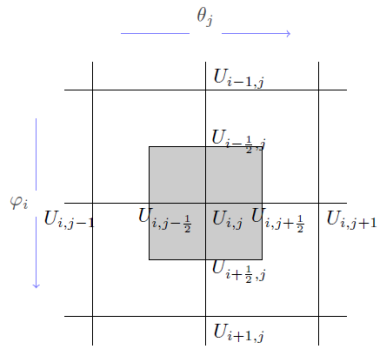
- Accès à des ressources de calcul importantes inhabituel
- Problème de processeur –espace de calcul
- Méthodes numériques doivent être efficaces : taille de maillage 1600 * 500 => choix des méthodes numériques
- Temps de calcul < un quart d'heure sur pc

Le modèle programmé actuellement

$$\underbrace{\partial_t n_s}_{\text{évolution}} + \underbrace{\nabla \cdot (\mathbf{u} n_s)}_{\text{advection}} = \underbrace{\nabla \cdot (\kappa \nabla n_s)}_{\text{random diffusion}} + \underbrace{\alpha n_s (1 - n_s / K_s)}_{\text{croissance logistique}}$$

- n_s densité (nb $/km^2$)
- $\mathbf{u}$ vitesse d'advection le long des grands cours d'eau
- κ coefficient de diffusion
- α croissance logistique, K capacité de soutien





Notation

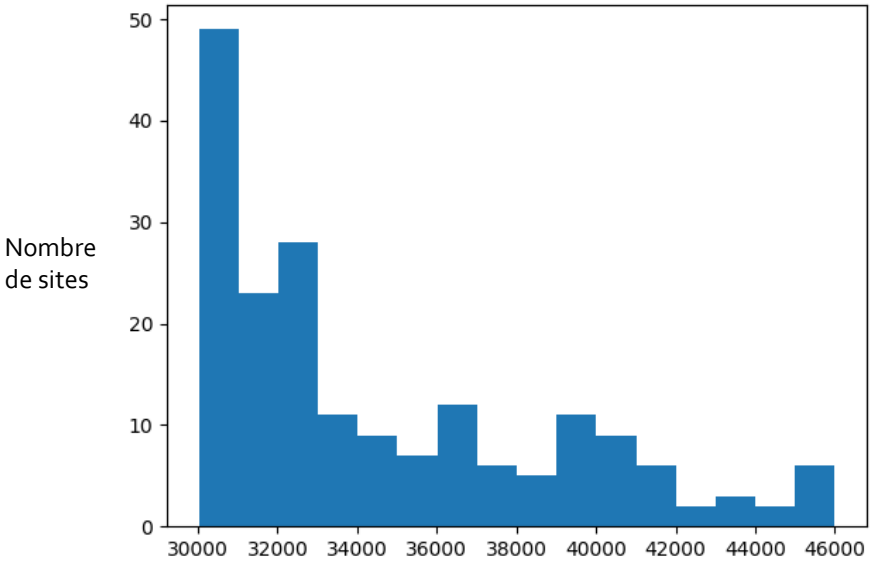
Discrétisation et résolution

- Équation sous forme conservative en coordonnées sphériques
- Méthode de Volumes finis
- Advection et croissance logistique : explicite
- Diffusion : implicite
  - Système linéaire 2D à résoudre
  - Méthode ADI Système linéaire 1D =>> cout du calcul fortement réduit
- Etude de l'influence de la discrétisation sur la précision des résultats
  - $\delta\phi$ $\delta\theta$ =3 minutes d'arc, maillage 1600*500
  - δt= 5 ans

Nos données en cours d'élaboration

- 190 sites avant -30 000 ans





Problèmes

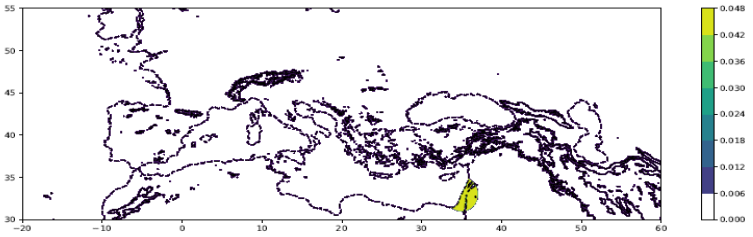
- Contrainte des datations
- Les sites peuvent avoir disparus
- Les sites peuvent ne pas avoir encore été identifiés
- ……. On ne peut travailler que avec ce que l'on a ….

> si la modélisation propose une arrivée avant les dates existantes ➔ ce n'est pas forcement faux

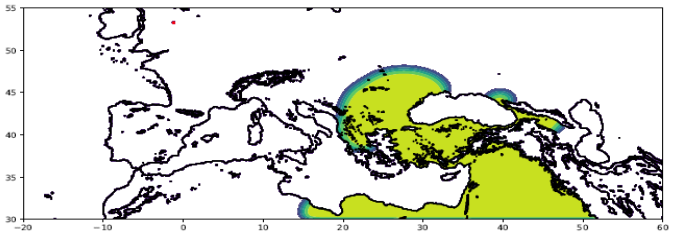
> si la modélisation propose une arrivée après les dates existantes ➔ c'est forcement faux

Etude d'un scenario particulier

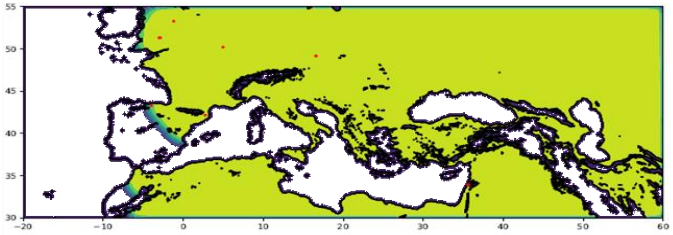
contrainte= arrivée en Angleterre compatible avec les datations récentes de T. Highman (Nature 2014), sans populations locales



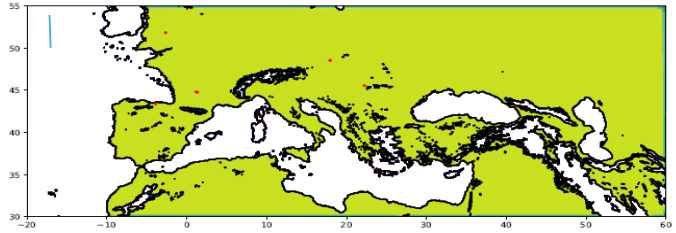
t=50000 BP



t=48000 BP



t=46000 BP



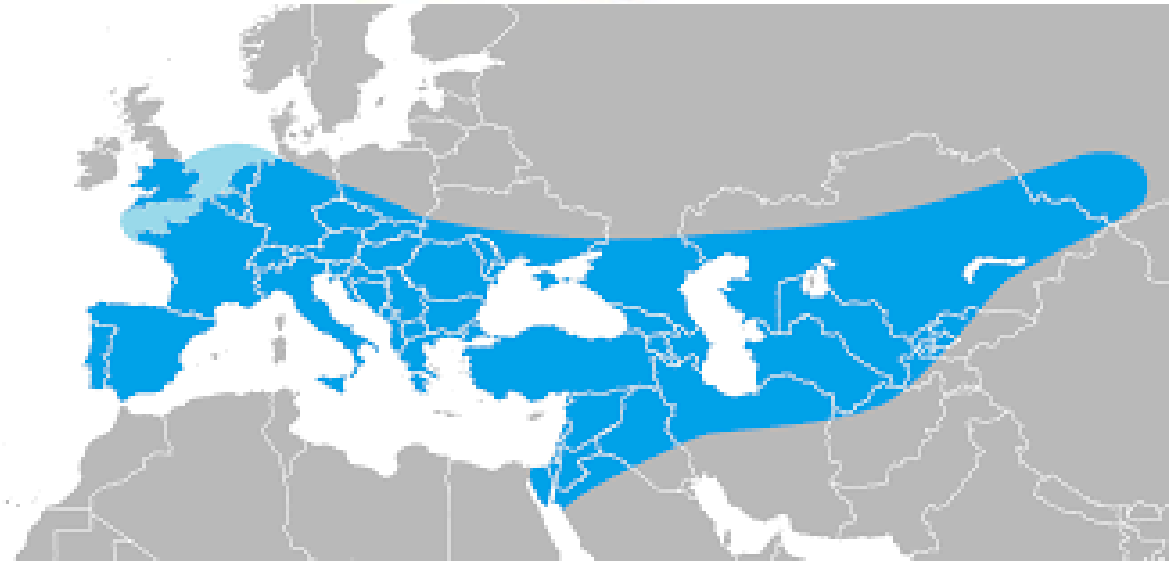
t=44000 BP

- Vitesse de 1km/an

Neanderthal/ Homme moderne



© Benoît Clarys



Nilenbert www.wikimedia.org

La suite ….modélisation avec Neanderthal

$$\underbrace{\partial_t n_s}_{\text{évolution}} + \underbrace{\nabla \cdot (\mathbf{u} n_s)}_{\text{advection}} = \underbrace{\nabla \cdot (\kappa_s \nabla n_s)}_{\text{random diffusion}} + \underbrace{\alpha_s n_s (1 - \frac{n_s - \gamma_{sn} n_n}{K_s})}_{\text{croissance/compétition (LV)}} + \underbrace{A_{ns} n_n}_{\text{croisement}}$$

$$\underbrace{\partial_t n_n}_{\text{évolution}} = \underbrace{\nabla \cdot (\kappa_n \nabla n_n)}_{\text{random diffusion}} + \underbrace{\alpha_n n_n (1 - \frac{n_n - \gamma_{ns} n_s}{K_n})}_{\text{croissance/compétition(LV)}} - \underbrace{A_{ns} n_n}_{\text{croisement}}$$

- Qgis logiciel SIG open source, grande communauté, aménagement du territoire = espace interministériel de l'information géographique
- => intégration de la modélisation dans un plugin pour Qgis
- Beaucoup de travail en perspective!!!!! ……