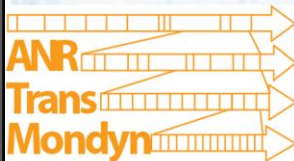




Un environnement d'exploration visuelle de données spatio-temporelles issues de simulation

Robin Cura, Medhi Boukhechba,
Florent Le Néchet, Hélène Mathian, Lena Sanders



VisuAgent

- Outil d'exploration d'un cube spatio-temporel
 - qui s'insère dans une chaine de simulation
 - ANR Transmondyn ; interdisciplinaire « SHS »
- Besoin: explorer les simulations pour calibrage et évaluation
- Contrainte: portable ; interoperable facilement avec SMA (NetLogo)



Contexte interdisciplinaire SHS

- ANR TransMonDyn: Identifier et modéliser les dynamiques des systèmes de peuplement dans leurs **expressions spatiales** et leurs **rythmes temporels**.
 - Élaborer des **concepts transversaux** pour décrire des transitions qui ont transformé l'organisation spatiale du peuplement aux échelles locale, régionale et mondiale.
 - Mettre en évidence des **processus génériques** opérant en différents lieux de la planète et à différents moments .
- Moyens pour définir un [modèle conceptuel commun](#) ;
 - (1) travail sur un corpus de [12 cas empiriques](#)
 - (2) développement d'une variété de [modèles implémentés](#).

Contexte d'**interdisciplinarité** (archéo, historiens, géographes, philosophes...)



Ce contexte interdisciplinaire, plutôt SHS, est très important car il permet de justifier certains des choix qui ont été faits. En particulier...

VisuAgent:

- **Objectifs et enjeux du modèle HU.M.E.**

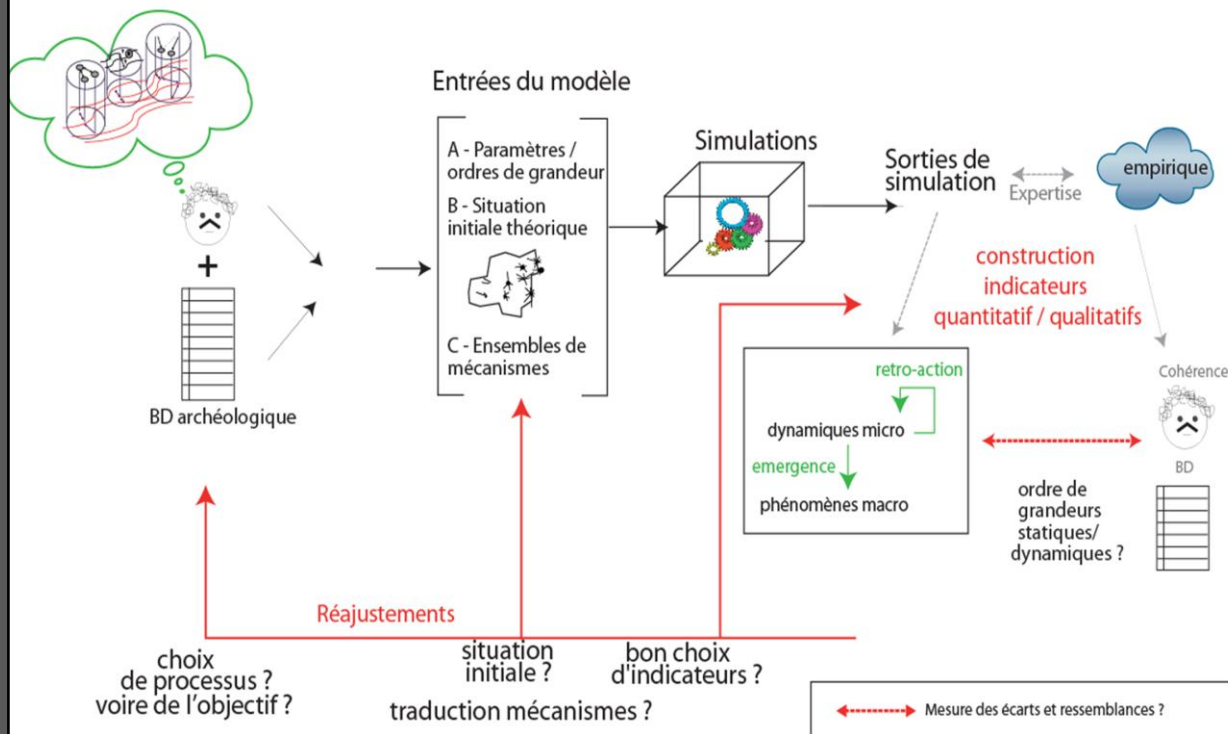
- construire un monde artificiel pour explorer les processus de colonisation de nouveaux espaces
- Arrière plan thématique: les migrations de « sortie d'Afrique »
- Faire interagir un processus exogène (fluctuations climatiques) et un simple processus de **colonisation** (migration)
- Identifier les mécanismes permettant de produire une **variabilité** de situations allant du « succès » (traversée d'un espace hostile) à « l'échec » de la colonisation (extinction)

En particulier , l'outil d'exploration a été développé dans le cadre d'un modèle spécifique , le modèle H.U.ME, Human Migration and Environment.



Atelier Démo / 24 novembre 2014

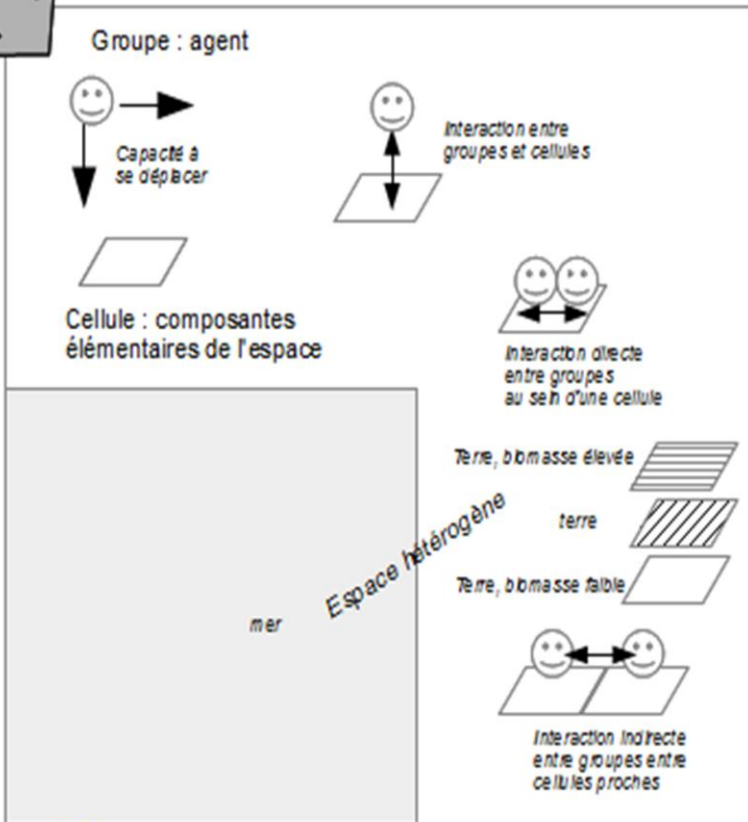
Contexte de simulation



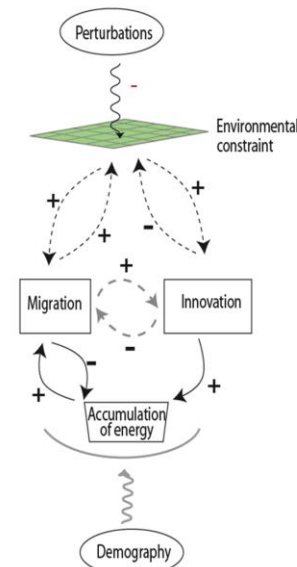
On se situe dans le cadre de modélisation de type multi-agents, où le modèle est conçu au niveau des entités (niveau micro) et on s'intéresse à émergence de configurations au niveau macro. Le modèle s'appuie sur des observations et de la connaissance qui sont formalisées en règles, qui vont comporter des paramètres. Une première étape va consister à « calibrer » le modèle, c'est-à-dire identifier le domaine des paramètres qui conduisent à un ensemble de configurations « cohérentes ». Ainsi les sorties du modèle vont être évaluées, sur la base de fonctions objectives qui devront rendre compte de manière synthétique d'un ou plusieurs aspects de l'organisation produite (spatiale, hiérarchique...). Cette confrontation, dans la phase de calibrage, conduit à des réajustements, dans les valeurs des paramètres, dans les règles, la configuration initiale.

La famille des modèles HUME

Vagues de colonisation

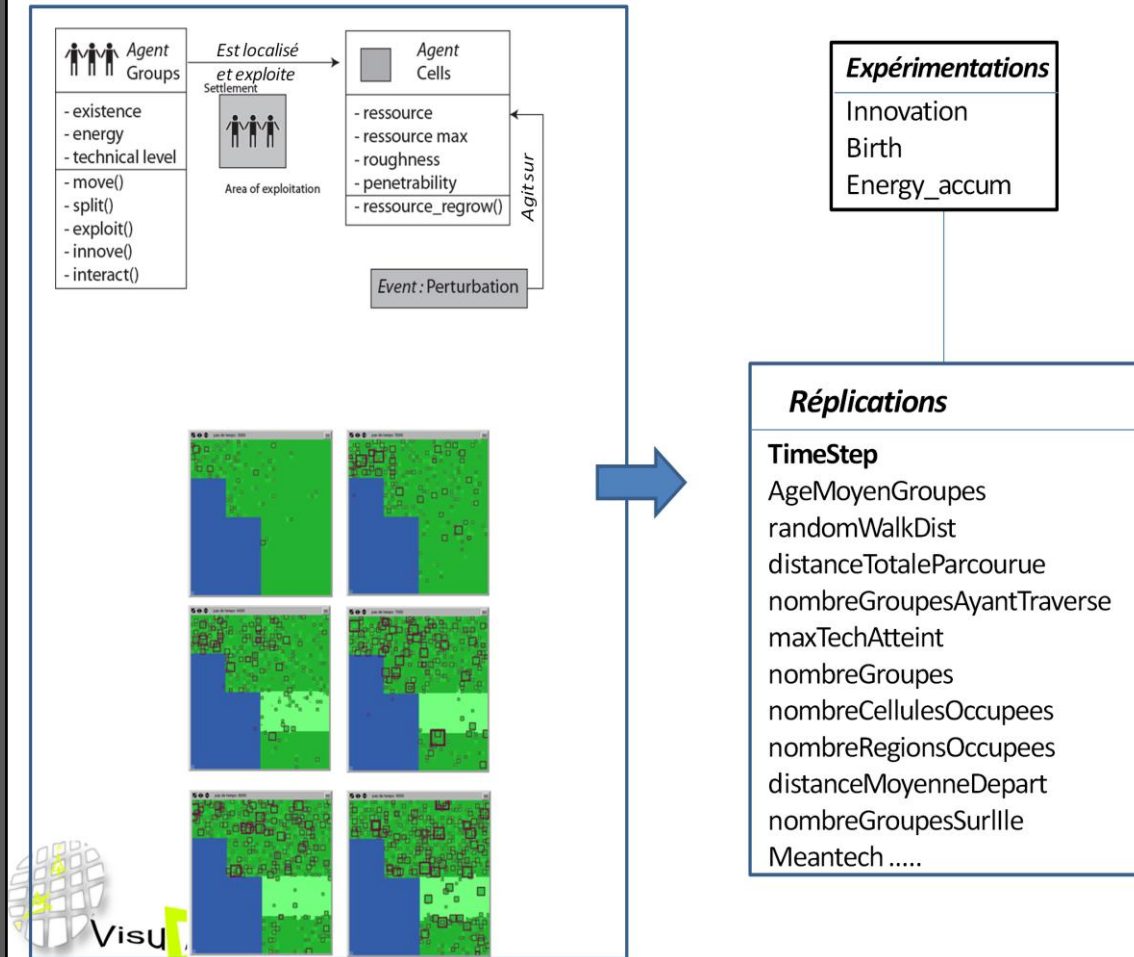


Interactions:
entre groupes
&
Entre groupes et
environnement



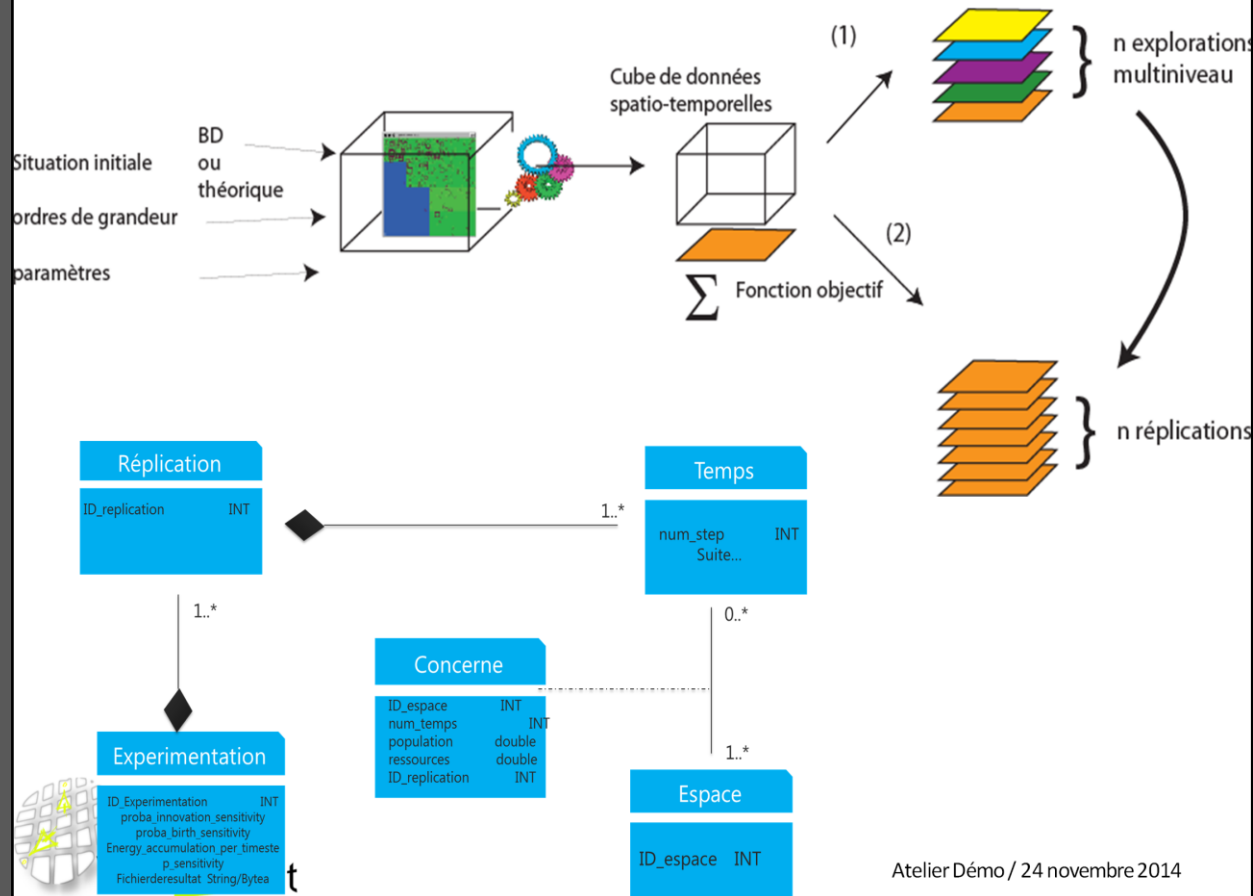
Très rapidement décrivons le modèle HUME: les agents sont des groupes qui peuvent bouger, qui exploitent la ressource avec un certain niveau technologique, et innovent en fonction de leur besoin; un groupe peut donner vie à un 2^e groupe; les groupes interagissent lorsqu'ils sont sur les mêmes espaces, par diffusion de leur niveau technologique. L'espace est formalisé par des cellules, dont la taille équivaut à la niche écologique des groupes. Chaque cellule a une certaine ressource dont le niveau dépend de l'exploitation d'une part et des conditions climatiques d'autre part. La ressource se régénère selon une fonction donnée.

Sorties de HUME



La figure de gauche résume les propriétés des 2 types d'agents et illustre l'évolution d'une configuration au cours d'une simulation. Le schéma de droite illustre le modèle associé aux données en sorties. Chaque « expérimentation » est décrite par les valeurs des paramètres associés. Les réplifications associées, sont décrites par un certain nombre d'indicateurs dont l'évolution a été enregistrée au cours du temps (TimeStep). En particulier ici ces indicateurs permettent d'évaluer l'intensité de la colonisation (nombreGroupes) et l'amplitude spatiale de la colonisation (distanceTotaleParcourue)

De HUME à VisuAgent



Atelier Démo / 24 novembre 2014

L'ensemble du processus peut se schématiser encore une fois comme la chaîne présentée sur la figure. L'ensemble des données est résumée à l'aide d'indicateurs synthétiques. On peut soit évaluer une simulation (réplication). Mais dans une approche de type analyse de sensibilité, on cherchera à visualiser la variabilité de ces indicateurs, soit au sein des répliques d'une même expérimentation pour tester l'effet de l'aléa, soit au sein de plusieurs expérimentations pour tester l'effet des valeurs de paramètres. Dans une démarche exploratoire qui est la notre, on ne construit pas forcément un plan d'expérience complet. Mais il est possible depuis NetLogo à partir du « behaviour space » de lancer plusieurs simulations correspondants à des valeurs de paramètres différentes. VisuAgent importe un fichier un peu transformé de ces sorties.

VisuAgent

- Evaluer les évolutions simulées: trajectoires, diversité, différentes temporalités, champs des possibles
- Evaluer les organisations spatiales: à l'aide d'indicateurs et de cartes
- Indicateurs agrégés spatialement (global, meso) construits dans netlogo
- Très orienté temps / temporalités

⇒ Avec contrainte de prise en main simple

⇒ Prototype pour usage et pour réfléchir



Fiche technique

- VisuAgent

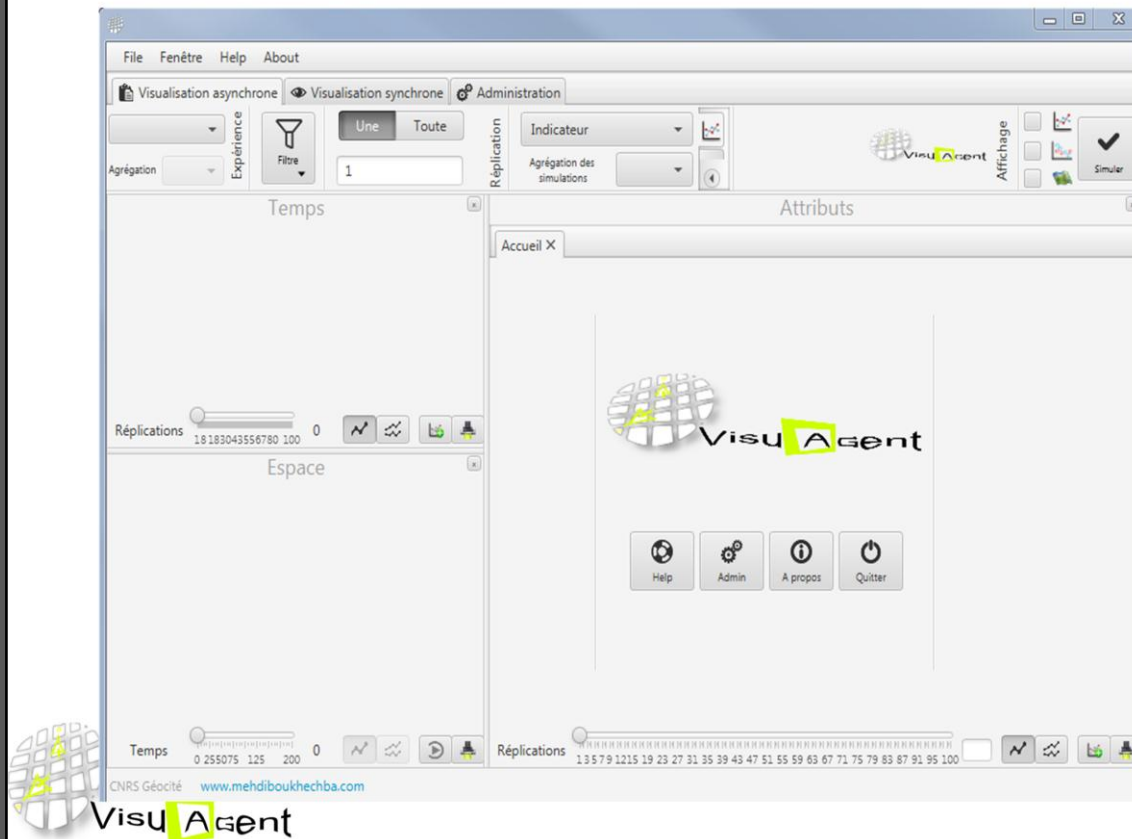
NetLogo (dont indicateurs
de sorties)

- SimOLAP

(PRIMA
+simulation design)

+architecture SOLAP
(PostgreSQL + Mondrian
+Jrubik)

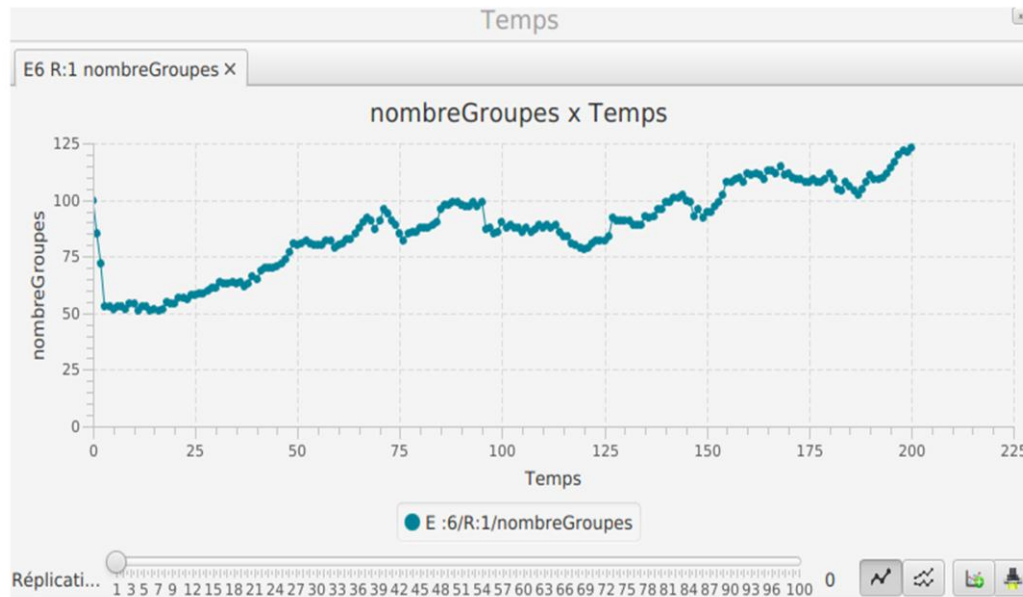
Interface VisuAgent



On retrouve sur l'interface les différentes dimensions d'interrogation : réplication, expérimentation, indicateurs et 3 fenêtres de visualisations comme 3 éclairages différents: l'espace croisant le temps; les attributs croisant le temps et le croisement de plusieurs attributs. L'originalité de l'interface réside dans ce multifenêtrage et la capacité que l'ensemble offre pour la comparaison. Des opérateurs d'agrégation permettent une grande richesse de combinaisons. Nous proposons de décrire ces différentes possibilités sur quelques exemples.

1- Exploration d'une simulation

A- Visualisation d'un indicateur dans le temps



On s'intéresse à **une** simulation :

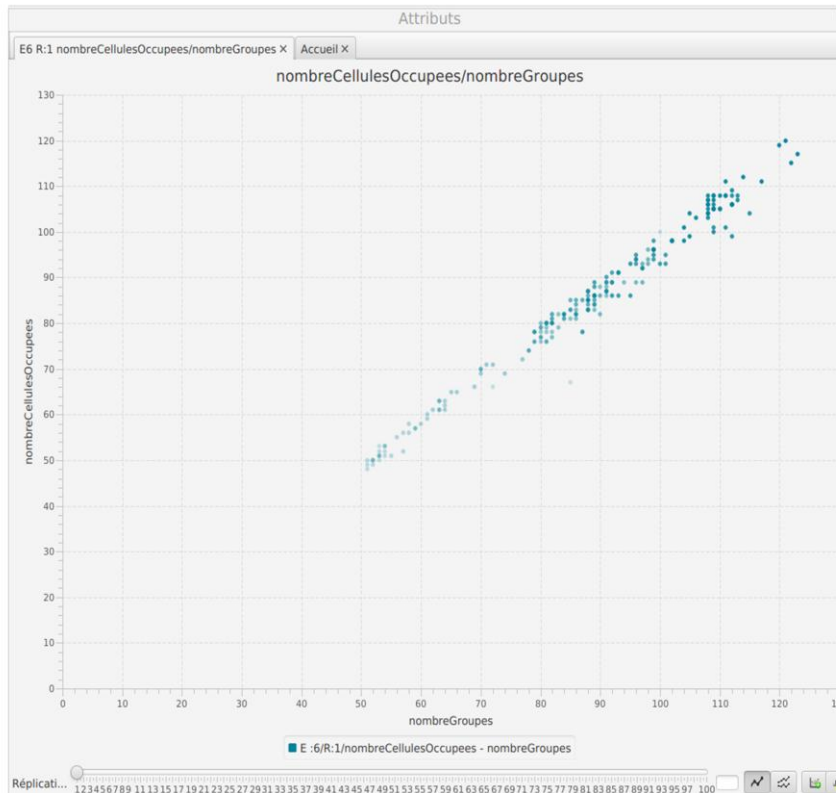
=> A-t-elle réussie ? Dans le sens , comment les groupes ont-ils survécus?

Affichage d'un des indicateurs de sortie : NbGroupes * temps

=> Croissance stable dans le temps, avec petite fluctuations : perturbations ?

1- Exploration d'une simulation

B- Visualisation croisée de deux indicateurs, dans le temps



On peut ensuite s'intéresser à l'organisation de cette population sur le territoire. La variable

« NbCellulesOccupées » rend compte de la forme de la colonisation= concentrée ou dispersée (NbCellulesOccupées x NbGroupes)

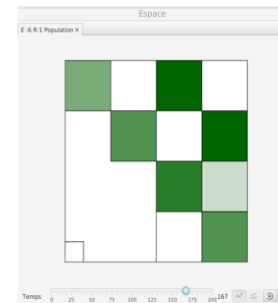
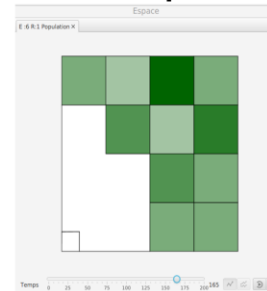
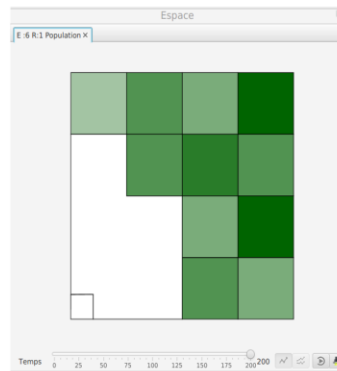
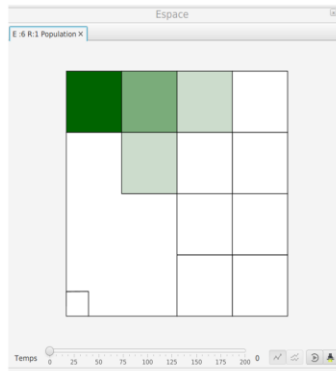
La 2^e fenêtre permet de croiser ces 2 indicateurs. Chaque point correspond à un état (NbCellulesOccupées x NbGroupes) à une date donnée. La couleur des points reflète le temps, du plus clair au plus foncé.

⇒ Forte corrélation de deux indicateurs, + temps (opacité) semble bien aller ds le même sens.

⇒ Représentation d'un aspect synthétique du spatial, qui montre, dans un même graphique, une information spatiale **et** une information temporelle

1- Exploration d'une simulation

C- Visualisation de l'espace au cours du temps



La 3^e fenêtre est dédiée à une visualisation de l'espace (ici un espace très simplifié).

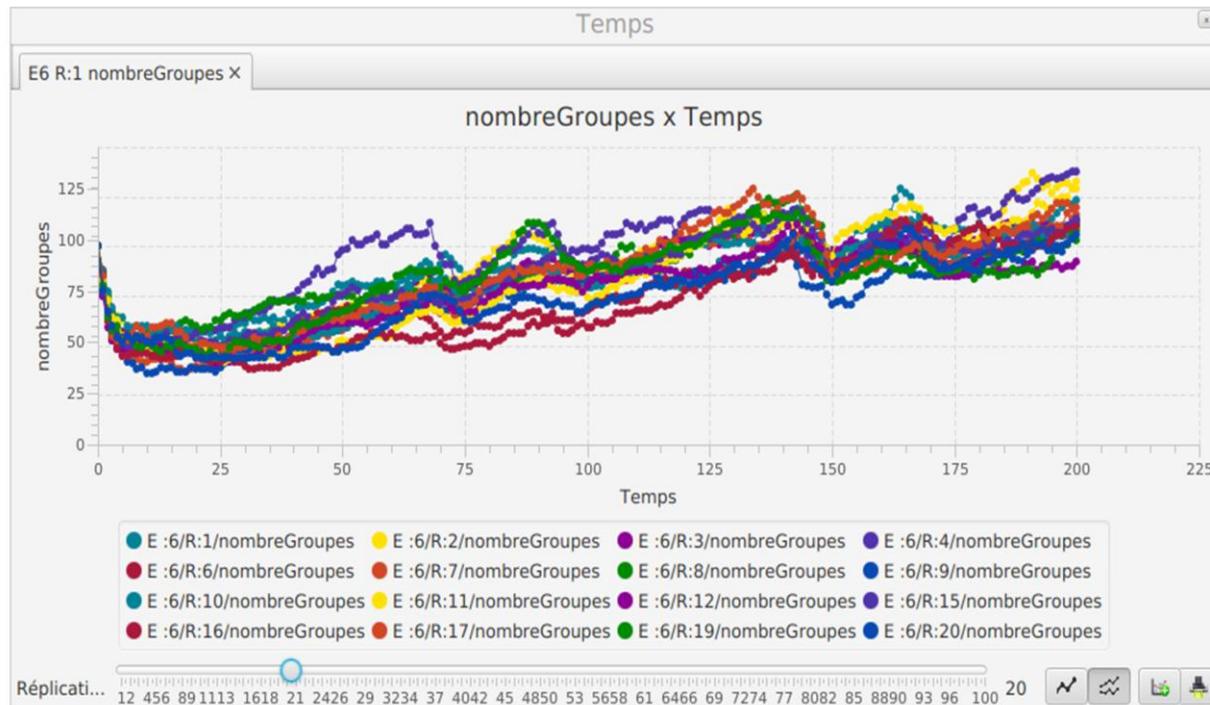
Population

⇒ On défile le slider temporel : on voit bien la diffusion de la colonisation.

⇒ **Mais**, en s'arrêtant à certains pas de temps (entre 175 et 177 ici), on voit aussi l'impact des perturbations (en quinconce)

2- Exploration des réplifications d'une expérience

A- Visualiser plusieurs réplifications dans le temps



Si l'on revient à la 1^{ère} fenêtre: elle permet d'accumuler des trajectoires d'évolution, par exemple un même indicateur sur plusieurs réplifications.

Par exemple on peut s'interroger sur la variabilité qu'introduit l'aléa. Pour une simulation qui a réussi, d'une réplification à l'autre, le succès est-il stable ?

NbGroupes

→ Ajouter, en mode cumulatif, les n premières réplifications à la courbe

⇒ Semble y avoir un peu de variabilité, mais tendance paraît présente

⇒
Quel poids cette variabilité a-t-elle ?

2- Exploration des réplifications d'une expérience

B- Visualiser la variabilité des réplifications dans le temps

On peut ensuite synthétiser cette accumulation de courbes sur un graphique, en calculant la variabilité d'un indicateur sur l'ensemble des réplifications r .

L'opérateur d'aggrégation est utilisé pour calculer l'écart-type à chaque à chaque instant. L'aggrégation se fait à chaque pas de temps. La courbe illustre donc l'évolution de cette variabilité au cours du temps.

L'écart type semble converger vers un maximum, en dépit de perturbations

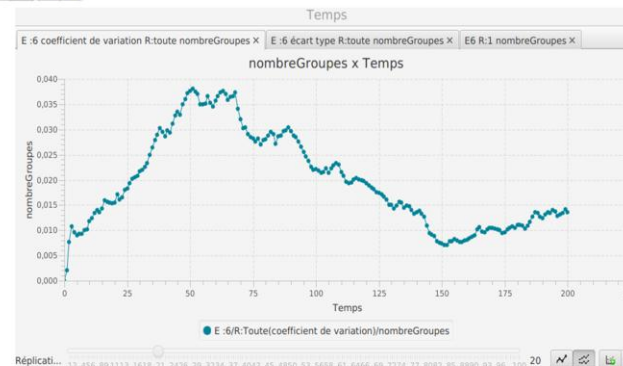
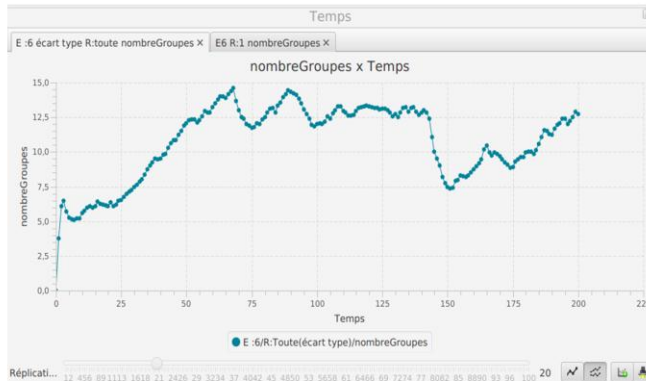
⇒ Mais comme la population augmente aussi globalement dans la même période :

On regarde le C.V (graphique du bas) :

(sélection toutes réplifications / NbGroupes – Agrég. Réplifications = Coeff. De Variation

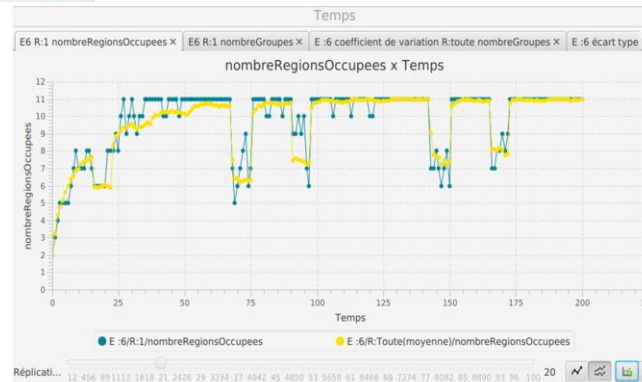
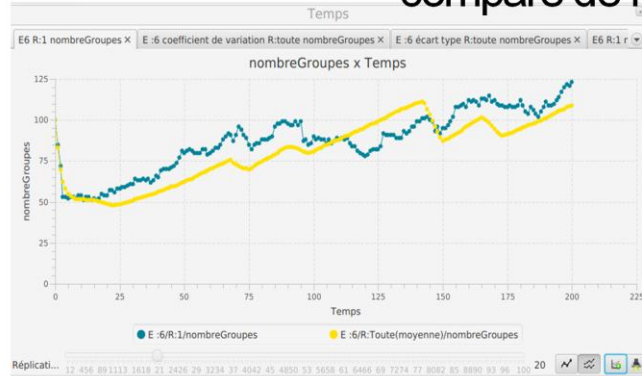
⇒ Diminue bien dans le temps

⇒ Variabilité s'amenuise une fois la simulation « stabilisée »



2- Exploration des répliques d'une expérience

C- Replacer une simulation dans son contexte : parcours comparé de répliques



L'opérateur d'égrégation permet aussi de constituer des réponses moyennes pour visualiser la spécificité d'une simulation;

- Quelle est la spécificité de la réplique que l'on avait choisie ?

NbGroupes

Ajouter, sur le graphique :

– Agrégateur moyenne (NbGroupes -toutes)

⇒ Lisse la courbe, fait bien ressortir les paliers qui correspondent aux périodes de perturbations

- Quel impact spatial ?

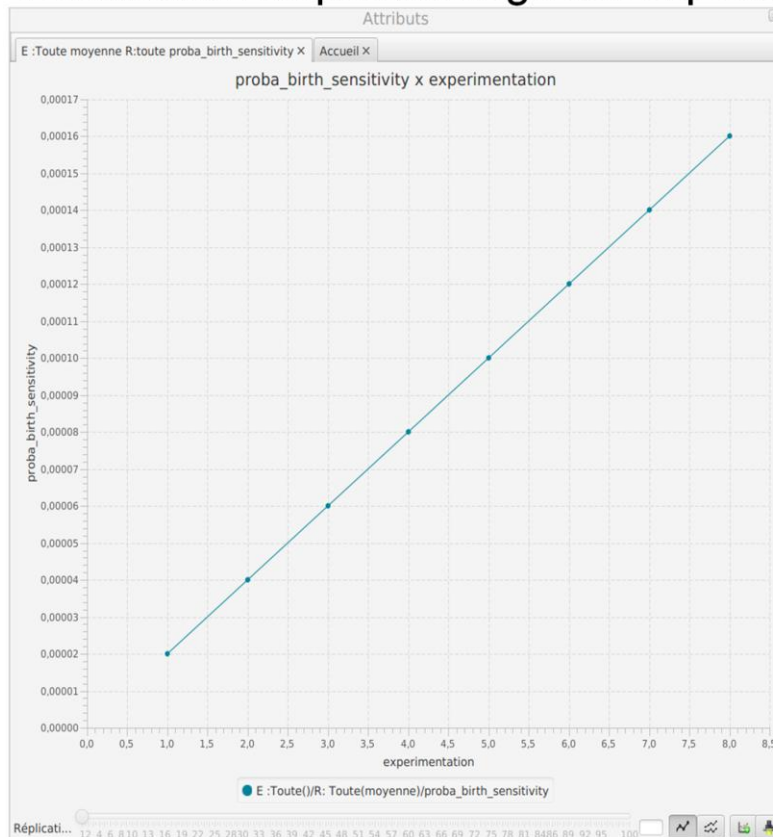
NbRégions

Ajouter Agrégateur moyenne (NbGroupes -toutes)

⇒ Là aussi, lissage, clarifie les périodes de perturbation, mais dans l'ensemble, 10 régions colonisées, toute l'expérience est donc un succès.

3- Exploration comparée d'une série d'expérimentations

A- Visualisation du paramétrage des expériences



1 seul paramètre varie ici : taux de division des groupes= Proba-birth

⇒ Portrait des valeurs de ce paramètre selon les expériences :

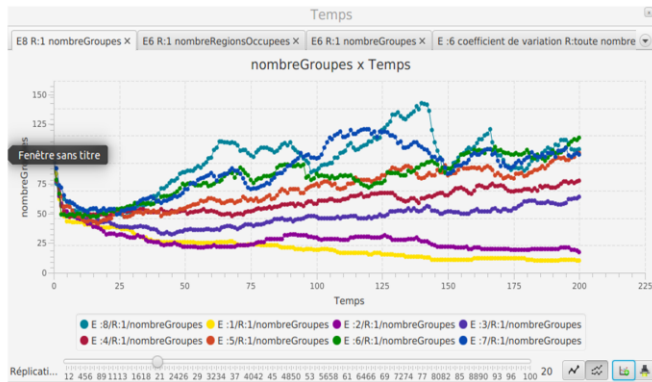
AxA : $E(\text{toutes})/R(\text{toutes})/\text{Proba-birth} + \text{Ag. Moyenne}$

⇒ 8 expérimentations organisées selon la valeur (croissante) de ce paramètre qui correspond à la probabilité qu'un groupe donne « naissance » à un autre groupe par division.,

⇒ Que donnent les réplifications vis a vis de ces paramètres

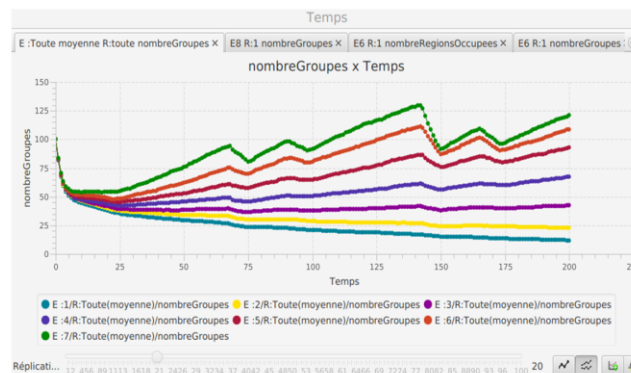
3- Exploration comparée d'une série d'expérimentations

B- Quel est le poids de l'aléa sur les expérimentations ?



On visualise la variable NbGroupe au cours du temps pour les 8 expérimentations pour la première répétition à chaque fois

⇒ Semblent ordonnées en fonction des valeurs de Proba-Birth, mais fortes fluctuations

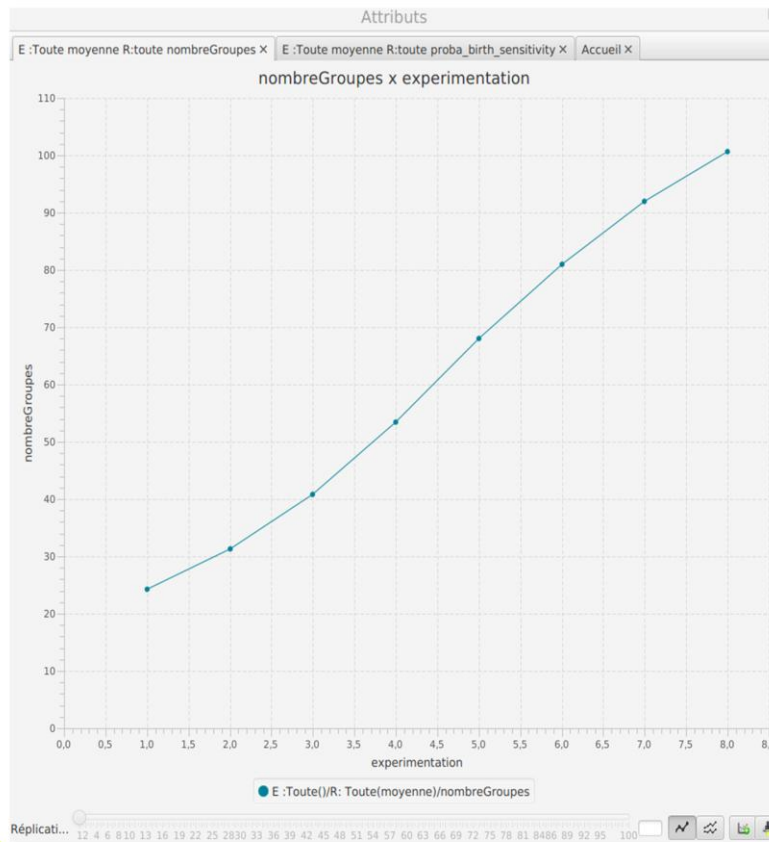


le 2 è graphique représente cette fois pour chaque expérimentation la moyenne du NbGroupe sur l'ensemble des répétitions.

⇒ Hiérarchie exactement similaire à celle du paramètre exploré.

3- Exploration comparée d'une série d'expérimentations

C- Visualiser un résumé des différentes expérimentations



L'opérateur d'agrégation permet aussi de créer des résumé au cours du temps. Par exemple on peut calculer le nombre moyen de groupes au cours d'une réplication. Cette moyenne sur le temps peut s'appliquer à des indicateurs qui sont aux mêmes des trajectoires moyennes.

C'est ce qui est représenté ici: chaque point est associé à une expérimentation et correspond à la moyenne au cours du temps de la trajectoire moyenne du NbGroupe sur l'ensemble des réplications d'une même expérimentation.

⇒ Courbe d'allure similaire à celle des paramètres.

⇒ Mais ici, moyenne temporelle représentée, quid des différents temps du modèle ?

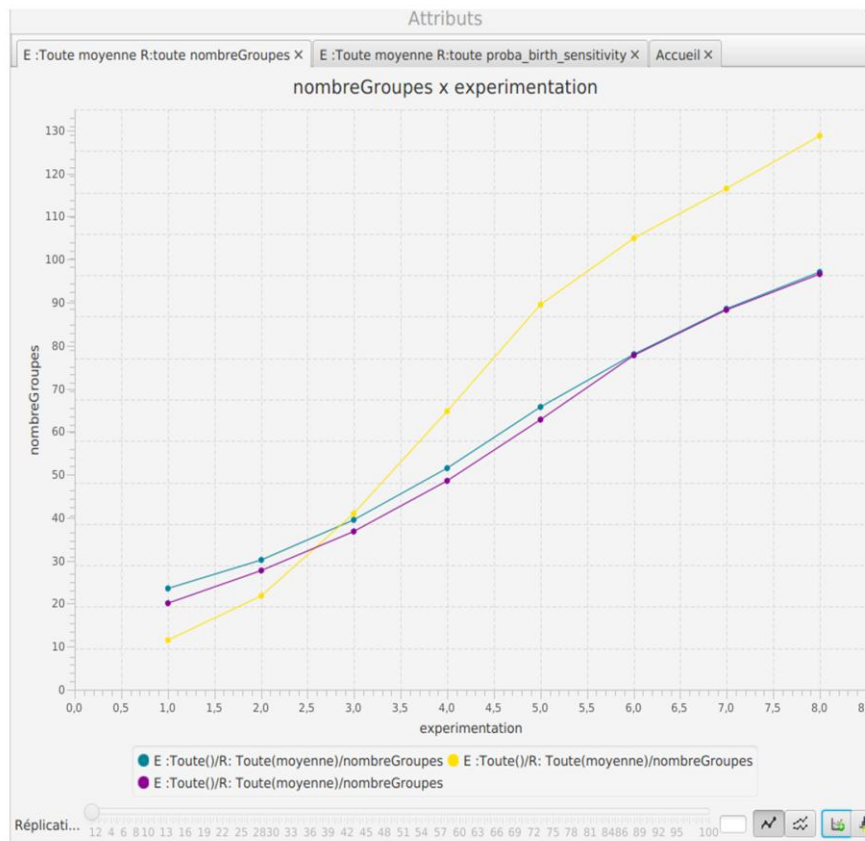
3- Exploration comparée d'une série d'expérimentations

D- Observer des temps particuliers du modèle

Gris : Moyenne
des pas de temps

Bleu marine : step
= 100

Jaune : step = 200



Les résumés temporels peuvent être associés à un pas de temps donné: par exemple $t=100$; ou $t=200$; On peut ainsi rentrer dans une logique d'interrogation des simulations du type: quelles simulations ont donné lieu à des populations supérieures à tel seuil ? La figure illustre

Ces courbes sont rajoutées au graphique précédent.

⇒ En milieu de simulation ($t=100$), la courbe est quasi confondue à celle de la moyenne temporelle

⇒ la courbe associée à $t=200$ s'en éloigne: identifiant le fait que pour les faibles valeurs du Prob-Birth le NrGroupe est inférieur aux valeurs moyennes (trajectoires décroissantes) alors que pour les fortes valeurs du Prob-Birth, le nombre de groupe est très supérieur. On évalue ainsi le profil du lien entre la valeur du paramètre semble et son effet sur la variable ciblée, ici le nombre de groupes en fin de simulation.

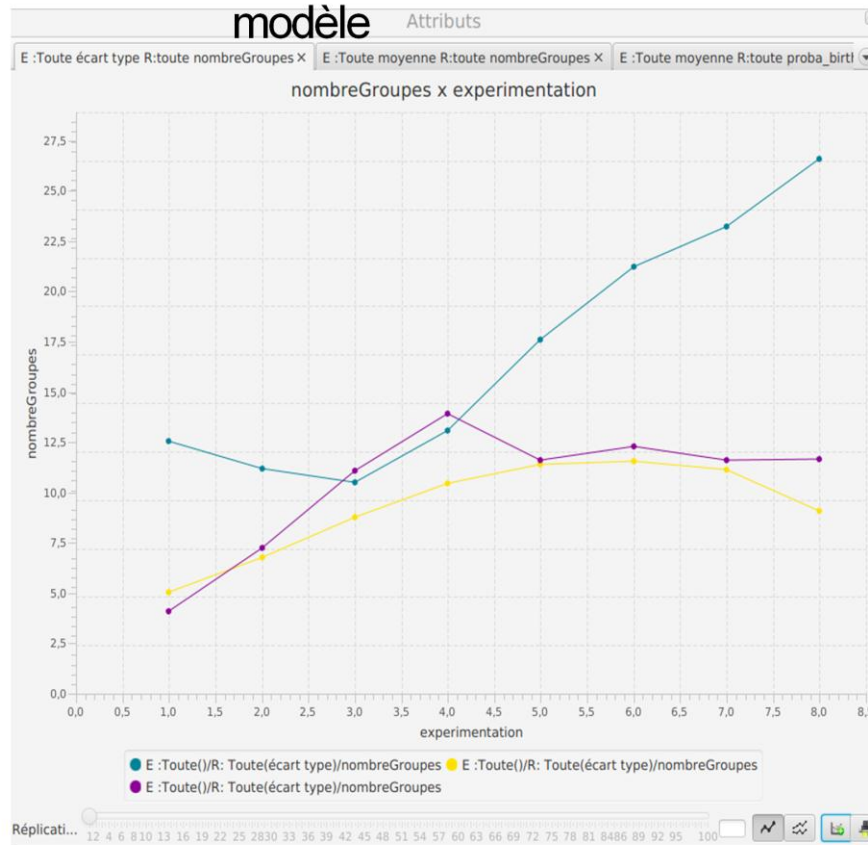
3- Exploration comparée d'une série d'expérimentations

E- Comprendre l'influence de l'aléa sur les paramètres d'un modèle

Gris : sd moyen
des pas de temps

Jaune : sd pour
step = 100

Bleu marine : sd
pour step = 200



Enfin, ce graphique est construit de manière identique, en se fondant sur la moyenne dans le temps pour chaque expérimentation de trajectoire mesurant la variabilité (ecart-type) des répliques à l'intérieur d'une même expérimentation.

⇒ A partir d'un certain seuil de Proba-Brith (experimenation 3/4), la variabilité en fin de période stagne : le comportement est reproduit systématiquement, et avec moins de part de l'aléa, qd le param proba-birth ≥ 0.00006