

# Utilisation de la méthode de Morris pour l'analyse d'un simulateur individu-centré.

## Approche dynamique

### *Partie 2/2 Analyse de sensibilité*

## Partie 2

# Analyse de sensibilité et questions associées

- Étude préliminaire de l'analyse Morris (domaine de confiance)
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
- Mise en œuvre pour un système dynamique



# Rappel

## Méthode de Morris

- Définir un plan d'expérience en combinant  $k$  valeurs de  $p$  facteurs incertains
- Choisir un élément  $z$  de ce plan
- Ajouter un « saut »  $\Delta_{ij}$  au  $i^{\text{ème}}$  facteur incertain
- Calculer un « effet élémentaire »

$$d_{ij} = \frac{[y(z_1, \dots, z_{i-1}, z_i + \Delta_{ij}, \dots, z_p) - y(z)]}{\Delta_{ij}}$$

- Répéter la procédure pour tous les facteurs incertains ( $i=1, \dots, p$ )
- Répéter  $r$  fois ( $j=1, \dots, r$ )
- Calculer la moyenne et la variance des effets élémentaires à partir des  $r$  répétitions

$$\mu_i = \frac{\sum_{j=1}^r d_{ij}}{r} \quad \sigma_i = \sqrt{\sum_{j=1}^r (d_{ij} - \mu_i)^2 / r}$$



## Partie 2

# Analyse de sensibilité et questions associées

- Étude préliminaire de l'analyse Morris (domaine de confiance)

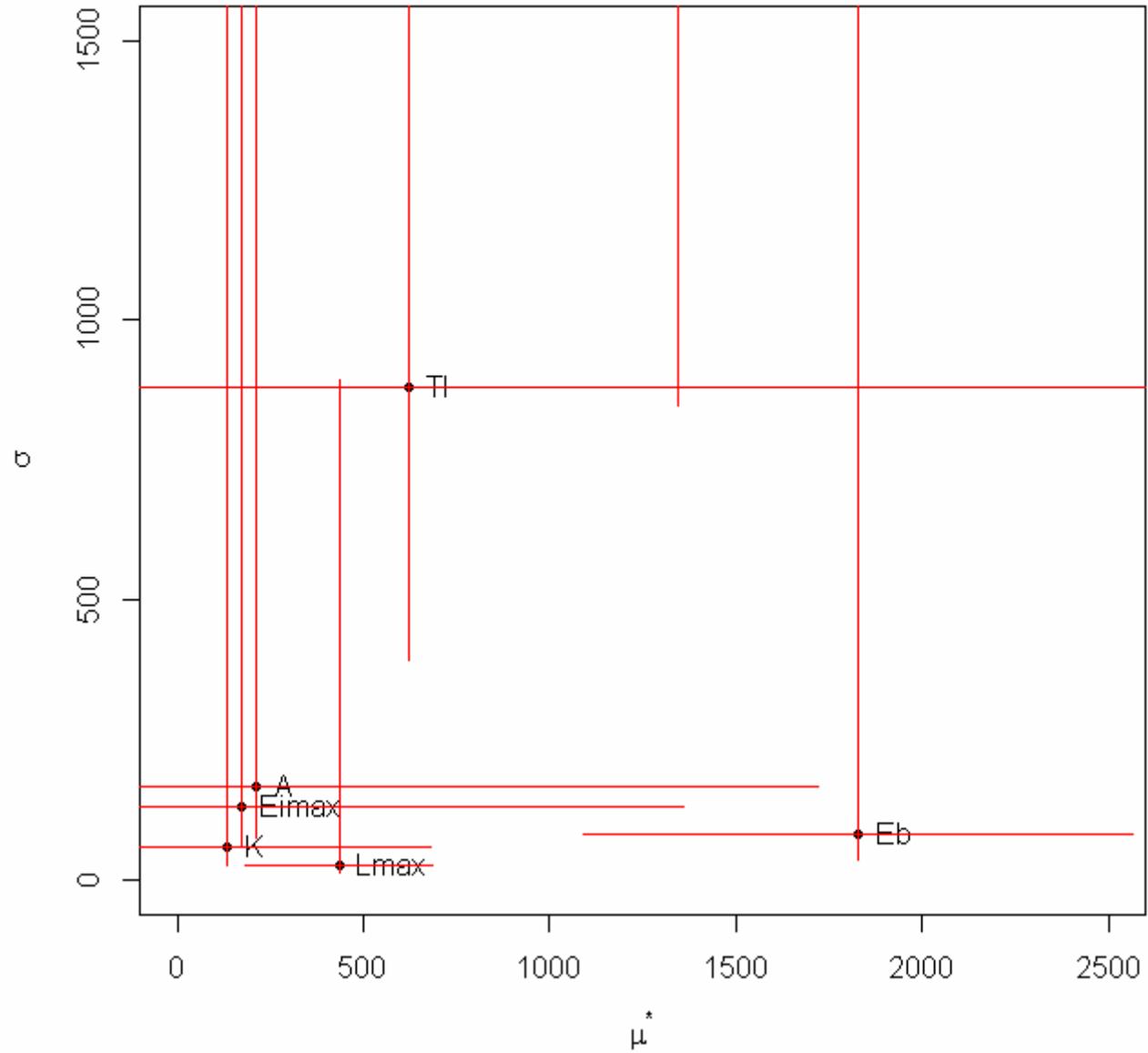
**Q:** combien de trajectoires ( $r$ ) utiliser  
(sachant contrainte robustesse/coûts calcul) ?

ex: modèle  
wwdm

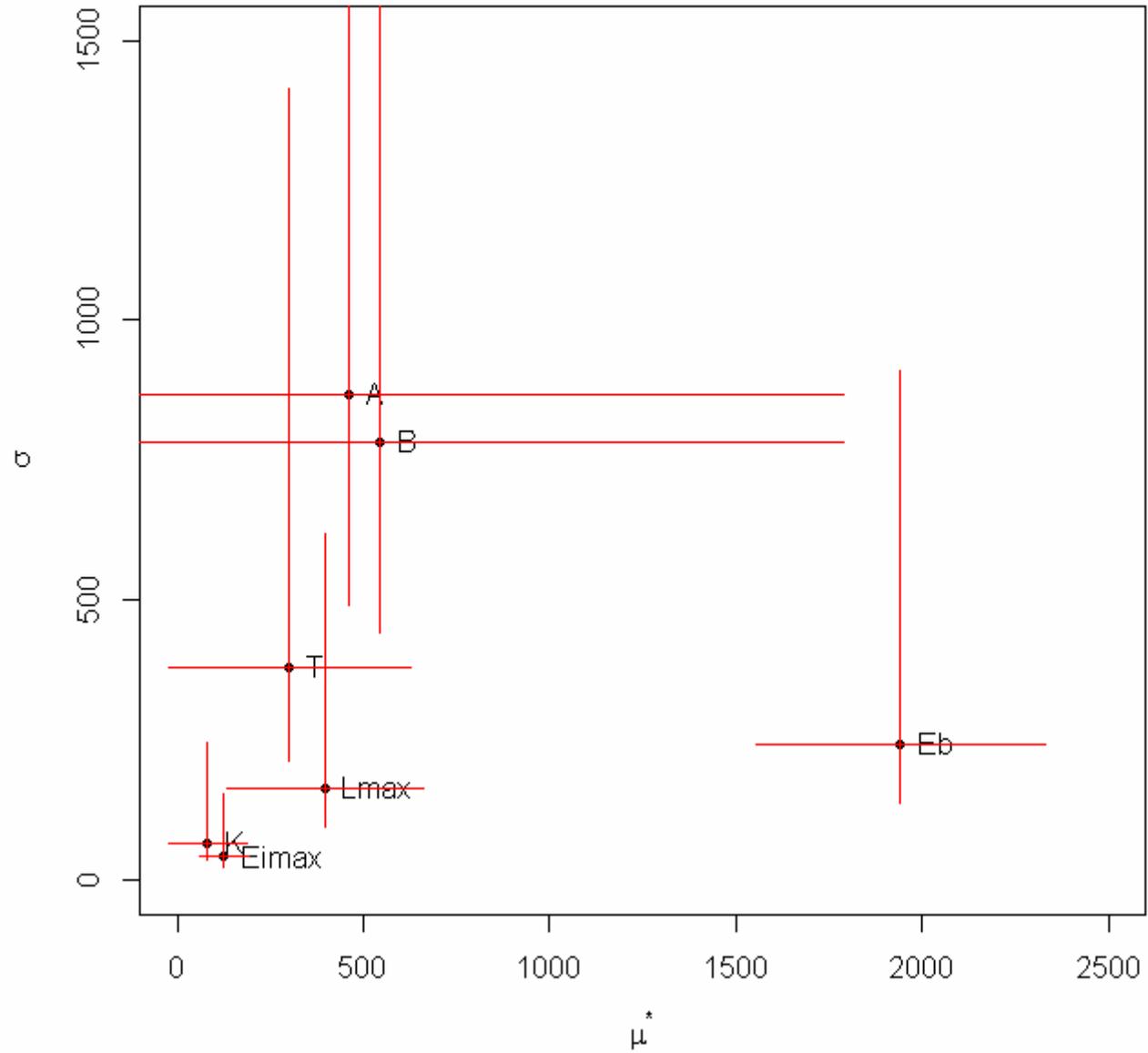
- Mise en œuvre pour un système dynamique



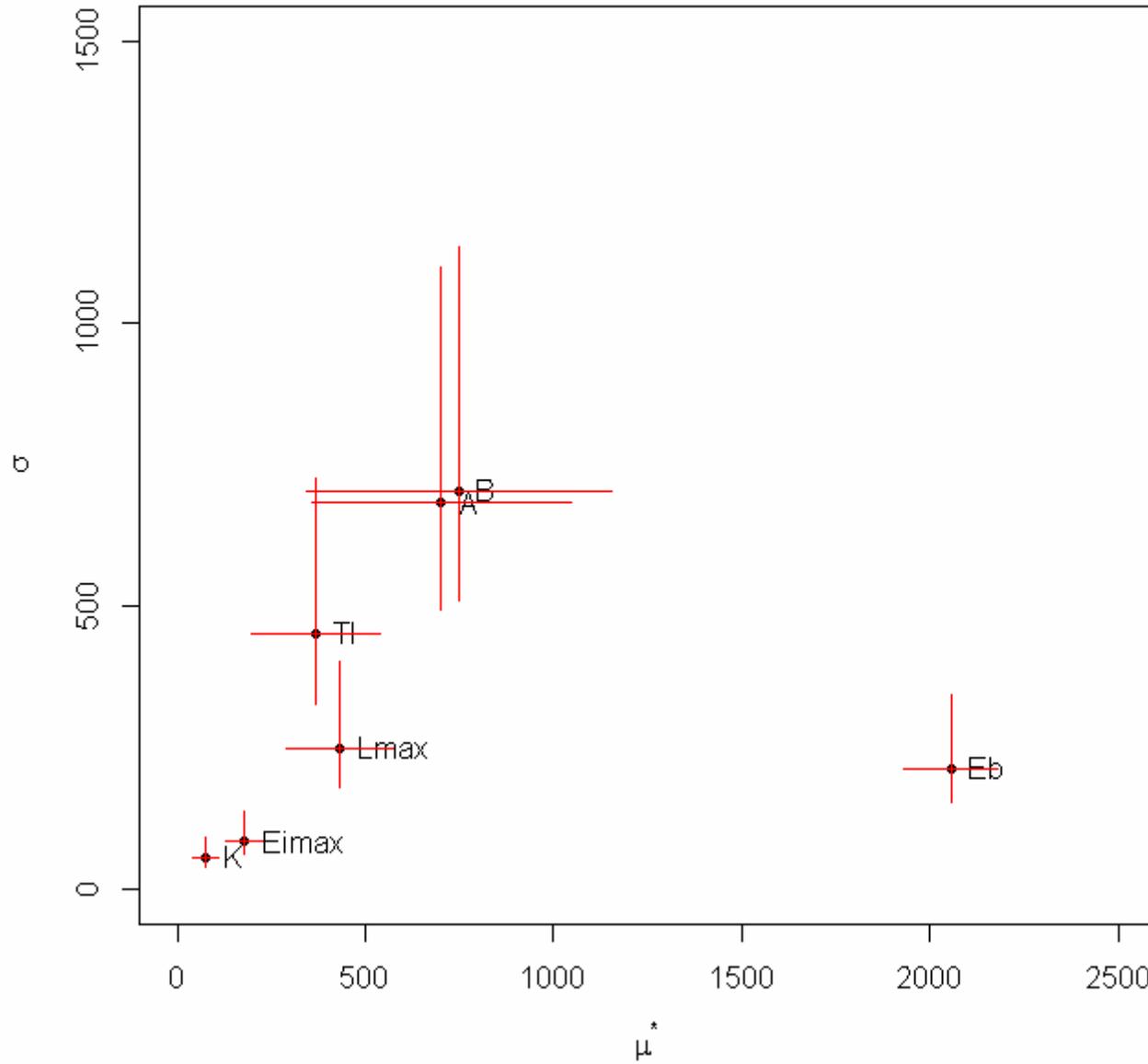
### Nb trajectoires Morris = 2



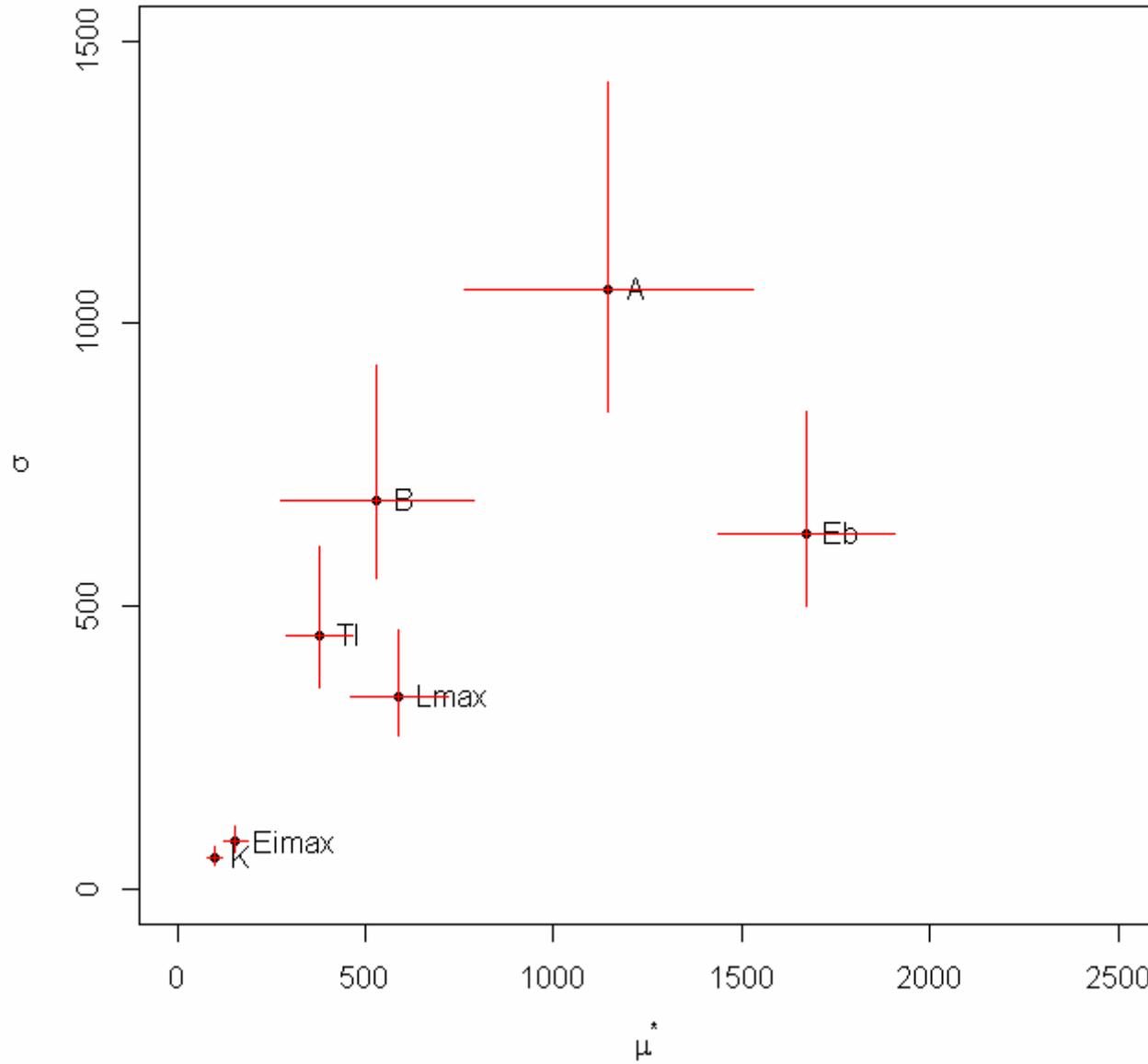
### Nb trajectoires Morris = 4



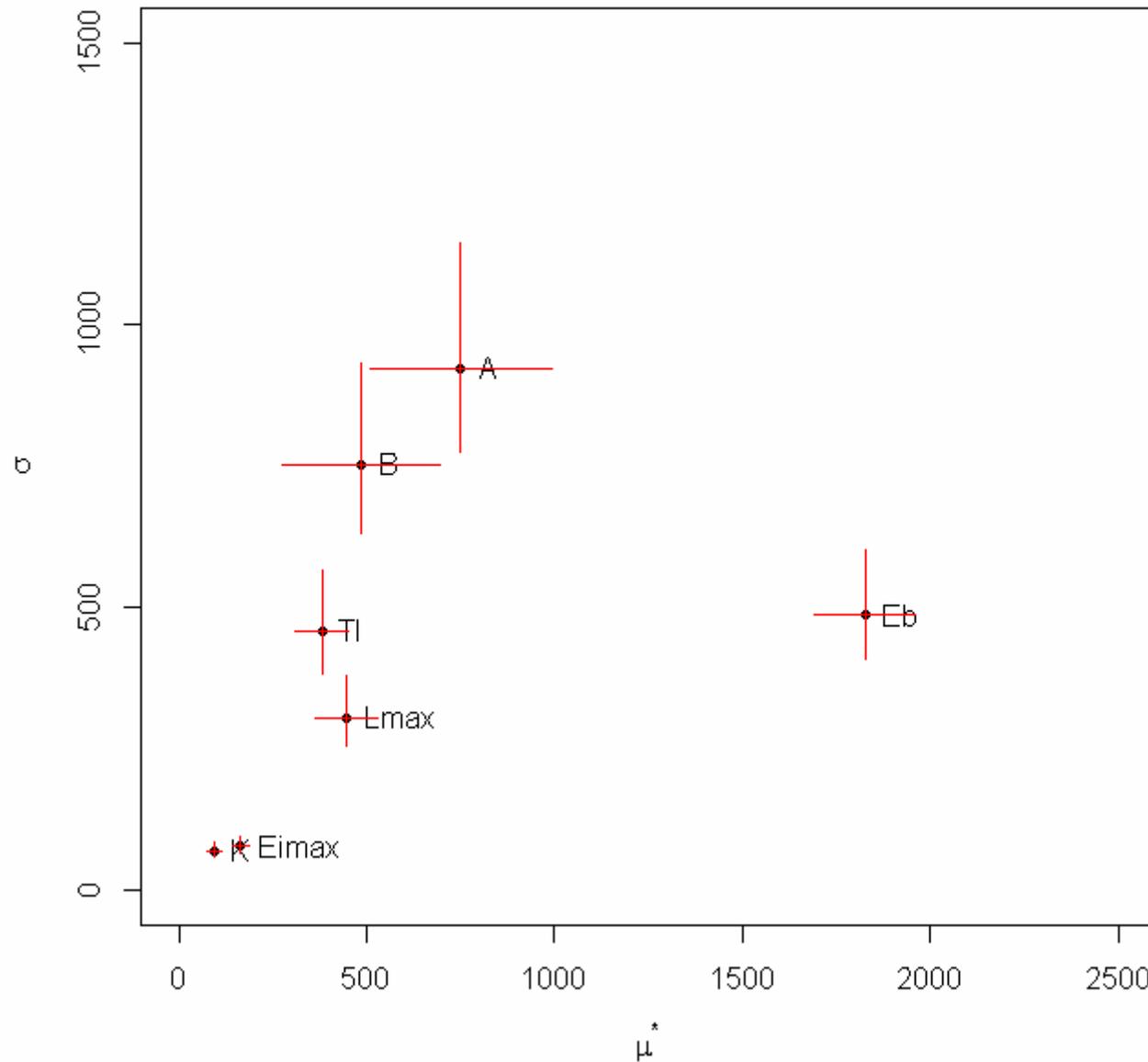
### Nb trajectoires Morris = 14

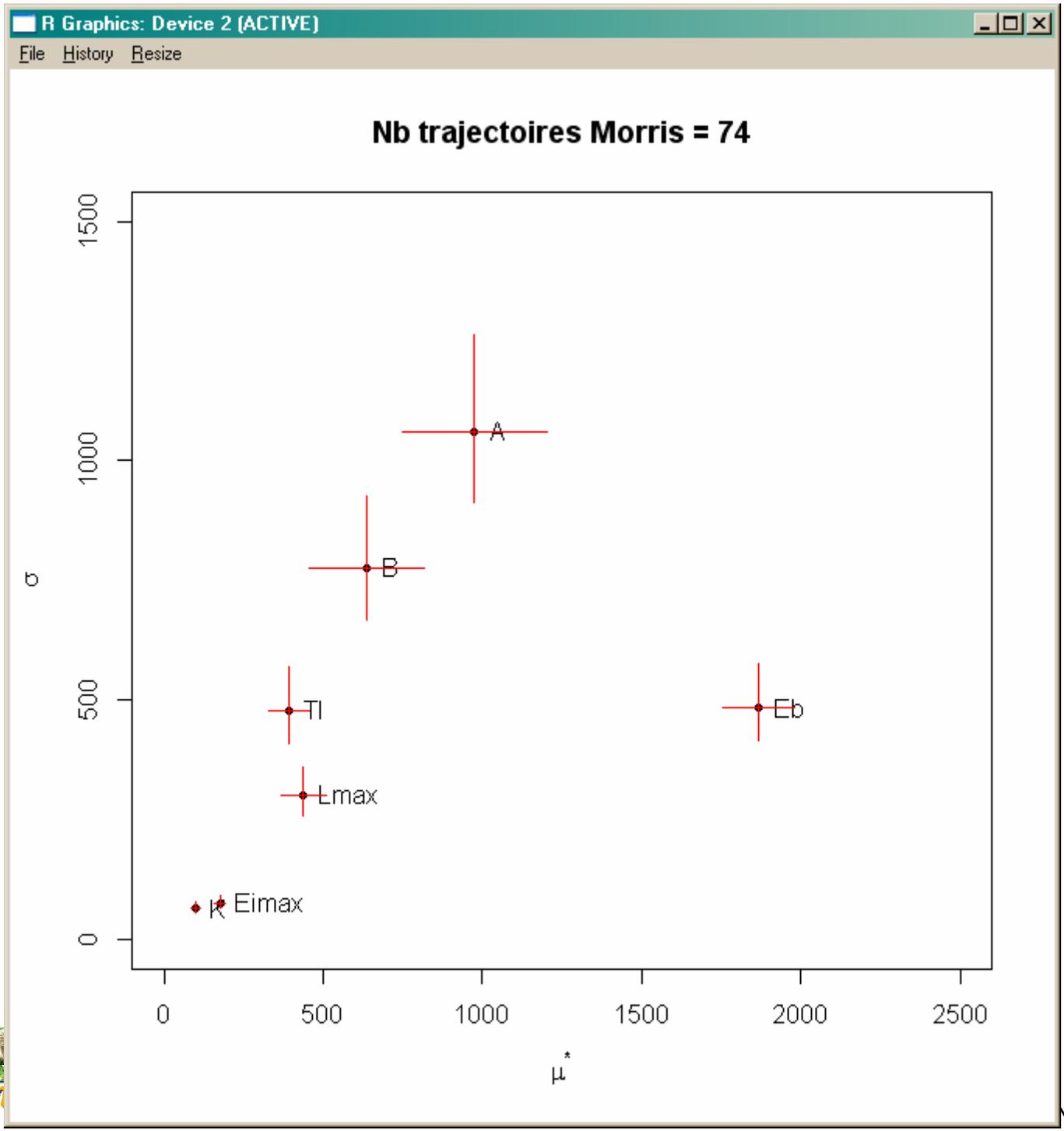


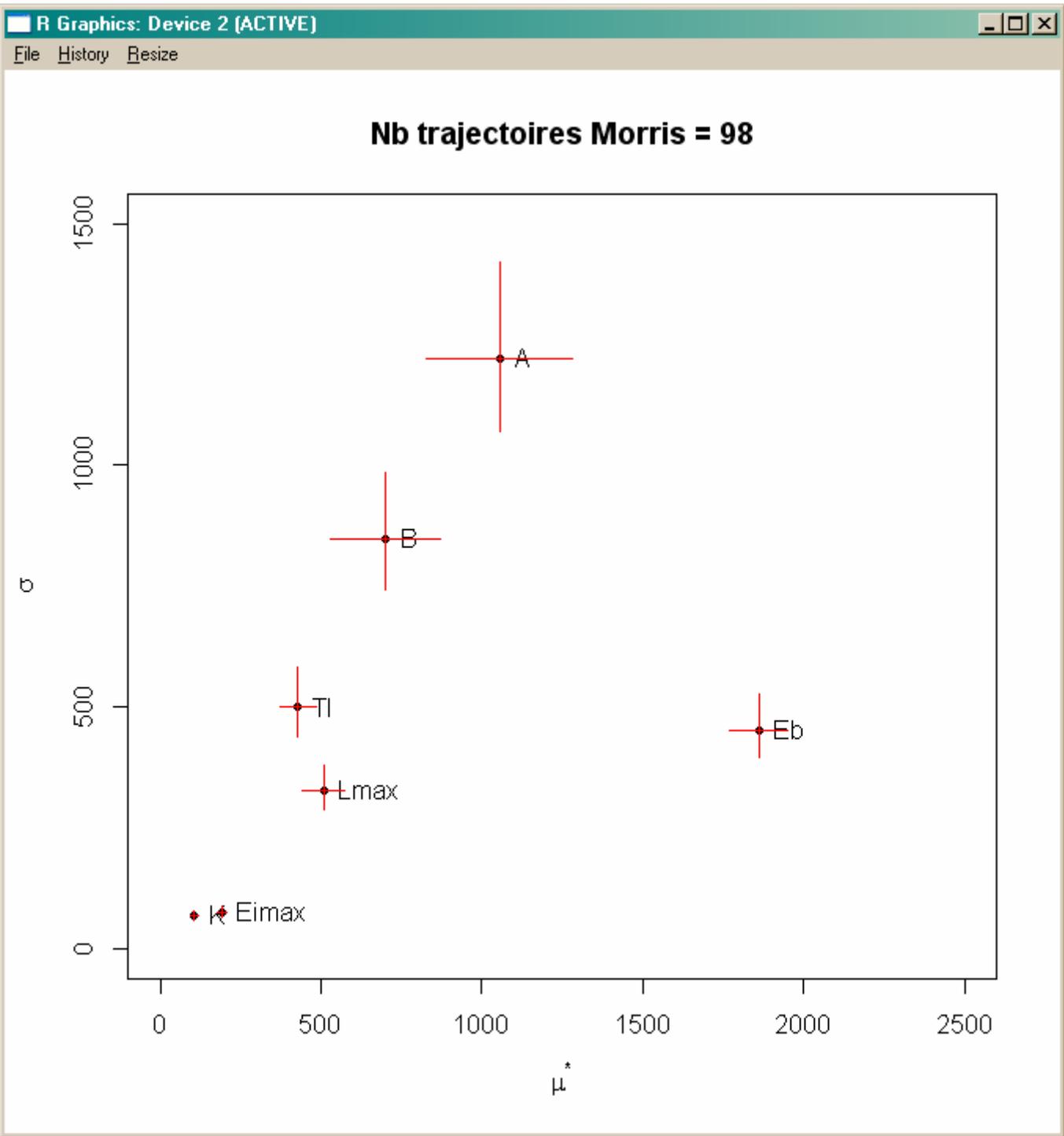
### Nb trajectoires Morris = 30



### Nb trajectoires Morris = 52

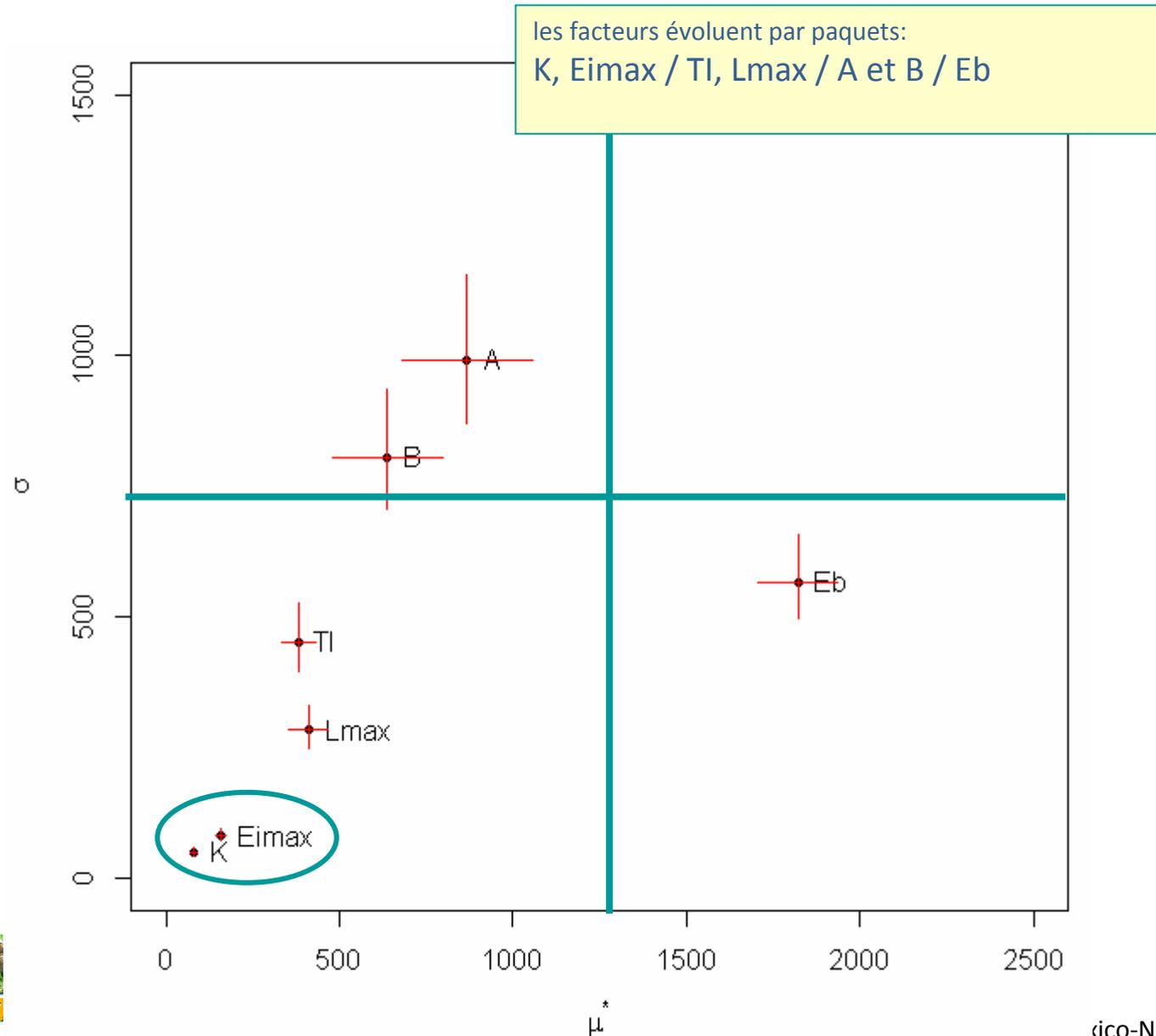






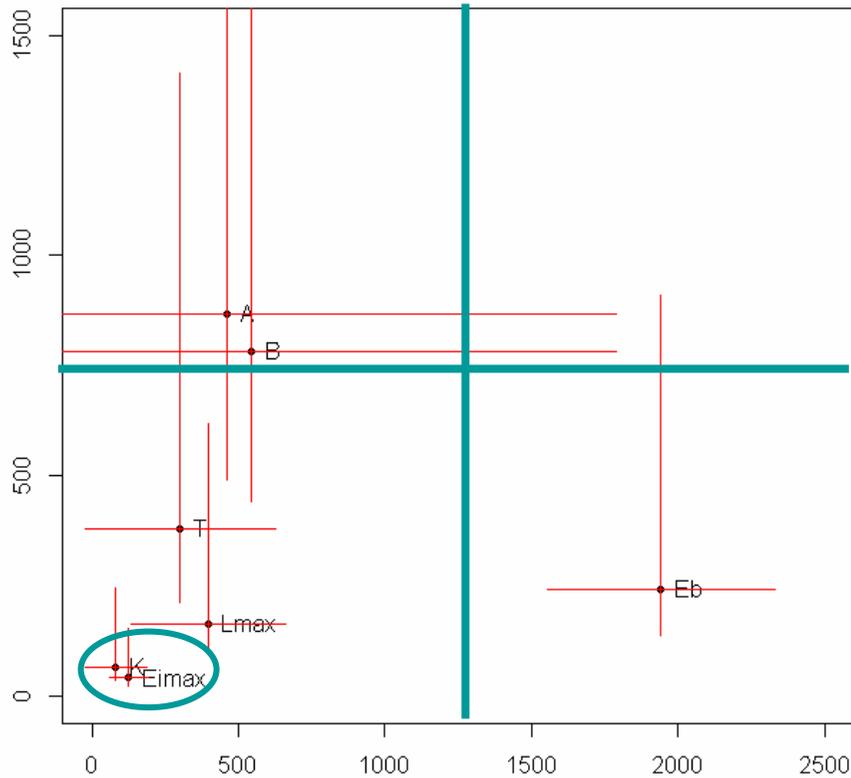
# Fonctionnement de l'analyse de Morris sur modèle wwdm

## informations exploitables de l'analyse

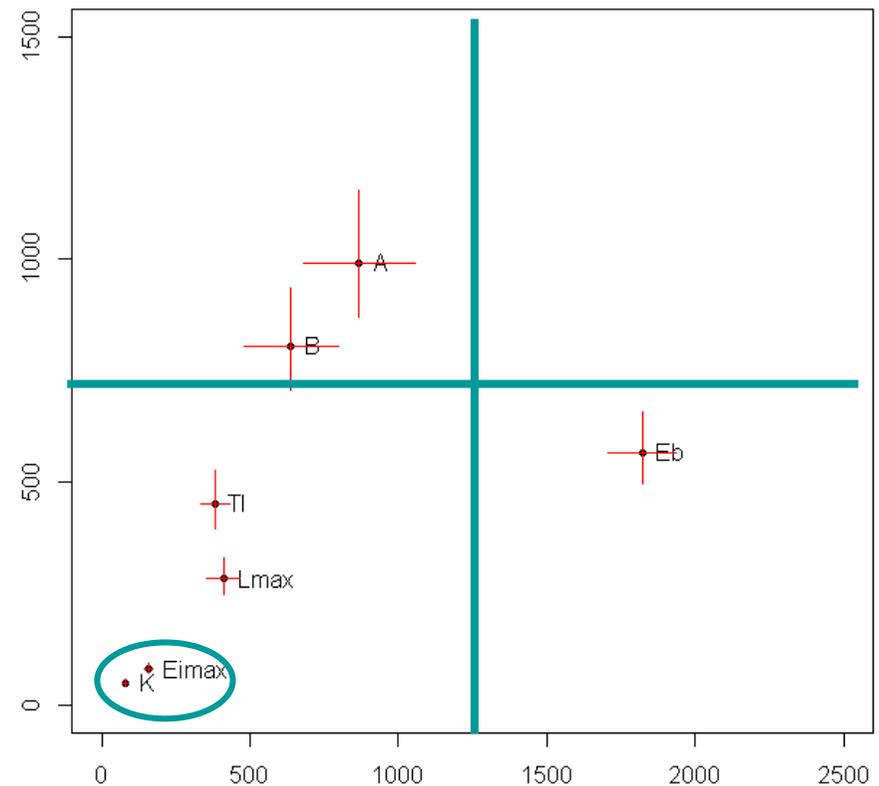


# À r=4 on a déjà l'information exploitable (!)

Nb trajectoires Morris = 4



Nb trajectoires Morris = 100



Q: Quel critère de choix utiliser ? (NB: sachant contrainte robustesse/coûts calcul ?)  
R: r=60 trajectoires (règle du pouce sécuritaire)



## Partie 2

# Analyse de sensibilité et questions associées

- Étude préliminaire de l'analyse Morris (domaine de confiance)

**Q:** combien de trajectoires ( $r$ ) utiliser  
(sachant contrainte robustesse/coûts calcul) ?

- Mise en œuvre pour un système dynamique
  - Sélection d'un horizon d'analyse (output  $y$ )
  - Robustesse du modèle au plan d'expérience



# Mise en œuvre pour un système dynamique

## Méthode

- Construction du plan d'échantillonnage par morris,
- Simulation du modèle pour les  $r \times p$  jeux de paramètres du plan
- Récupération de l'output  $y$
- Re-injection dans morris avec le plan d'expérience défini et l'output  $y$  récupéré (procédure 'tell' de R)



# 1<sup>er</sup> jeu de facteurs (inputs $x_k$ ): générateurs de stochasticité

Eight distinct random generators are used in the study (Table). Each is controlled by a seed and provides variability to specific features or processes in the model.

The eight random generators used and their action in the model.

Generator name	Description
crop rotation	Determines ‘yearly’ the crop transition of the simulated domain (one draw per simulated field)
death probability	Draws within the death probability distribution
target select	Draws within the set of possible destinations elaborated by an individual rodent at a given time step
age at init	Age at initialisation for an individual rodent
random move	Draws a move direction when no target is defined. Occurs <i>(i)</i> when exiting a burrow <i>(ii)</i> when created/initialised, and <i>(iii)</i> as the first step of an arriving migrant
gametes and sex select	Performs the selection of gametes and sex: <i>(i)</i> draws a gender at rodent’s initialisation, <i>(ii)</i> draw the gametes chromosomes between the two strands during meiosis, <i>(iii)</i> selects which chromosome will bear the male (SR Y) gene.
microsat init	Determines the value of the alleles in the microsatellite for an individual rodent / draws the initial genetic diversity
microsat mix	draws the cross-over position within the microsatellite genes strand during new rodent’s zygote formation



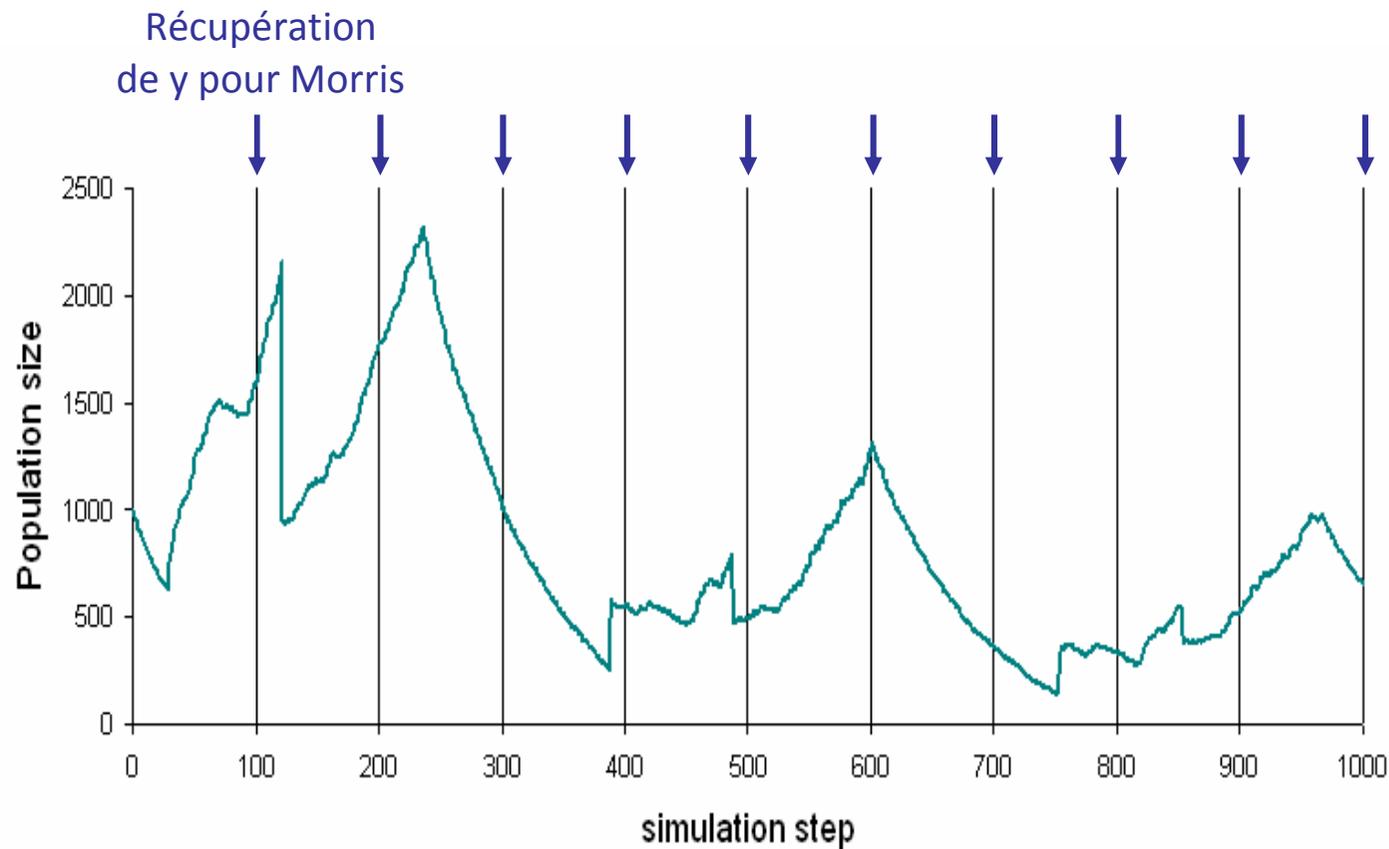
# Choix des indicateurs (outputs y)

Indicator name	Nature of the integrated result
habitat occupancy	Rodent agents moves, mating and competition
number of burrow systems	
inbreeding coefficient (FIS)	Genomes crossing
average allelic richness	
sex ratio	Mating
population size	Whole set of bio-socio-ecological processes
persistence time	

- Sélection d'un horizon d'analyse (output y)



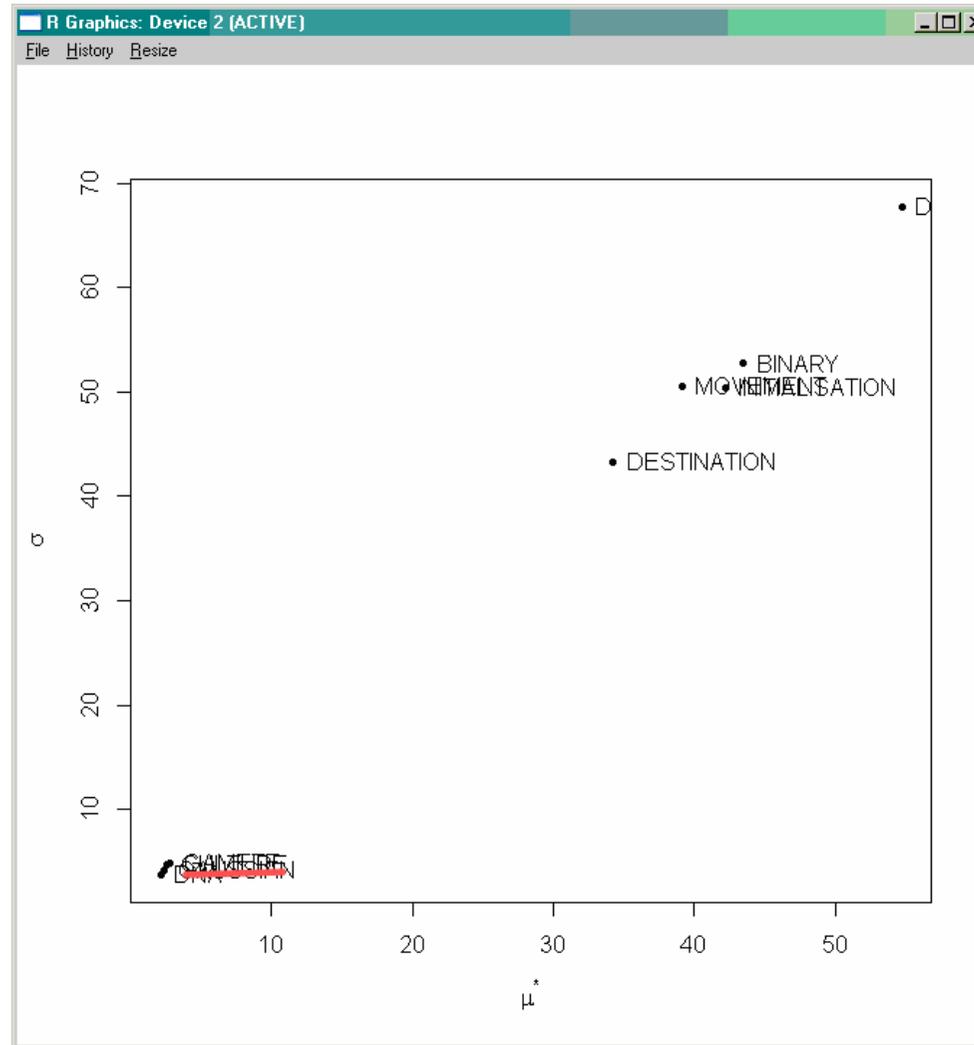
# Analyse de Morris - sélection d'un horizon d'analyse pour la mesure de y (output)



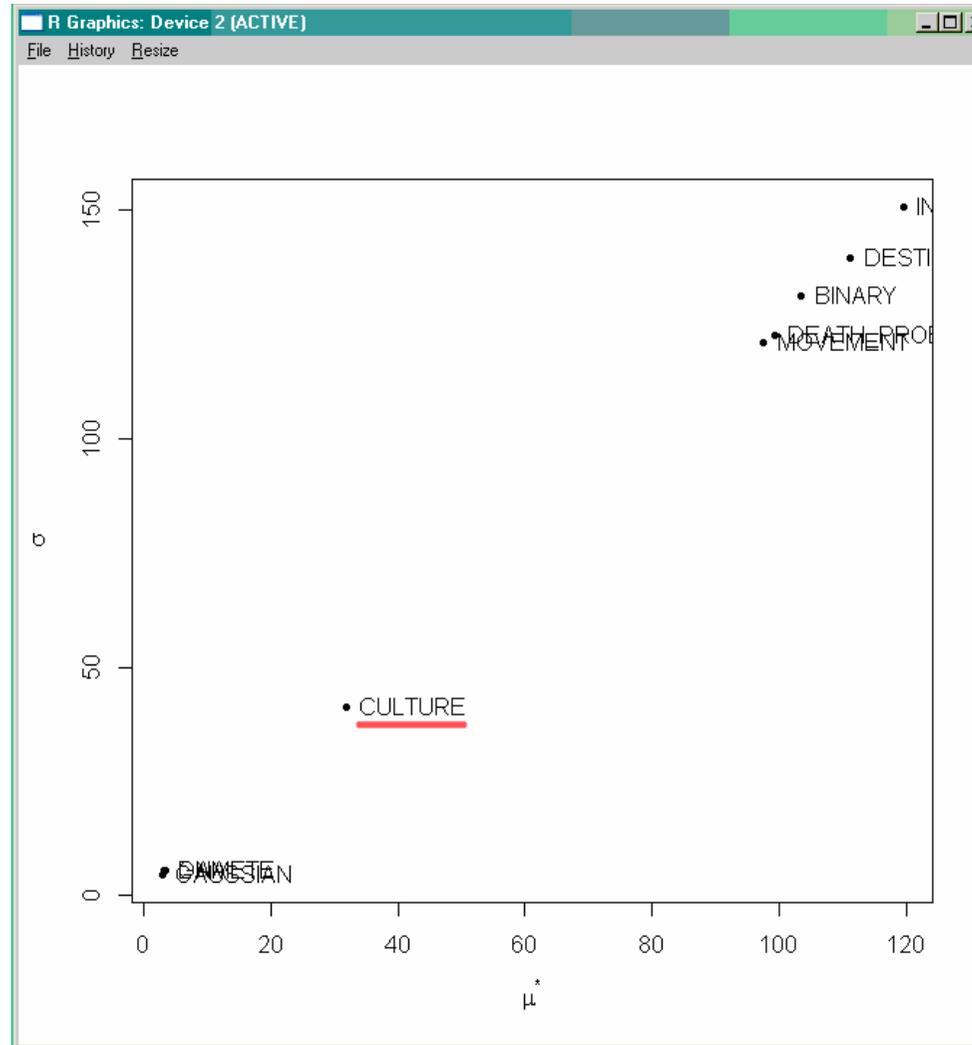
- Indicateur: taille de population
- Configuration: Sans terrier avec semis
- Résultats pour ticks = 100 à 1000 par pas de 100

→ Analyses de Morris sur la série d'horizons, effet du facteur rotation des cultures

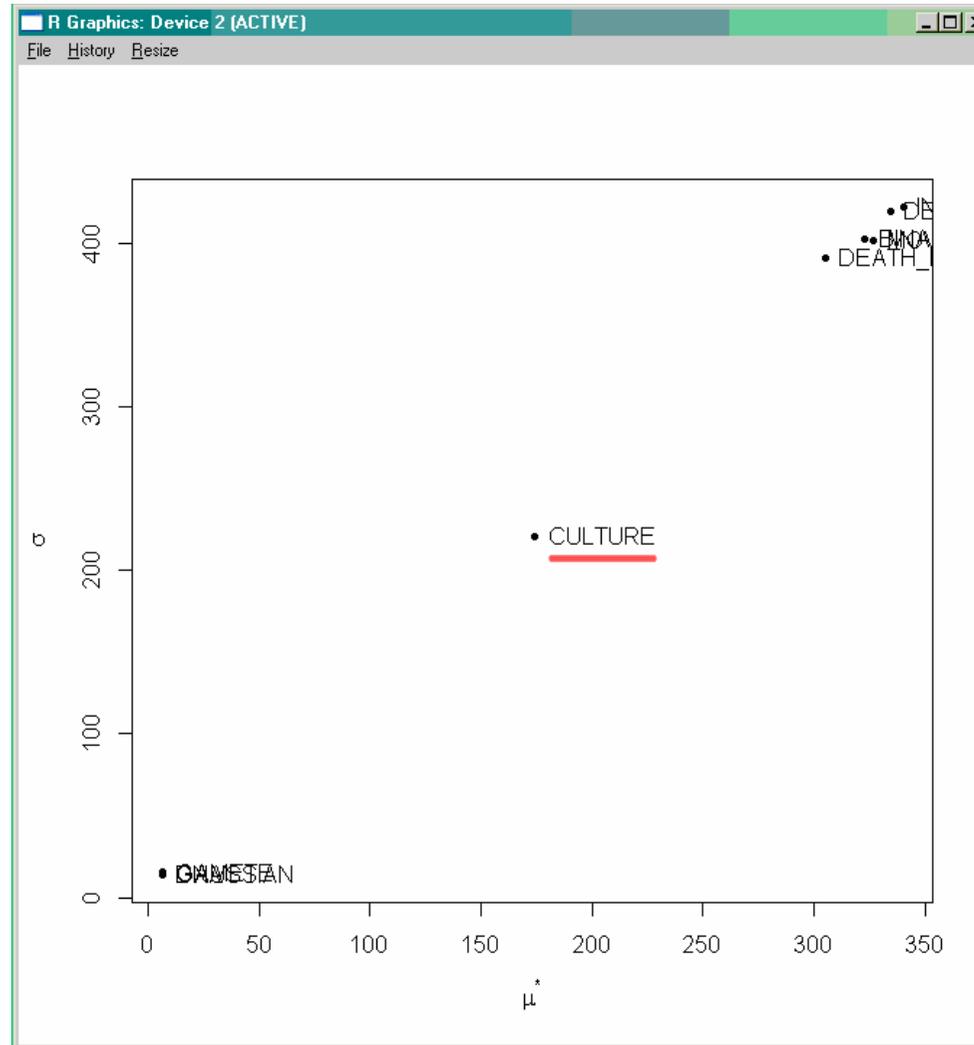
# Output y mesuré au tick 100



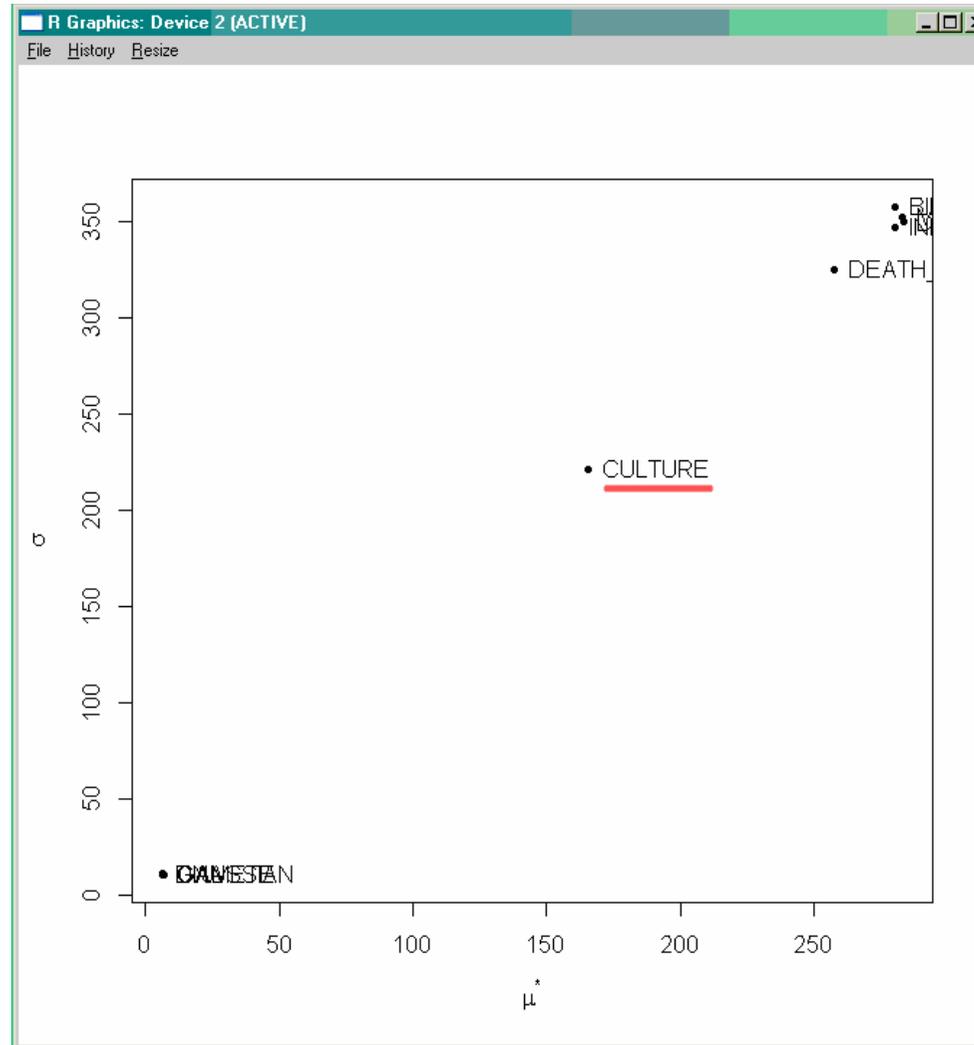
# Output y mesuré au tick 400



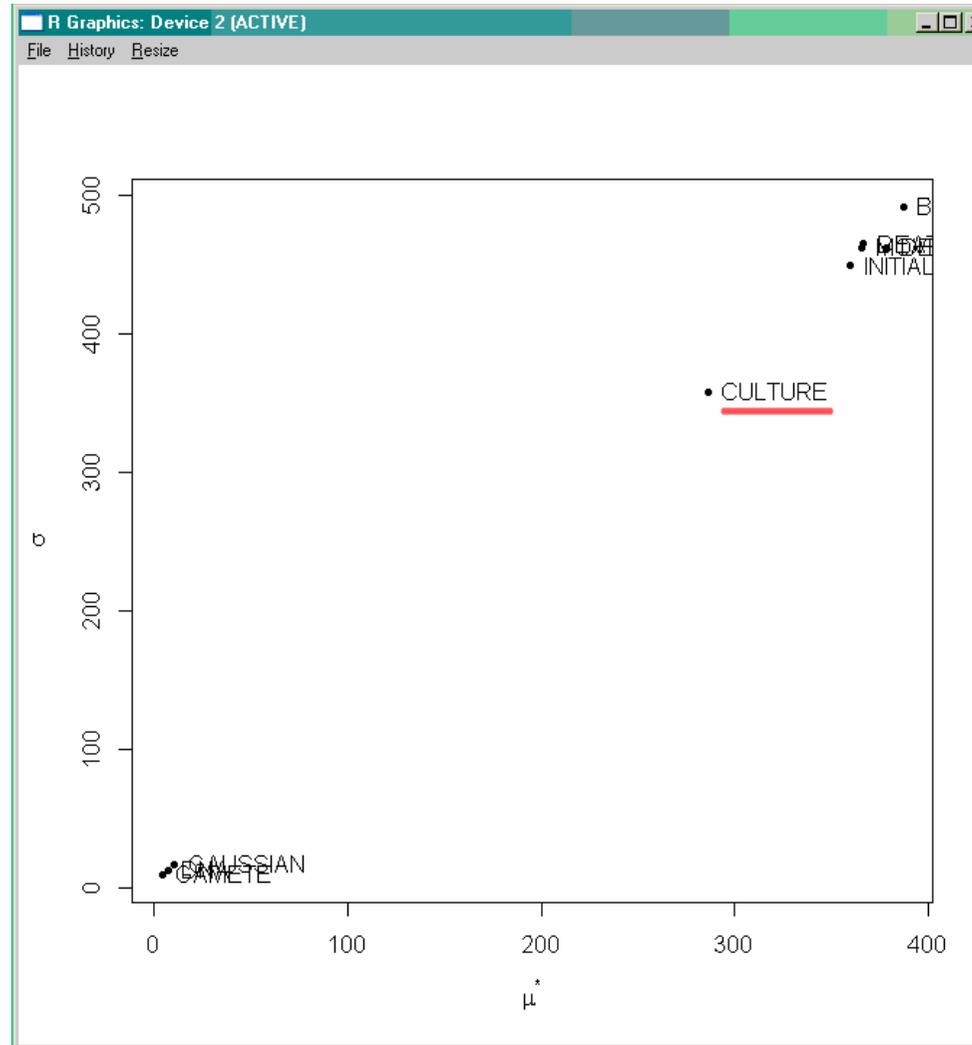
# Output y mesuré au tick 500



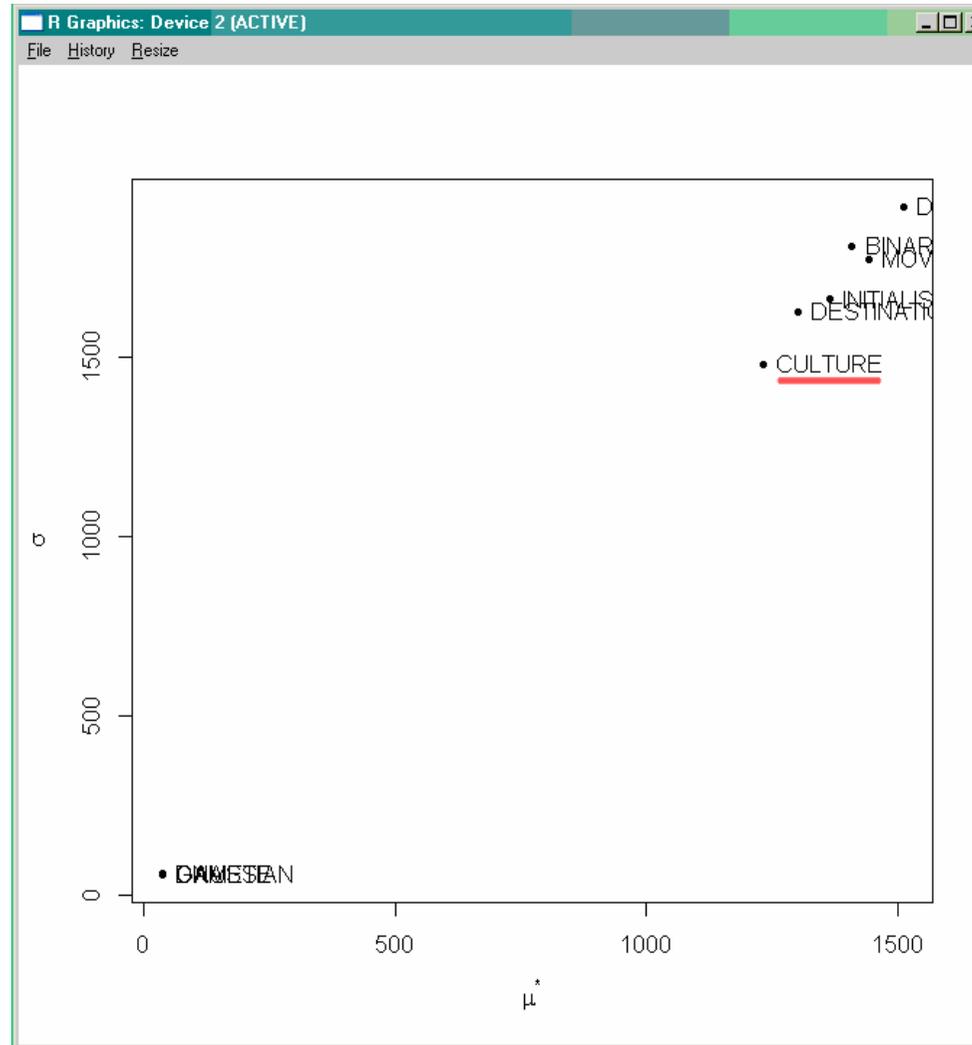
# Output y mesuré au tick 700



# Output y mesuré au tick 800



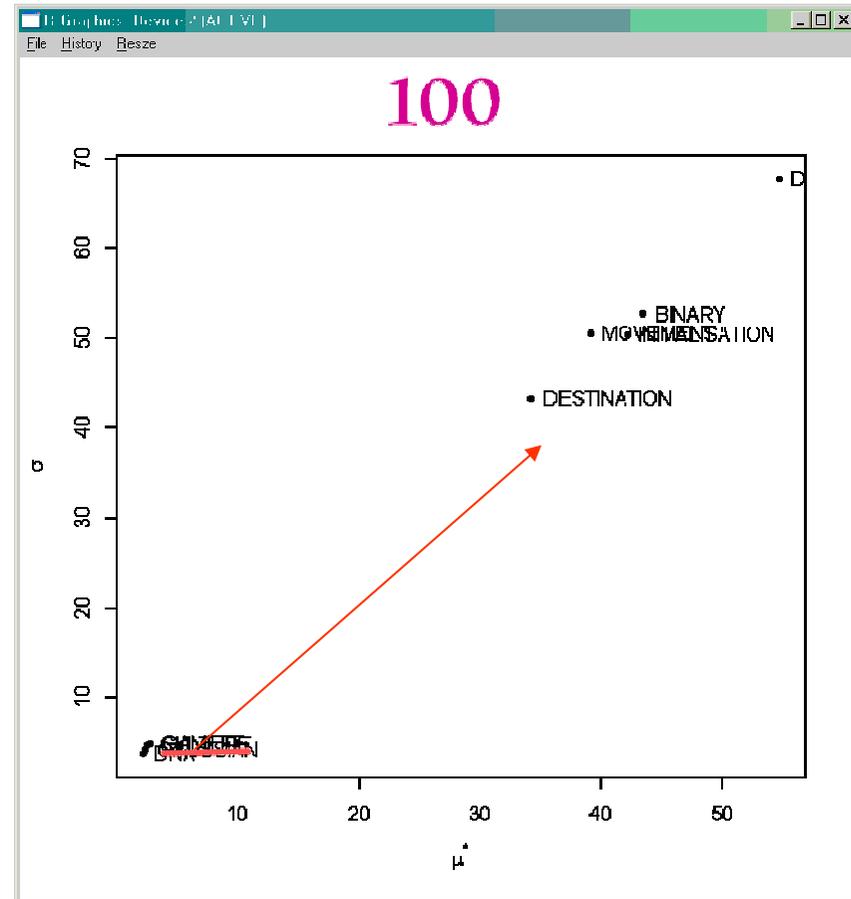
# Output y mesuré au tick 1000



# Analyse de Morris - effet du temps de mesure de $y$

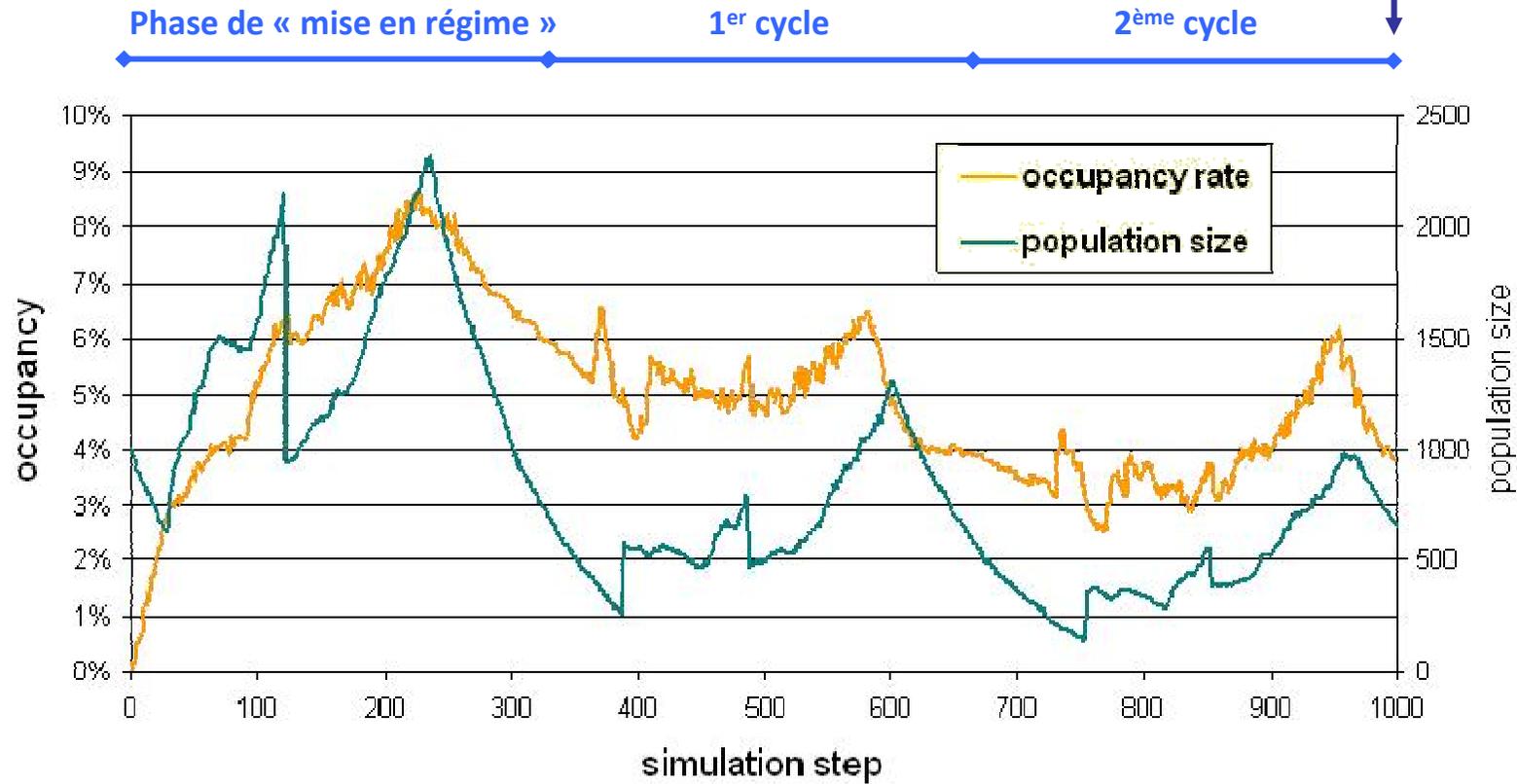
Q: qu'indique ce phénomène ?

R: que la rotation des cultures joue un rôle de plus en plus prépondérant au cours du temps dans la dynamique de la population ?



# Sélection d'un horizon d'analyse: $t_{1000}$

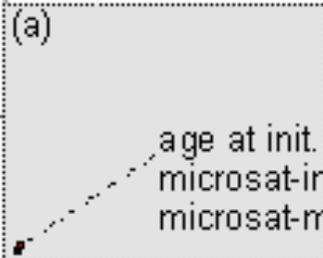
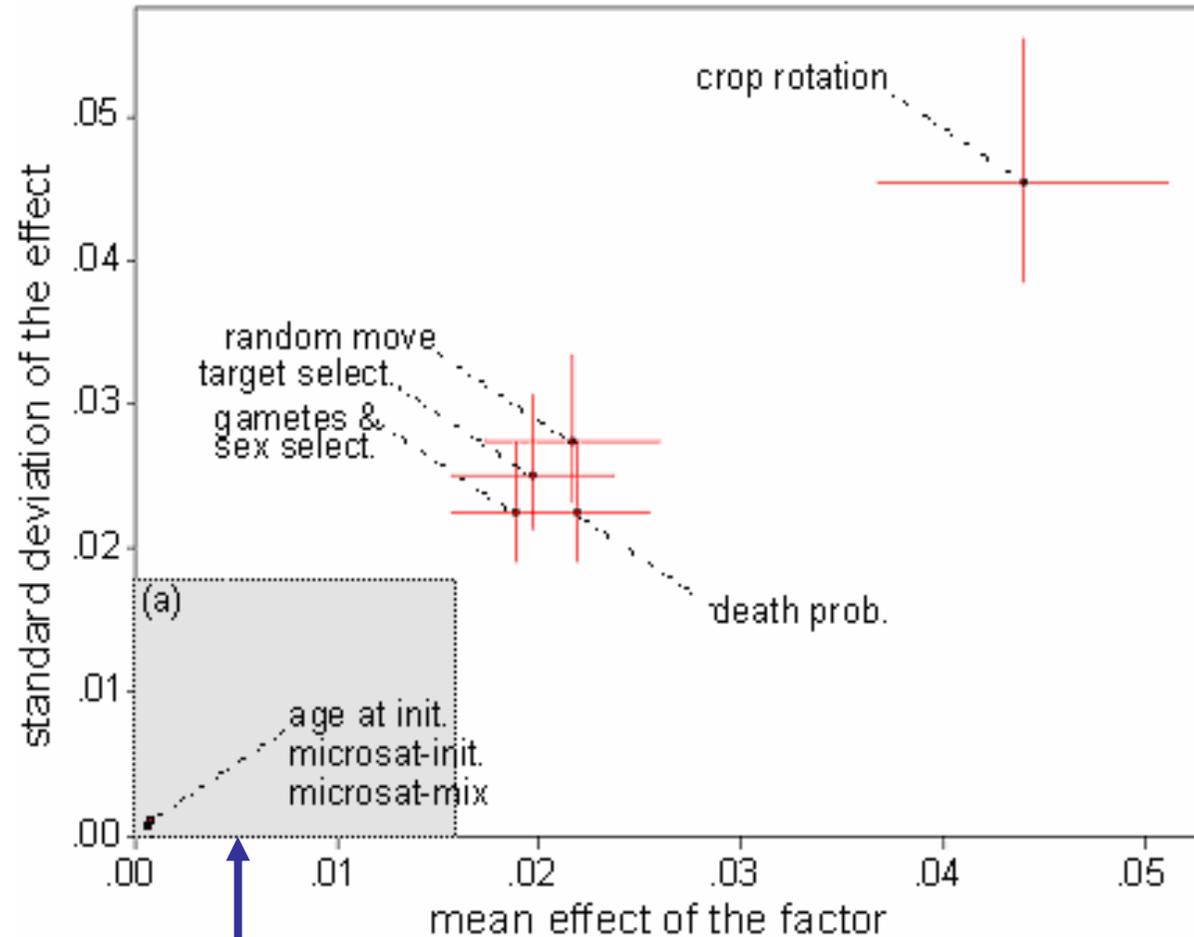
Récupération de y pour morris



# Résultats de Morris sur facteurs stochastiques

Exemple d'analyse :

1. Indicateur  
occupation de  
l'habitat.
2. Configuration  
rongeurs non  
coloniaux



Domaine de variation de la  
Configuration rongeurs coloniaux

**Q:** la comparaison est-elle valide? **R:** oui ?



# Résultats de Morris sur facteurs stochastiques

figure précédente



configuration	factor name	indicators of model output					
		habitat occupancy	population size	Sex ratio	number of burrow systems	FIS	mean allelic richness
wandering rodent population	<i>crop rotation</i>	0.044	937	0.044	N/A	0.027	1.788
	<i>death prob.</i>	0.022	<b>1 203</b>	0.046		0.023	1.981
	<i>target select</i>	0.020	938	0.040		0.021	<b>2.477</b>
	<i>age at init.</i>	0.000	63	0.002		0.000	0.004
	<i>random move</i>	0.021	1 016	<b>0.055</b>		0.020	2.092
	<i>gamete &amp; sex select</i>	0.019	1 029	0.046		0.019	2.455
	<i>microsat init.</i>	0.001	56	0.002		0.005	1.280
	<i>microsat mix</i>	0.001	65	0.002		0.009	1.051
colonial rodent population	<i>crop rotation</i>	0.010	338	0.170	48.64	<b>0.028</b>	3.541
	<i>death prob.</i>	0.014	325	0.191	47.36	0.025	<b>5.966</b>
	<i>target select</i>	0.010	208	<b>0.229</b>	34.19	0.026	4.171
	<i>age at init.</i>	0.009	190	0.176	29.86	0.021	4.190
	<i>random move</i>	0.008	209	0.170	35.81	0.022	4.239
	<i>gamete &amp; sex select</i>	0.010	224	0.205	35.67	0.024	5.169
	<i>microsat init.</i>	0.000	4	0.005		0.006	1.329
	<i>microsat mix</i>	0.000	3	0.007	0.03	0.009	1.017



Permet de confirmer les attendus, découvrir les singularités de fonctionnement

## Partie 2

# Analyse de sensibilité et questions associées

- Étude préliminaire de l'analyse Morris (domaine de confiance)

**Q:** combien de trajectoires ( $r$ ) utiliser  
(sachant contrainte robustesse/coûts calcul) ?

- Mise en œuvre pour un système dynamique
  - Sélection d'un horizon d'analyse (output  $y$ )
  - Robustesse du modèle au plan d'expérience



## 2<sup>ème</sup> jeu de facteurs (inputs $x_k$ ): paramètres du modèle

input	unit	selected value
Agents' perception radius	m	30
Agent daily speed	m/day	2
<b>Reproduction season</b>		
Start	month	March
End	month	October
<b>Age of sexual maturity</b>		(from sensitivity analysis)
Female	day	39
Male	day	45
<b>Gestation length</b>	day	21
<b>Mating latency / suckling length</b>	day	10
<b>Litter size</b>	eggs	4
<b>Weaning age<sup>(**)</sup></b>	day	18
<b>Burrow systems carrying capacity multiplier</b>	-	2
<b>Initial population size</b>	individuals	1000
<b>Initial number of burrow systems</b>	burrow systems	50



Sources: Quéré and Le Louarn, 2011, Gauffre et al., 2008, [3] Moutou and Bouchardy, 1992, Spitz, 1972.

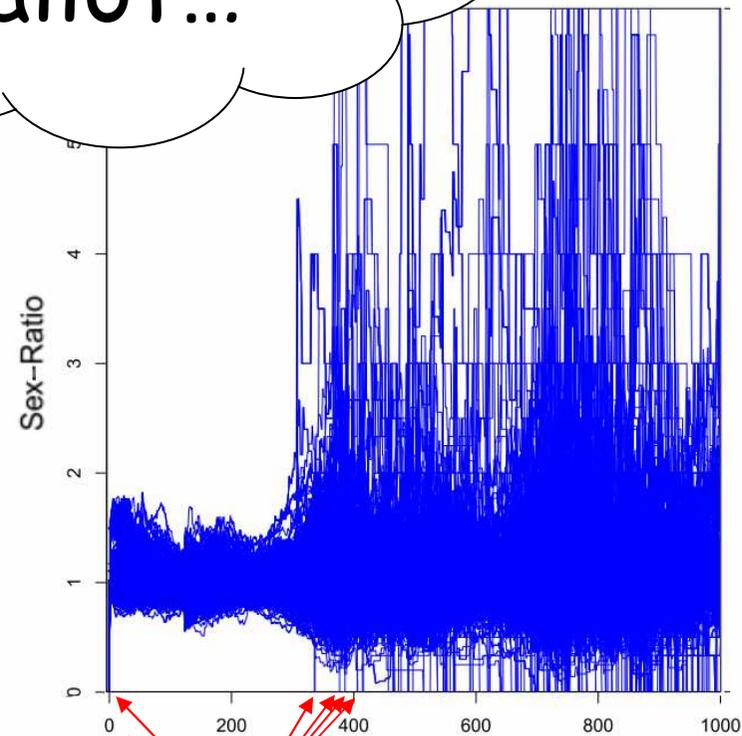
# Robustesse du modèle au plan d'expérience :

Pb: le modèle est beaucoup plus sensible à la variation de ses paramètres (qu'aux générateurs de stochasticité)

-> Q: comment faire une analyse de sensibilité à  $t_{1000}$  ?

C'est ballot...

Récupération de  $y$  pour morris



- Persistence ->

Configurations menant à extinctions précoces de la population



# Robustesse du modèle au plan d'expérience :

Q: comment faire une analyse de sensibilité à  $t_{1000}$  ?

R: Ne pas prendre en compte certaines lignes du plan d'expérience ? -> Valide?

R: Faire une réduction du jeu de paramètres ? Presque tous ? -> intérêt ?

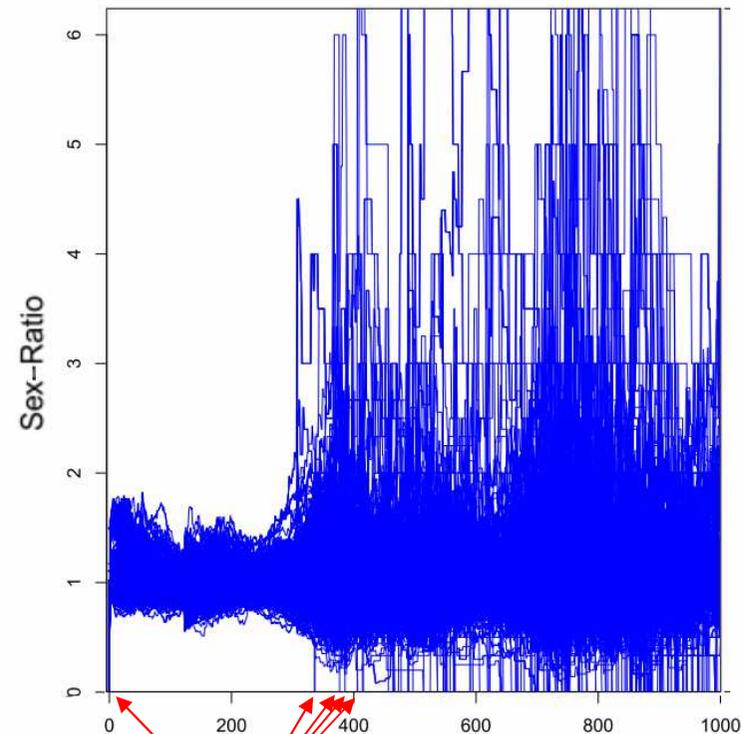
R: reconsidérer la notion d'indicateur ?

R: mettre à 0 les indicateurs des populations éteintes pour  $t_{1000}$  -> sélection de facteurs « viables »

Récupération de y pour morris

Fluctuation d'un indicateur quelconque sur les simulations du plan d'expérience.

*(Plan OAT: 600 simulations)*



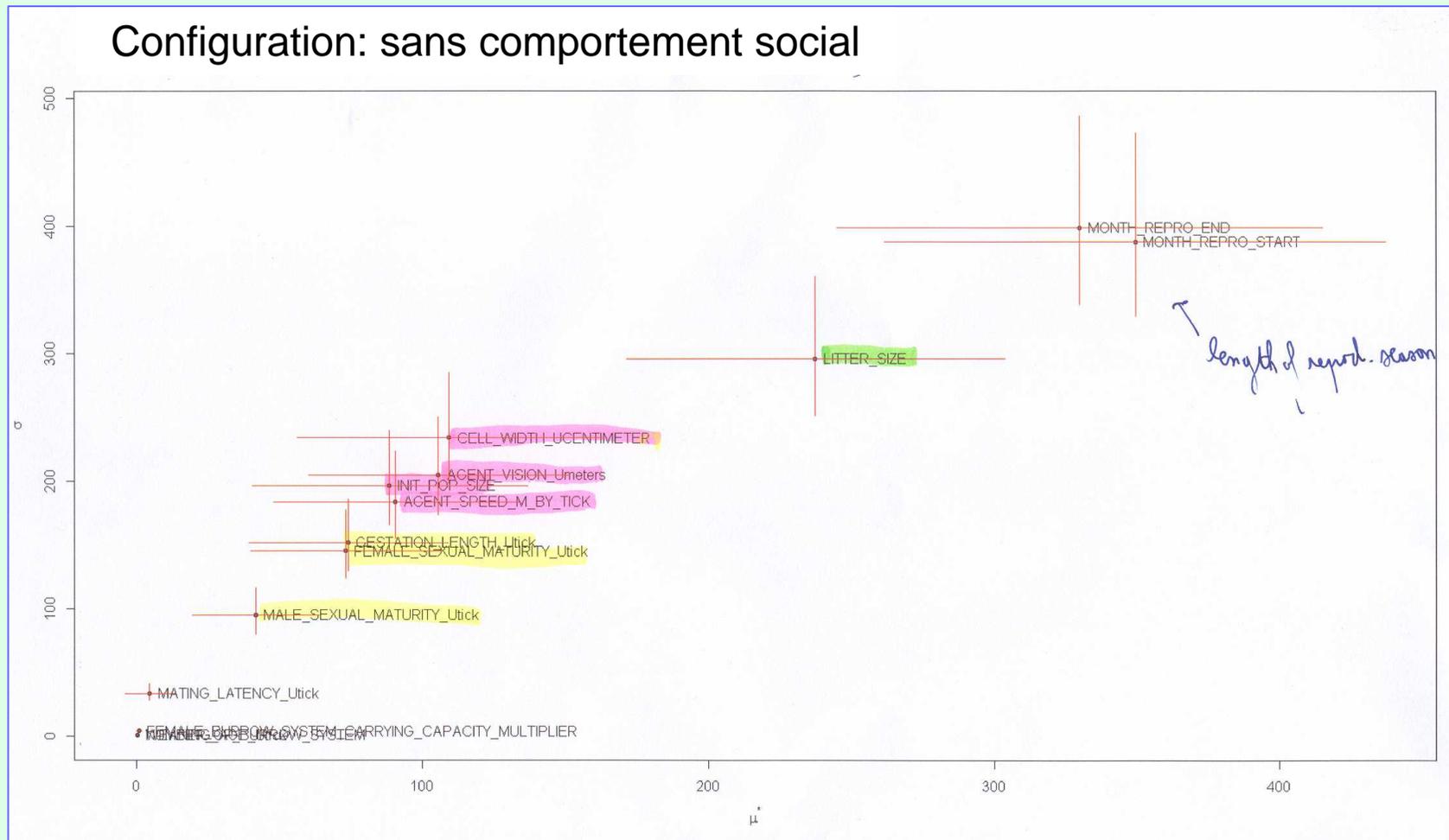
**- Persistence ->**

Configurations menant à extinctions précoces de la population



# Reconsidérer la notion d'indicateur: persistance

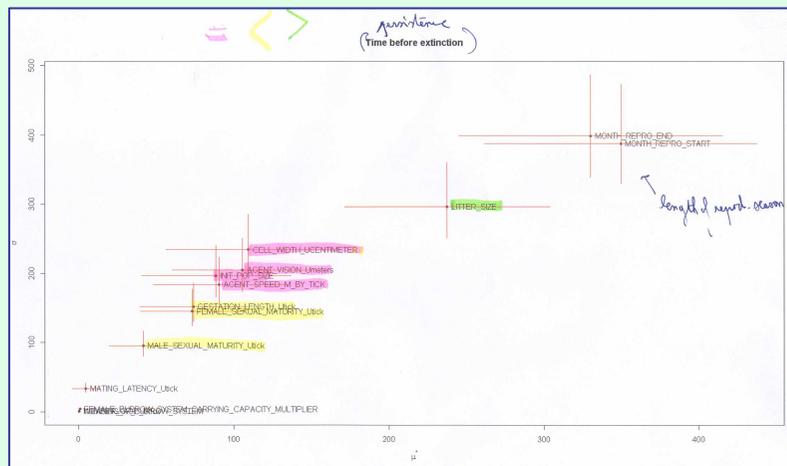
Utilisé dans la littérature: time before extinction  
(Kostova et al., 2004, Kostova and Carlsen, 2003, 2005)



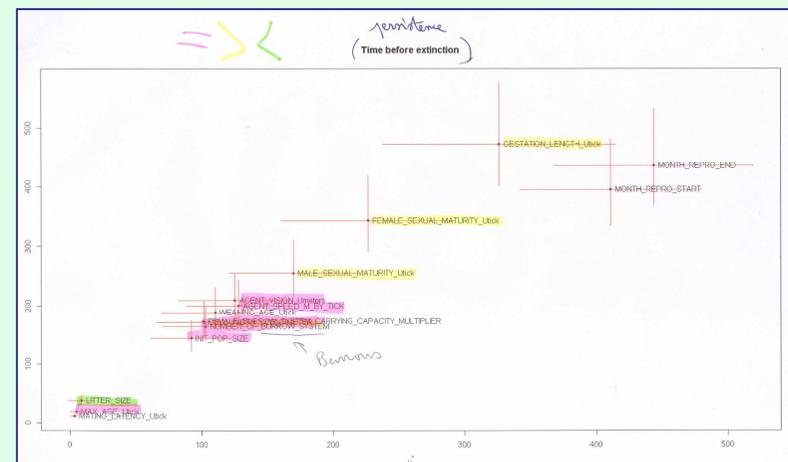
# Reconsidérer la notion d'indicateur: persistance

Utilisé dans la littérature: time to extinction (Kostova et al., 2004, Kostova and Carlsen, 2003, 2005)

Configuration: sans comportement social



Configuration: avec comportement social



- Résultats utiles à la compréhension du fonctionnement du modèle
- **Pb**: persistance: seul et unique indicateur utilisable (IMHO)



# Robustesse du modèle au plan d'expérience

**Q: comment faire une analyse de sensibilité à  $t_{1000}$  ?**

R: Ne pas prendre en compte certaines lignes du plan d'expérience ? -> Valide ?

R: Faire une réduction du jeu de paramètres ? Presque tous ? -> intérêt ?

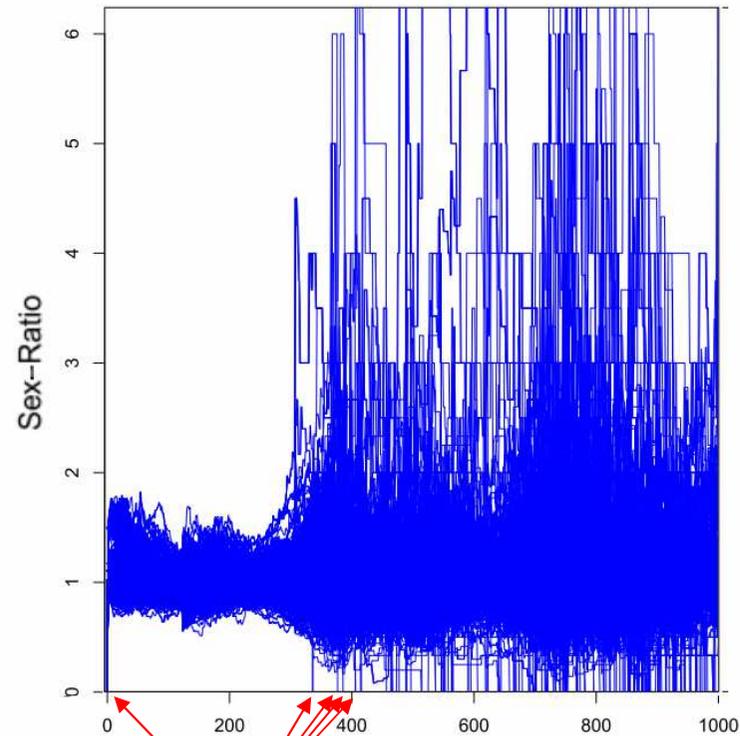
R: reconsidérer la notion d'indicateur ? -> persistance

R: mettre à 0 les indicateurs des populations éteintes pour  $t_{1000}$  -> sélection de facteurs « viables »

Récupération de  $y$  pour morris

Fluctuation d'un indicateur quelconque sur les simulations du plan d'expérience.

*(Plan OAT: 600 simulations)*

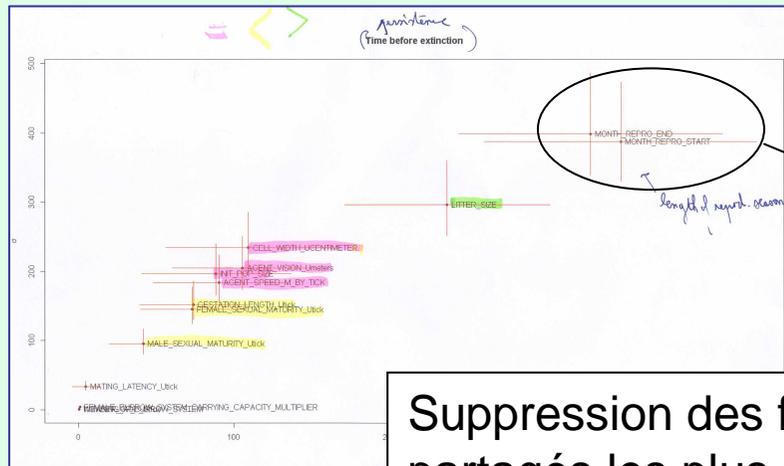


Configurations menant à extinctions précoces de la population

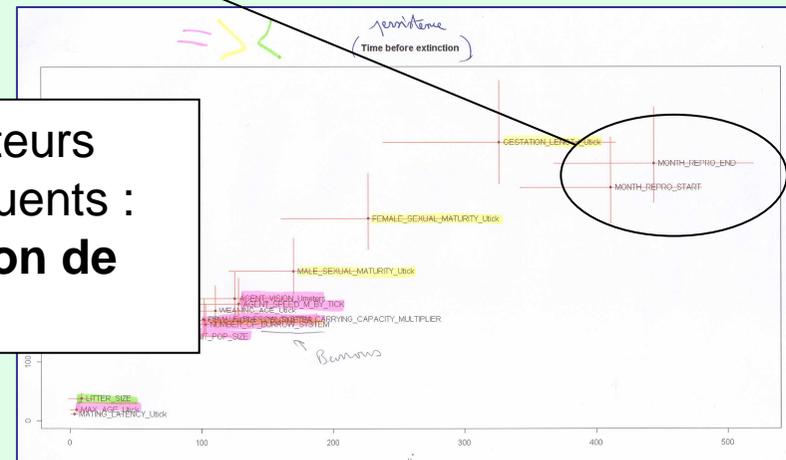


# Faire une réduction du jeu de facteurs

Configuration: sans comportement social



Configuration: avec comportement social

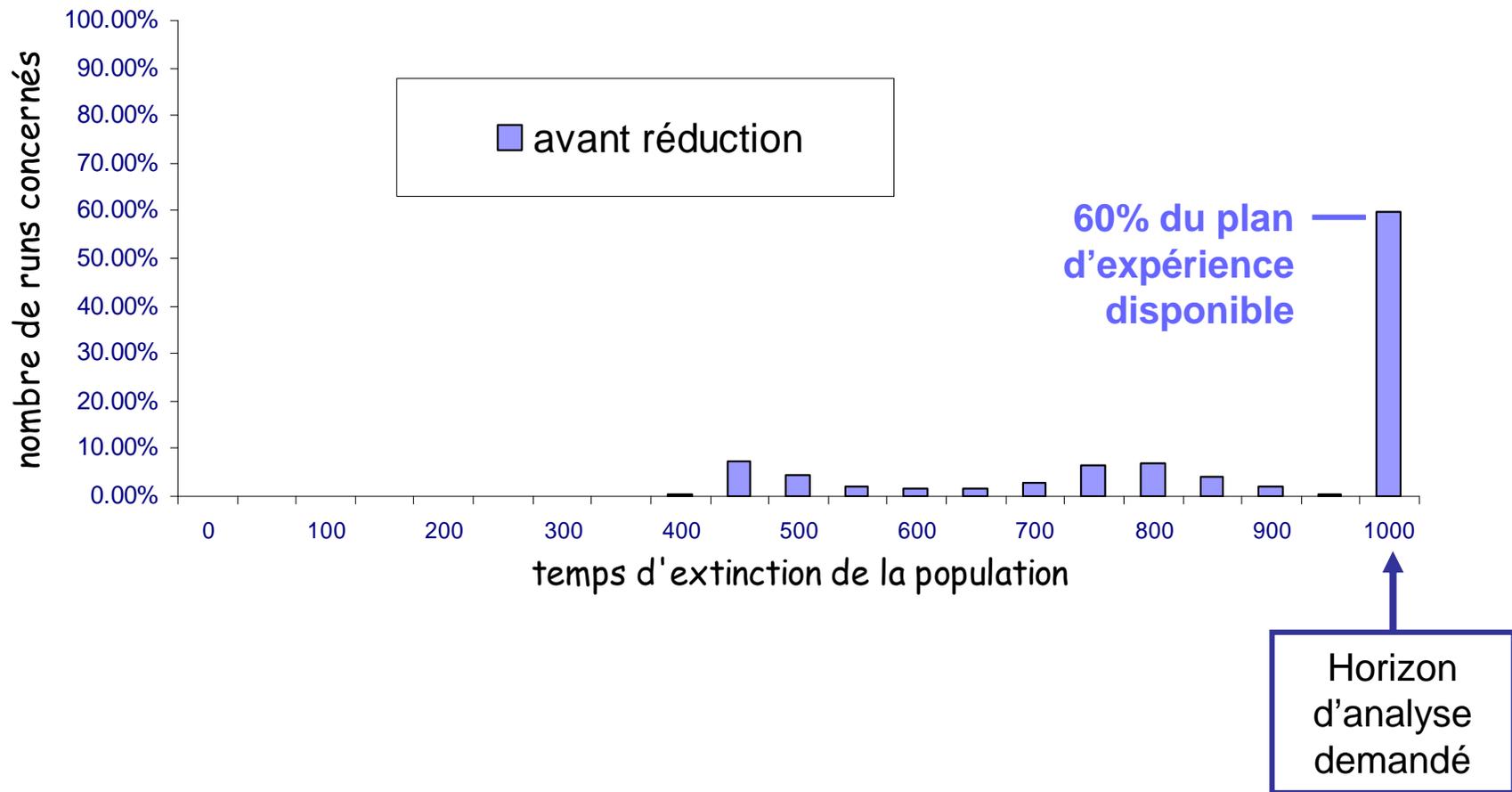


Suppression des facteurs partagés les plus influents :  
**début et fin de saison de reproduction**



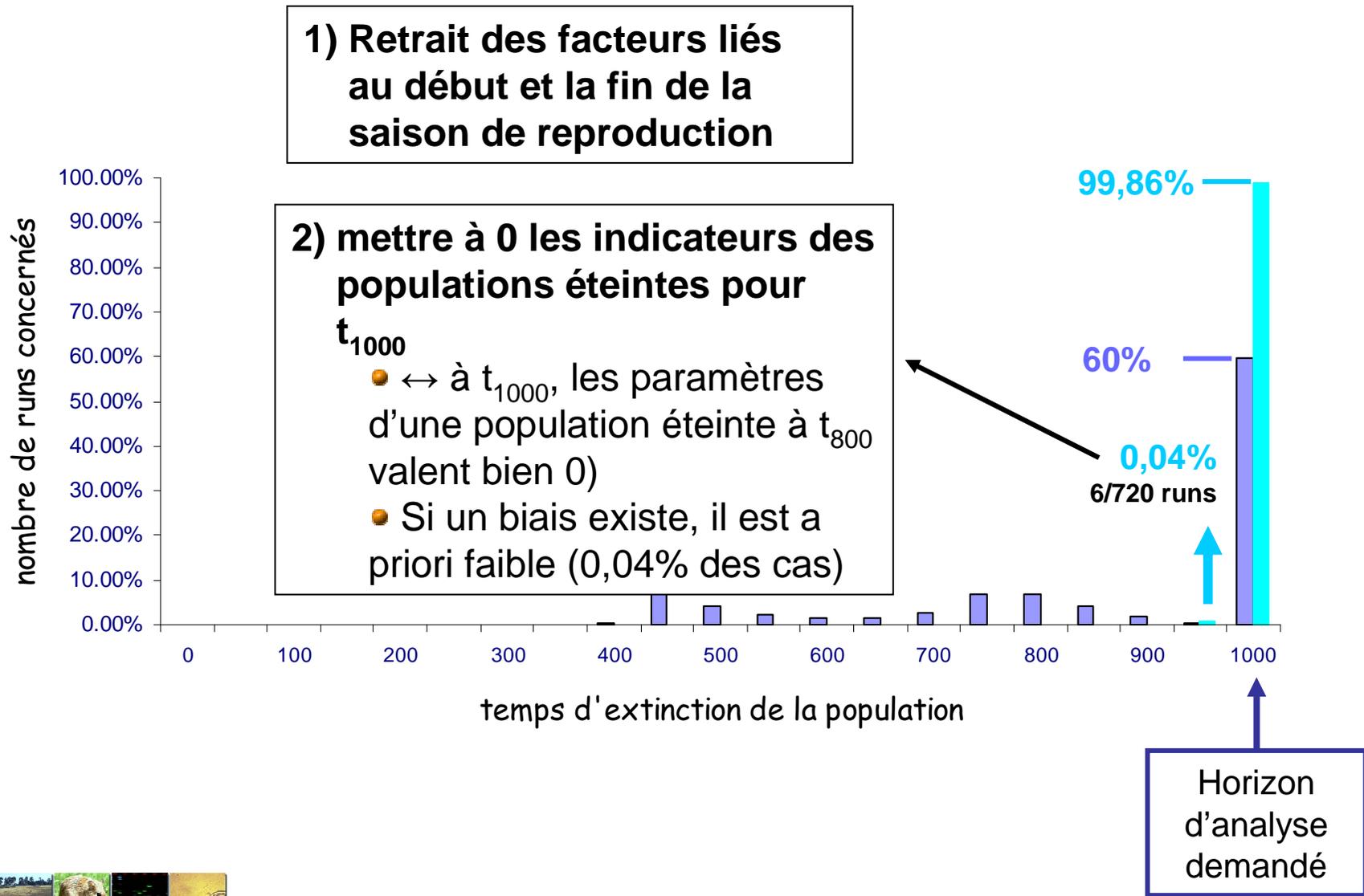
# Robustesse du modèle au plan d'expérience

Q: comment faire une analyse de sensibilité à t1000 ?



# Robustesse du modèle au plan d'expérience

Q: comment faire une analyse de sensibilité à t1000 ?



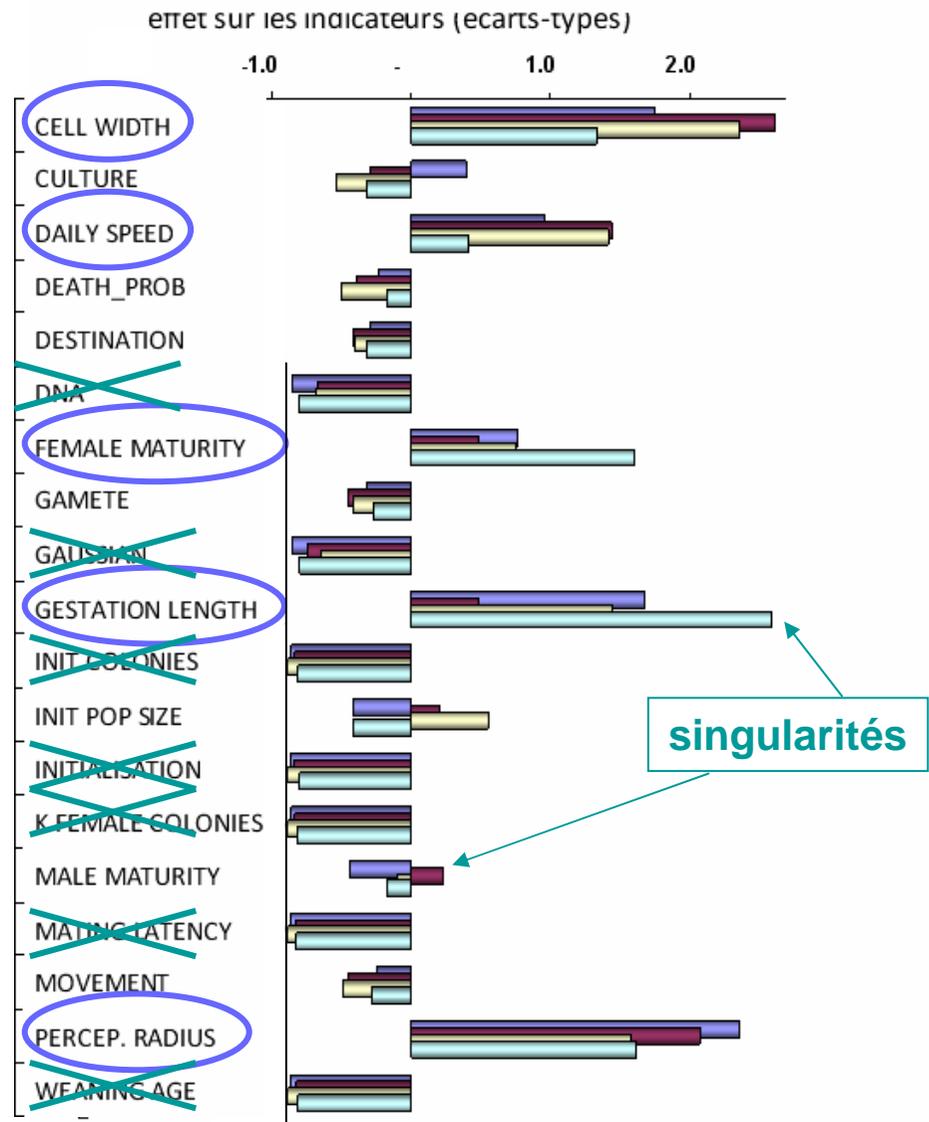
# Résultats de la réduction:

**Synthèse de l'analyse**  
 (moins les deux facteurs clés liés à la saison de reproduction)

- Configuration sans colonie uniquement  
 - 4 indicateurs sur 7

✓ Nouvelle synthèse du modèle  
 Analyse beaucoup plus complète qu'avec la seule persistance

■ habitat occupancy ■ FIS  
 ■ mean allelic richness ■ population size



# Conclusion: enseignements

- Morris permet de fournir un panorama assez complet du fonctionnement d'un modèle complexe (type "mechanistically rich" multi-agent model)
- La méthode est délicate à mettre en œuvre dans un contexte dynamique
- **Q: quelle serait l'étape suivante ?**



# Conclusion: les questions

- Comment choisir  $r$  dans morris ?
- Que signifie l'augmentation d'importance du facteur « rotation des cultures » lorsque l'horizon d'observation de  $y$  augmente ?
- Peut-on comparer les résultats (mu-star, sigma) de configurations différentes (rongeurs coloniaux/non coloniaux)?
- Comment faire une analyse de sensibilité à  $t_{1000}$  ?
- Peut-on supprimer des éléments du plan d'échantillonnage OAT de morris ?
- Quelle serait l'étape suivante ?

Merci de votre  
attention

