

# **Simulation des paysages avec SELES:**

**Papillon menacé, les  
oiseaux, et les feux de forêt**



## Plan de “1 Case Studies”

- **Qu'est-ce que c'est un modèle spatio-temporel?**
- **Pourquoi faire un modèle spatio-temporel?**
- **Introduire et décrire 3 systèmes avec des modèles  
(2 de moi, 1 de Andrew Fall)**



# **Modèle de simulation spatio-temporel – Qu'est-ce que c'est?**

- **Un modèle d'ordinateur qui est capable de simuler des situations à partir de règles**
  - mouvement, propagation d'un feu, etc...
- **Il y a des cartes avec des polygones, des pixels, ou plus généralement, des coordonnées X-Y (ou latitude-longitude)**
  - Habitat, âge de forêt, etc...
- **Les règles agissent à travers le temps**
  - Telle fois par année, par minute, etc...

# Pourquoi utiliser une simulation?

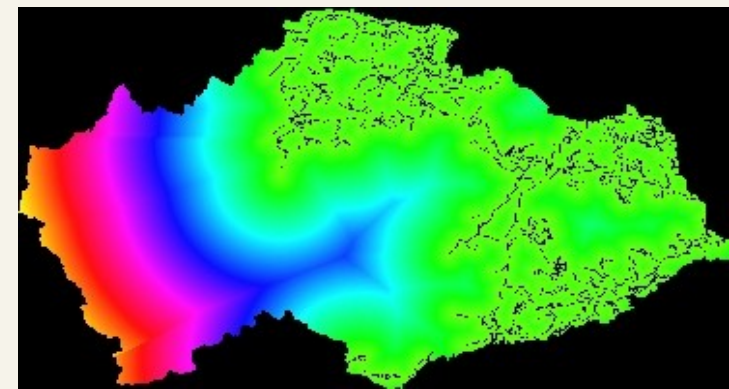
- Trop de temps est nécessaire pour faire toutes les expériences qu'on voudrait faire
- Tester des stratégies alternatives de restauration
- Tester les conséquences futures de nos actions
- Aider avec la gestion des terres
- Tester nos présomptions
- Tester des hypothèses
- Examiner les processus non-linéaires
- Comprendre les propriétés émergentes
- Lier des études antérieures...

# Pourquoi utiliser une simulation?

- Ça prend trop longtemps pour faire toutes les expériences qu'on voudrais faire
- **Tester des stratégies alternatives de restauration**
- Tester les conséquences futurs de nos actions
- **Aider avec la gestion des terres**
- Tester nos présomptions
- **Tester des hypothèses**
- **Examiner les processus non-linéaires**
- **Comprendre les propriétés émergentes**
- **Lier des études antérieures ...**

# Plan de “1 Case Studies”

- **Papillon bleu de Fender (Fender's blue butterfly)**
  - Restauration
- **Autour des palombes (Northern Goshawk) – Aménagement d'une forêt**
  - Projet de maîtrise de Melanie Smith, U. Montana
- **Aménagement d'une forêt (feux, coupes, routes)**
  - Andrew Fall
- **Tests d'hypothèse**

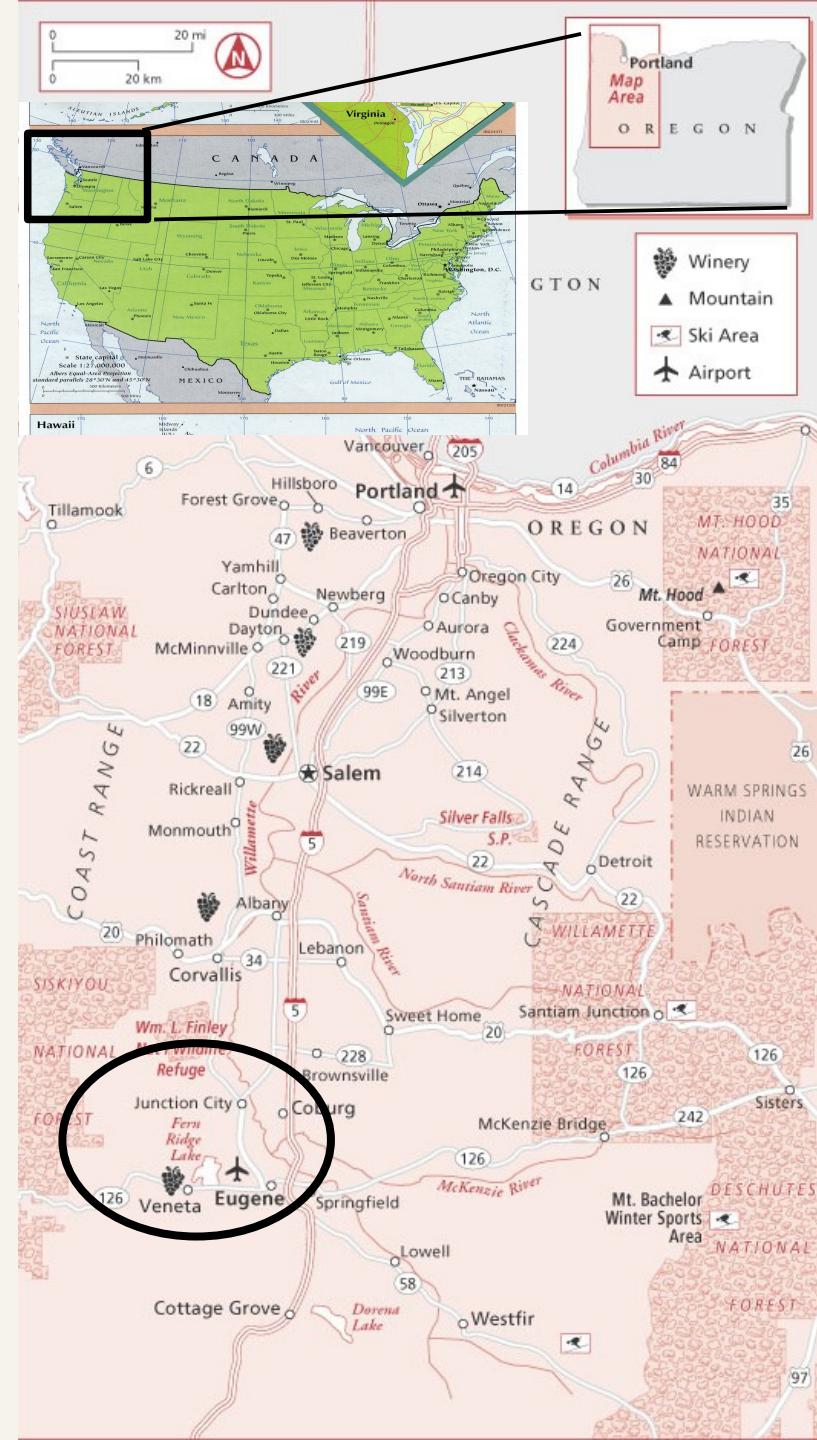




# Bleu de Fender

## Histoire naturelle

- Habitent dans la prairie sèche (upland prairie), Oregon, vallée de la Willamette
- Hôte obligatoire pour les larves: lupine de Kincaid
- Espèce menacée
- Deux populations existent, mais elles sont petites ( $n \sim 800$ ,  $n \sim 300$ )
- Très peu ou sans immigration/émigration entre ces deux populations
- L'habitat (lupine) est menacé





## Question générale

- **Étant donné que:**




- il est *possible* de restaurer l'habitat à sa végétation d'origine avec la lupine Kincaid (renaturalisation)
- les terrains sont trop chers
- les populations sont petites et non-connectées

**Quelles parcelles sont les plus importantes à acheter et restaurer, pour améliorer la persistance et connecter les deux populations?**





## Problème spatio-temporel

- un vrai paysage (non-hypothétique)
  - 12 années de données sur les populations (abondance, mortalité, survie, etc.) et le mouvement des papillons
  - pas de données sur l'immigration et l'émigration puisque ça n'existe pas
  - impossible de modéliser comme métapopulation
- 
- 
- 

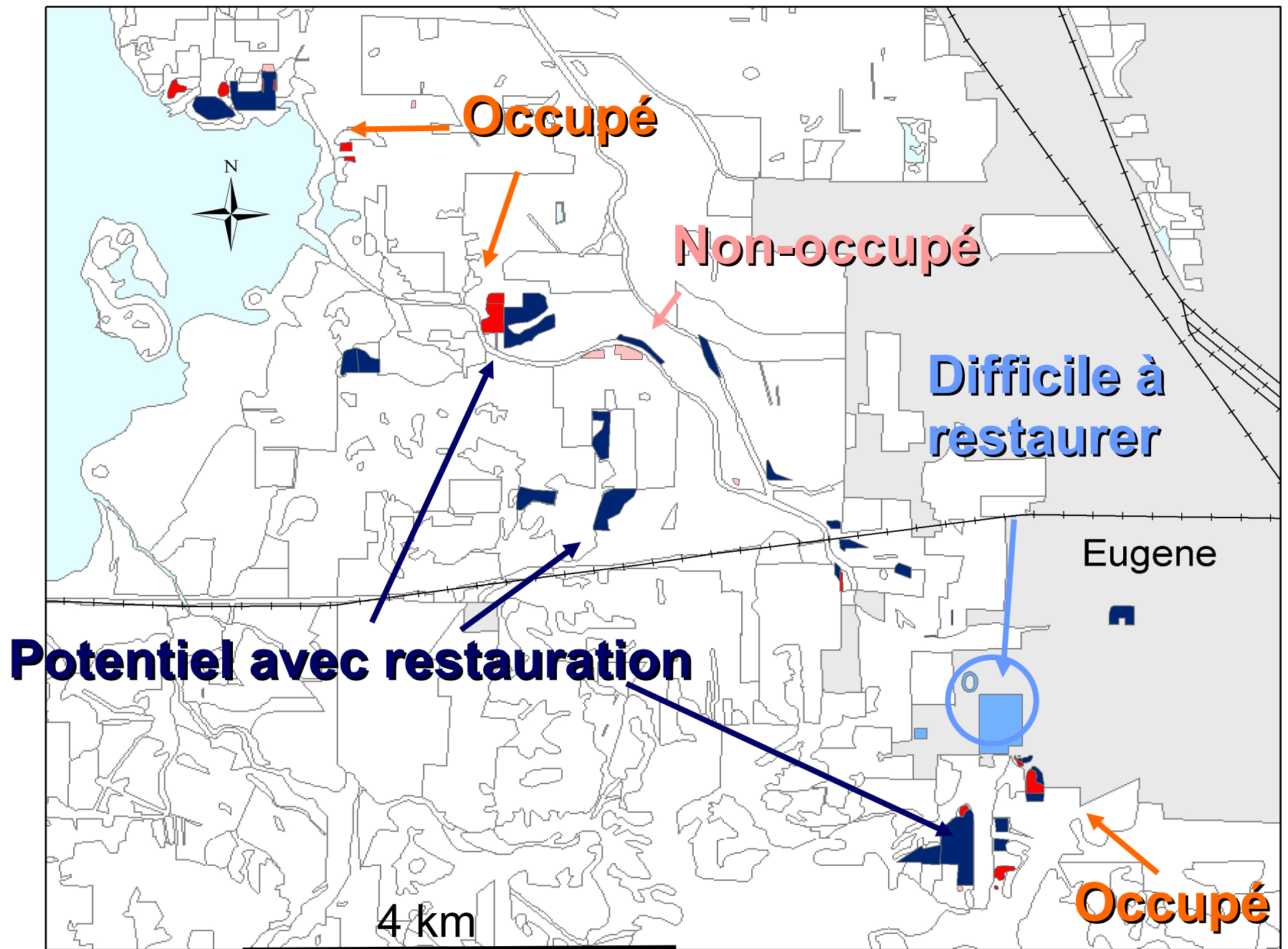


## Histoire de ce projet

- **Schultz 1998 (données dès 1993)**
- **Schultz & Crone 2001 (mouvement)**
- **Crone & Schultz 2003 (métapopulation)**
- **Schultz & Crone 2005 (généralisation – 2 Ha ou 1 km)**
- **Cartes avec qualité et nombre d'habitats (non-publié, 2007)**
- **McIntire, Schultz & Crone 2007 (J. Appl. Ecol.)**

# Scénarios de restauration

- **Créer des scénarios avec plusieurs options de parcelles à acheter**
  - Conditions actuelles
  - Agrandir les habitats actuels
- **Restaurer les plus faciles et les moins chers**
- **Restaurer comme 3) en plus d'une parcelle difficile, à un endroit qui a l'air important**
- **On n'a pas voulu faire plus ... pour voir si...**



# Biologie et données

- **Mouvement**

- **« Correlated Random Walk »**

- Suivre les papillons... jeter un morceau de flagging à chaque 20 secondes ou s'il atterrit
- Dans l'habitat: courts, très sinueux
- Dans la bordure: plus longs, biais vers l'habitat
- Hors de la parcelle: très long, tout droit (presque)





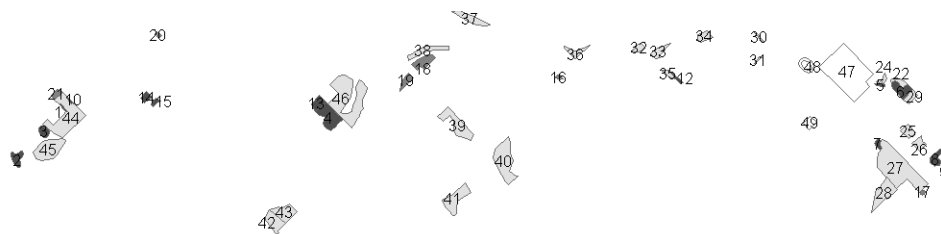
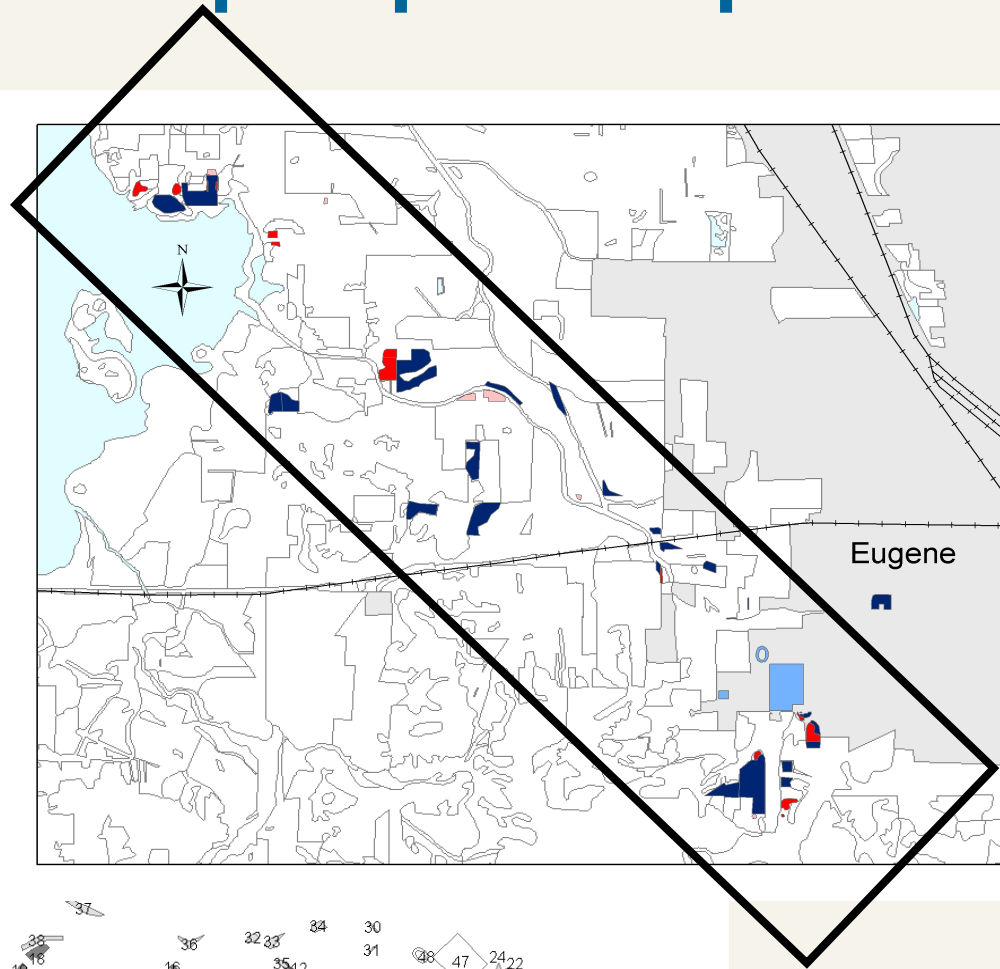


# Le modèle

- **Règles:**

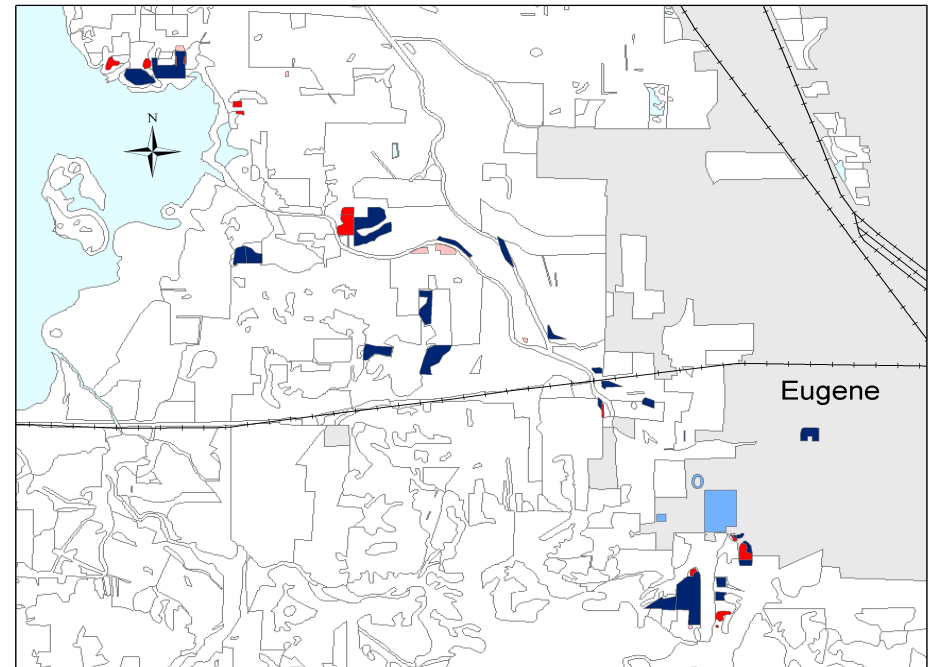
- Mouvement (« Correlated Random Walk » et « Biased Correlated Random Walk » )
- Reproduction (les relations empiriques entre le temps passé dans un habitat par un adulte et le nombre d'adultes l'année d'après)
- Seul les femelles
- Stochasticité:
  - Mouvement (tout vient d'une distribution, estimé des données)
  - Environnemental (d'une distribution lognormale)

# Rotation de quelques diapositives

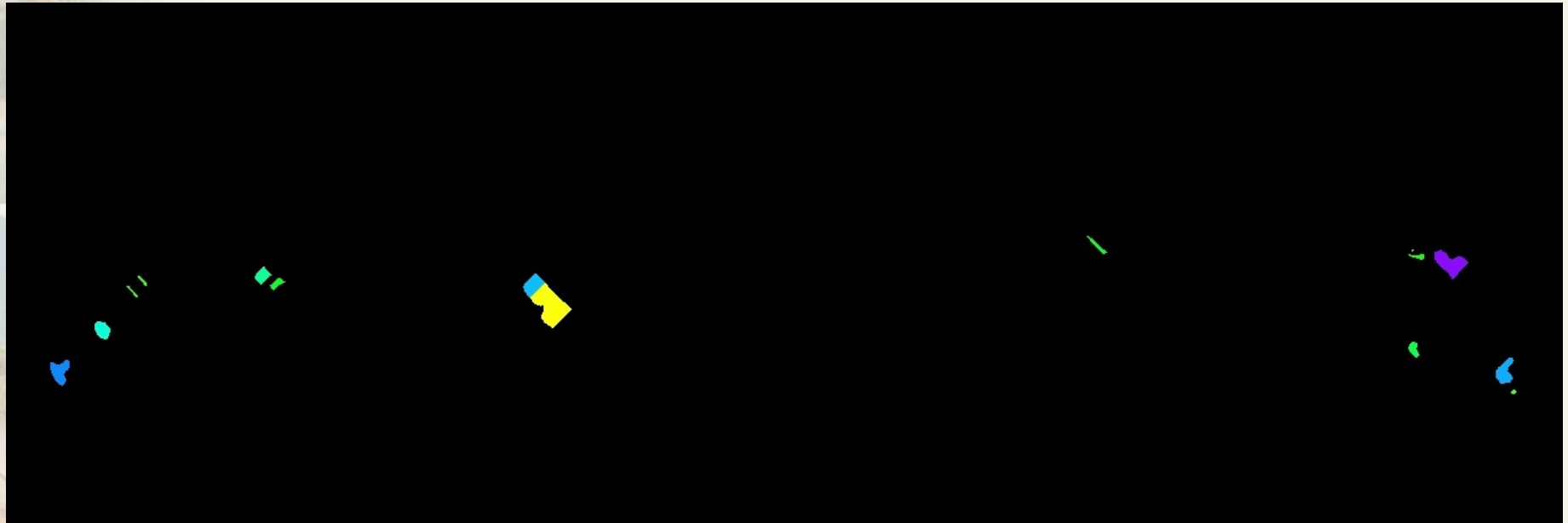


## Scénario 3 - Résultats

- **Abondances initiales:**
  - Population actuelle dans chaque parcelle
- **Scénario 3 – Avec tout les parcelles potentielles, mais sans champ de course**



# Abondances actuelles



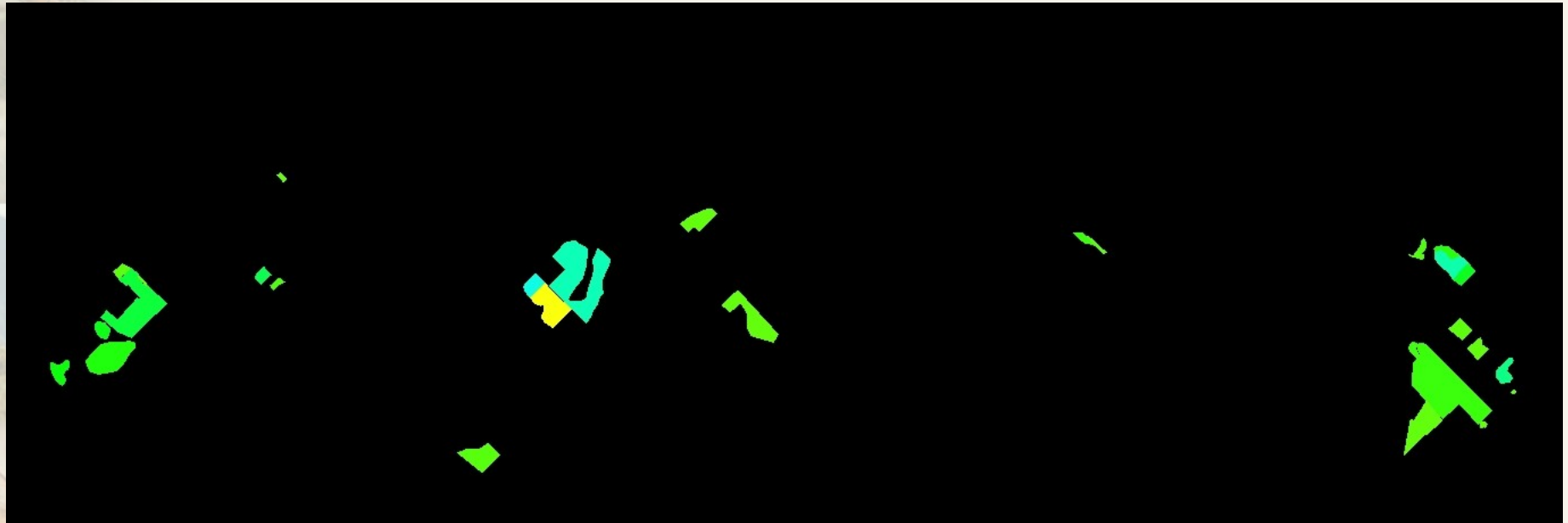
Bas

Med

Haut

Abondance des papillons (échelle relative)

# Année 1



Bas

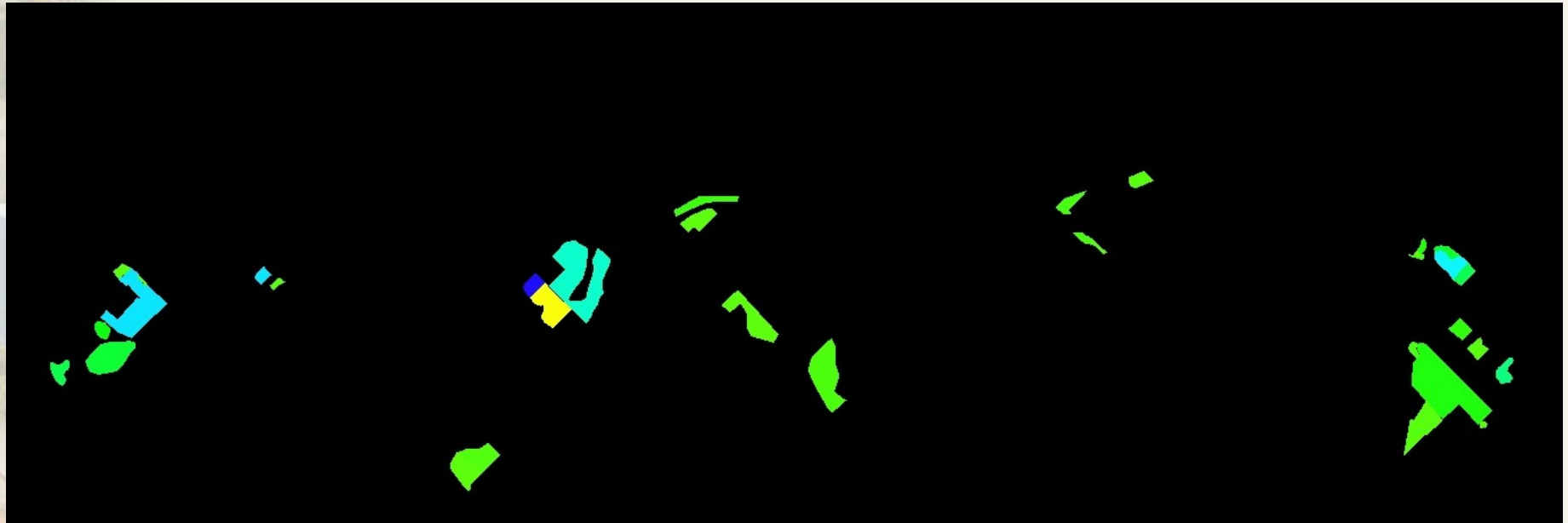
Med

Haut

Abondance des papillons (échelle relative)



## Année 2



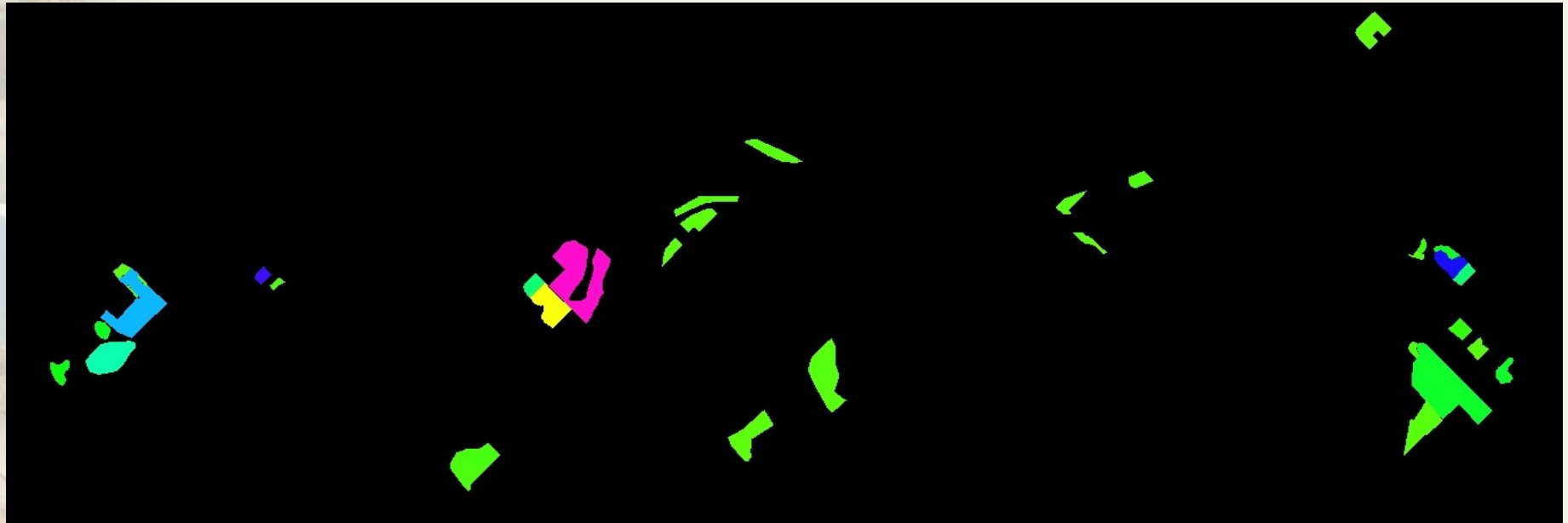
Bas

Med

Haut

Abondance des papillons (échelle relative)

## Année 3



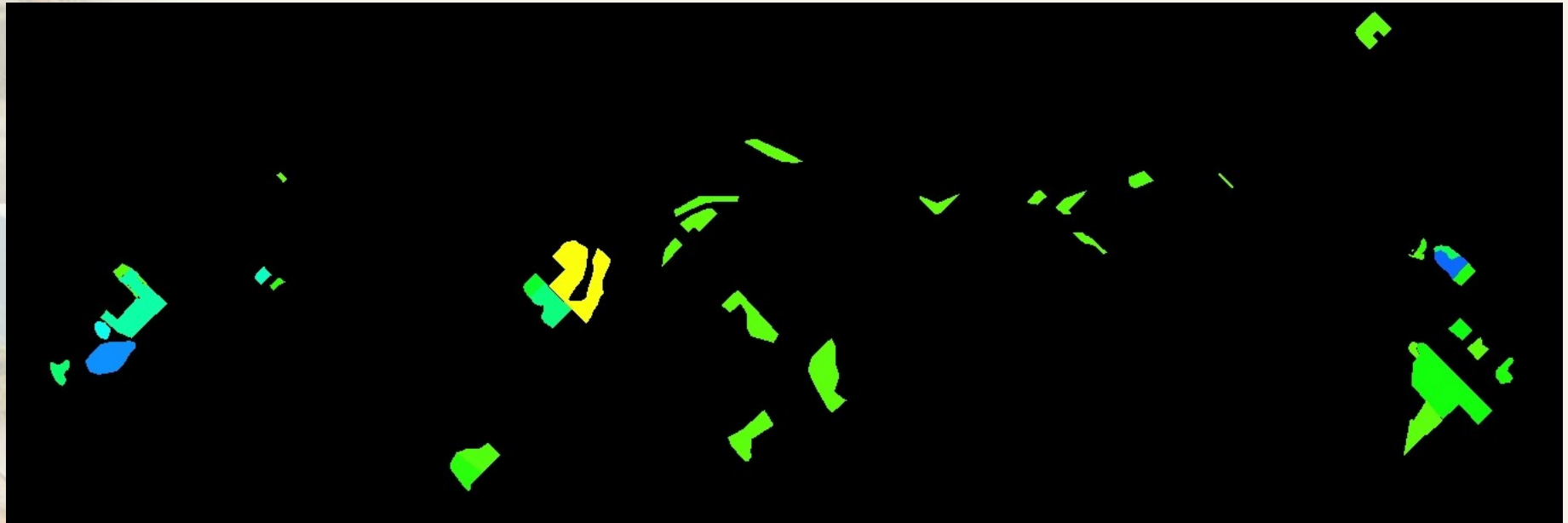
Bas

Med

Haut

Abondance des papillons (échelle relative)

## Année 4



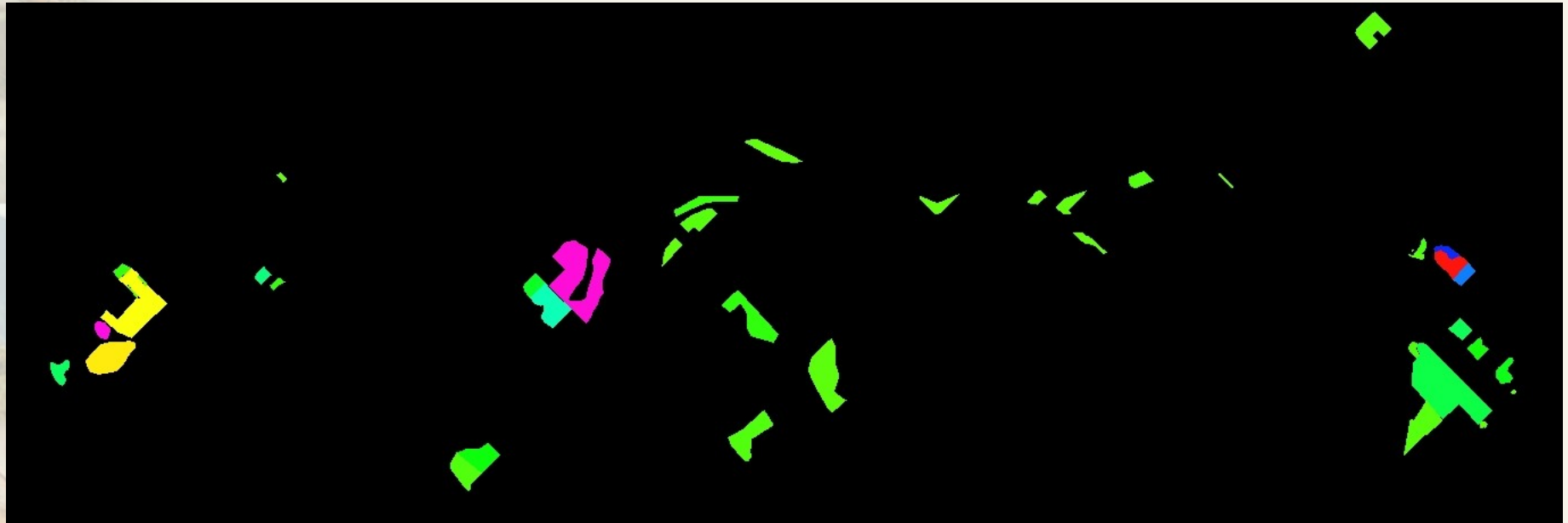
Bas

Med

Haut

Abondance des papillons (échelle relative)

## Année 5



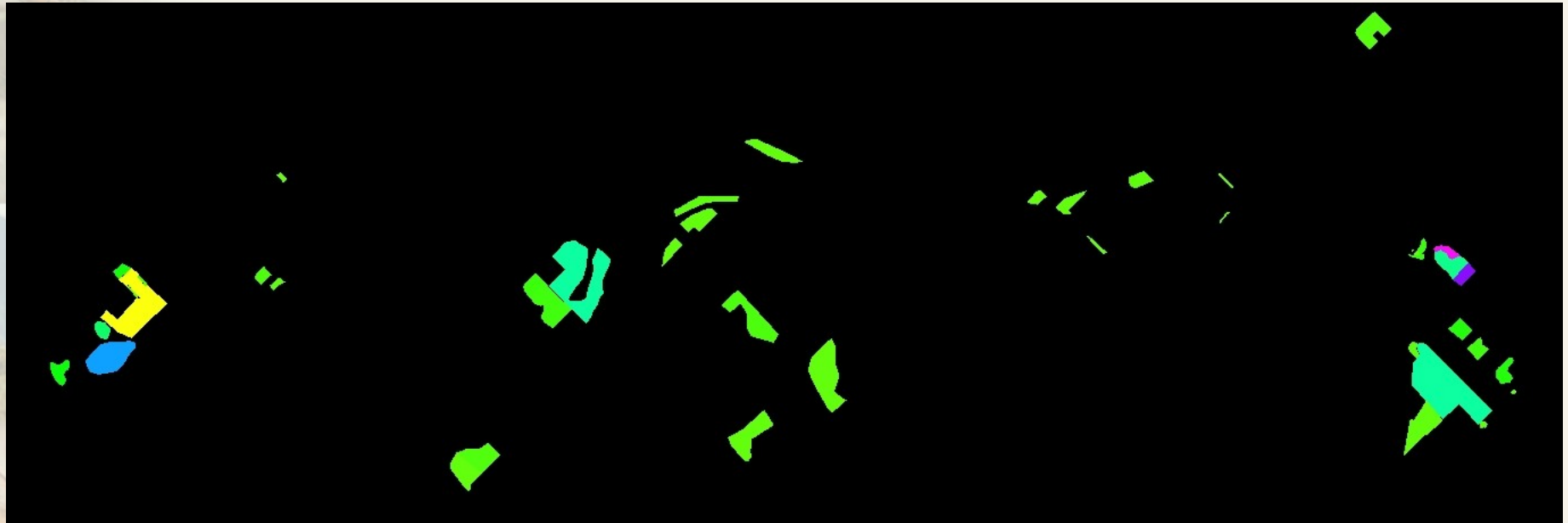
Bas

Med

Haut

Abondance des papillons (échelle relative)

## Année 6



Bas

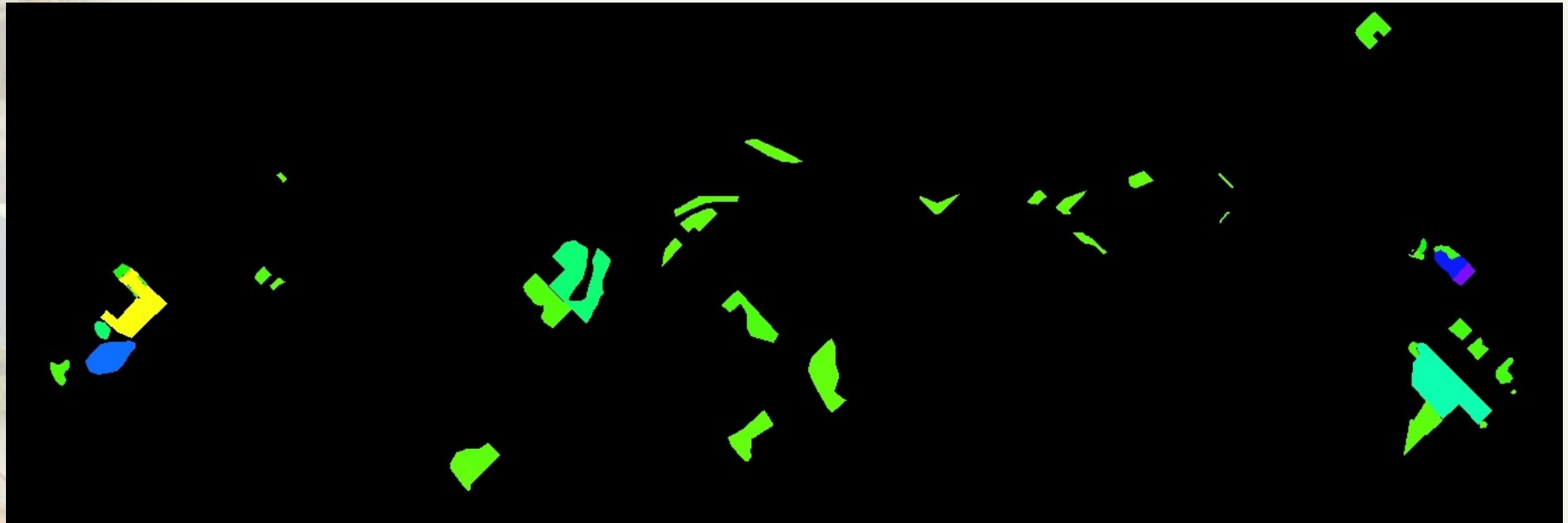
Med

Haut

Abondance des papillons (échelle relative)



Année 7



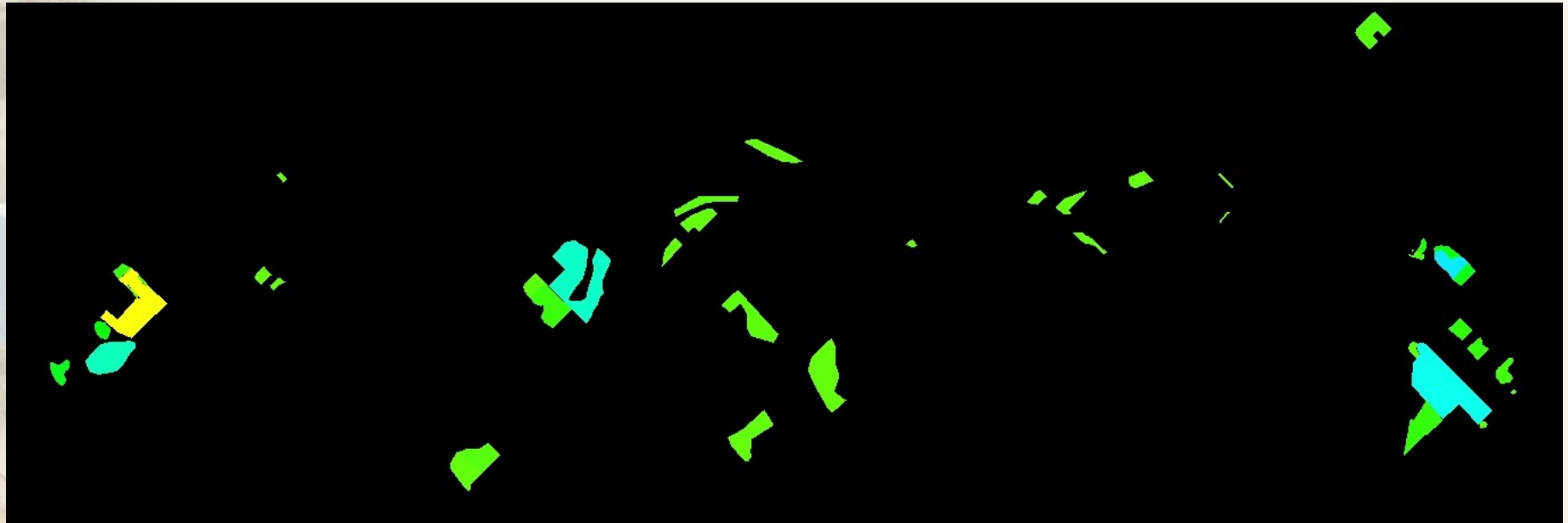
Bas

Med

Haut

Abondance des papillons (échelle relative)

## Année 8



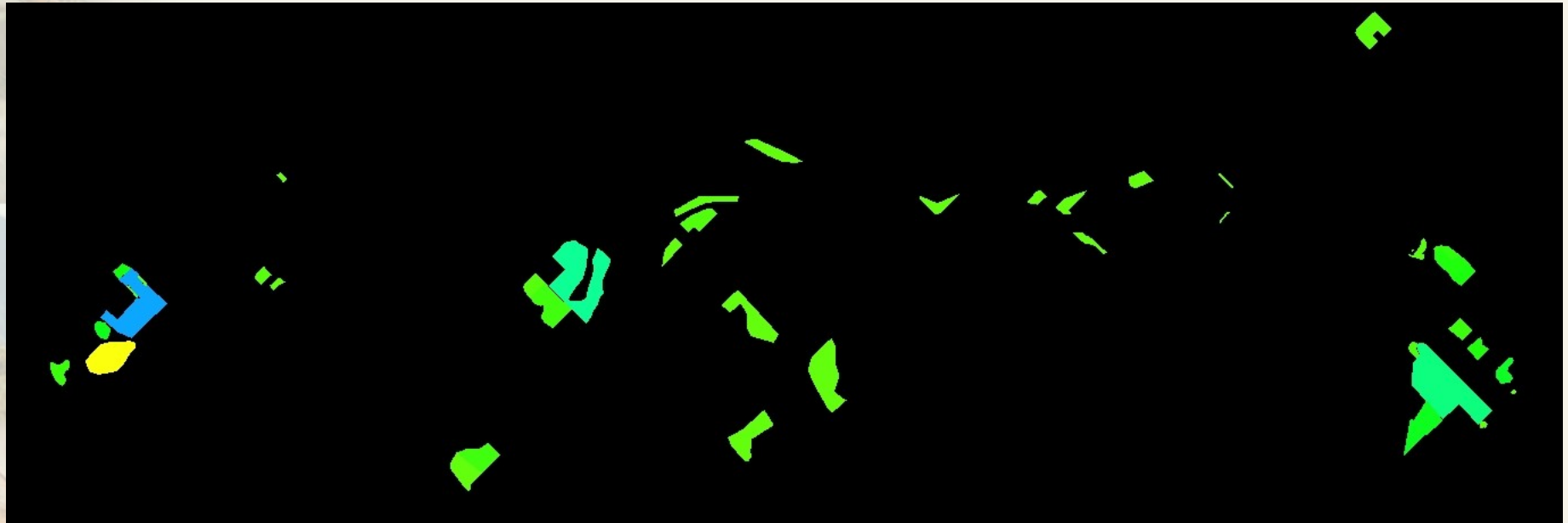
Bas

Med

Haut

Abondance des papillons (échelle relative)

## Année 9



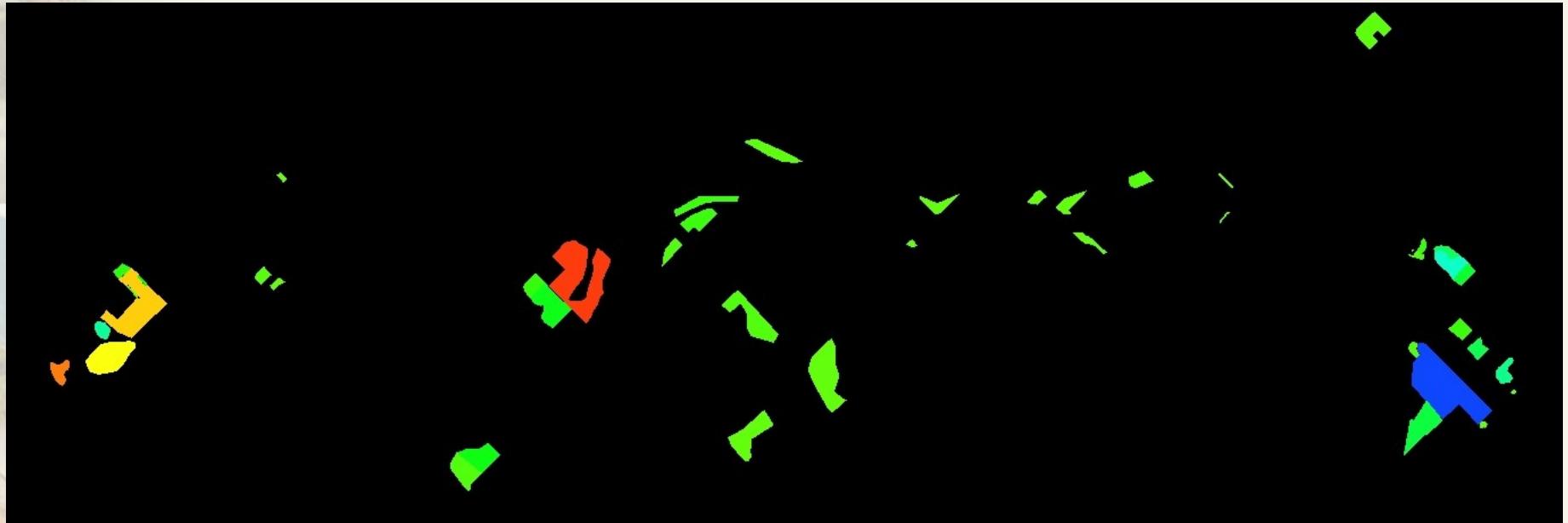
Bas

Med

Haut

Abondance des papillons (échelle relative)

Année 10



Bas

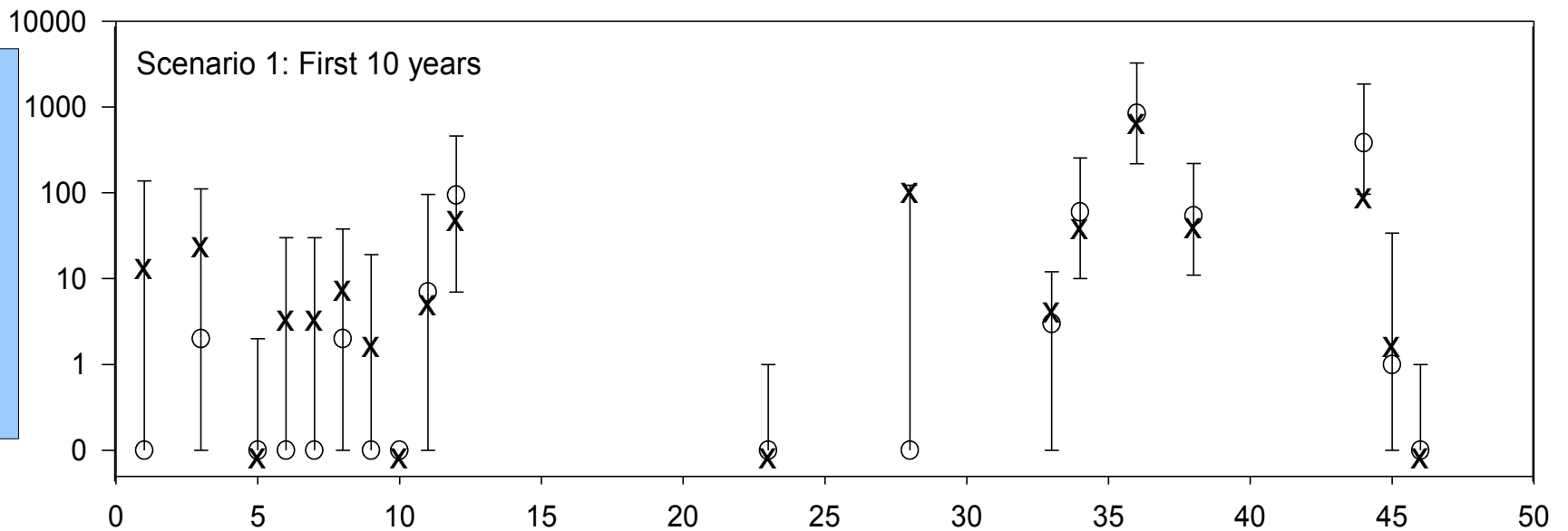
Med

Haut

Abondance des papillons (échelle relative)

# Valider le modèle

Abundance

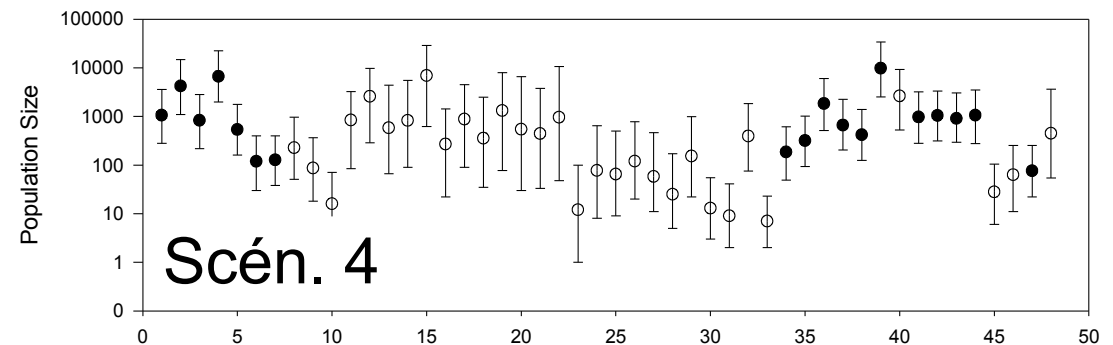
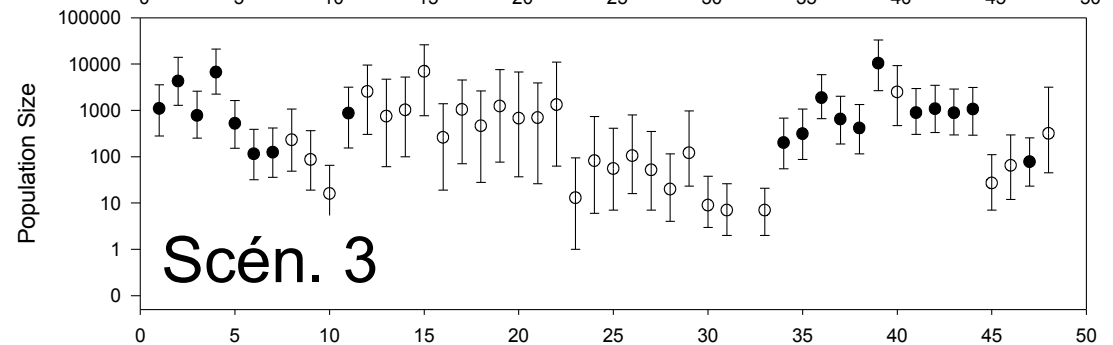
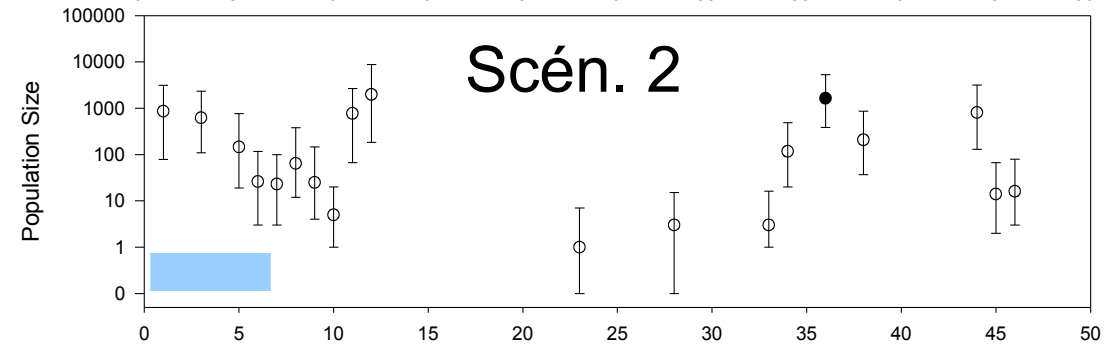
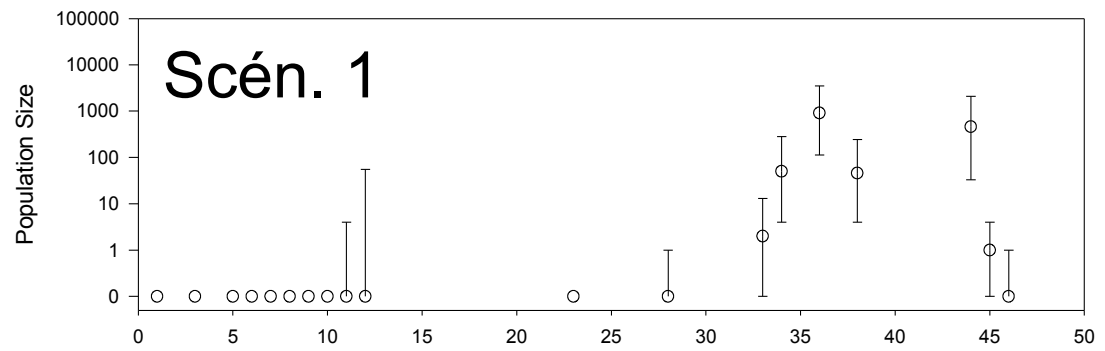


Numéro de parcelle

# Résultats - abondance

Après 25 ans

- population maximale (carrying capacity)
- population non maximale (cc)



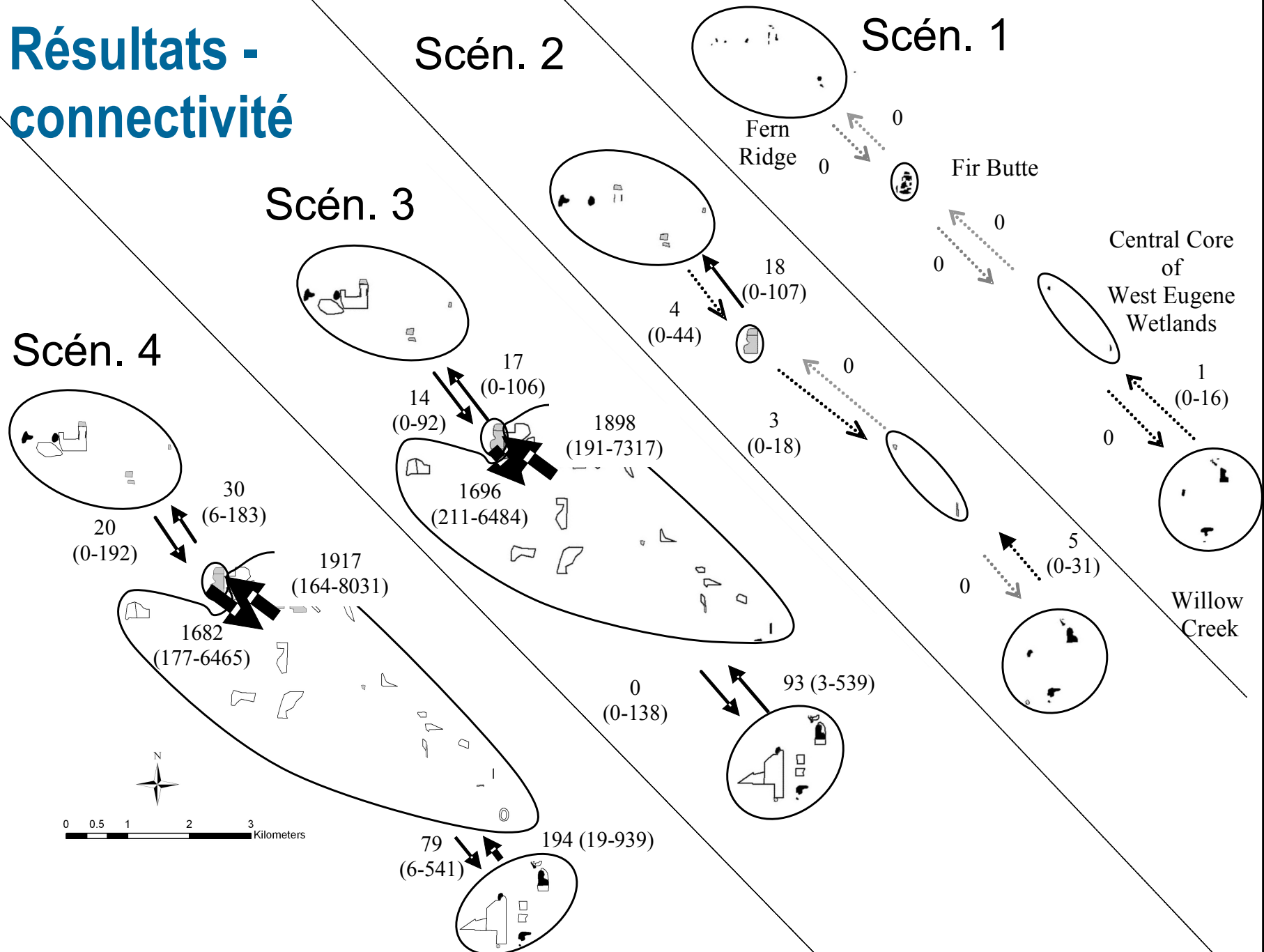
# Résultats - connectivité

Scén. 2

Scén. 1

Scén. 3

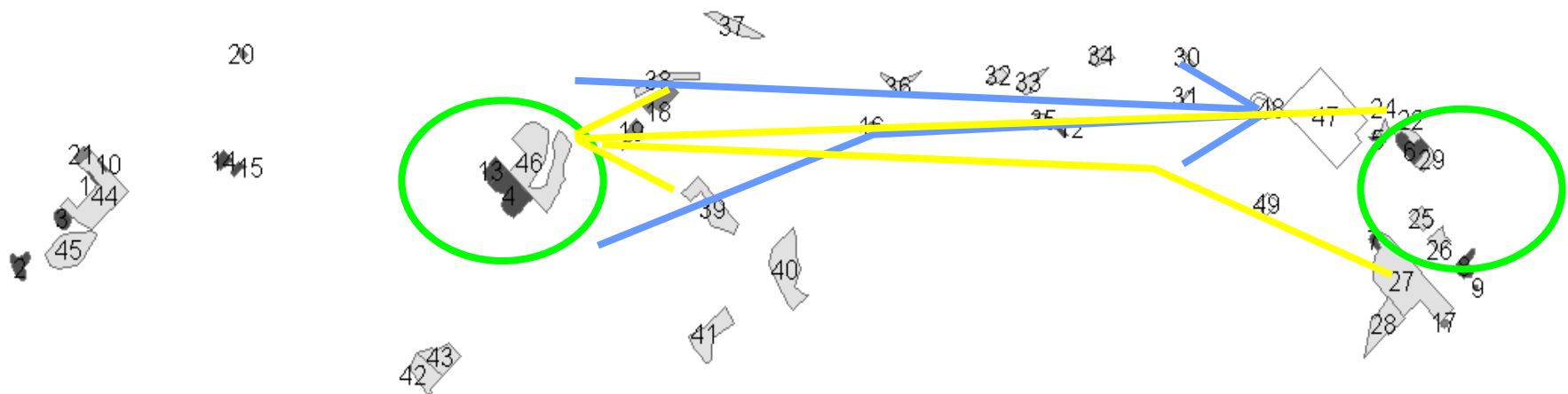
Scén. 4





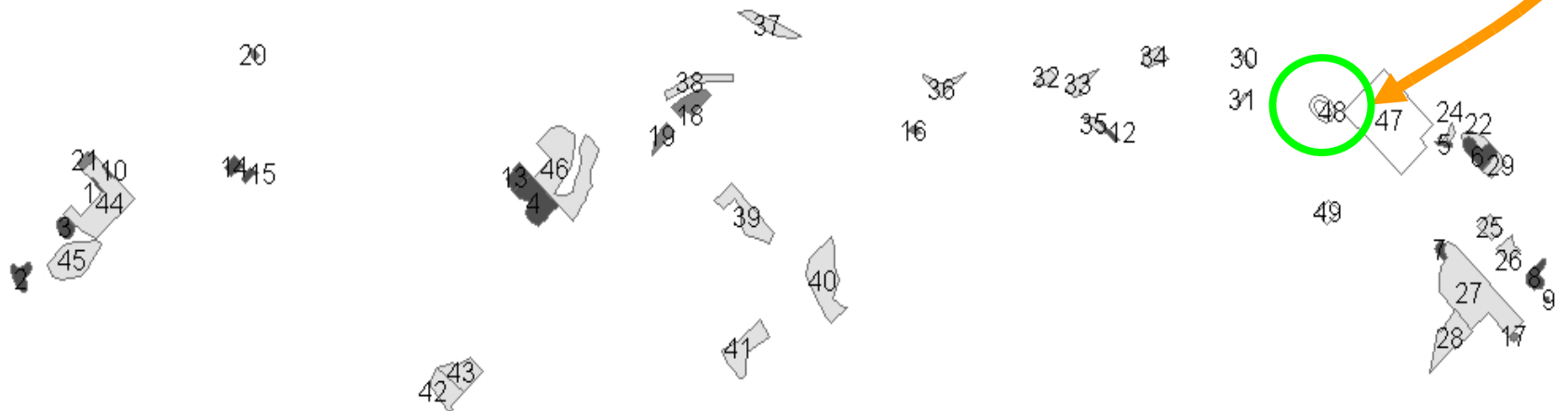
## Liens faibles – Scénario 3

- Petites parcelles loins des grandes parcelles
- Les petites parcelles sont des gouffres (sink) (ne sont pas capable de maintenir leurs propres populations)
- Agissent comme des petites roches pour traverser une rivière (stepping stones)



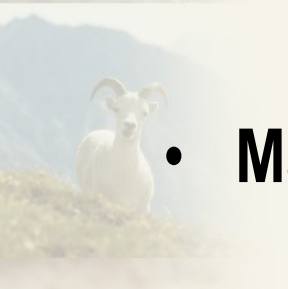
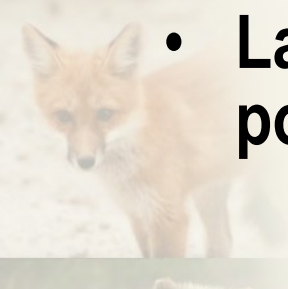

## « Stepping stones »

- **Mouvement de gauche à droite coupé à cause d'un vide**
- **Dans le scénario 4 avec cette parcelle plus difficile à restaurer**
  - Le vide est enlevé



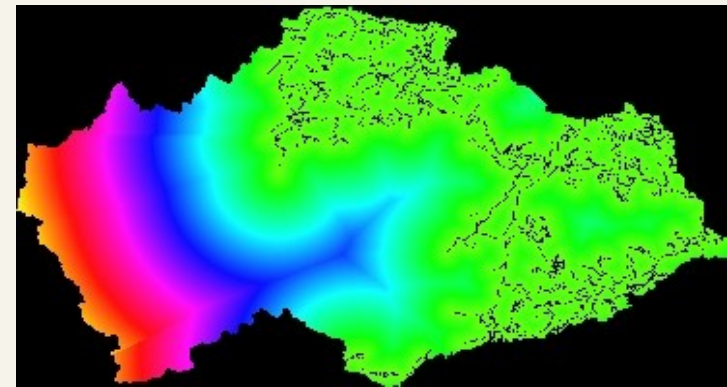


# Conclusion

- **Les règles simples des études antérieures n'étaient pas suffisantes:**
    - $>2$  Ha ou  $<1$  km d'une autre parcelle
  - **Maintenant, recommandations spatiales**
  - **La dernière parcelle est proche d'une grande population et donc elle est très importante**
- 
- 
- 

# Plan de “1 Case Studies”

- **Papillon bleu de Fender (Fender's blue butterfly)**
  - Restauration
- **Autour des palombes (Northern Goshawk) – Aménagement d'une forêt**
  - Projet de maîtrise de Melanie Smith, U. Montana
- **Aménagement d'une forêt (feux, coupes, routes)**
  - Andrew Fall
- **Tests d'hypothèse**





## Problème et question

- Les autours de palombes sont des utilisateurs assez importants des vieilles forêts
- Donc, l'aménagement des forêts affecte les populations des autours de palombes



**Est-ce qu'on peut déterminer qu'est-ce qui arrivera aux autours de palombes suite aux changements forestiers?**

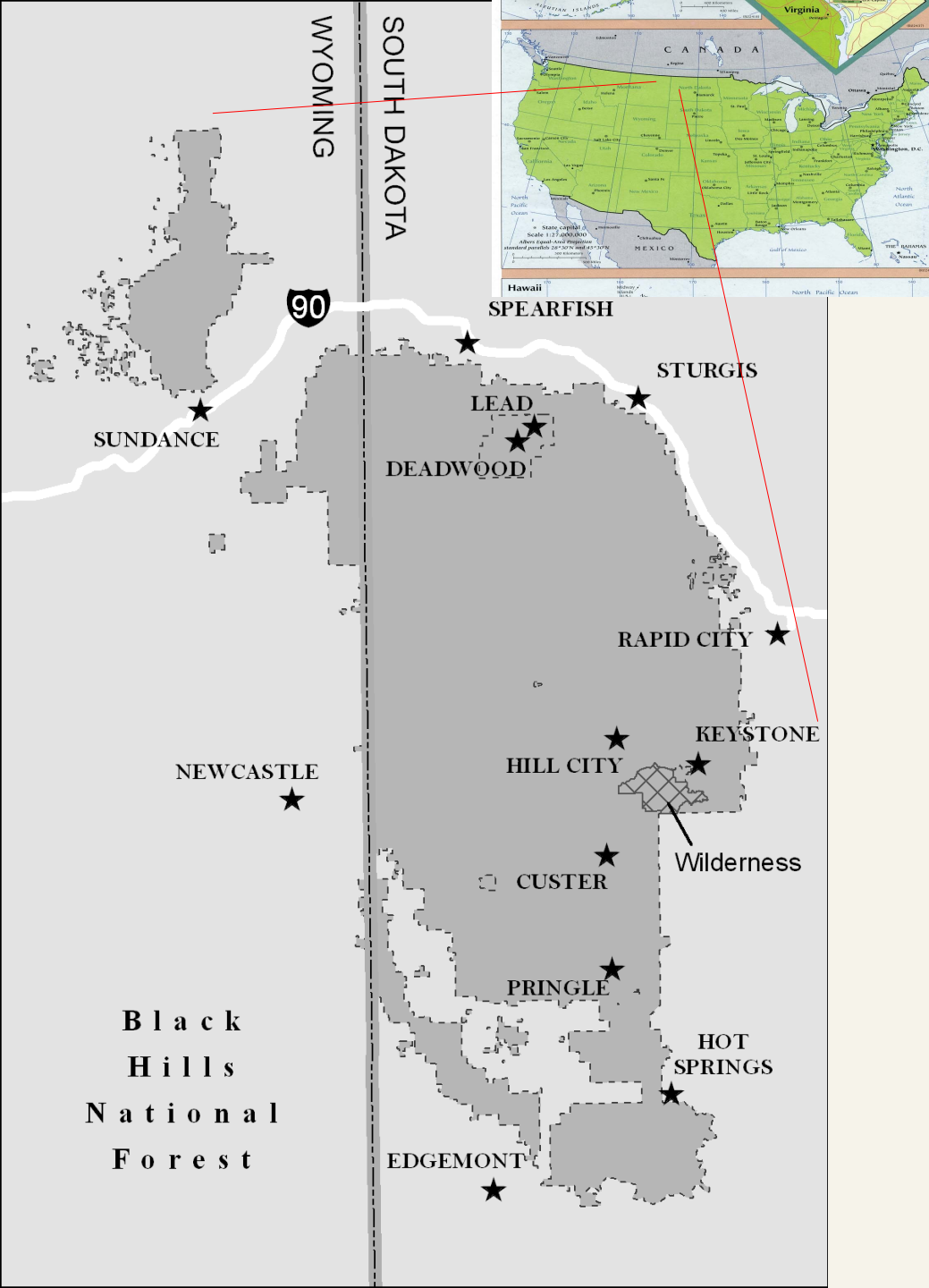




## Les objectifs

- **Faire une recherche bibliographique sur la biologie des autours des palombes**
- **Créer un modèle dynamique avec ses processus et ses données**
- **Le valider avec les données réelles**
- **Répondre à plusieurs questions écologiques et appliquées**





## Aire d'étude

- South Dakota et Wyoming
- La forêt nationale des « Black Hills »
- 600,000 Ha
- Pin ponderosa





# Modèle - Besoins

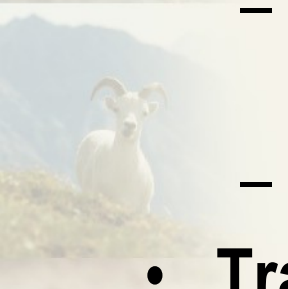
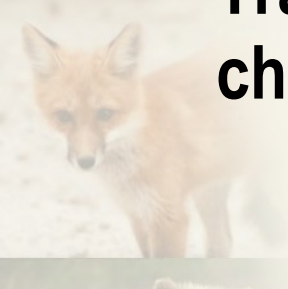

- **Intrants (input)**
  - toute la littérature possible
  - le reste – analyse GIS des données dans les Black Hills
    - bon habitat
    - sélection d'habitat pour les sites de nidification
- **Créer le modèle**

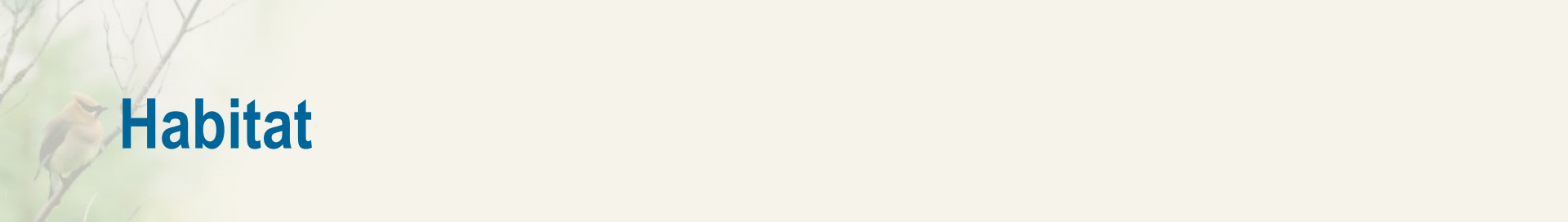
# Littérature

Parameter	Value	Citation
Mean adult survival	0.75	Reynolds et al. 2006
Mean juvenile survival	0.71	Wiens et al. 2006
Proportion of breeding pairs	0.22–0.86 (uniform distribution)	Reynolds as cited in Birds of North America Online 2007
Age of first breeding (in years)	$\mu=3.5$ , $\sigma=0.32$ ; range 2–8	Wiens and Reynolds 2005
Ratio females	0.5	Kennedy 1997
Young fledged per nest	0.98 females	Bartelt as cited in Kennedy 2003
Juvenile dispersal distance	$\mu=14.7$ km, $\sigma= 8.2$ km; range 3.4–36.3 km	Reynolds as cited in Kennedy 2003
Nearest neighbor distance	3.9 km between center of territories	Reynolds and Joy 2006
Post-fledging Area (PFA)	170 ha	Reynolds as cited in Kennedy 2003
Territory size	1134 ha	Derived from nearest neighbor distance in Reynolds and Joy 2006



## Méthode – Bon habitat

- **Détermination du bon habitat**
    - Les vrais nids au Black Hills
    - Analyse GIS pour trouver les habitats utilisés par rapport à la quantité disponible sur le terrain
    - Plusieurs échelles
  - **Traduire ces valeurs pour simuler un autour qui cherche un nid et un territoire**
- 
- 
- 

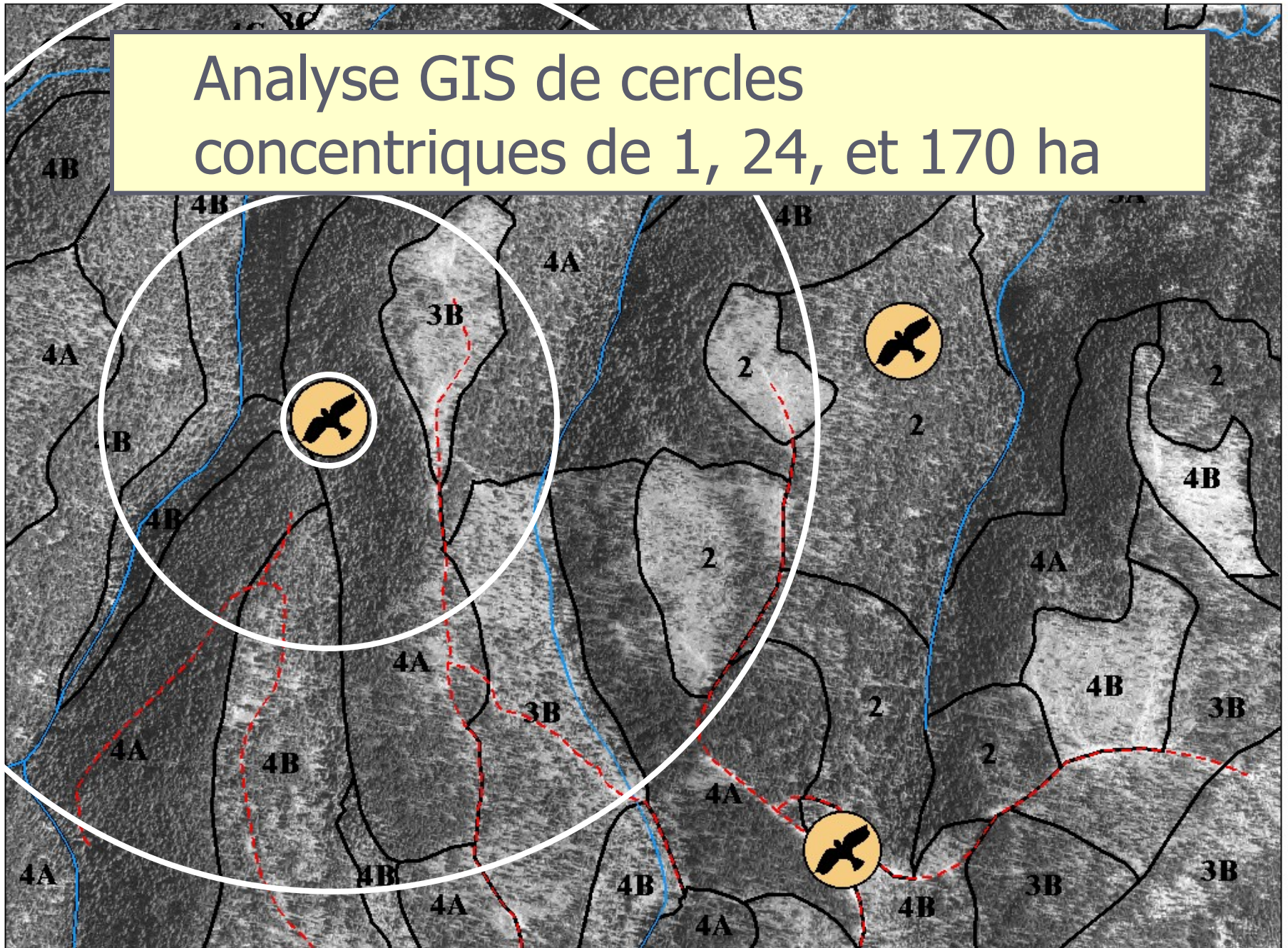


# Habitat

Code	Habitat Structural Stage (HSS)	Tree Size Class	Diameter Range for Most Trees	Crown Cover (%)
None	NA	None	None	0
1	Grass-Forb	Nonstocked	None	0 - 10
2	Shrub-Seedling	Established	<1 inch	11 - 100
3A	Sapling-Pole	Small, Medium	1 - 9 inches	11 - 40
3B	Sapling-Pole	Small, Medium	1 - 9 inches	41 - 70
3C	Sapling-Pole	Small, Medium	1 - 9 inches	71 - 100
4A	Mature	Large, Very Large	9 + inches	11 - 40
4B	Mature	Large, Very Large	9 + inches	41 - 70
4C	Mature	Large, Very Large	9 + inches	71 - 100
5	Old Growth	Large, Very Large	Varies	Varies



# Analyse GIS de cercles concentriques de 1, 24, et 170 ha

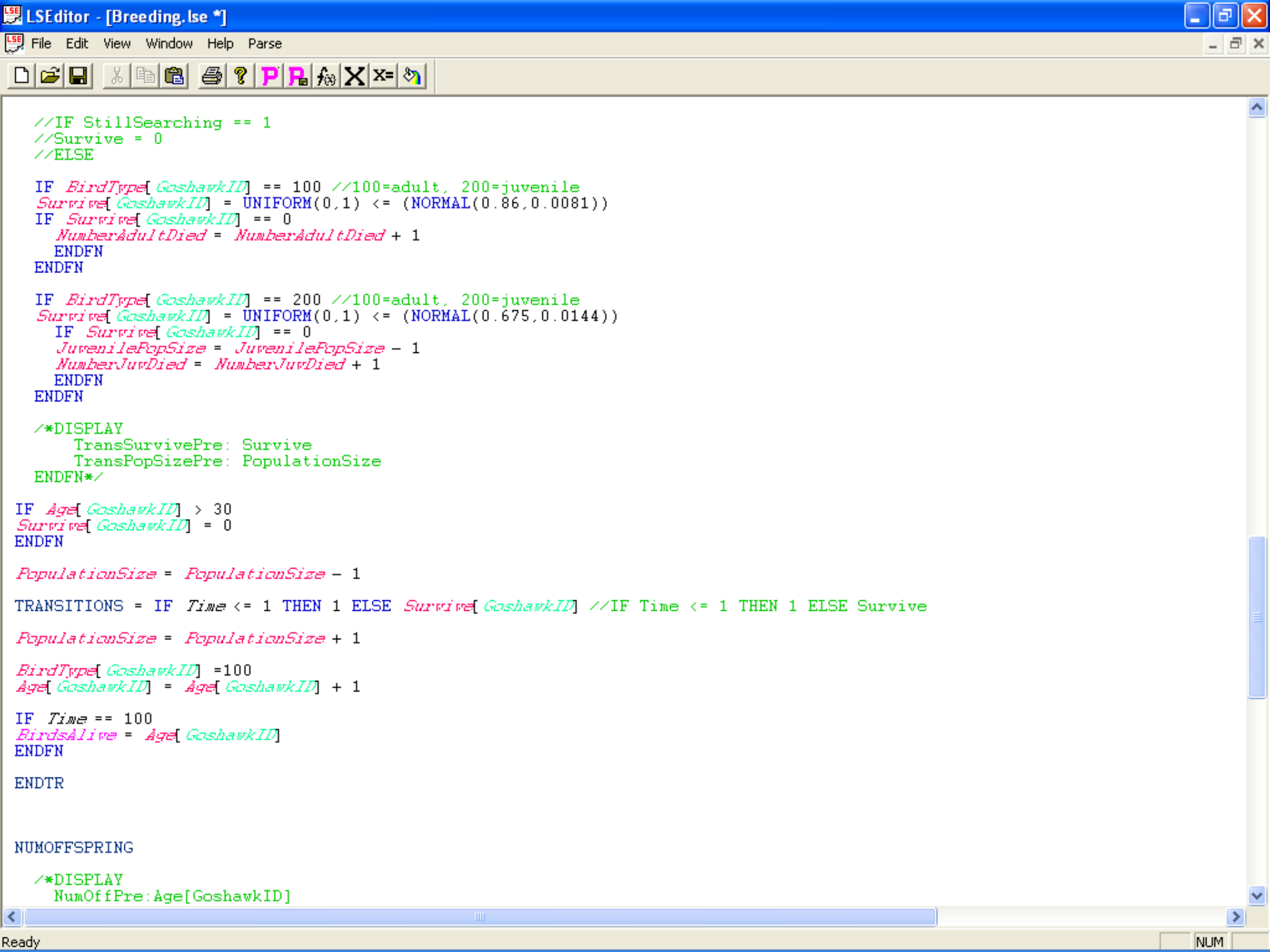


# Traduction des valeurs en règles

HSS	Used vs. Available	Probability in Model
1 ha Scale		
1	0	0
2	0	0
3A	24%	0.24
3B	94%	0.94
3C	102%	1
4A	58%	0.58
4B	125%	1
4C	283%	1
5	1209%	1

HSS	Used vs. Available	Probability in Model
24 ha Scale		
1	21%	0
2	10%	0
3A	32%	0
3B	85%	0
3C	91%	0
4A	69%	0
4B	133%	1
4C	213%	1
5	1799%	1

HSS	Used vs. Available	Probability in Model
170 ha Scale		
1	27%	0
2	38%	0
3A	65%	0
3B	87%	0
3C	123%	1
4A	76%	0
4B	128%	1
4C	180%	1
5	1098%	1



```
//IF StillSearching == 1
//Survive = 0
//ELSE

IF BirdType[ GoshawkID] == 100 //100=adult, 200=juvenile
Survive[ GoshawkID] = UNIFORM(0,1) <= (NORMAL(0.86,0.0081))
IF Survive[ GoshawkID] == 0
  NumberAdultDied = NumberAdultDied + 1
ENDFN
ENDFN

IF BirdType[ GoshawkID] == 200 //100=adult, 200=juvenile
Survive[ GoshawkID] = UNIFORM(0,1) <= (NORMAL(0.675,0.0144))
IF Survive[ GoshawkID] == 0
  JuvenilePopSize = JuvenilePopSize - 1
  NumberJuvDied = NumberJuvDied + 1
ENDFN
ENDFN

/*DISPLAY
  TransSurvivePre: Survive
  TransPopSizePre: PopulationSize
ENDFN*/

IF Age[ GoshawkID] > 30
Survive[ GoshawkID] = 0
ENDFN

PopulationSize = PopulationSize - 1

TRANSITIONS = IF Time <= 1 THEN 1 ELSE Survive[ GoshawkID] //IF Time <= 1 THEN 1 ELSE Survive

PopulationSize = PopulationSize + 1

BirdType[ GoshawkID] =100
Age[ GoshawkID] = Age[ GoshawkID] + 1

IF Time == 100
BirdsAlive = Age[ GoshawkID]
ENDFN

ENDTR

NUMOFFSPRING

/*DISPLAY
  NumOffPre: Age[ GoshawkID]
```





# Processus inclus

- **Reproduction**
    - Breeding (nidification)
    - Fledging (jeunes à l'envol)
  - **Sélection d'habitat**
    - Trouver un nid
    - Créer un territoire (plusieurs échelles)
  - **Comportement territorial**
  - **Mouvement**
    - Juvénile
    - Adulte sans territoire
- 
- 
- 

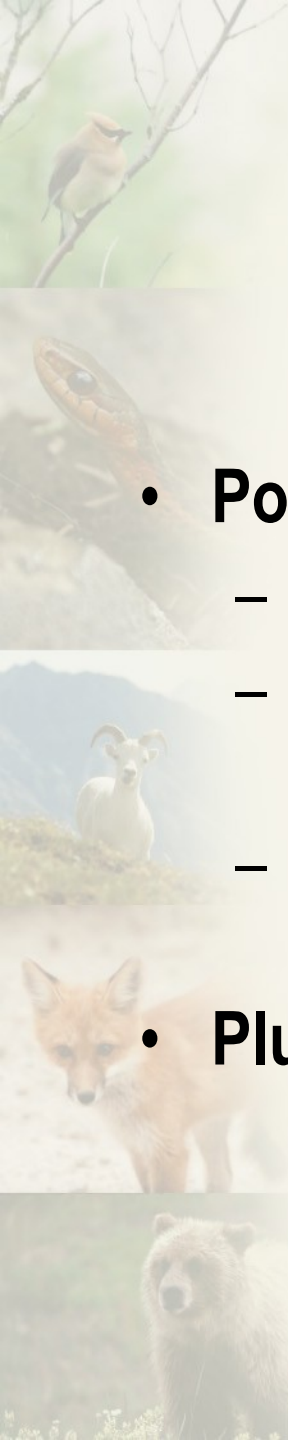
# Population

- **Population**

- semblable à un « matrix model »
- probabilité de succès de nidification et quantité de juvéniles à l'envol (nest success and fledging)
- La survie des adultes et des juvéniles



- **Plusieurs variables de population sont suivies**



# Mouvement



- **Mouvement**

- Dispersion de chaque juvénile
- Chaque individu sans territoire cherche un bon site pour son nid (nest site)
- Évalue la qualité du nid potentiel à 1 Ha.
- Plusieurs essais
- Comportement territorial – Individus poursuivis s'ils arrivent dans un autre territoire

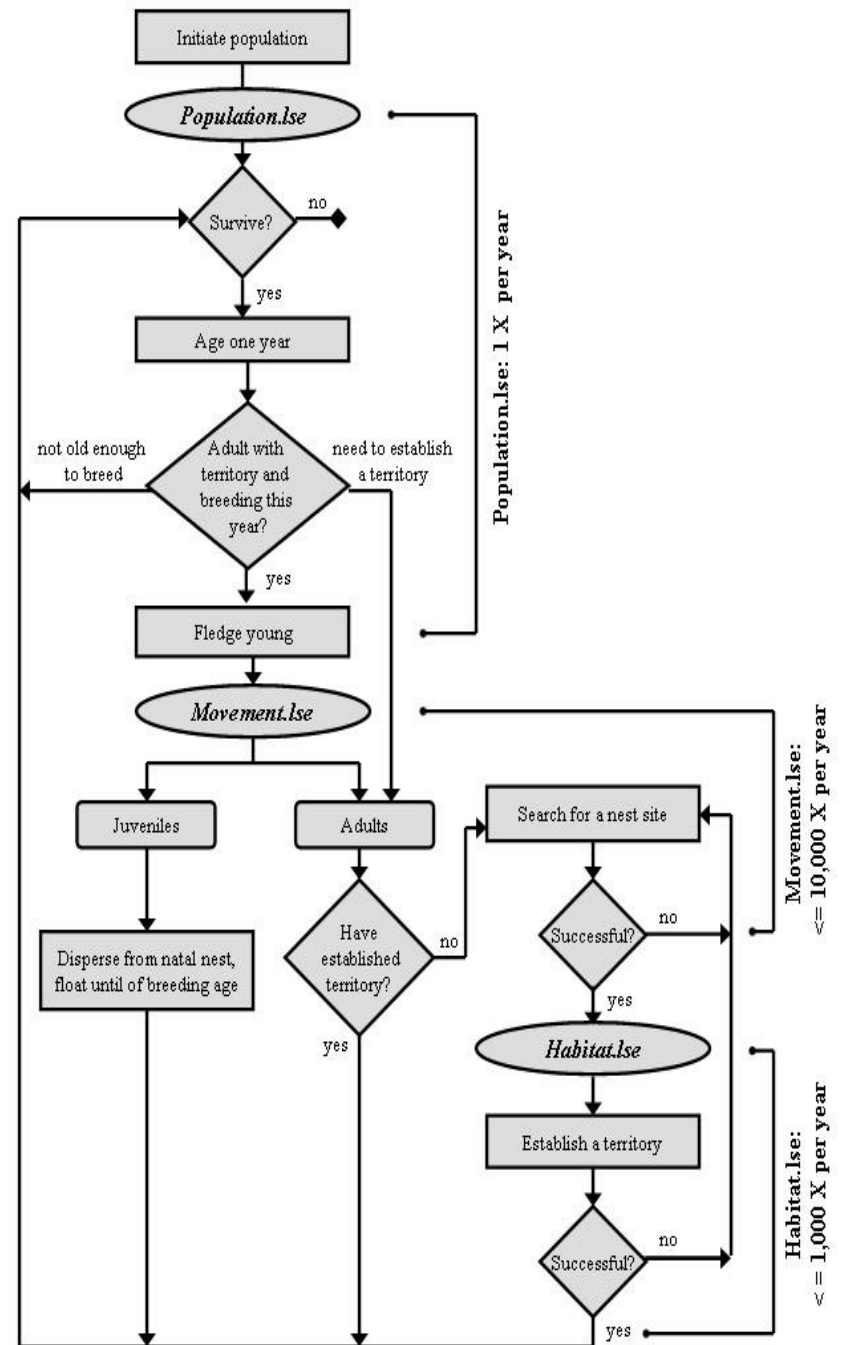
# Habitat

- **Habitat**

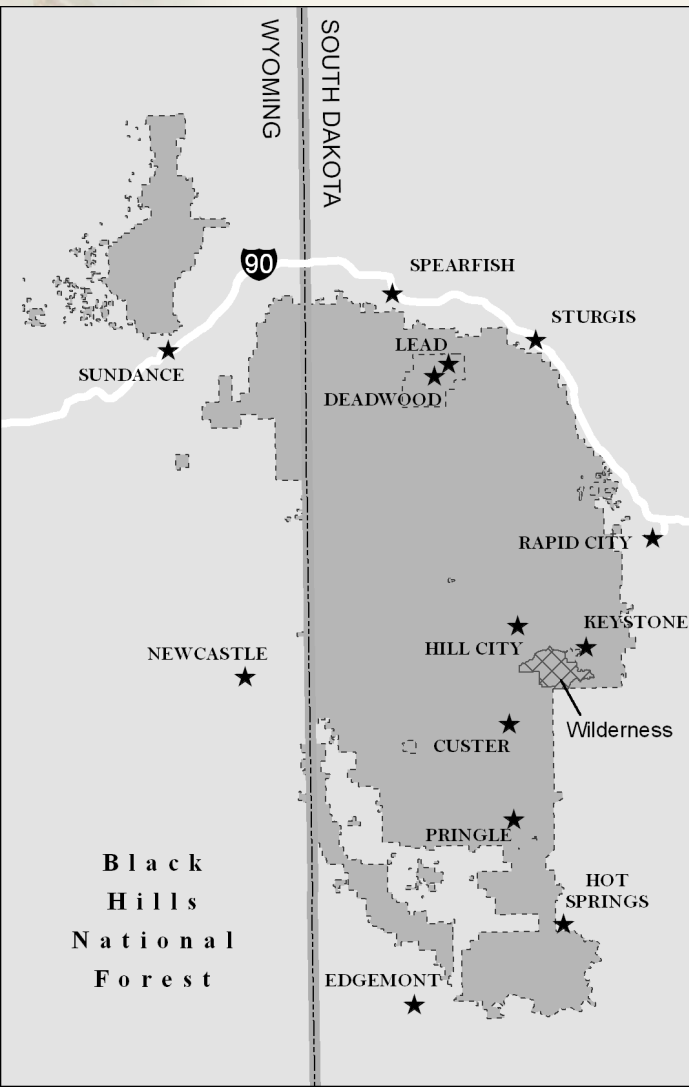
- De chaque nid potentiel
- Recherche de l'habitat à deux échelles:
  - 24 et 170 Ha.
- Évalue chaque hectare une fois pour décider s'il est assez bon pour faire partie du territoire
- Si le nombre de pixels accepté n'est pas assez élevé, il réessaye



# Structure du modèle



# Les résultats potentiels

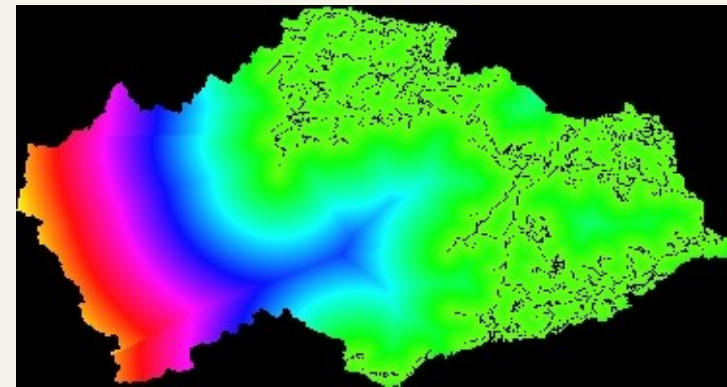


- Créer des cartes de probabilité de nids et de territoires
- Tester pour voir s'il y a des seuils de population avec fragmentation et les décrire
- Tester pour voir si le comportement territorial est un facteur qui affecte la population
- Tester la sensibilité du système au changement des intrants (inputs), comme le « fledging » et la survie



# Plan de “1 Case Studies”

- **Papillon bleu de Fender (Fender's blue butterfly)**
  - Restauration
- **Autour des palombes (Northern Goshawk) – Aménagement d'une forêt**
  - Projet de maîtrise de Melanie Smith, U. Montana
- **Aménagement d'une forêt (feux, coupes, routes)**
  - Andrew Fall
- **Tests d'hypothèse**





# Aménagement d'une forêt - Problème

- **On veut aménager un paysage forestier en tenant compte de plusieurs facteurs**
  - Anticiper la composition des espèces
  - Voir l'effet des feux de forêt sur les calculs de bois
  - Estimer les coûts de construction des routes
  - Garder des aires avec protection
  - Estimer les « trade-offs » entre tout ces facteurs



# Aménagement d'une forêt

- **Éléments dynamiques à inclure (quels processus?):**
  - Arbres qui poussent
  - Succession
  - Feux de forêt stochastique
  - Construction des routes
- **Éléments statiques à inclure**
  - Aspect, pente
  - Status (protégé, non-productif etc.)
- **Éléments intéressant à suivre**
  - Volume de bois, coûts des routes, age des polygones etc.

# Modèle d'aménagement d'un paysage

- **Au SELES ...**

- 



# Plan de “1 Case Studies”

- **Papillon bleu de Fender (Fender's blue butterfly)**
  - Restauration
- **Autour des palombes (Northern Goshawk) – Aménagement d'une forêt**
  - Projet de maîtrise de Melanie Smith, U. Montana
- **Aménagement d'une forêt (feux, coupes, routes)**
  - Andrew Fall
- **Testes d'hypothèse**

