

Réponses des populations de vertébrés aux changements climatiques: paramétrage et premières applications de modèles prédictifs basés sur les processus démographiques

Jean-Michel Gaillard, Vladimir Grosbois,

Et les membres du groupe CLIMPOP



Biométrie et Biologie évolutive, CNRS-UMR 5558, Université Claude Bernard, Lyon 1

CEB Chizé, CNRS UPR 1934

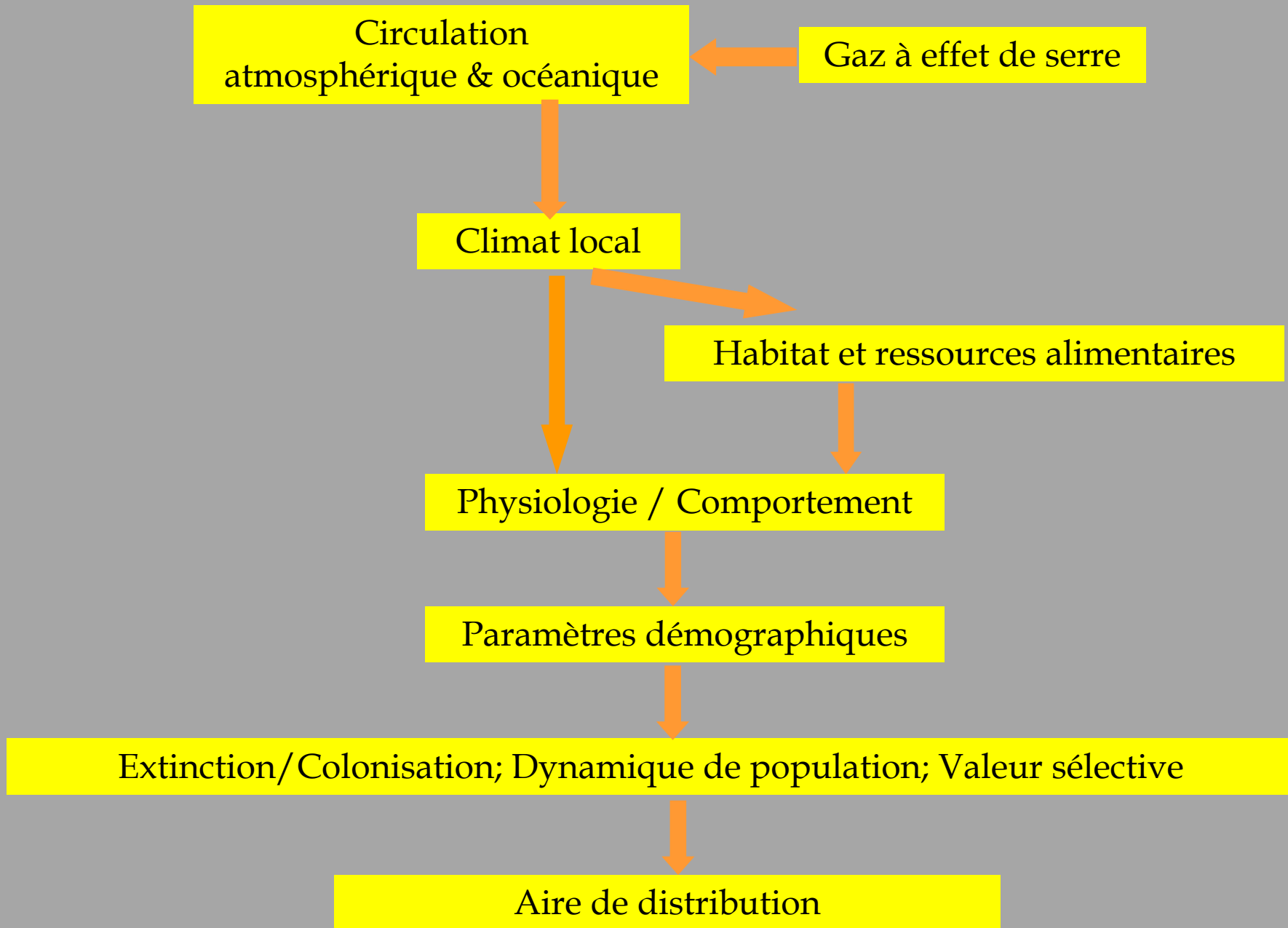
Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive, CNRS UMR 5175, Montpellier

Laboratoire d'écologie, CNRS-UMR 7625, Université Pierre et Marie Curie, Paris

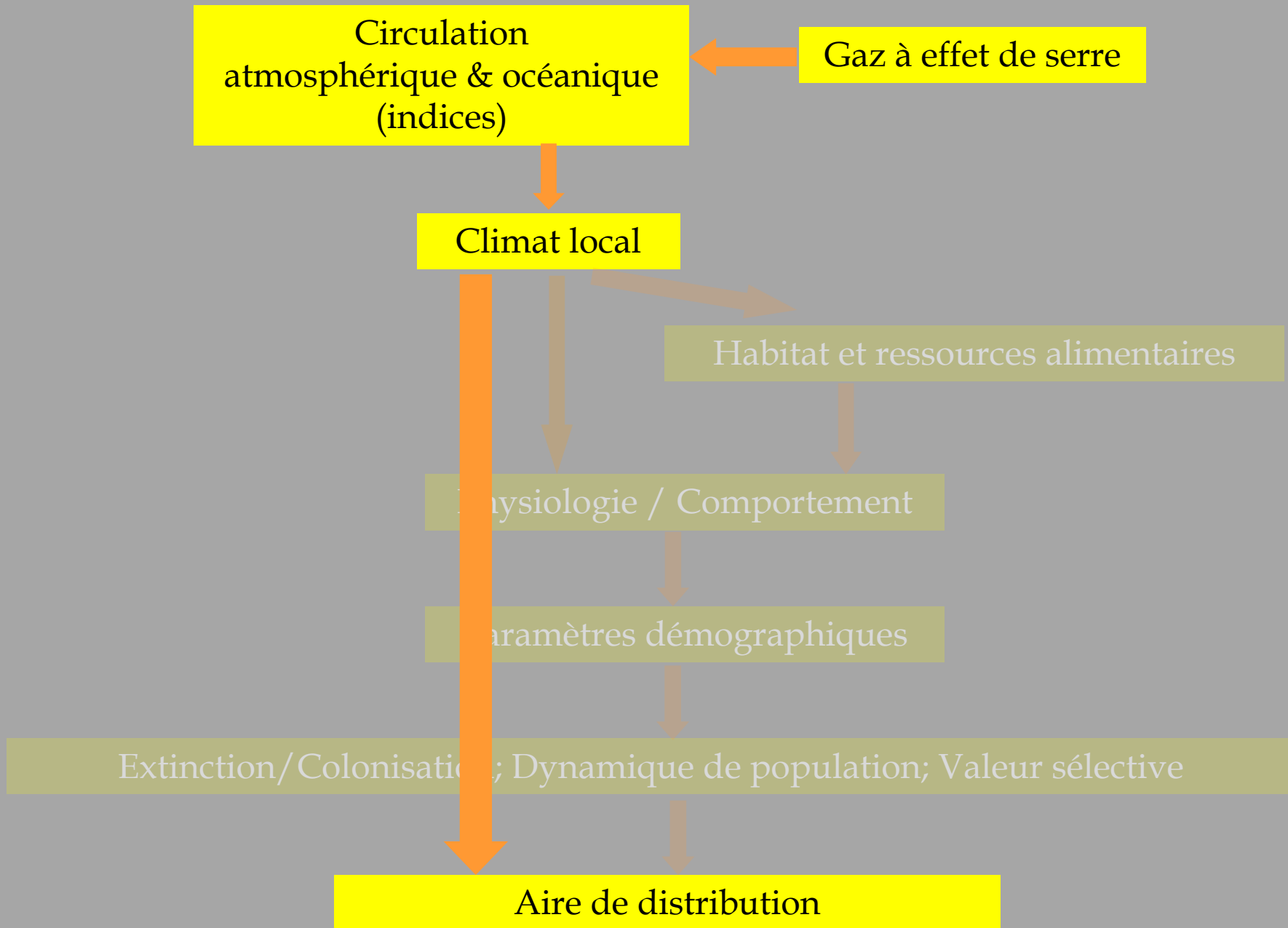
Laboratoire de parasitologie évolutive, CNRS-UMR 7103, Paris

Station biologique de Moulis, Saint Girons

Chaîne de mécanismes reliant climat et distribution des espèces



Modèles de niche climatique



Modèles de niche climatique (principe)

Données actuelles de
présence/absence d'une espèce

Données climatiques actuelles



Modèle définissant la niche
climatique de l'espèce

Modèle de projection du
climat futur

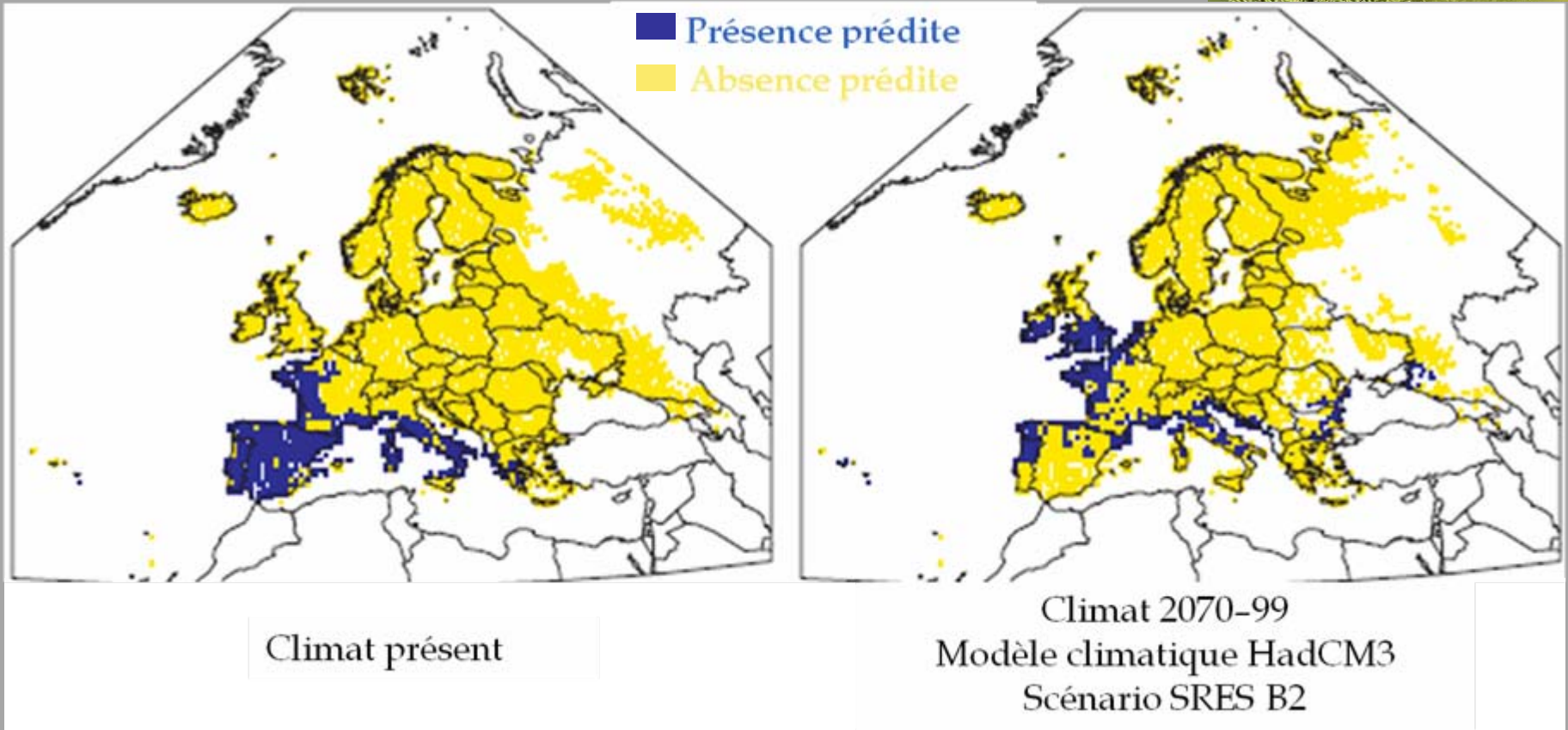


Projection de la future aire de
répartition de l'espèce

Modèles de niche climatique application à la fauvette pitchou *Sylvia undata*

Huntley et al. (2006). *Ibis* 148, 8-28

Potential impacts of climatic change upon geographical
distributions of birds



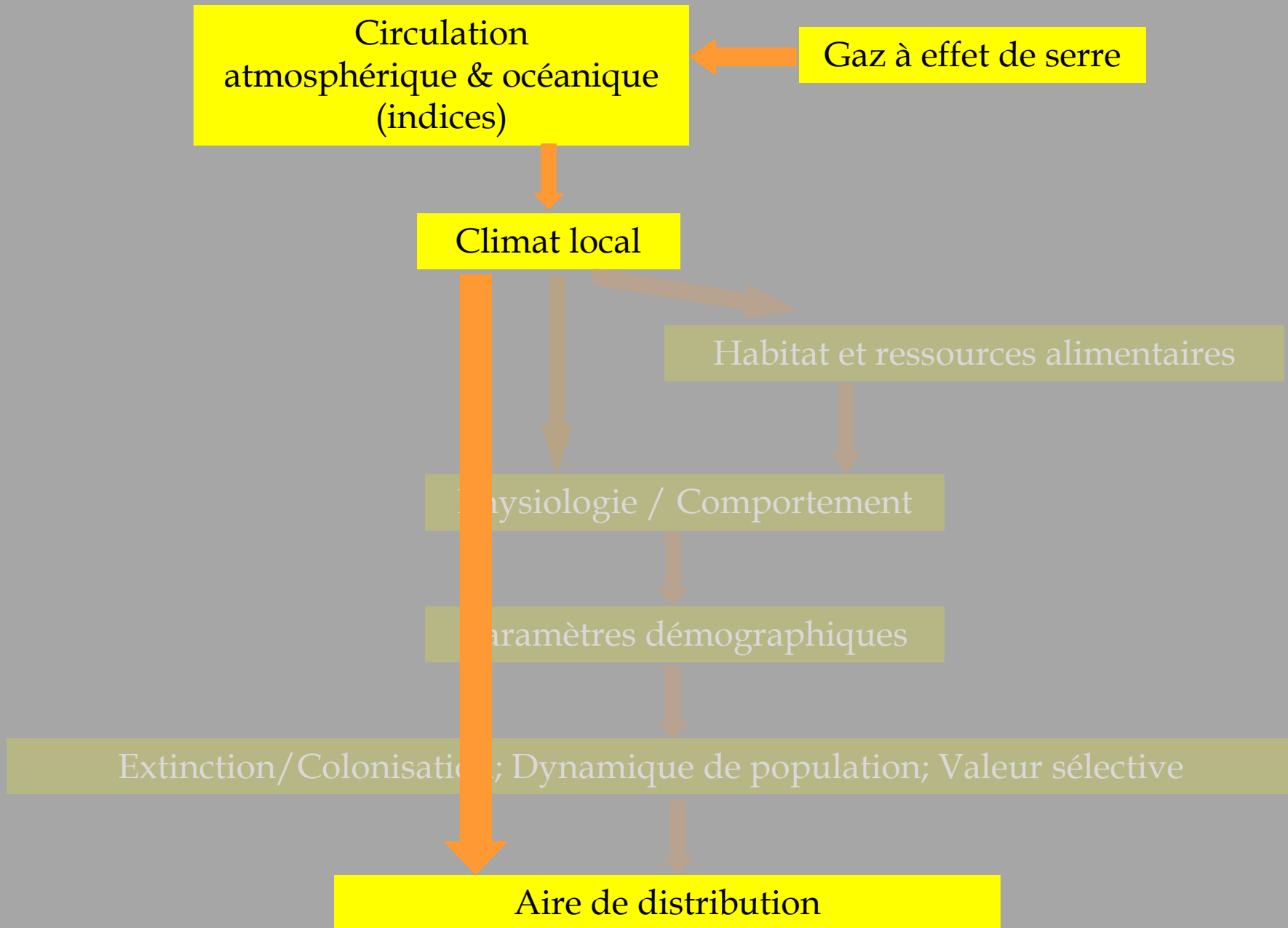
Déplacement vers le pôle et réduction de 14% de l'aire de répartition

Les sources d'incertitude dans les modèles de niche climatique

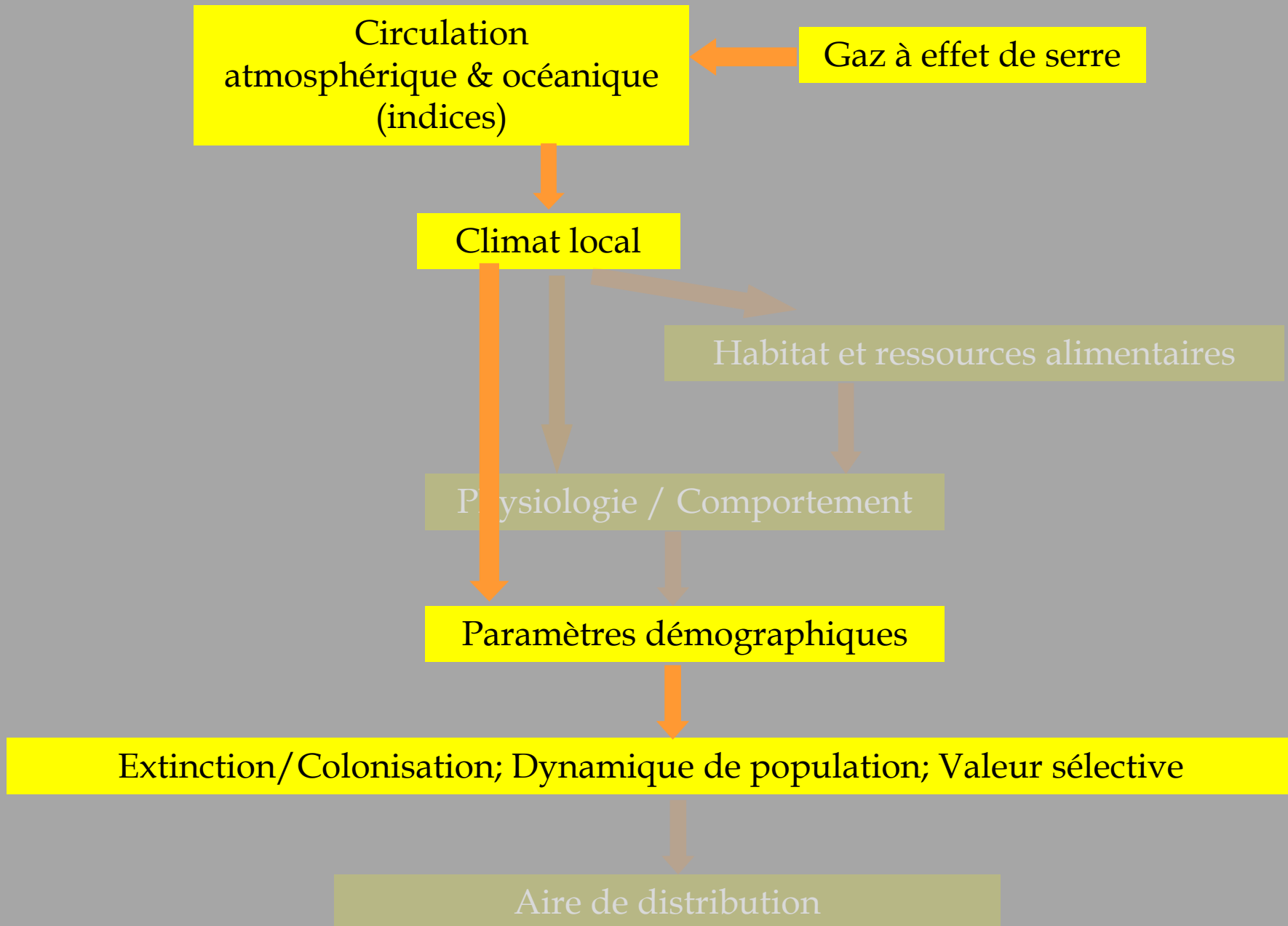
- Variables climatiques susceptible de structurer la niche d'une espèce
- Niche climatique réalisée correspond-elle à la niche climatique fondamentale ?
 - Systèmes source-puit
 - Maladaptation en limite d'aire de répartition
- Potentiel des espèces à s'adapter à de nouvelles conditions climatiques
 - Plasticité phénotypique
 - Sélection naturelle
- Potentiel des espèces à coloniser les aires dans lesquelles les condition de leur niche climatique seront réunies à l'avenir

 **Nécessité de comprendre les mécanismes démographiques sous-tendant les impacts du climat**

Modèles de niche climatique



Les mécanismes démographiques



Le réseau CLIMPOP: cadre privilégié pour étudier l'influence des facteurs climatiques sur la démographie des vertébrés

Opération	Responsable	Milieu	Sites	Espèces
1 – Reptiles	J. Clobert M. Massot	Landes, prairies humides	Cévennes	Lézard vivipare
2 – Mésanges	M. Lambrechts - J. Blondel	Forestier	Corse, Provence	Mésanges charbonnière et bleue
3- Hirondelles	A. Moller	Agricole et urbain	Danemark, Europe	Hirondelles
4 – Oiseaux marins	H. Weimerskirch C. Barbraud	Marin	Antarctique	Albatros, pétrels, manchots
5 – Ongulés	J.M. Gaillard A. Loison	Forestier et montagnard	Alpes, Pyrénées, Lorraine, Poitou	Chevreaux, cerfs, bouquetins, chamois/isards
6 – Méthodologie	J.D. Lebreton O. Gimenez	Transversal méthodologique		

Mise en commun



Méthodes

Données

Réseau international (CLIMWORK)

Acquis de la première phase de financement IFB-GICC1

1. Etablir un cadre méthodologique commun pour l'étude de l'impact du climat sur démographie vertébrés:

- Recenser les méthodes utilisées dans la littérature
- Les évaluer

2. Innovations dans le domaine de l'analyse des données:

- Outils pour détecter réponses non linéaires

3. Analyses d'étude de cas avec méthodologie pertinente et standardisée

- Mésanges bleues
- Oiseaux de mer

Un trait démographique particulièrement étudié: la survie adulte

Objectifs de la seconde phase de financement GICC2

1. Axe méthodologique:

-Innovations méthodologiques

- Analyse à l'échelle multi-populationnelle
- Apport des méthodes bayésiennes

2. Axe étude de cas:

- Nombreux effets du climat sur la démographie de vertébrés documentés
- Des études des mécanismes impliqués
 - Interactions climat/statut sanitaire sur la survie des isards
 - Effets directs et indirects des conditions climatique sur la survie des macareux moines

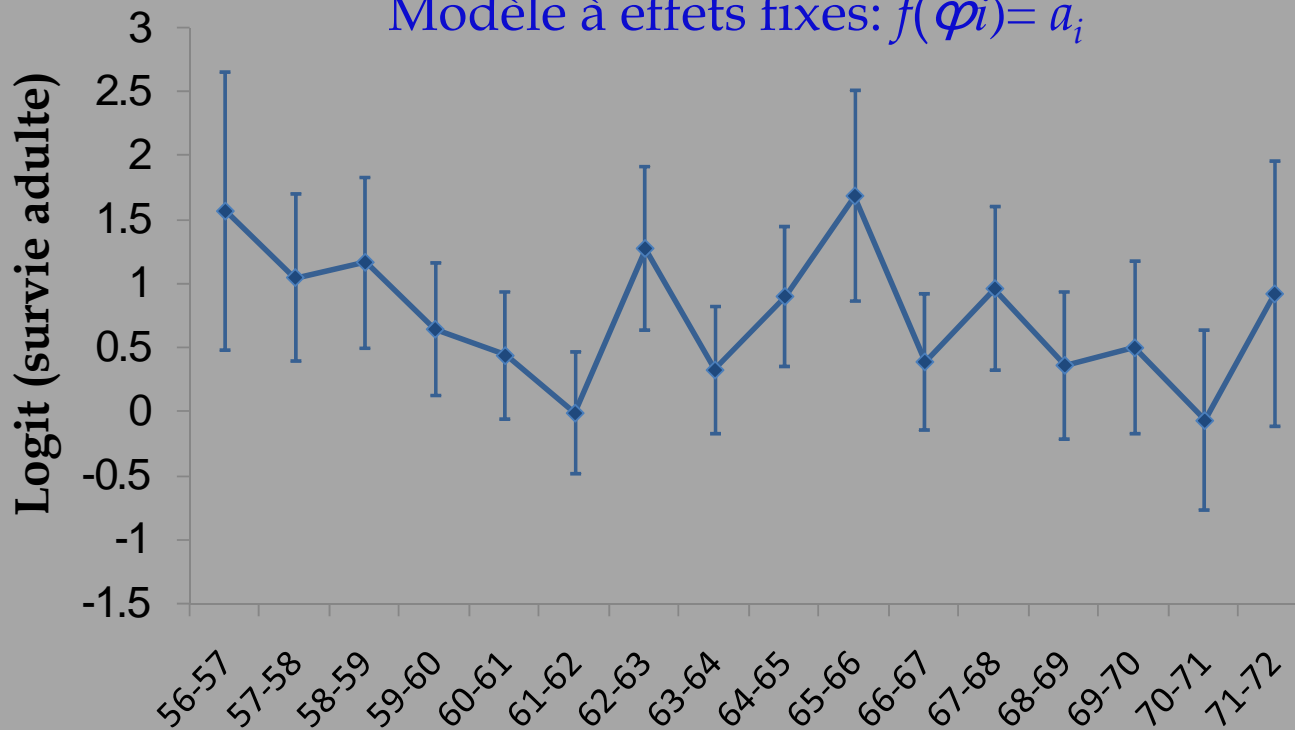
3. Axe analyse intégrée (méta-analyse)

-Comparaison de l'impact des facteurs climatique sur la survie d'espèces d'oiseaux aux caractéristiques écologiques contrastées

Objectif ultime: modèles de projection de population intégrant les mécanismes démographiques par lesquels le climat influence les populations de vertébrés

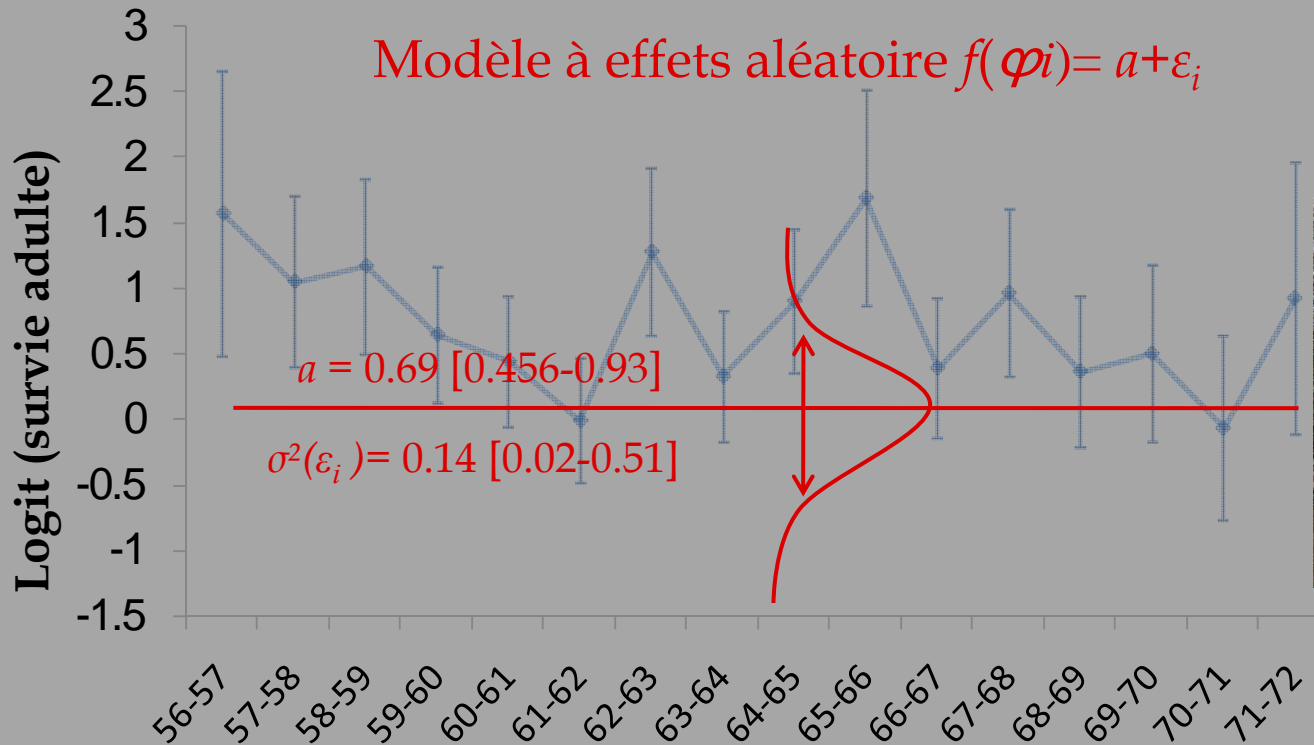
Axe méthodologique, innovations: apport du Bayésien

Modèle à effets fixes: $f(\varphi_i) = a_i$



16 paramètres; 1 (a_i) par année d'étude i

Axe méthodologique, innovations: apport du Bayésien

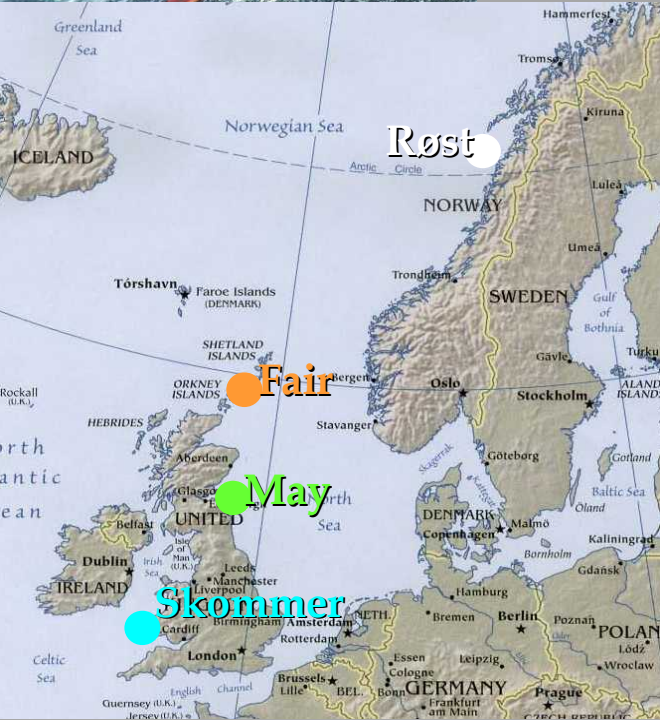


- Modélisation parcimonieuse des variations de survie
- Estimation de la variance de la survie

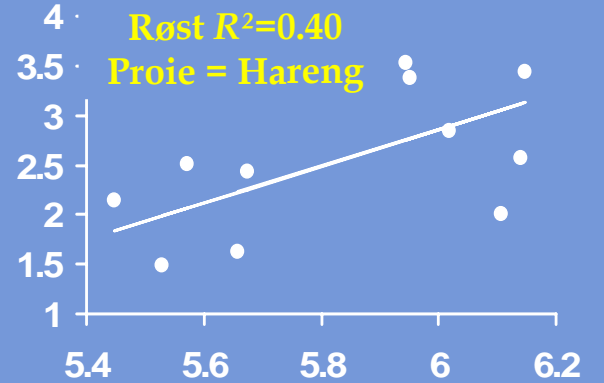
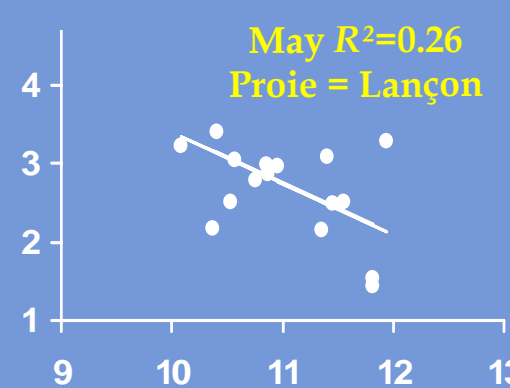
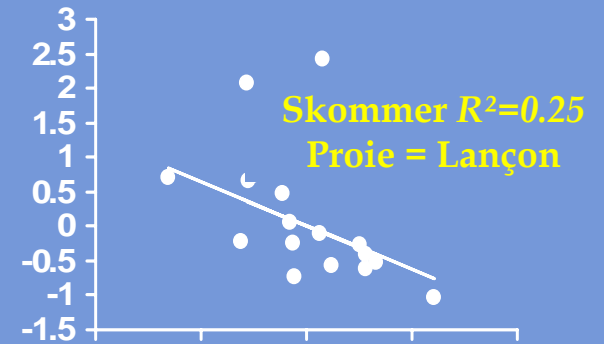
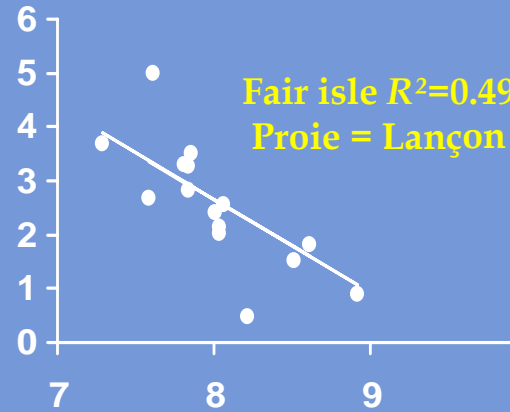


Augmentation de la fréquence des extrêmes climatiques et variance des paramètres démographiques ?

Innovations méthodologiques: analyse de survie à l'échelle multi-populations



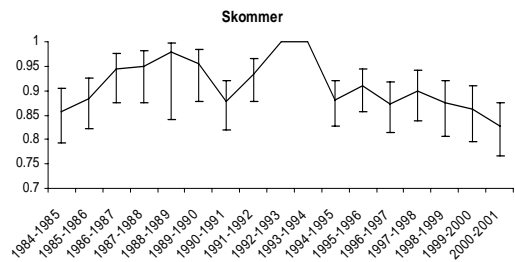
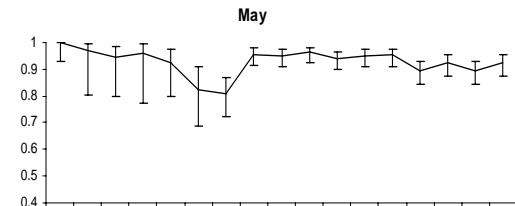
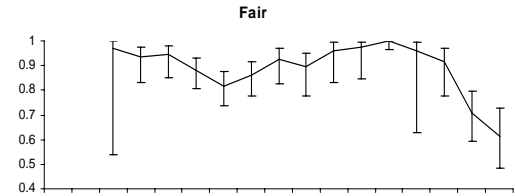
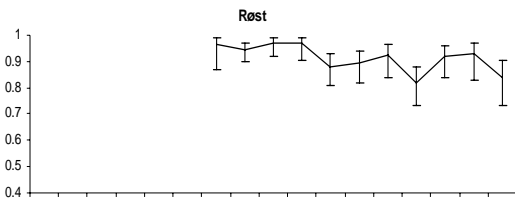
Relations entre logit (survie adulte) et température de surface de l'eau



Innovations méthodologiques: analyse de survie à l'échelle multi-populations

Questions

- Les variations de survies sont elles synchronisées ?
- Rôle de la variable océanographique ?



Innovations méthodologiques: analyse de survie à l'échelle multi-populations

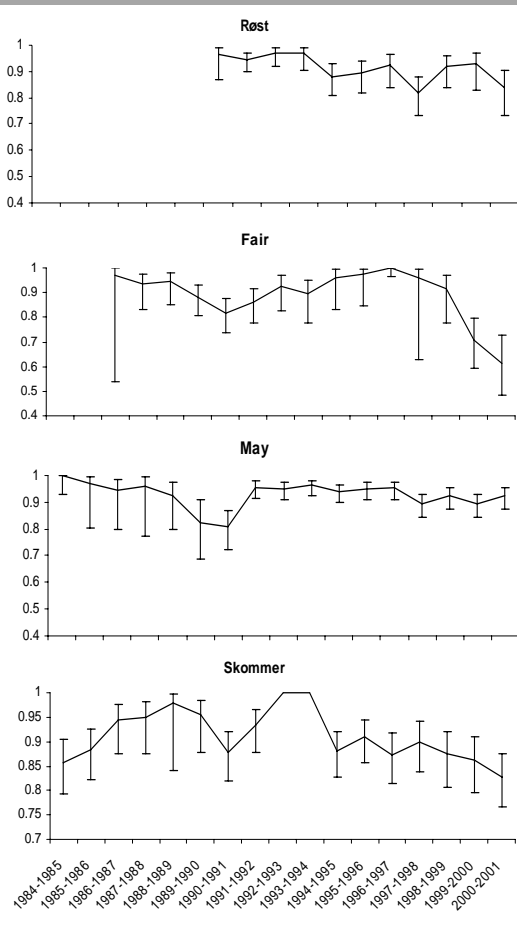


Questions

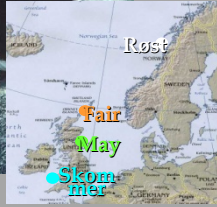
- Les variations de survies sont elles synchronisées ?
- Rôle de la variable océanographique ?

Méthode

- Décomposition de la variance temporelle en une composante partagée et une composante non partagée
- Synchronie entre séries temporelles de survie
- Le rôle de facteurs climatiques dans cette synchronie



Innovations méthodologiques: analyse de survie à l'échelle multi-populations



Questions

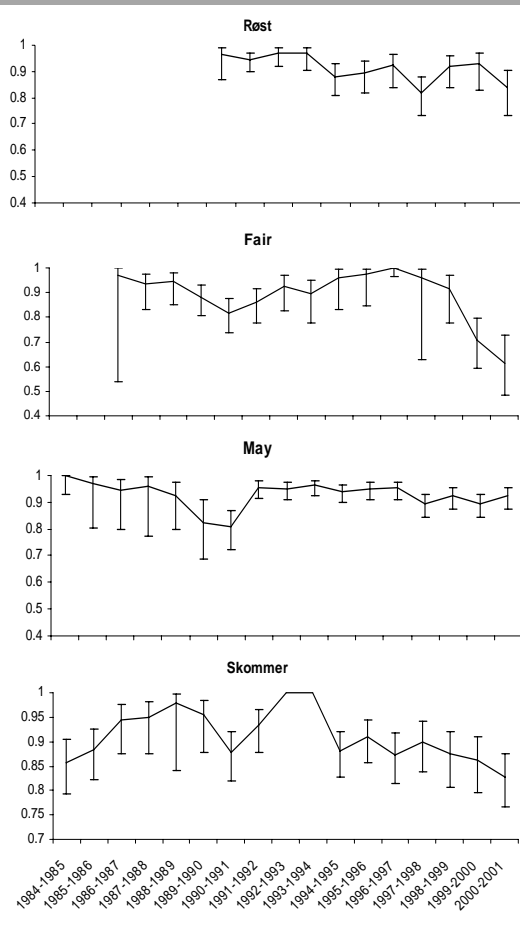
- Les variations de survies sont elles synchronisées ?
- Rôle de la variable océanographique ?

Méthode

- Décomposition de la variance temporelle en une composante partagée et une composante non partagée
- Synchronie entre séries temporelles de survie
- Le rôle de facteurs climatiques dans cette synchronie

Résultats

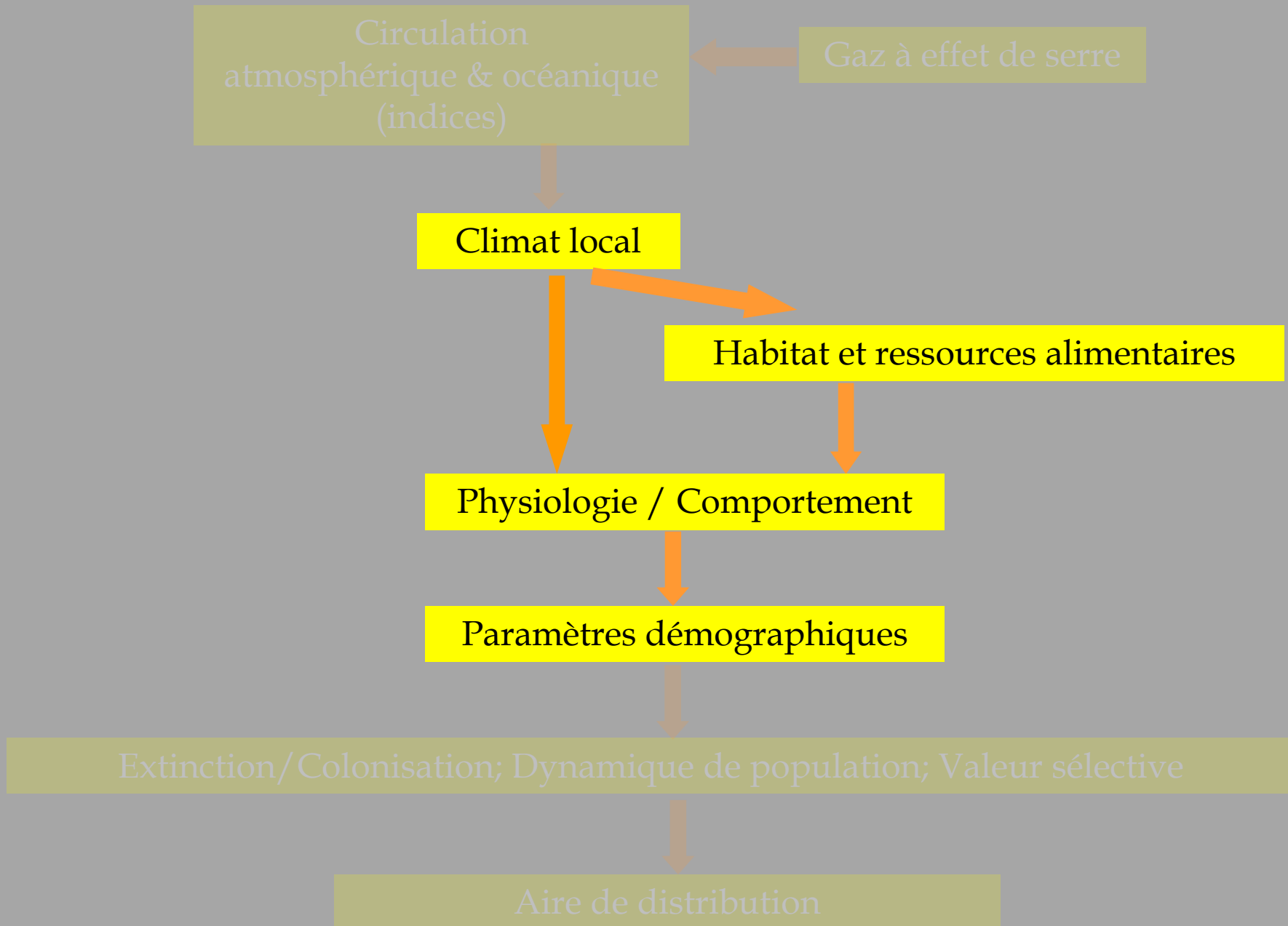
- La composante commune représente 67% de la variation totale
- 45% de cette composante commune est expliquée par l'effet de la température de surface de l'eau



Etudes de cas: bilan

Reference	Espèce	Localisation	Paramètre démographique	Facteur climatique	Saison	Sens
Jenouvrier et al., 2005b	Pétrel blanc	Terre Adélie	Proportion d'adultes reproducteurs	Concentration de la glace de mer	Automne	+
			Proportion d'adultes reproducteurs	Température de l'air	printemps	+
			Succès de reproduction	Température de l'air	printemps	+
Jenouvrier et al., 2005b	Manchot empereur	Terre Adélie	Survie des males adultes	Concentration de la glace de mer	hiver (SR)	+
			Survie des males et femelles adultes	Température de l'air	été (hors SR)	-
			Proportion d'adultes reproducteurs	Etendue de glace de mer	automne (début SR)	+
			Proportion d'adultes reproducteurs	Température de l'air	automne (début SR)	-
			Succès reproducteur	Southern Oscillation Index (El Niño)	annuel	+
Jenouvrier et al., 2005a	Furmar argenté	Terre Adélie	Succès reproducteur	Etendue de glace de mer	été	
Barbraud & Weimerskirch, 2005	Prion bleu	Kerguelen	Survie des individus inexpérimentés	Différentiel de hauteur de surface de l'eau (corrélé à la production primaire)	Octobre - Janvier	-
Jenouvrier et al., 2006	Manchot d'Adélie	Kerguelen	Survie adulte	Southern Oscillation Index (El Niño)	Annual	-
			Survie adulte	Indice intégratif glace / température de surface de l'eau	Hiver	-
Nevoux & Barbraud, 2006	Prion Belcher	Kerguelen	Survie adulte	Concentration de la glace de mer	hiver	-
			Succès de reproduction	Température de surface de l'eau	printemps	-
Harris et al., 2005	Macareux	Nord Est	Survie des adultes dans 5 colonies	Température de surface de l'eau	Hiver/printemps	-/+
	moine	Atlantique				
Møller et al., 2006a	Sterne arctique	Danemark	Dispersion de naissance et de reproduction	Température / Oscillation Nord Atlantique	Printemps / hiver	+
Møller et al., 2006b			Date de reproduction	Température / Oscillation Nord Atlantique	printemps	-
Grosbois et al., 2006	Mésanges bleues	Sud de la France et Corse	Survie adulte	Indice pluie et précipitation	été	o
				Indice pluie et précipitation	hiver	o
Nielsen & Møller, 2006	Epervier d'Europe	Danemark	Date de ponte	Température	printemps	-
Chamaille-Jammes et al., 2006	Lézard vivipare	Mont Lozère (France)	Survie	Température	Eté	+
			Reproduction	Température	été	+

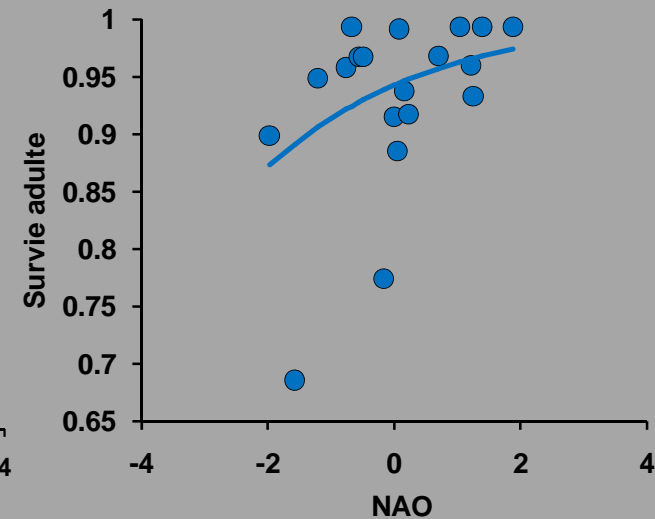
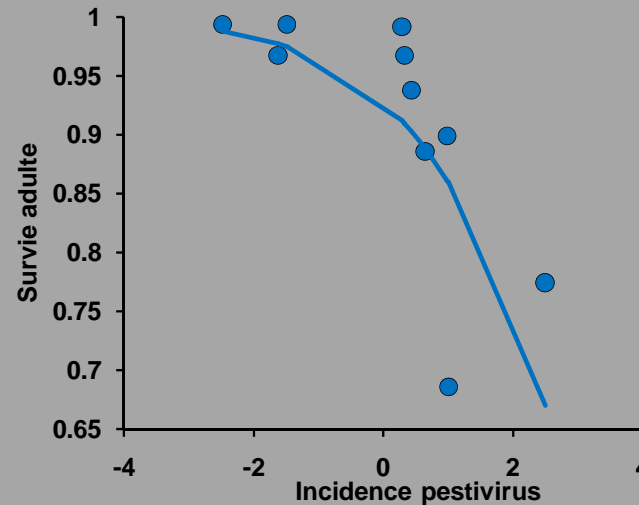
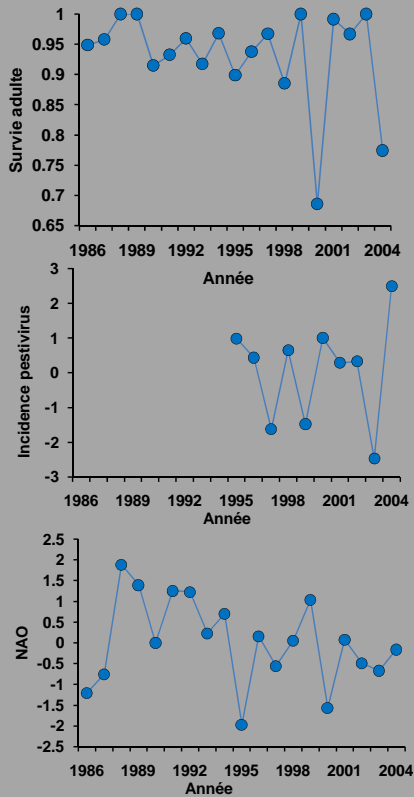
Les mécanismes démographiques



Axe études de cas: les conditions climatiques défavorables aggravent-elles l'impact d'un pestivirus sur la survie d'une population d'isards ?

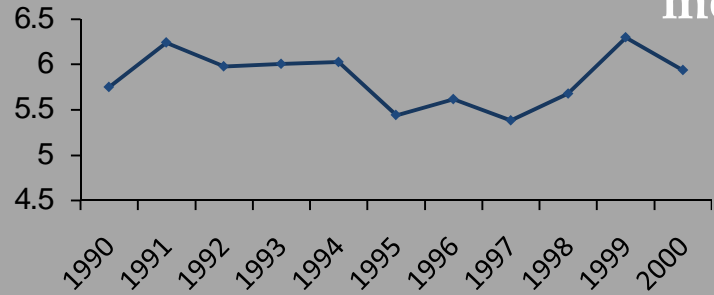
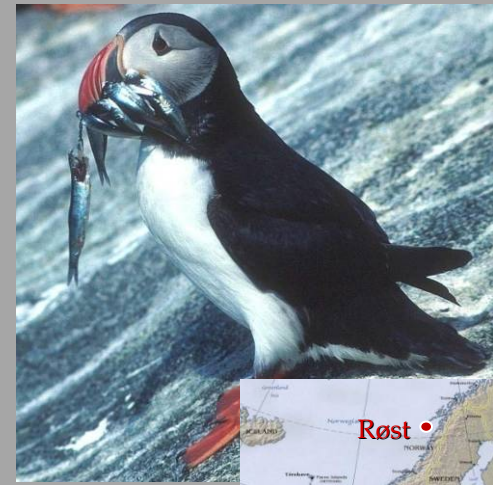


Modèle	delta AIC
Constant	16.12
Incidence(pestivirus)	2.71
NAO	8.9
Incidence(pestivirus)+NAO	0
Incidence(pestivirus) x NAO	0



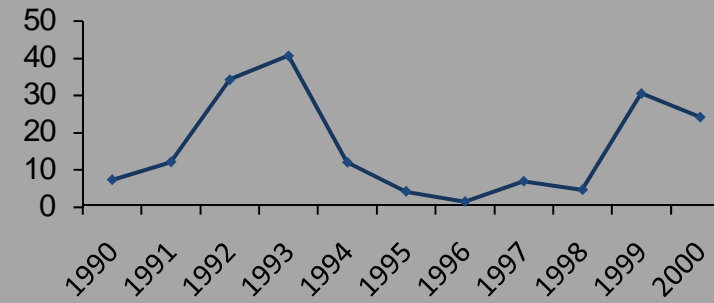
L'impact du pestivirus ne semble pas plus intense lorsque les conditions climatiques sont défavorables Pioz et al. (en préparation) *Impact of a pestivirus on the survival in a population of isards.*

Analyse de piste; effet direct ou indirect (via les ressources) du climat sur la survie des macareux moines



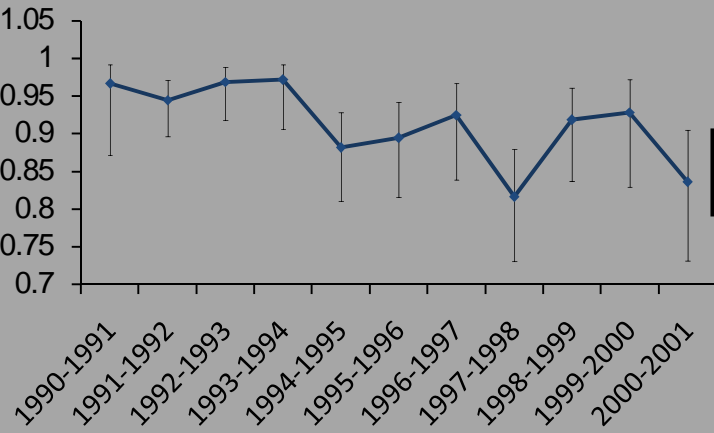
Température de surface de l'eau

$b=0.38 [-0.14; 0.88]$



Abondance des poissons fourrage (harengs)

$b=0.28 [-0.03; 0.58]$



Survie annuelle

$b=0.06 [-0.27; 0.36]$

La température de surface de l'eau influence la survie via son impact sur sur les ressources alimentaires

Axe méta-analyse: identifier les espèces ou groupes zoologiques les plus sensibles aux changements climatiques

- 29 espèces d'oiseaux: résultats publiés sur relation survie adulte facteur climatique
- Variations de l'impact du climat selon caractéristiques écologiques :

Habitat



Régime alimentaire



Statut migratoire



Longévité



Meta-analyse des effets du climat sur la survie adulte des oiseaux: méthode

1) Définir une mesure d'impact commune à toutes les études (Taille d'effet)

- Variation de survie pour une unité standard de variation de la variable climatique
- Une mesure de la précision de la taille d'effet

Meta-analyse des effets du climat sur la survie adulte des oiseaux: méthode

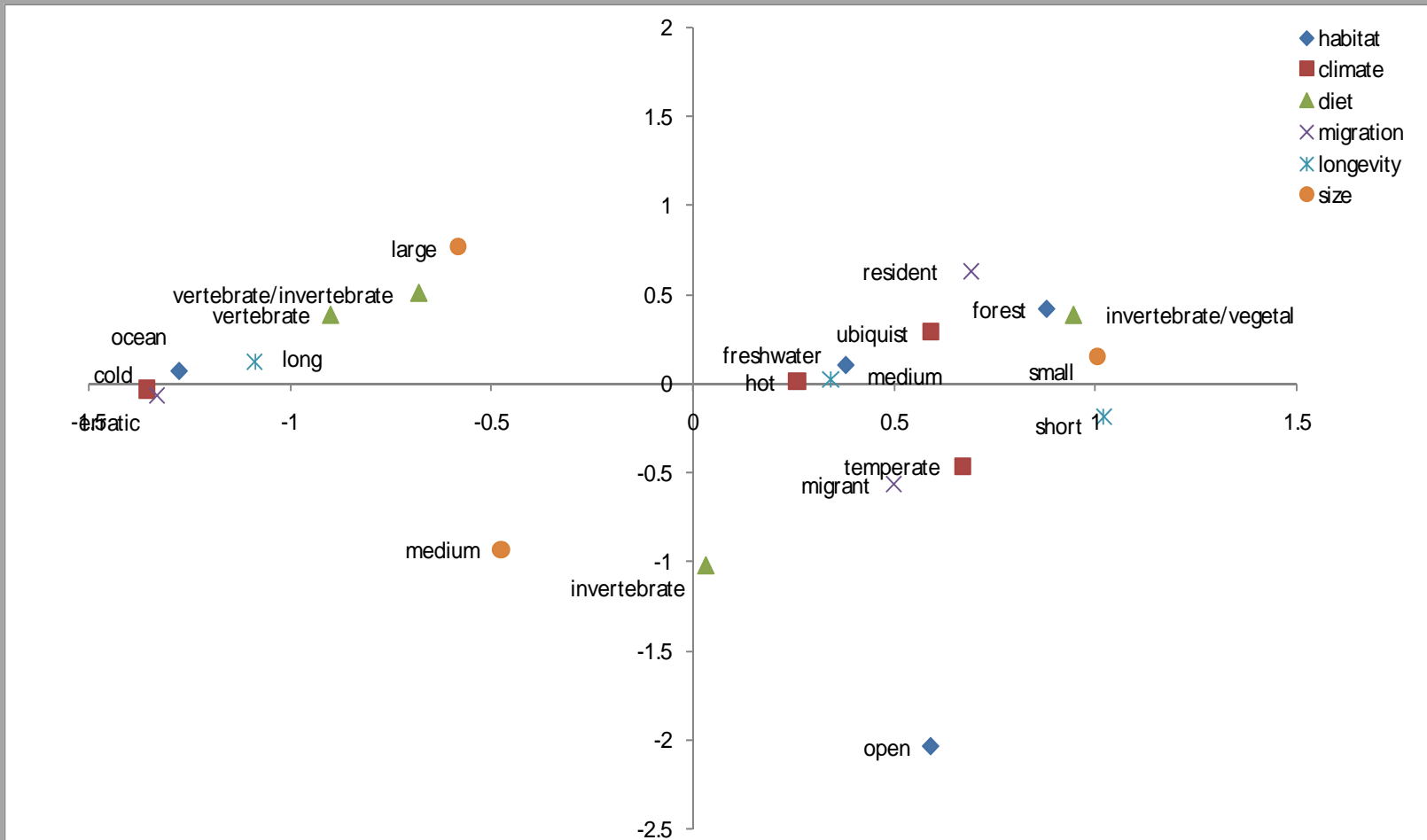
1) Définir une mesure d'impact commune à toutes les études (Taille d'effet)

- Variation de survie pour une unité standard de variation de la variable climatique
- Une mesure de la précision de la taille d'effet

2) Définir les facteurs de variation envisagés

- Régime alimentaire / Habitat / Niche climatique / Statut migratoire / Longévité / Taille
- Méthodes d'analyse multivariée pour définir des groupes d'espèces en fonction de l'ensemble des facteurs considérés

Regroupement des espèces en fonction de leurs attributs



Regroupement des espèces en fonction de leurs attributs

Oiseaux marins

Se nourrissent de vertébrés et invertébrés
Moyenne à forte longévité
Taille moyenne à grande
Zone climatique froide

Oiseaux forestiers

Residents
Se nourrissent d'invertébrés et de végétaux
Longévité faible à moyenne
Petite taille
Climat tempéré

Oiseaux eau douce

Migrateurs
Moyennement longévifs
Grande taille

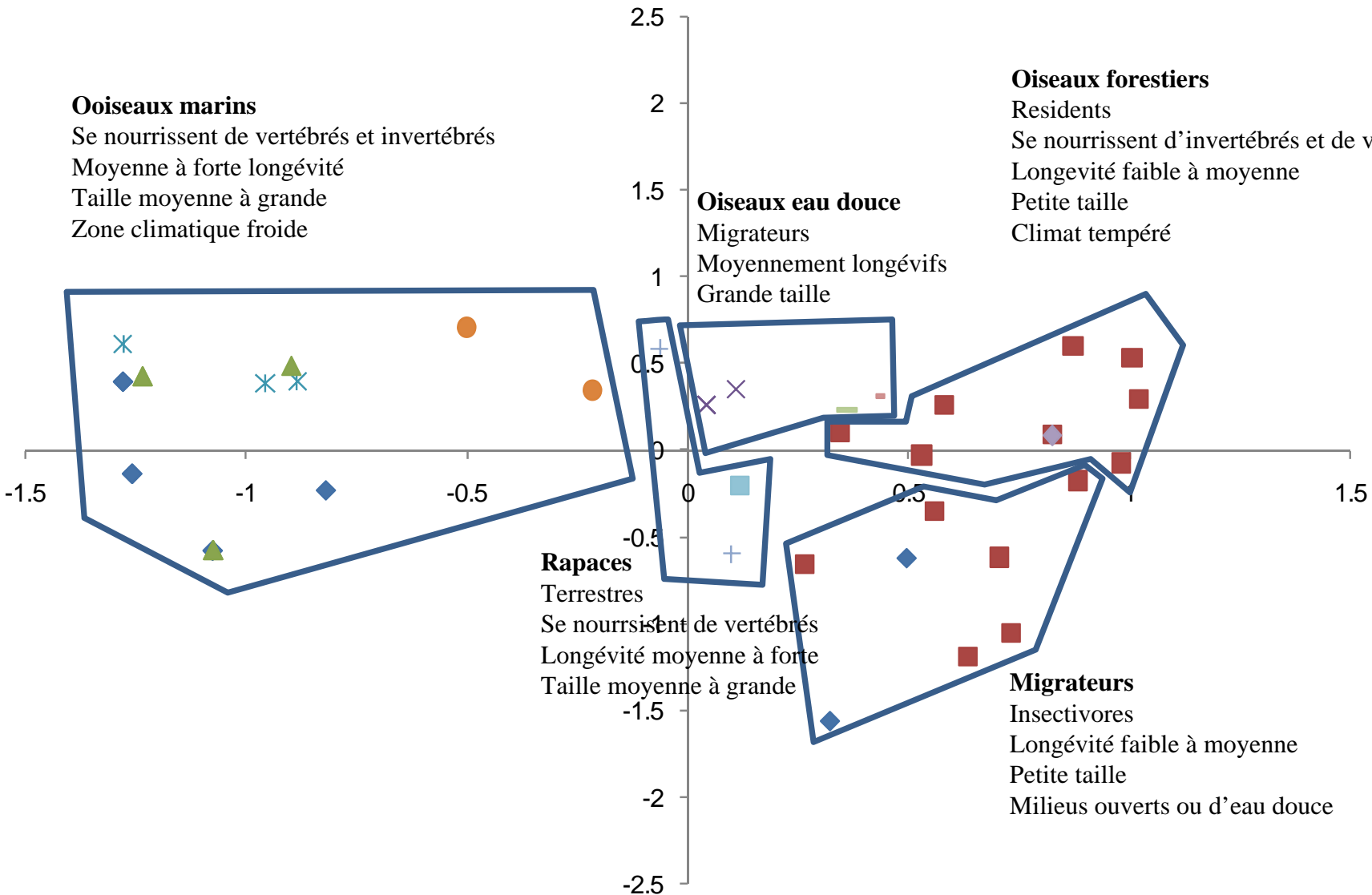
Rapaces

Terrestres
Se nourrissent de vertébrés
Longévité moyenne à forte
Taille moyenne à grande

Migrateurs

Insectivores
Longévité faible à moyenne
Petite taille
Milieus ouverts ou d'eau douce

- ◆ Cha
- Pas
- × Cc
- × Sphe
- Pel
- + Sri
- Ans
- Gru
- ◆ Pic
- Fal
- ▲ Proc



Meta-analyse des effets du climat sur la survie adulte des oiseaux: méthode

1) Définir une mesure d'impact commune à toutes les études (Taille d'effet)

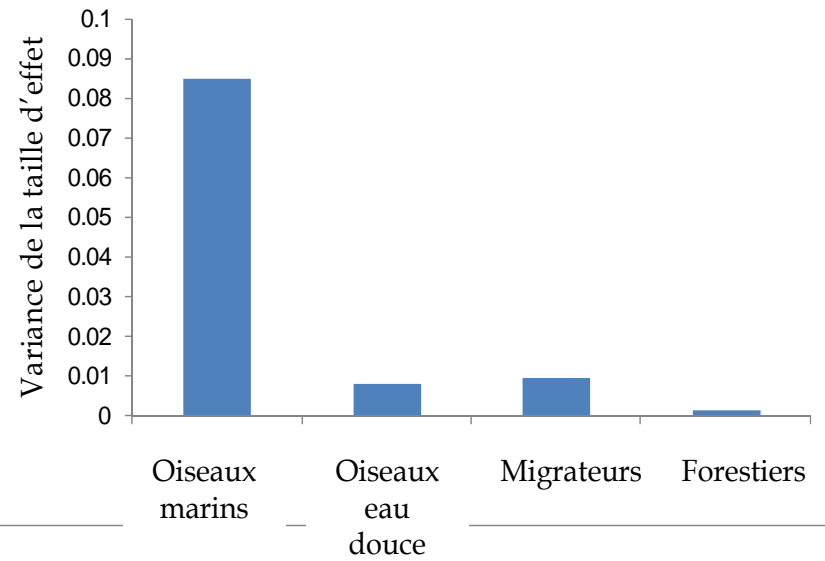
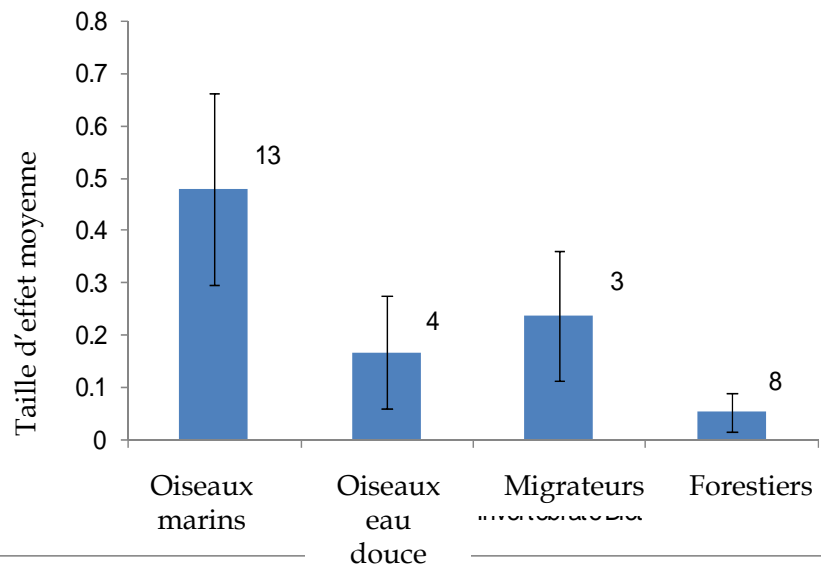
- Variation de survie pour une unité standard de variation de la variable climatique
- Une mesure de la précision de la taille d'effet

2) Définir les facteurs de variation envisagés

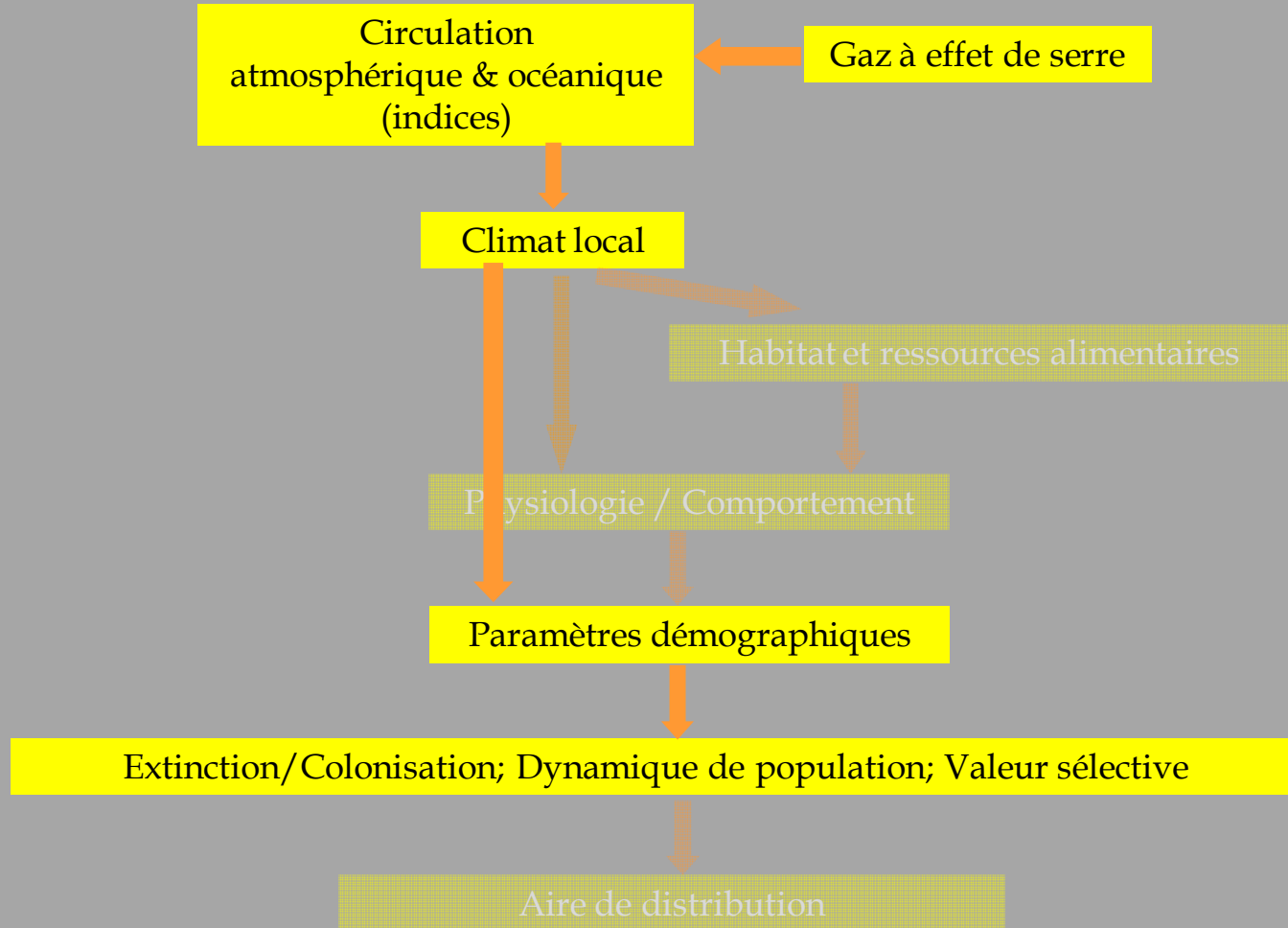
- Régime alimentaire / Habitat / Niche climatique / Statut migratoire / Longévité / Taille
- Méthodes d'analyse multivariée pour définir des groupes d'espèces en fonction de l'ensemble des facteurs considérés

3) Quantifier les variations de l'impact en fonction de ces facteurs

- Méthodes de méta-analyse
 - La taille d'effet a une certaine distribution pour chaque type d'étude
 - Estimation de la moyenne et de la variance de chaque distribution



Priorité: construction et étude de modèles prédictifs basés sur les processus démographiques



Etudes de sensibilité des populations aux changements de moyenne et variance des facteurs climatiques.