

Modélisation de la niche écologique des fétuques à feuilles fines: quels apports pour la conservation et la valorisation des ressources génétiques ?

Jean-Paul Sampoux¹ et Vincent Badeau²

1: INRA, Unité de Recherche Pluridisciplinaire Prairies et Plantes Fourragères, Lusignan, France
2: INRA, UMR Ecologie et Ecophysiologie Forestières, Champenoux, France



Introduction

➤ **Diversité spontanée des espèces cultivées**

- Vaste réservoir d'adaptation aux variations environnementales
- Utilisée comme ressource génétique par les améliorateurs

➤ **Optimiser les prospections de diversité spontanée**

→ connaître la distribution environnementale de la diversité

1. Connaître les conditions environnementales favorables à la présence des espèces
2. Connaître la distribution de la diversité au niveau intra-spécifique

⇒ Conditions environnementales favorables à la présence d'une espèce

=

niche écologique de l'espèce

Objectifs

Montrer en quoi des connaissances sur la niche écologique des espèces peuvent être utiles aux améliorateurs:

- Définir le concept de niche écologique d'une espèce
- Introduire les principes de la modélisation statistique de la niche écologique d'une espèce
- Indiquer des utilisations possibles des modèles de niche écologique pour la prospection et la gestion des ressources génétiques végétales d'origine spontanée

(exemple des fétuques à feuilles fines)

Le concept de niche écologique

➤ Hutchinson (1957):

✓ **La niche écologique d'une espèce:**

- un hyper-volume multi-dimensionnel
- chaque dimension = un paramètre abiotique ou biotique conditionnant la présence de l'espèce

✓ **La niche fondamentale:**

- toute la gamme de variation des paramètres environnementaux qui autorisent la présence de l'espèce en l'absence de compétition ou de prédation

✓ **La niche réalisée:**

- partie de la niche fondamentale dans laquelle l'espèce est effectivement présente

Modélisation statistique de la niche écologique des espèces

- **Construire une fonction de paramètres environnementaux qui prédit la probabilité de présence de l'espèce**
 - ✓ Modèle statistique établi à partir d'un jeu de données de calibration
 - Sites d'observation: - données d'occurrence de l'espèce
- données environnementales
 - ✓ Prédiction de la niche réalisée

Données pour la modélisation de niche d'espèce

➤ **Données d'occurrence de l'espèce aux sites d'observation**

→ Information de présence/absence ou d'abondance:

- ✓ campagnes de relevés d'espèces
- ✓ données d'herbier
- ✓ prospections de ressources génétiques

➤ **Données environnementales aux sites d'observation**

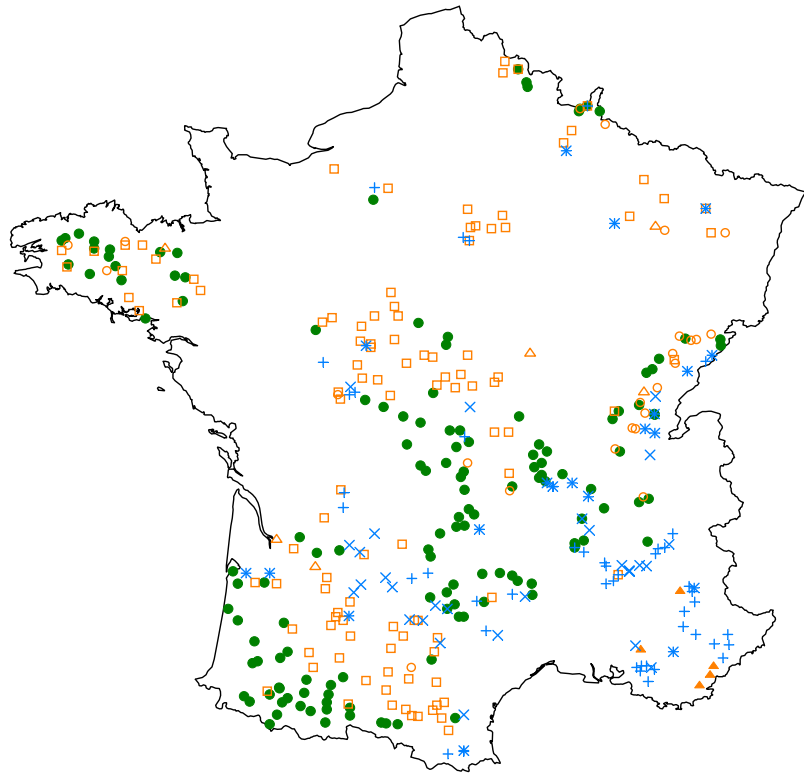
→ Paramètres physiques et bio-physiques:

- ✓ paramètres climatiques
- ✓ évapotranspiration potentielle
- ✓ ...

→ Autres:

- ✓ données édaphiques (texture du sol, réserve utile)
- ✓ couverture du sol, utilisation des sites
- ✓ autres espèces (compétitrices, prédatrices, facilitatrices)

Modélisation de la niche écologique des fétuques à feuilles fines en France



- *F. nigrescens*
- △ *F. rubra rubra*
- *F. rubra fallax*
- △ *F. trichophylla*
- *F. rubra peu rhizomateuse*
- + *F. ovina* diploïde
- × *F. ovina* tétraploïde
- * *F. ovina* hexaploïde

✓ Données d'occurrence des taxons

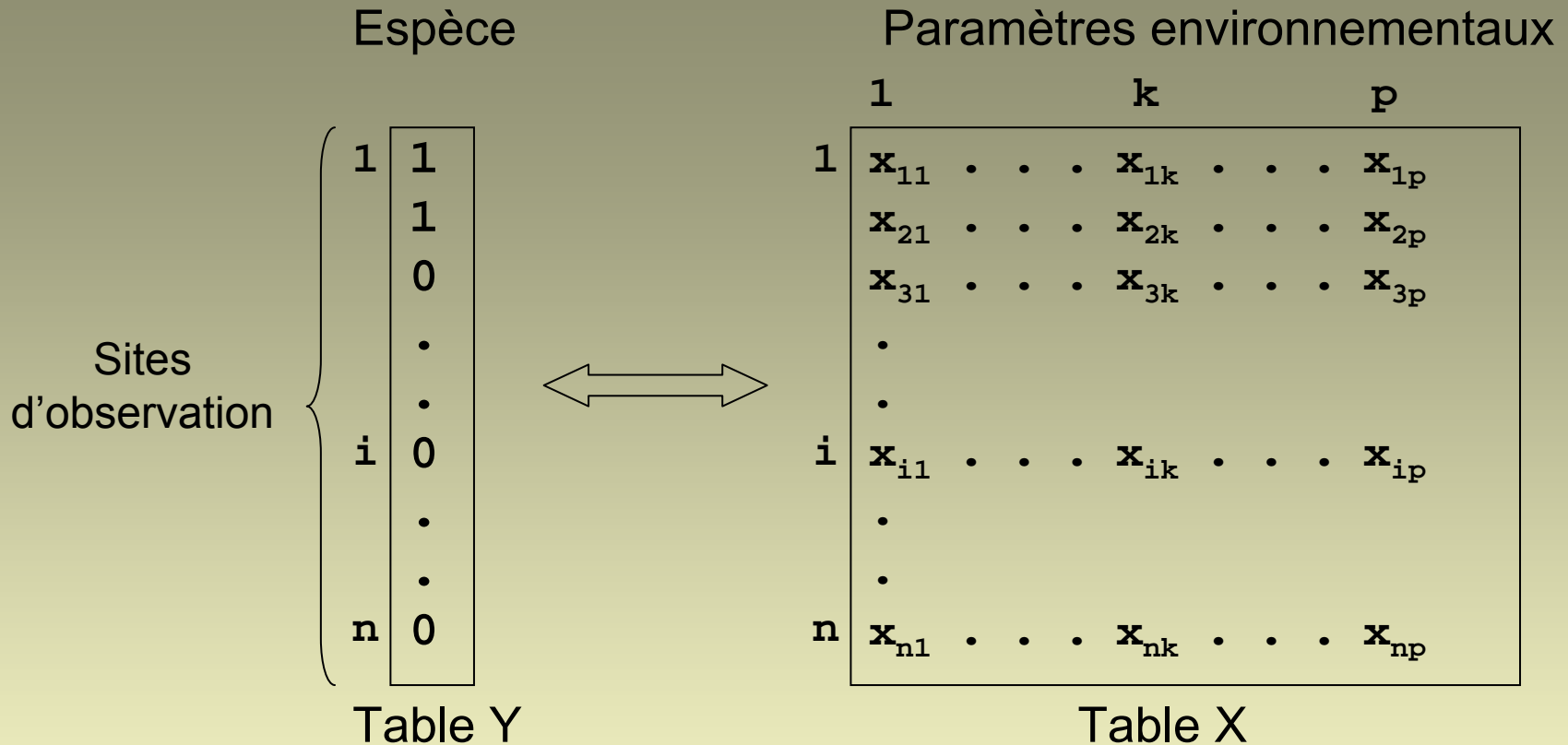
- 382 sites de collecte / observation

✓ Données environnementales

- Données Météo France 1x1 km
→ température et précipitations
- Images satellite
→ rayonnement solaire global
- Données passeport des prospecteurs
→ texture du sol, utilisation des sites



Modélisation de niche avec données de présence / absence



Régression logistique

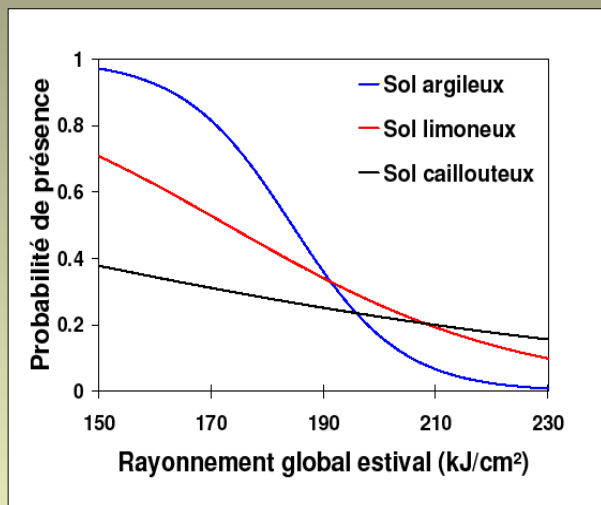
- $E(Y)$ = fonction lien (combinaison linéaire de variables prédictives)
- Y distribution binomiale, fonction lien = logistique

→ Y = observations de présence / absence de l'espèce

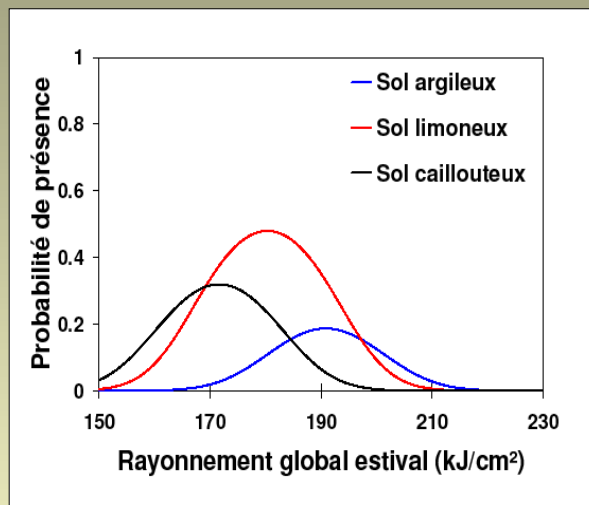
→ Variables prédictives = paramètres environnementaux

Modélisation par régression logistique pour les taxons de fétuque à feuilles fines

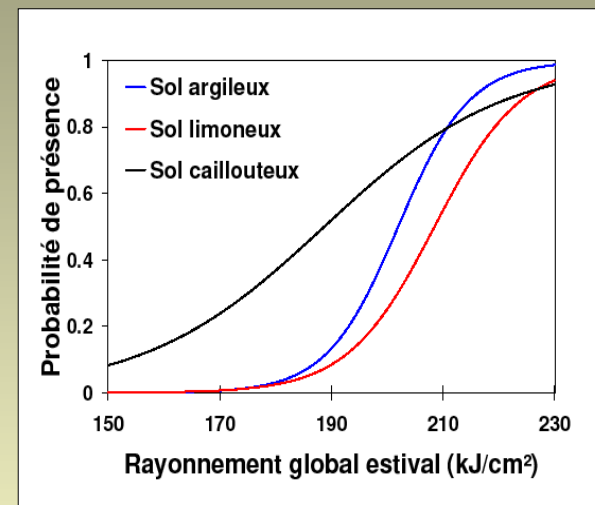
Courbe de réponse de la probabilité de présence des taxons
au rayonnement global estival



F. nigrescens



F. rubra fallax



F. ovina s.l.

Quelle utilisation des modèles de niche écologique ?

→ **une contribution aux sciences écologiques**

Exemple: la lignée des fétuques à feuilles fines

- ✓ La diversité adaptative des caractères contribue davantage que la variation du niveau de ploïdie à la diversité des niches des taxons
- ✓ Hauts niveaux de ploïdie (6x, 8x) meilleurs colonisateurs et compétiteurs que bas niveaux de ploïdie (2x, 4x)

Quelle utilisation des modèles de niche écologique ?

→ **Contribution à la prospection de ressources génétiques**

1. Prédiction de l'aire de présence des espèces

Modèle prédisant la probabilité de présence d'une espèce

+

Données de prédicteurs environnementaux sur grille à résolution fine

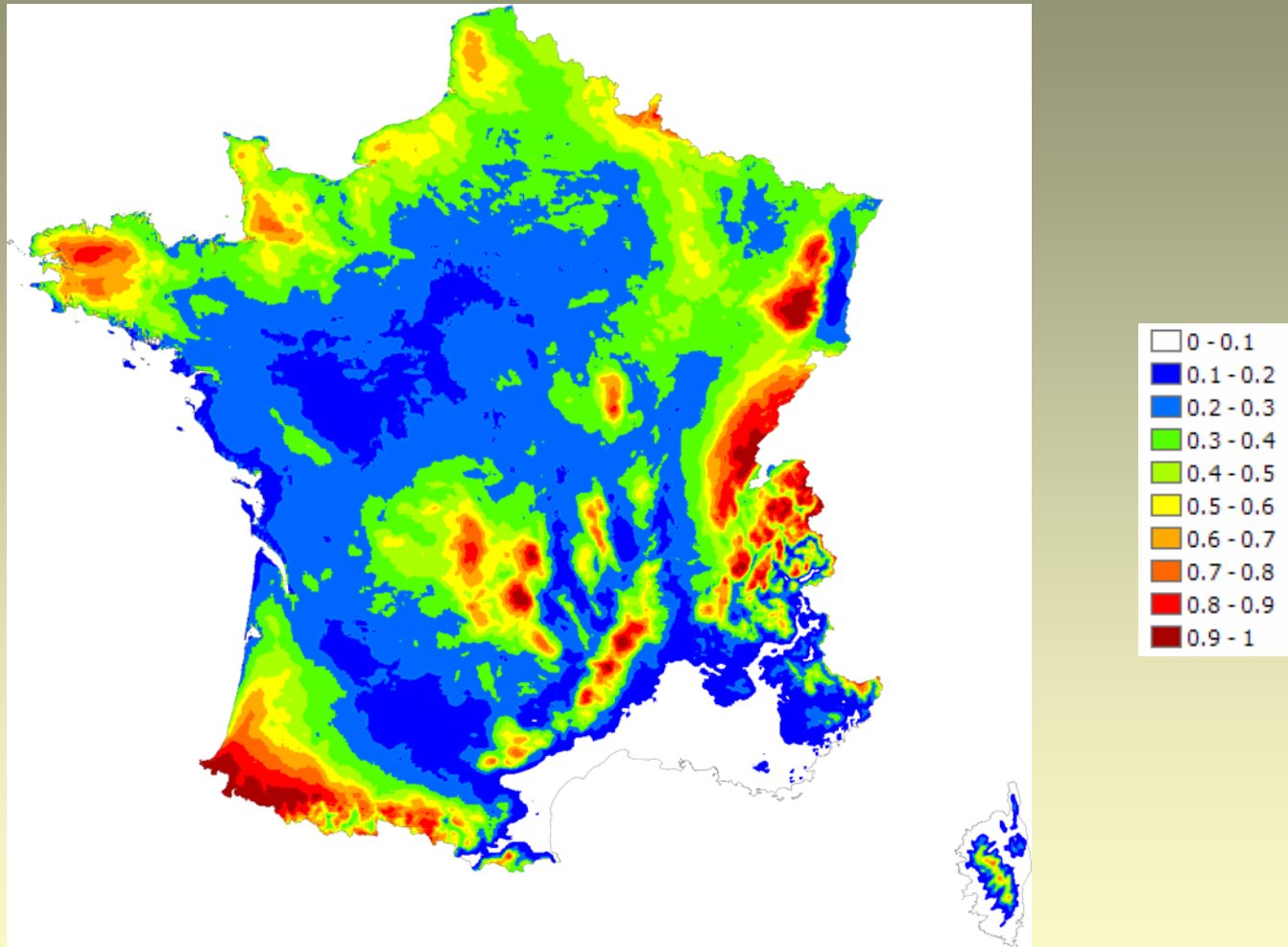
→ *Prédiction probabilité de présence espèce à chaque point de grille*

+

logiciel SIG

→ *Carte de probabilité de présence de l'espèce*

Carte de la probabilité de présence de *F. nigrescens* (niche climatique)

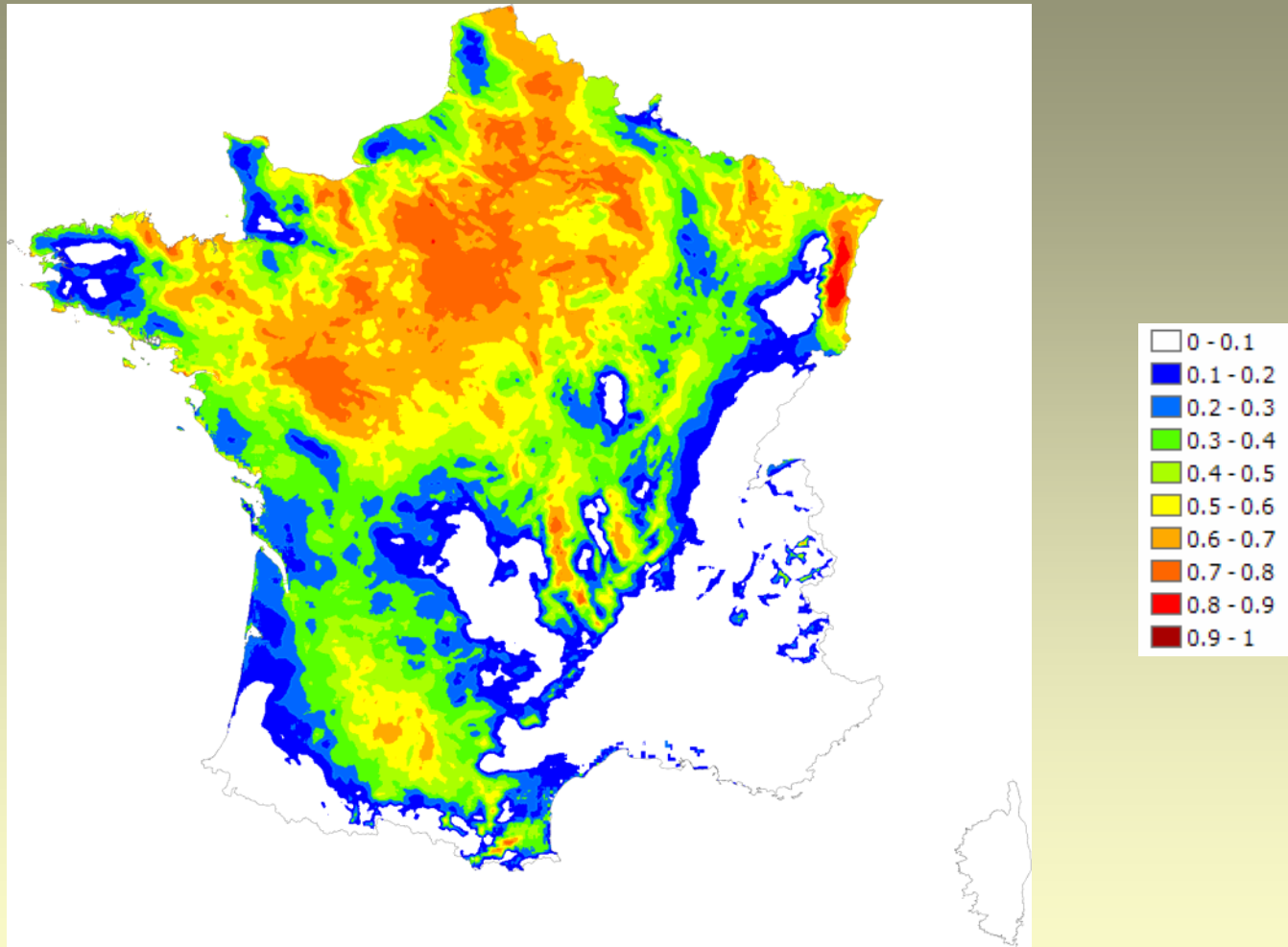


Modèle de régression logistique:

$\text{lin} = 7.69 + 0.0057 \times \text{précipitations printemps automne} - 0.06 \times \text{rayonnement estival}$

$\text{Prob (présence espèce)} = 1/(1+\exp(-\text{lin}))$

Carte de la probabilité de présence de *F. rubra fallax* (niche climatique)



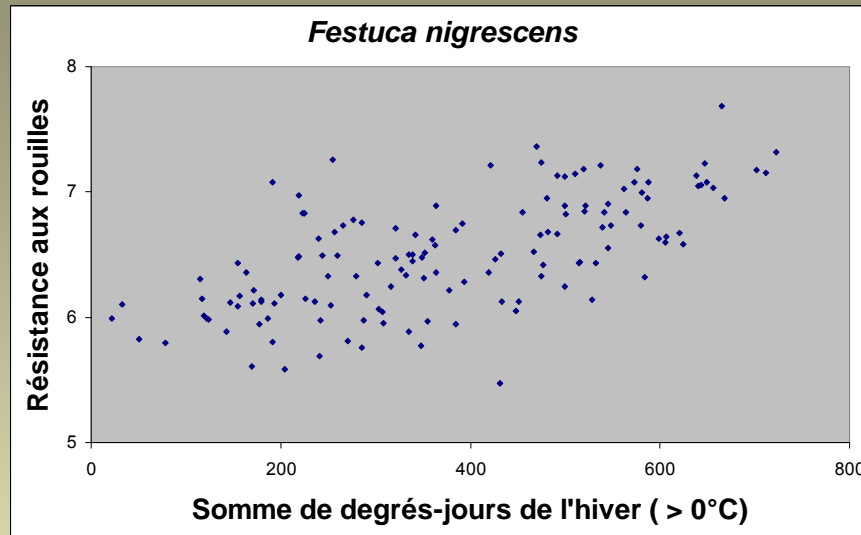
Modèle de régression logistique:

$$\text{lin} = - 69.3 - 0.011 \times \text{précipit. printemps automne} + 0.84 \times \text{ray. estival} - 0.0023 \times \text{ray. estival}^2$$

$$\text{Prob (présence espèce)} = 1/(1+\exp(-\text{lin}))$$

→ Contribution à la prospection de ressources génétiques

2. Recherche de phénotypes d'intérêt



1. Modèle linéaire de la résistance aux rouilles chez *F. nigrescens*

$$y = 5.60 + 0.0016 \text{ somme degrés-jours hiver} + 0.0063 \text{ rayonnement hiver} + \varepsilon$$

$$\varepsilon \rightarrow \mathcal{N}(0, \sigma), \sigma = 0.347$$

$$\text{prob (résistance aux rouilles} > t_0) = \text{fonction} [\Phi(t_0 - y)]$$

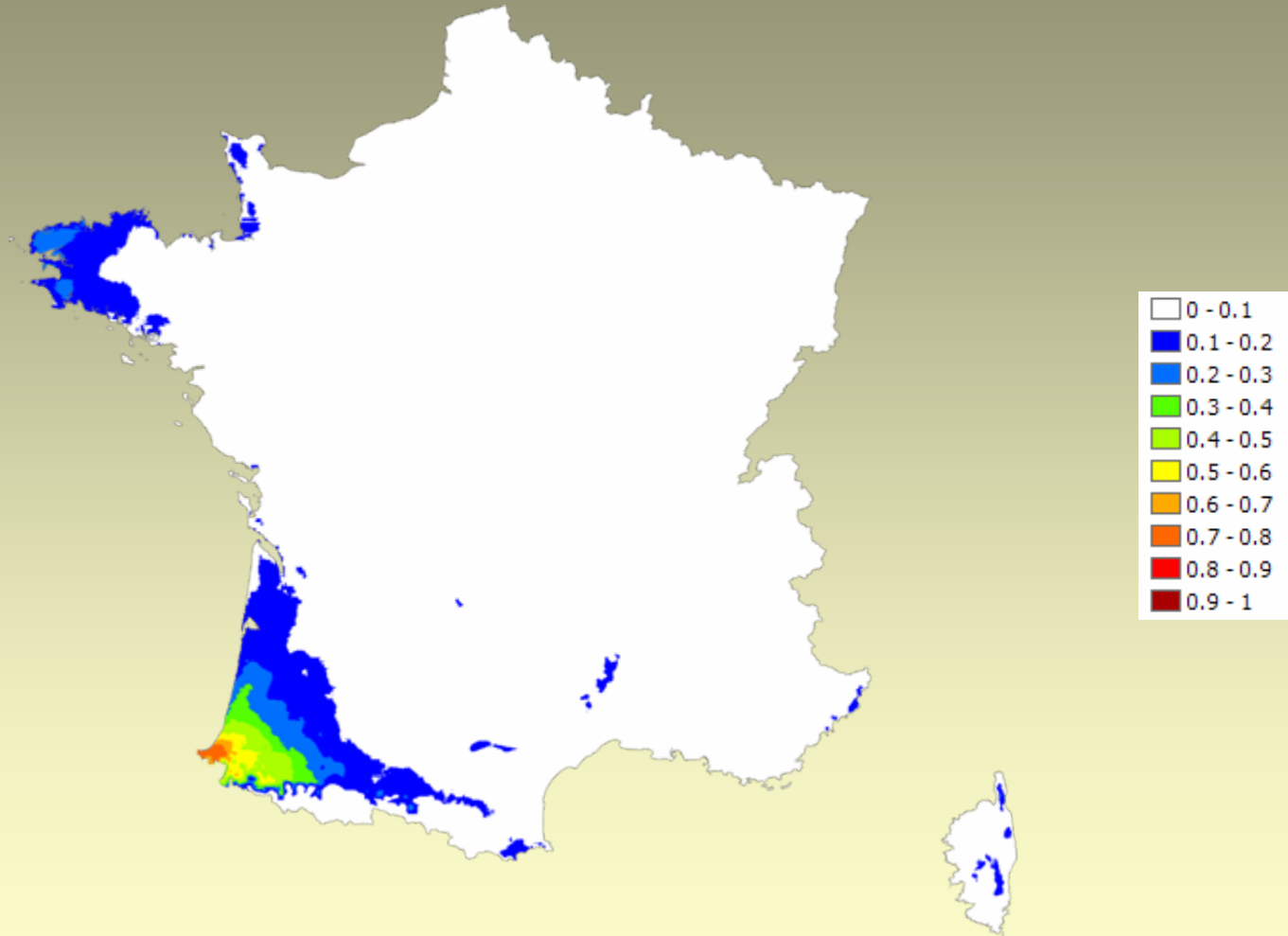
$$\Phi = \text{fonction de répartition de } \mathcal{N}(0, 1)$$

2. Prédiction de la probabilité de présence de populations de *F. nigrescens* résistantes aux rouilles

$$\text{prob (présence de } F.nigrescens \text{ avec résistance aux rouilles} > t_0) =$$

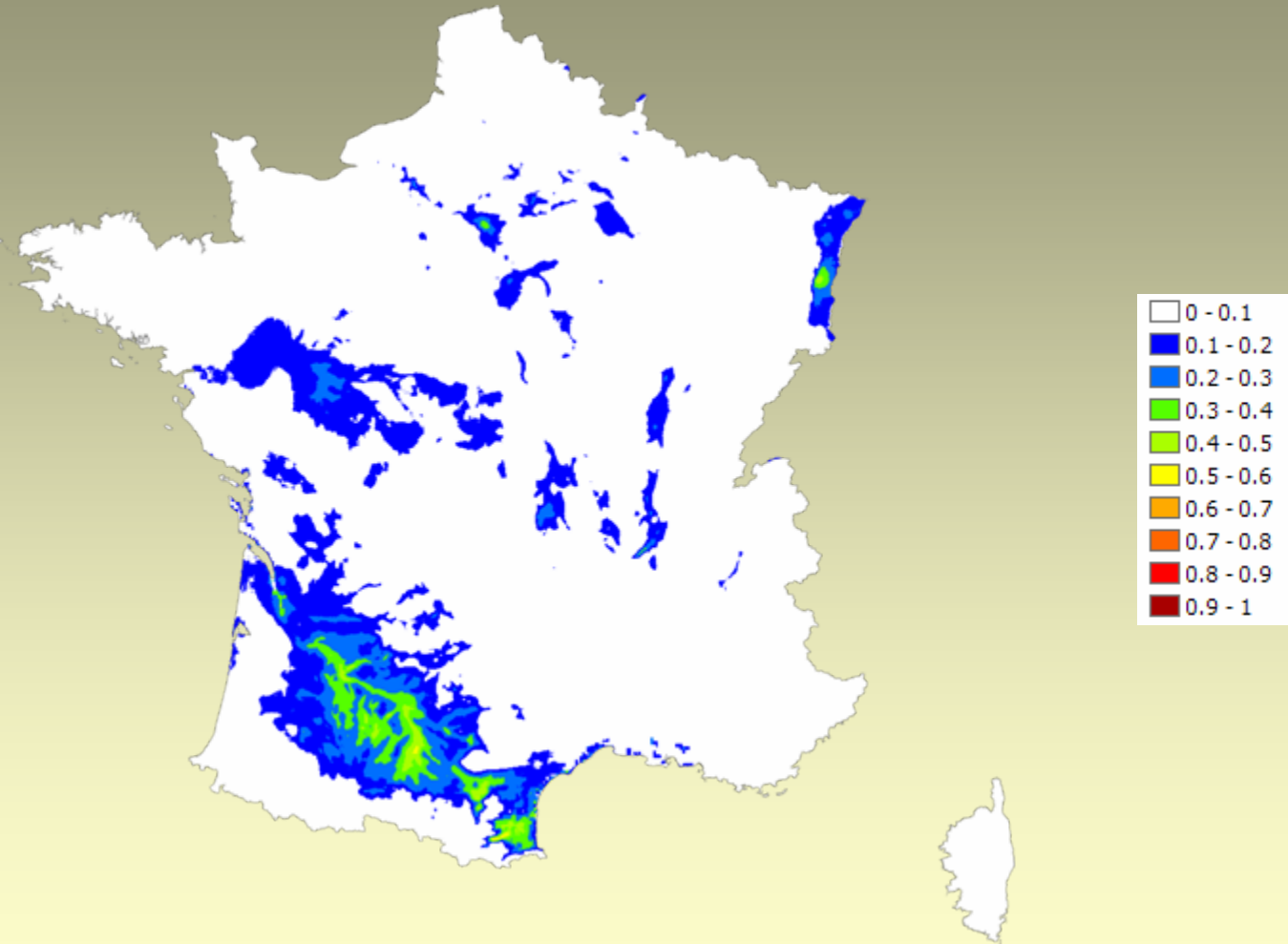
$$\text{prob (présence de } F. nigrescens) \times \text{prob (résistance aux rouilles} > t_0)$$

Carte de la probabilité de présence de populations de *F. nigrescens* résistantes aux rouilles



Résistance aux rouilles au moins dans le tiers supérieur des valeurs des accessions déjà en collection

Carte de la probabilité de présence de populations de *F. rubra fallax* avec des limbes très fins



Finesse des limbes au moins dans le tiers supérieur des valeurs des accessions déjà en collection

Quelle utilisation des modèles de niche écologique ?

→ **Contribution à la gestion des collections: sélection de core-collections**

➤ **Collections de ressources génétiques**

- Conserver la diversité la plus large possible
- Limites techniques à la taille des collections

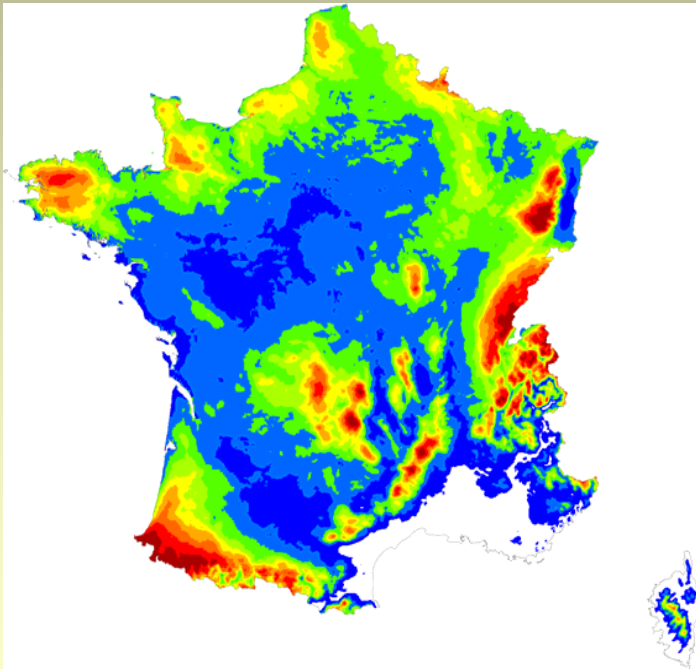
➤ **Core-collection:**

- Un nombre limité d'accessions représentant au mieux la diversité d'une collection plus vaste (Frankel and Brown, 1984)

Intégration d'un modèle de niche écologique dans la sélection d'une core-collection de populations spontanées

A partir d'une carte de probabilité de présence prédite d'une espèce:

- distinguer des aires de présence spatialement isolées
- grouper les accessions par aire d'origine spatialement isolée
- sélectionner des accessions indépendamment dans chaque groupe

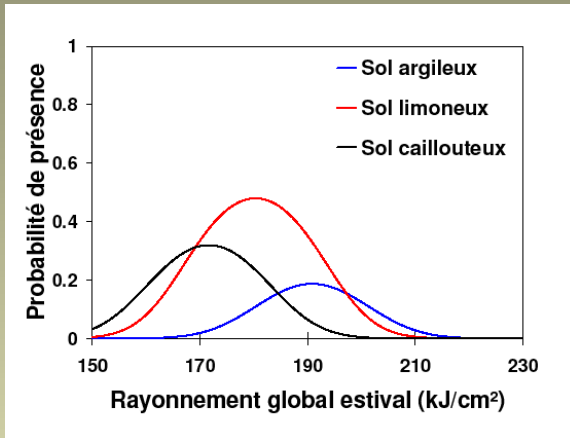


F. nigrescens

Avantage – Contrôle de:

- ✓ Possible différenciation génétique (phénotypique) maintenue par l'isolement spatial entre groupes
- ✓ Possibles barrières reproductives entre groupes spatialement isolés

Intégration d'un modèle de niche écologique dans la sélection d'une core-collection de populations spontanées



F. rubra fallax

Site à faible probabilité de présence de l'espèce

- Faibles changements environnementaux
→ Site impropre à la présence de l'espèce

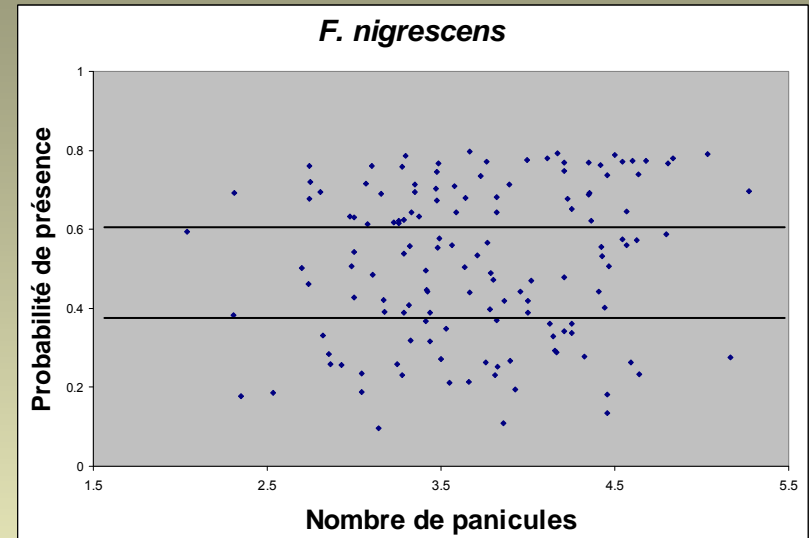
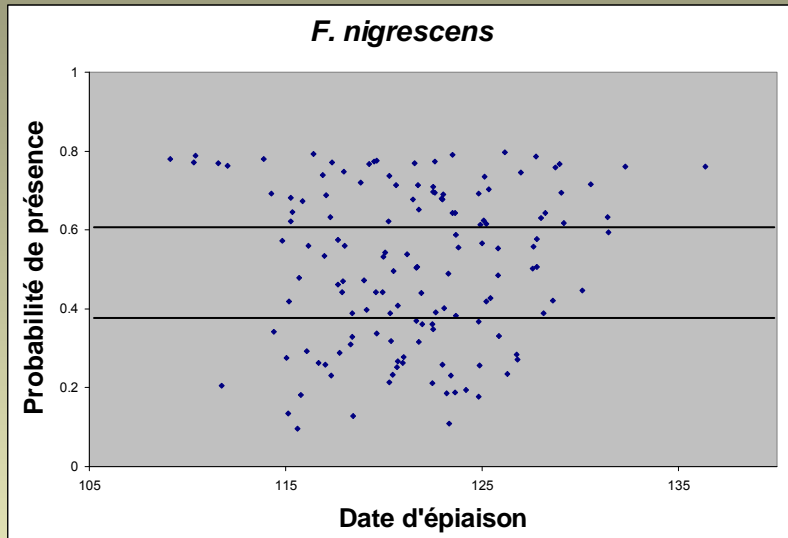
Déterminants environnementaux principaux sous-optimaux

- Présence de l'espèce plus dépendante de déterminants environnementaux secondaires
→ prospection plus difficile

→ Retenir délibérément une part de la diversité de sites à faible probabilité de présence de l'espèce

→ Stratification de la collection en classes de probabilité de présence de l'espèce aux sites de collecte

Présence de l'espèce et valeur des caractères



- Pas nécessairement de relation entre probabilité de présence et valeur des caractères
- Sélectionner les accessions dans chaque classe de probabilité de présence par une méthode qui maximise la diversité de l'échantillon sélectionné

Intégration d'un modèle de niche écologique dans la sélection d'une core-collection de populations spontanées

1. Identifier des aires de présence isolées spatialement (génétiquement)
2. Stratifier les aires de présence isolées en deux ou trois classes de probabilité de présence de l'espèce
3. Sélectionner les accessions dans chaque classe en maximisant un critère de diversité (par exemple Principal Component Score de Noirod et al., 1996)

⇒ Evolution du concept de core-collection:

Ressources génétiques → Conservation de la diversité

Conclusions

- **La modélisation statistique de la niche écologique des espèces et la valorisation des modèles obtenus sont facilités par:**
 - la disponibilité croissante de bases de données environnementales à résolution fine
 - le développement des logiciels SIG
 - **Les modèles de niche écologique des espèces peuvent améliorer:**
 - l'organisation des campagnes de prospection de diversité spontanée
 - la sélection de core-collections
- ⇒ **Intérêt pour:**
- toute espèce cultivée disposant d'un compartiment de diversité spontanée
 - espèces sauvages apparentées aux espèces cultivées

Contributeurs

Co-auteur:

Vincent Badeau

INRA, Centre de Nancy

UMR Ecologie et Ecophysiologie Forestières, Champenoux

→ réalisation des cartes SIG

ACVF (Association des Créateurs de Variétés Fourragères):

Carneau, Barenbrug, DLF, REGA, R2N

→ prospection et évaluation des populations de fétuques à feuilles fines