



**Peut-on prédire l'intensité de maladie dans les champs en fonction de la composition variétale du paysage?
Réponse à la question par une approche bayésienne.**

David Blanchard, Hervé Monod, Christian Lannou



Introduction

1) Uniformisation du paysage cultivé

- Culture de blé : 10% du territoire français
- Peu de diversité variétale
- Meilleur rendement



1) Uniformisation du paysage cultivé

- Problèmes :

- impact sur la biodiversité

- uniformisation de l'alimentation

- dispersion plus rapide des pathogènes.



1) Uniformisation du paysage cultivé

- Solution :
 - utilisation accrue d'intrants
- Problèmes :
 - impact sur la santé
 - coût



2) Diversité variétale

- Y a t-il des solutions plus saines visant à réduire la maladie ?

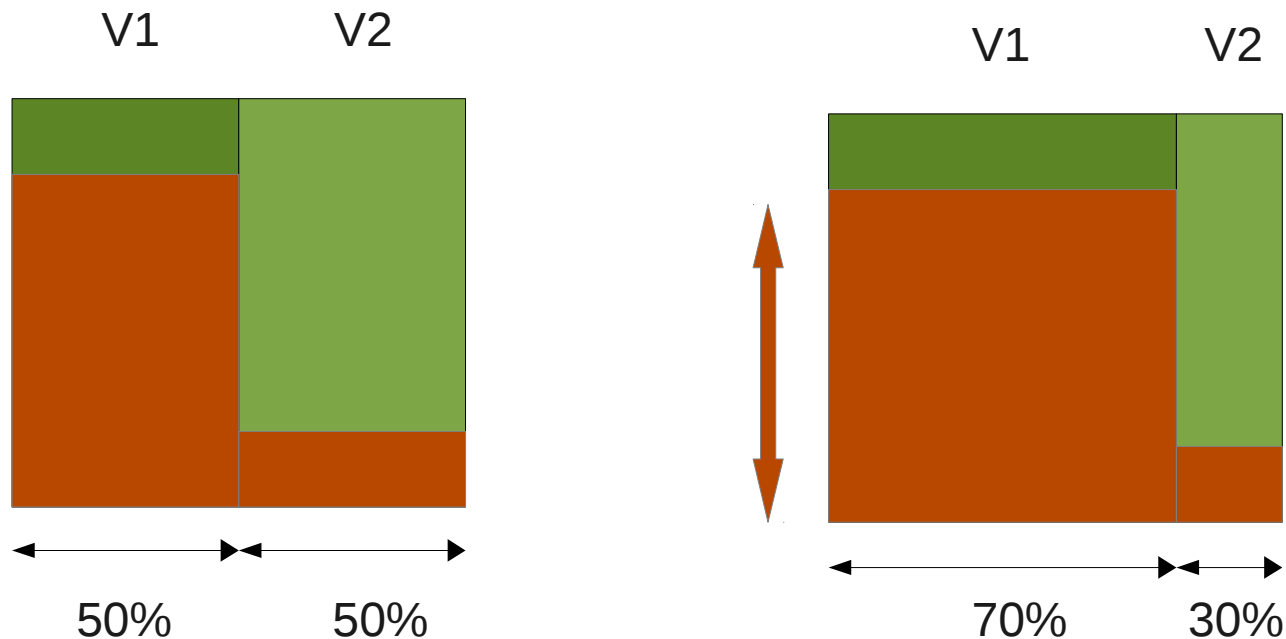
- mélange variétal
à l'échelle du champs.



- diversité variétale
à l'échelle du paysage.

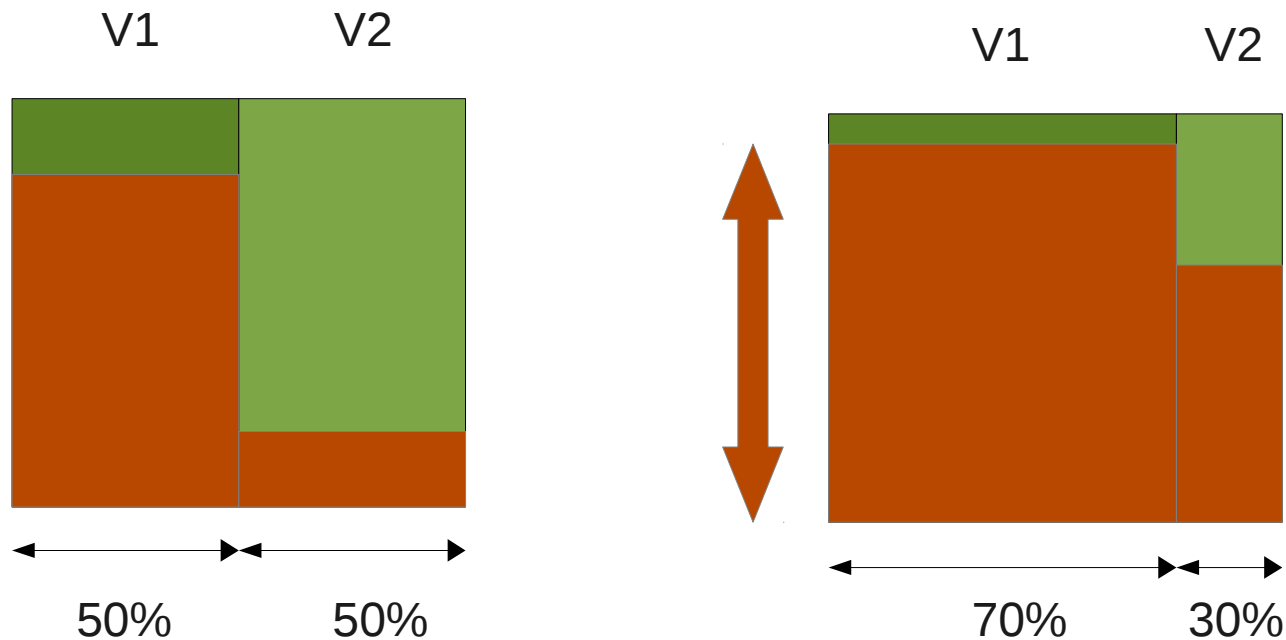
2) Diversité variétale

- La structure variétale du paysage joue t-elle dans la détermination de la quantité de maladie globale du paysage ?
- Réponse : oui !



2) Diversité variétale

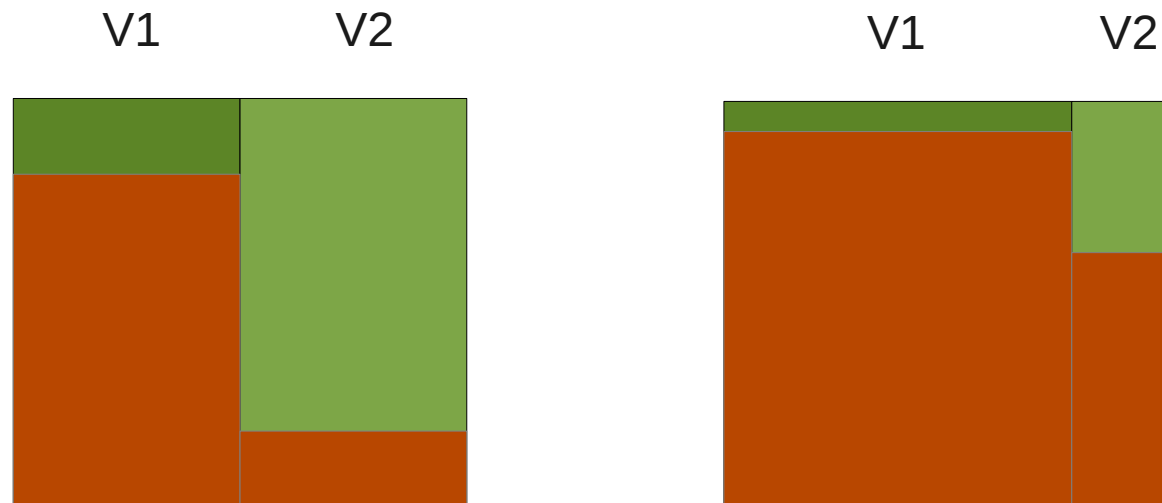
- La structure variétale du paysage joue t-elle dans la détermination de la quantité de maladie de chaque variété ?



2) Diversité variétale

- Pourquoi cette question est légitime ?

Si v1 et v2 sont sensibles à une même souche du pathogène, la forte présence de v1 dans le paysage peut influencer la quantité de maladie sur v2.



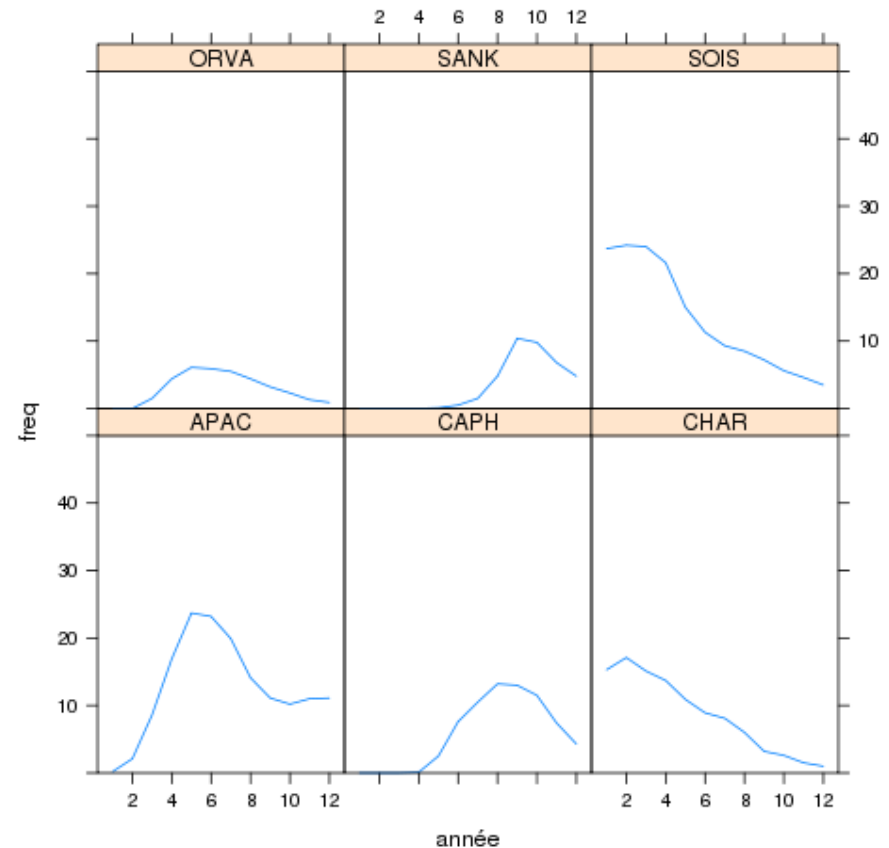
Présentation des données

1) Données sur l'hôte

- Fréquences de 6 variétés de blé à l'échelle départementale sur la période 1999-2010.

- 50% du paysage cultivé.

- Notation : $f_{v,t,d}$



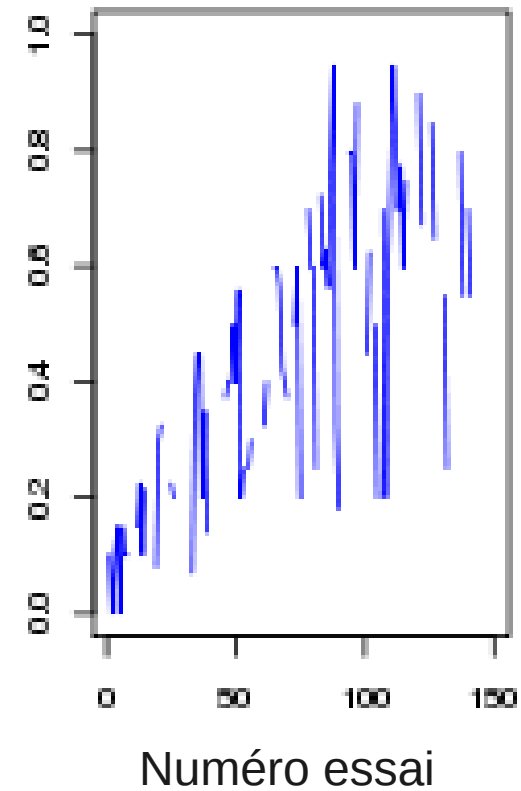
2) Données sur la maladie

- 617 notes de maladie sur l'ensemble des 6 variétés dans 150 essais.
- Notation : $X_{v,e}$
- Correspond à la proportion de la feuille infectée par la maladie.

2) Données sur la maladie

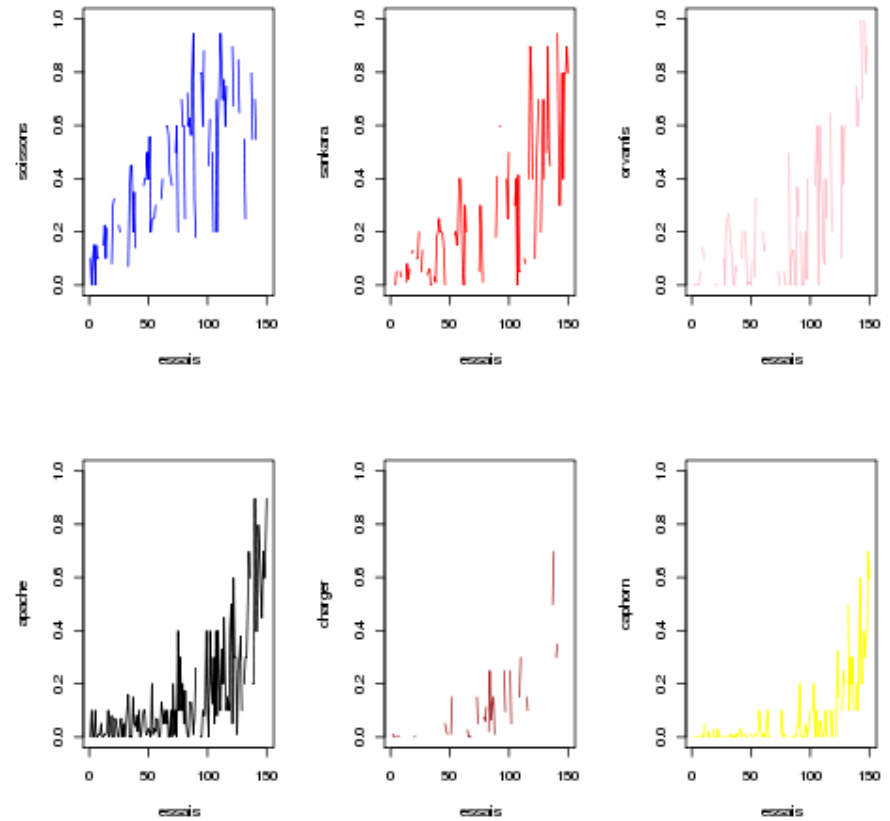
- On constate :
 - un effet essai

Variété Soissons

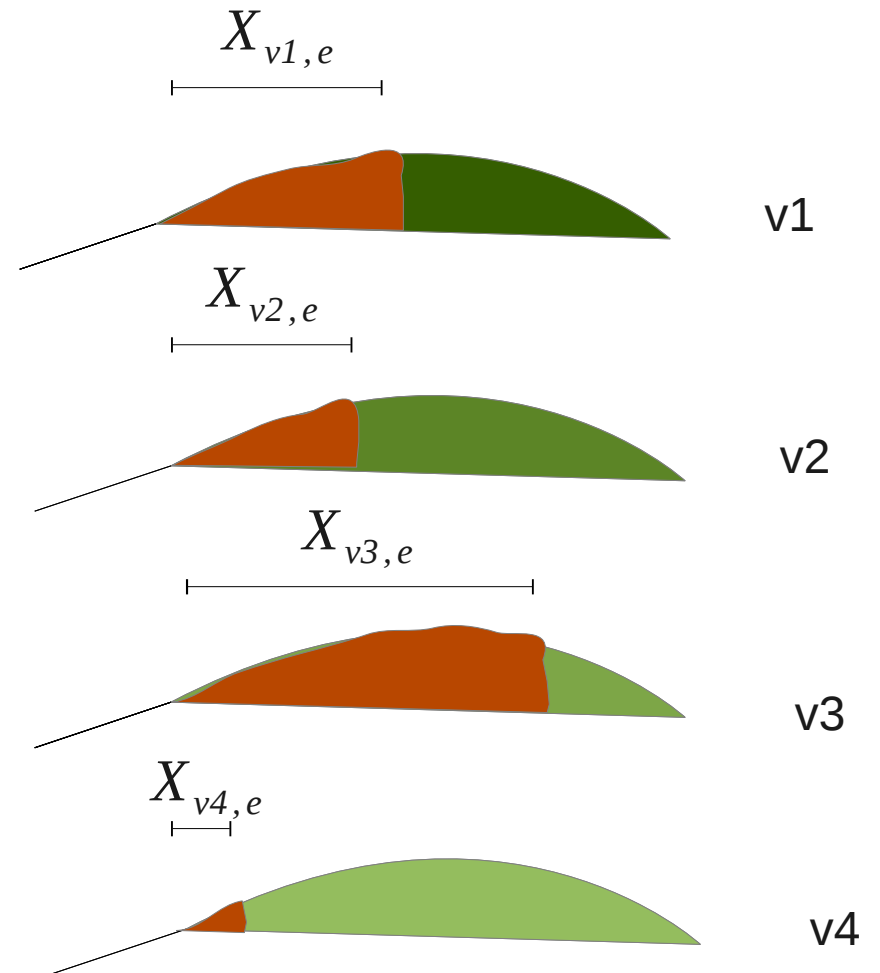
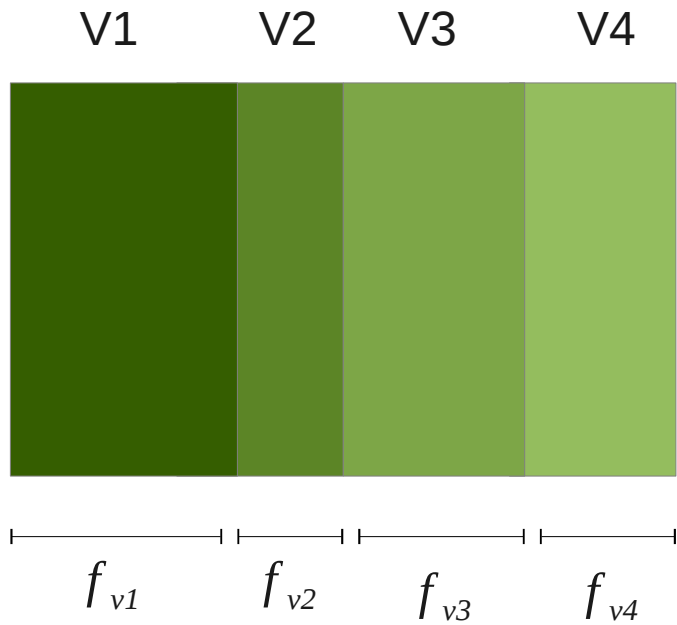


2) Données sur la maladie

- On constate :
 - un effet essai
 - un effet variétal



3) Résumé



Modélisation

1) Choix bayésien

- Modèle hiérarchique
- Certains paramètres positifs



2) Modélisation de la note

- $0 \leq X_{v,e} \leq 1$, donc X modélisé par une loi bêta d'écart-type un paramètre σ .
- On décompose l'espérance comme un effet essai, modélisé par un paramètre α_e , et un facteur génétique $\mu_{v,t,d}$.

$$X_{v,e} \sim \text{Beta}(\alpha_e \mu_{v,t,d}, \sigma)$$

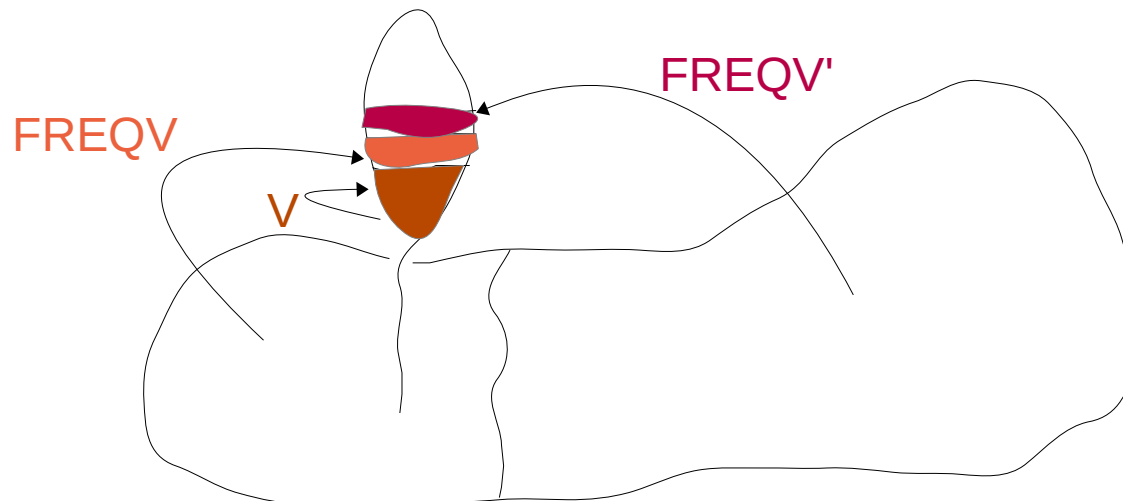
3) Modélisation de $\mu_{v,t,d}$

- On relie $\mu_{v,t,d}$ à une quantité $Q_{v,t,d}$ de maladie sur la variété v dans le département d l'année t :

$$\left\{ \begin{array}{l} \mu_{v,t,d} = \frac{Q_{v,t,d}}{Q_{v,t,d} + 1} \\ X_{v,e} \sim \text{Beta}(\alpha_e \mu_{v,t,d}, \sigma) \end{array} \right.$$

4) modélisation de $Q_{v,t,d}$

- $Q_{v,t,d}$: combinaison de 3 termes :
 - α_v : quantité de maladie due à la variété v (**V**)
 - $\beta_v f_{v,t,d}$: quantité de maladie due à la présence de v dans le paysage. (**FREQV**)
 - $\sum_{v' \neq v} \beta_{v',v} f_{v',t,d}$: quantité de maladie due à la présence des autres variétés dans le paysage. (**FREQV'**)



4) modélisation de $Q_{v,t,d}$

- On testera les 3 modèles suivants :

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_{v,t,d} = \alpha_v \quad (\mathbf{V}) \\ \mu_{v,t,d} = \frac{Q_{v,t,d}}{Q_{v,t,d}+1} \\ X_{v,e} \sim \text{Beta}(\alpha_e \mu_{v,t,d}, \sigma) \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} Q_{v,t,d} = \beta_v f_{v,t,d} + \sum_{v' \neq v} \beta_{v',v} f_{v',t,d} \quad (\mathbf{FREQV} + \mathbf{FREQV}') \\ \mu_{v,t,d} = \frac{Q_{v,t,d}}{Q_{v,t,d}+1} \\ X_{v,e} \sim \text{Beta}(\alpha_e \mu_{v,t,d}, \sigma) \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_{v,t,d} = \alpha_v + \beta_v f_{v,t,d} + \sum_{v' \neq v} \beta_{v',v} f_{v',t,d} \quad (\mathbf{V} + \mathbf{FREQV} + \mathbf{FREQV}') \\ \mu_{v,t,d} = \frac{Q_{v,t,d}}{Q_{v,t,d}+1} \\ X_{v,e} \sim \text{Beta}(\alpha_e \mu_{v,t,d}, \sigma) \end{array} \right.$$

5) Implémentation bayésienne

- Méthode MCMC, logiciel Jags.
- A priori : $\alpha_e, \sigma \sim U(0,1)$ $\alpha_v, \beta_v, \beta_{v',v} \sim U(0,10)$
- 2 chaînes de 5000 points.
- Convergence validée avec le critère de Gelman-Rubin.

Evaluation des modèles

1) DIC

Termes du modèle	DIC
V	-1417
FREQV+FREQV'	-1536
V+FREQV+FREQV'	-1543

2) Evaluation du classement variétal

$$X_{v,e} \sim \text{Beta}(\alpha_e \mu_{v,t,d}, \sigma)$$

- Est on capable de prédire $\mu_{v,t,d}$, et plus précisément $\mu_{v,t,d} - \mu_{v',t,d}$?
- La donnée du paysage permet elle d'améliorer cette prédiction ?
- Posons $D\hat{\mu}_{v,v',e} = E(\mu_{v,e} - \mu_{v',e})$

2) Evaluation du classement variétal

- On prédit cette quantité $D\hat{\mu}$ au moyen d'une validation croisée :

Echantillon d'entraînement	Echantillon test
1999-2008	2009-2010

- On la compare au proxy :

$$D\hat{Z}_{v,v',e} = E\left(\frac{X_{v,e}}{\alpha_e} - \frac{X_{v',e}}{\alpha_e}\right)$$

- La comparaison sera faite au moyen :
 - de la corrélation de Pearson.
 - de l'Erreur Quadratique Moyenne.

2) Evaluation du classement variétal

Termes du modèle	Corrélation de Pearson	EQM
V	0,80	0,093
FREQV+FREQV'	0,71	0,189
V+FREQV+FREQV'	0,72	

2) Evaluation du classement variétal

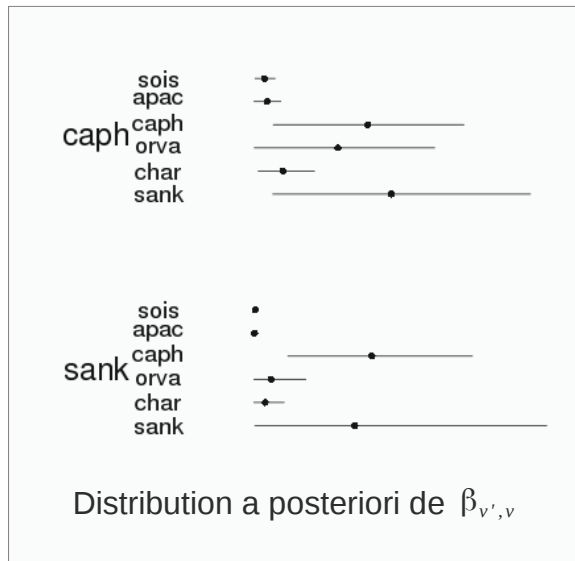
- Quels résultats pour des validations croisées sur d'autres années ?

Apprentissage	Test	Corrélation de Pearson			EQM		
		V	FREQV +FREQV'	V +FREQV +FREQV'	V	FREQV +FREQV'	V +FREQV +FREQV'
99-02	2003	0,833	0,765	0,758	0,054	0,361	0,346
00-03	2004	0,373	0,391	0,402	0,144	0,264	0,259
01-04	2005	0,045	0,158	0,423	0,184	0,670	0,550
02-05	2006	0,364	0,325	0,369	0,522	2,49	2,62
03-06	2007	0,611	0,529	0,522	0,179	0,338	0,368
04-07	2008	0,475	0,608	0,655	0,184	0,242	0,230
05-08	2009	0,720	0,673	0,521	0,098	0,145	0,208
06-09	2010	0,841	0,914	0,615	0,260	0,156	0,421
moyenne		0,534	0,545	0,533	0,203	0,583	0,625

3) Influence du paysage

- La composition du paysage joue t-elle sur la maladie ?

$$Q_{v,t,d} = \beta_v f_{v,t,d} + \sum_{v' \neq v} \beta_{v',v} f_{v',t,d}$$



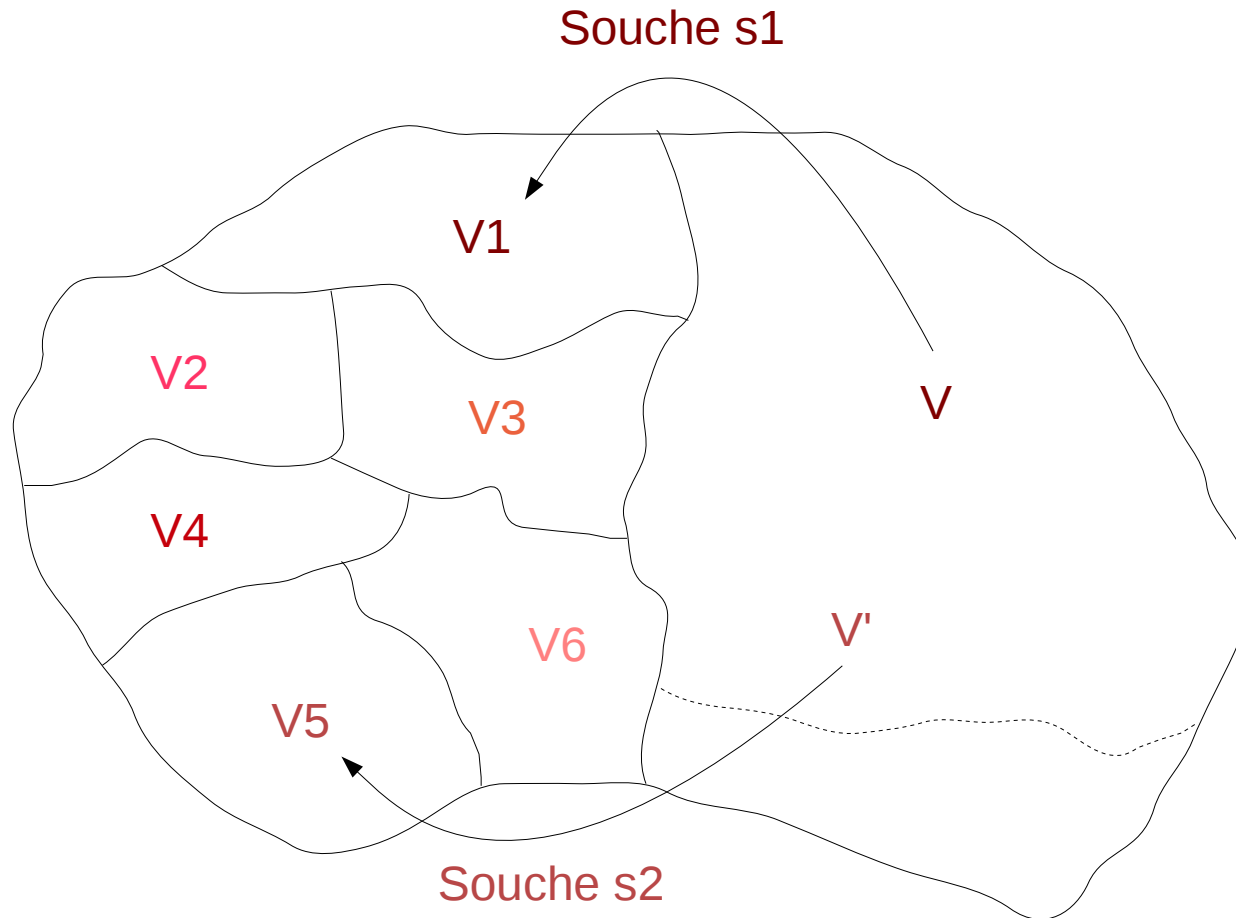
	Soissons-Isengrain	Apache	Caphorn	Orvantis	Charger-Trémie	Sankara-Aubusson	Prémio
« 073100 »	363	16	4	8	20	1	1
« 106314 »	55	85	96	14	51	129	25
« 077317 »	50	28	8	23	19	1	0
« 016206 »	8	28	17	25	31	0	0
« 006xxx »	37	53	25	45	24	11	0
« 166xxx »	8	22	25	2	3	9	25
Total	521	232	175	117	148	151	51

- Pas d'amélioration de la valeur prédictive, mais apport d'une valeur explicative.

Perspectives

Perspectives

- Ajouter plus de variétés pour tenir compte de 80% du paysage.



Perspectives

- Gestion concertée des exploitations agricoles à l'échelle du département.





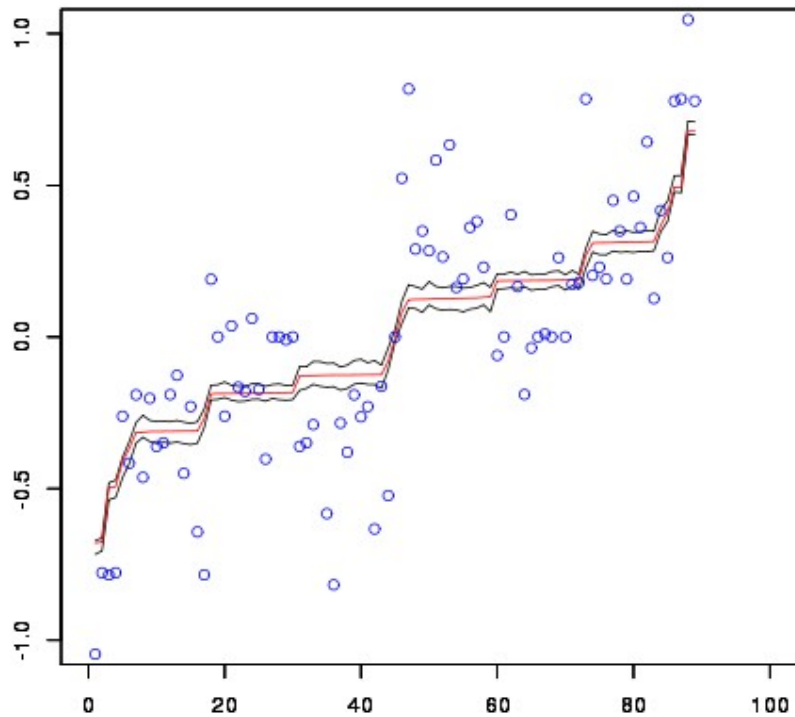
**Merci de votre attention
? Questions ?**

David Blanchard, Hervé Monod, Christian Lannou

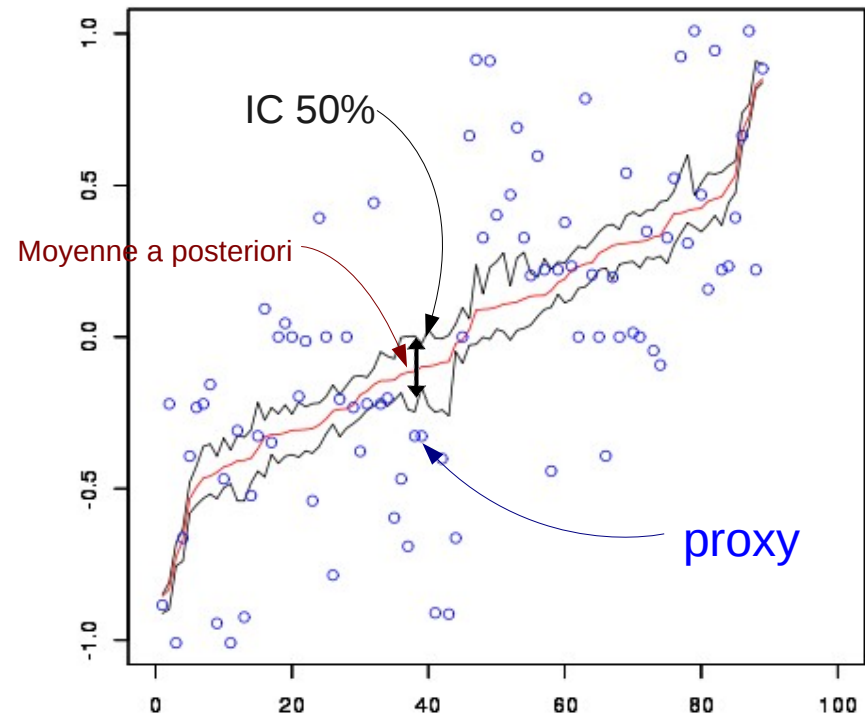


2) Evaluation du classement variétal

- Validation externe, intervalle de crédibilité à 50%.



V



FREQV+FREQV'