

**La fertilisation PK en agriculture de précision,  
un projet ESITPA-AGRINOVATECH -  
Principaux résultats et conséquences  
économiques**

**Jean-Marc Llorens  
Agrinovatech**

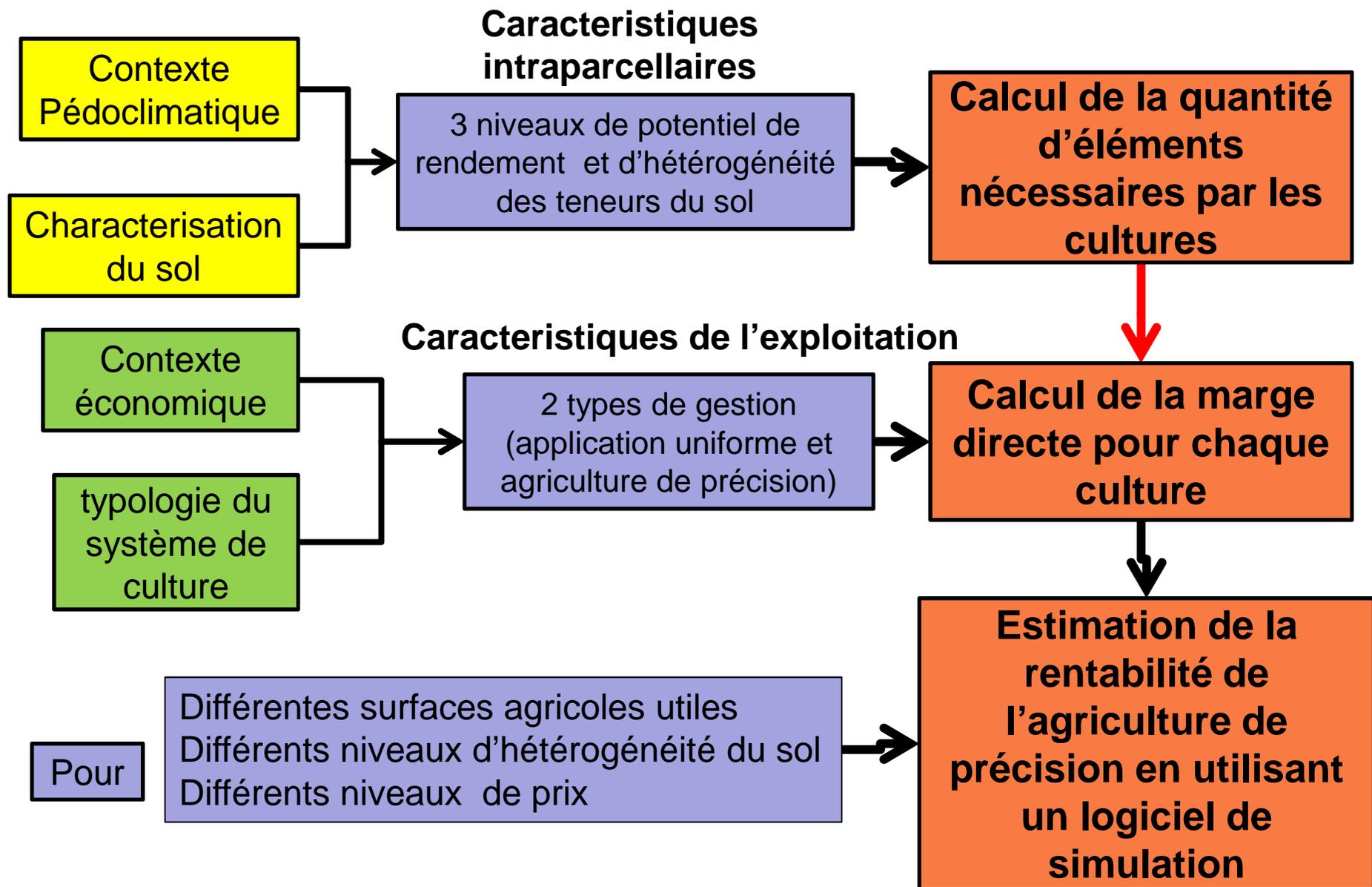
# Plan de la Présentation

1. Objectifs du travail
2. Schéma expérimental
3. Sites Expérimentaux and contexte pédoclimatique
4. Méthodologie pour calculer l'intérêt technico-économique de l'application localisée des engrais
5. Resultats techniques et économiques
6. Conclusion and perspectives

# Objectifs du travail

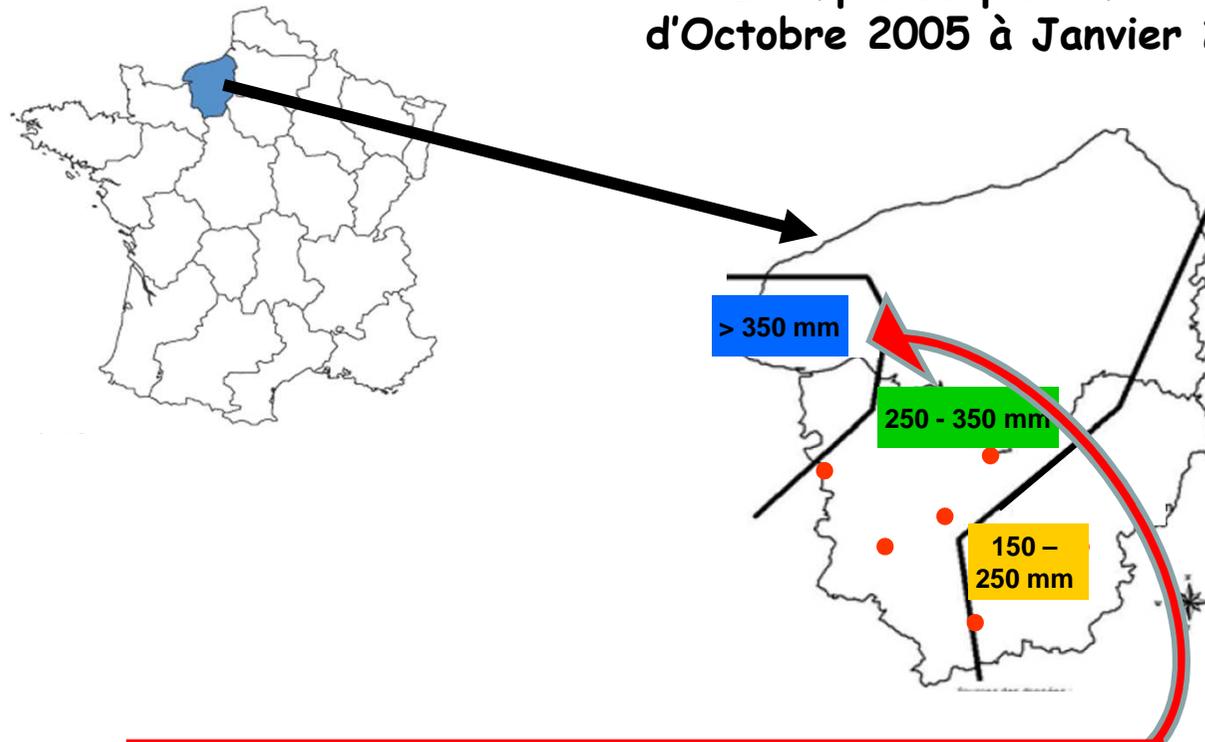
- 1** Obtenir des références scientifiques correspondant à l'hétérogénéité intraparcellaire observée dans les conditions pédoclimatiques de la Haute-Normandie
- 2** Utiliser des modèles économiques et agronomiques pour établir une méthode de conseil pertinente pour les agriculteurs.
- 3** Estimer la rentabilité et les conséquences environnementales de l'utilisation l'application localisée des fertilisants

# Schéma Détaillé de calcul de la rentabilité



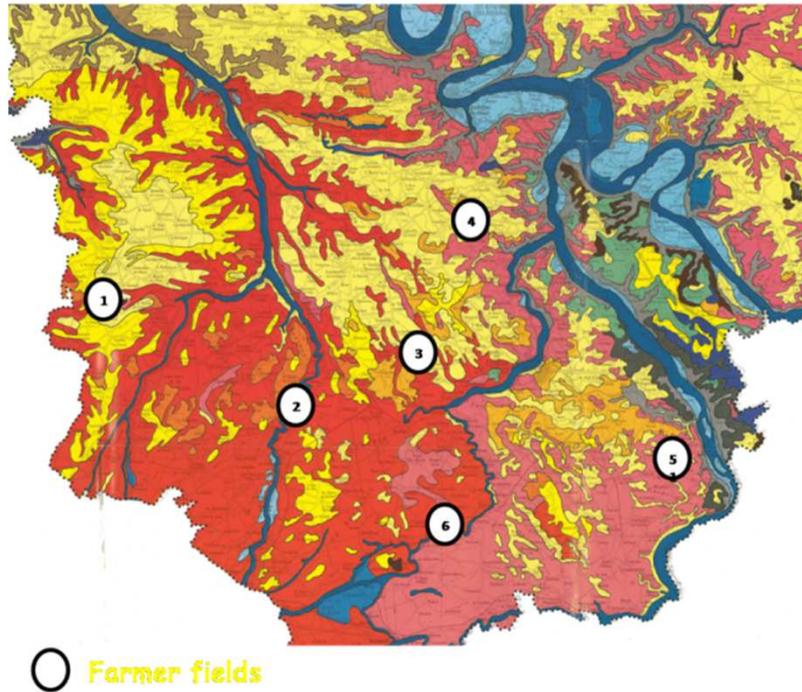
# Contexte Pédoclimatique

Exemple de pluviométrie  
d'Octobre 2005 à Janvier 2006



**Gradient de pluviométrie du sud  
est au nord ouest de la région**

# Caractéristiques du sol des sites expérimentaux



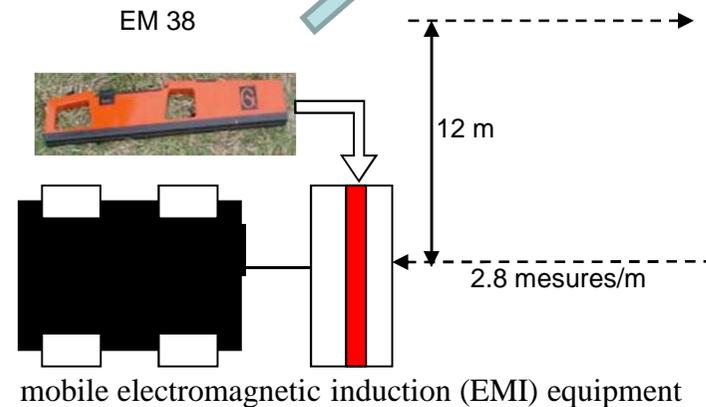
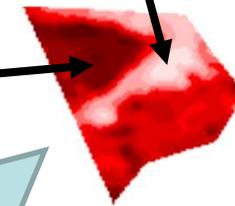
Les sols de ces parcelles sont principalement limoneux sur une couche d'argile à silex

Quantités de cailloux qui peuvent dépasser 50%



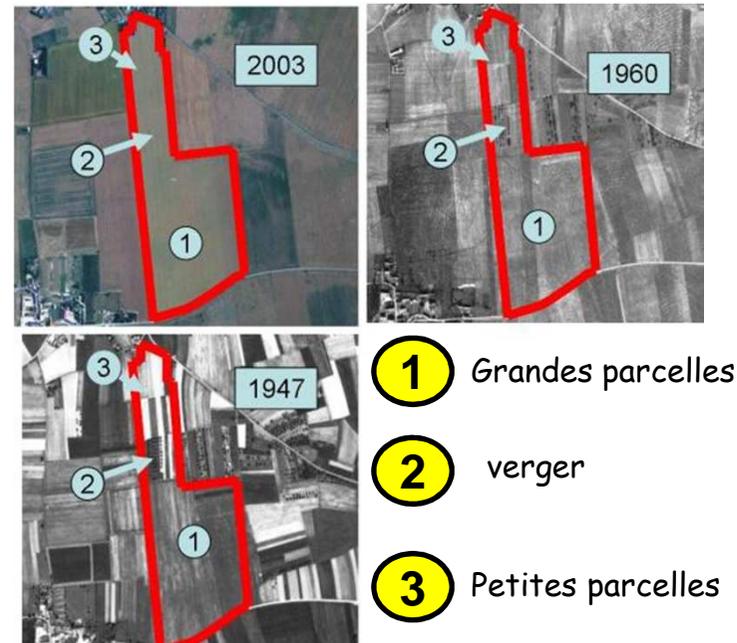
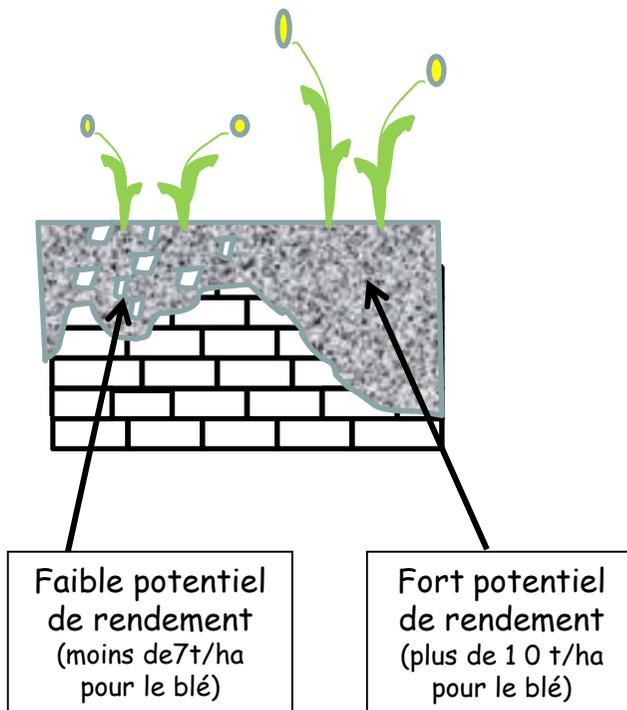
Sol profond

Sol superficiel

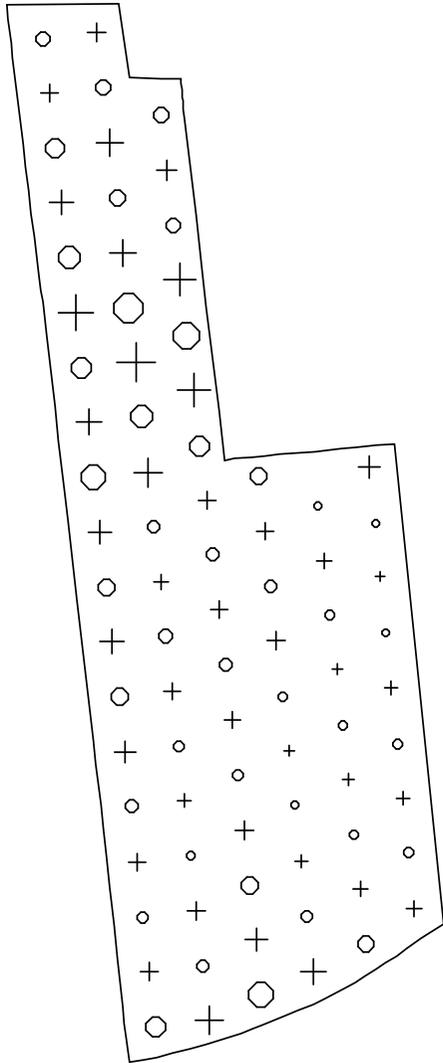


# Deux principaux facteurs déterminent l'hétérogénéité des teneurs dans nos sols

- 1** profondeur du sol      **2** Historique du parcellaire



# Site expérimental et méthode d'échantillonnage



## Méthode d'échantillonnage:

1. Constituer un grid sampling
2. Tester géostatistiquement 4 différentes méthodes.
3. Prélever un échantillon de sol de 150g. (18 sous échantillons de 30g)

## Critères de choix pour le site expérimental

1. Connaître l'historique des parcelles.
2. Avoir l'hétérogénéité du rendement et de la conductivité
3. Connaître la succession culturale

## Caractéristiques du site expérimental:

1. Parcelle située dans une exploitation réelle
2. Surface agricole utile suffisante (21 ha)
3. Rotation = Colza/blé/blé

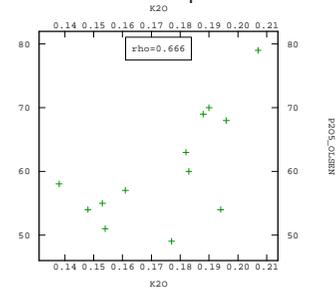
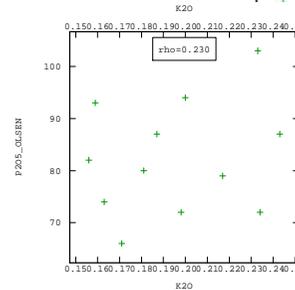
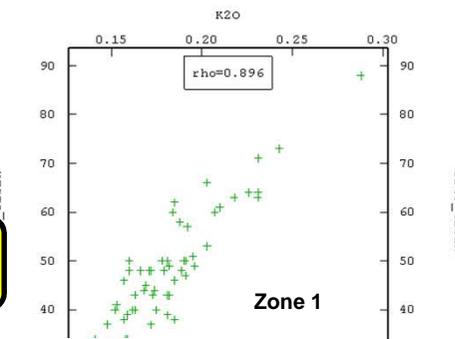
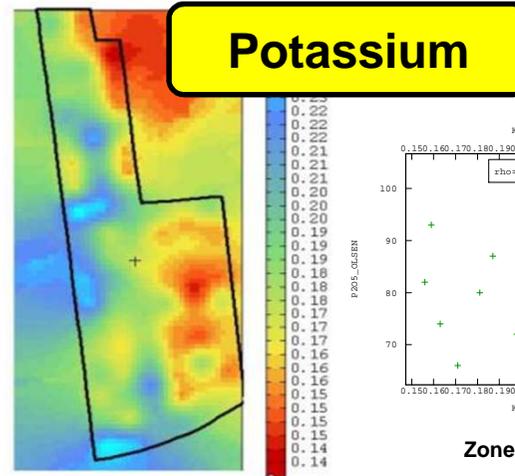
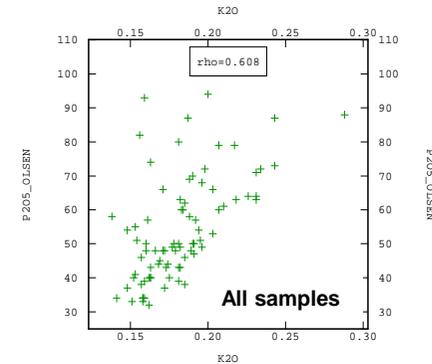
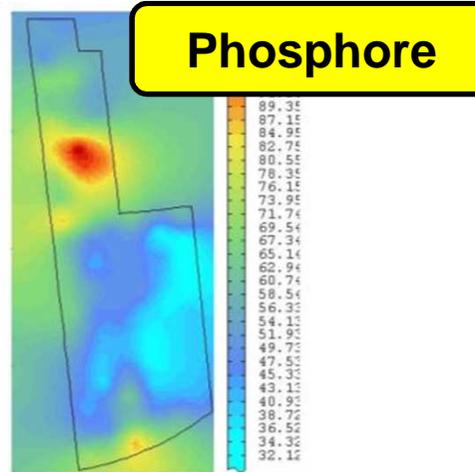
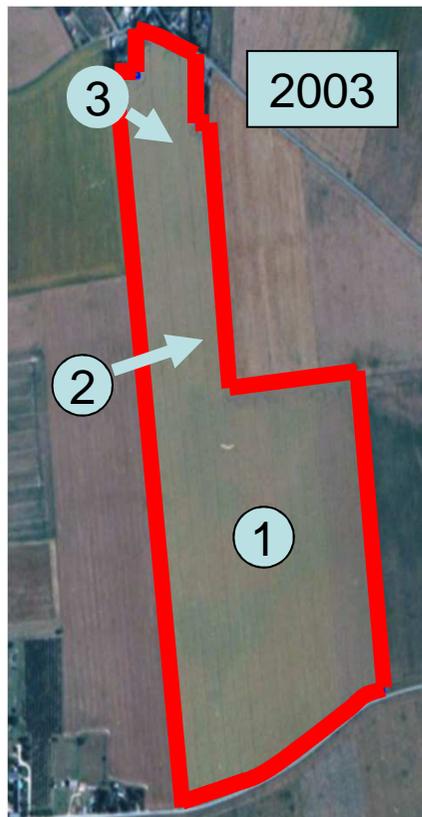
# Influence du remembrement sur les teneurs en P et K

In 1947

[1] grandes parcelles (céréales)

[2] Verger

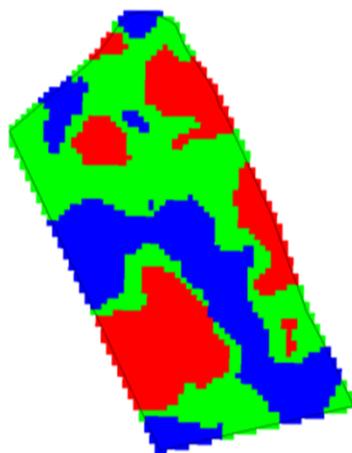
[3] petites parcelles (céréales)



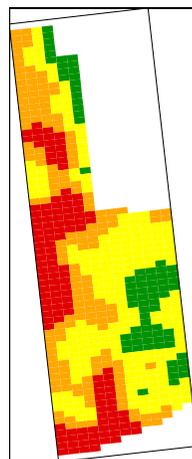
Zone 2

Zone 3

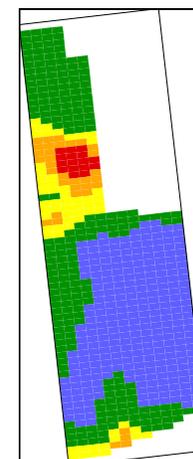
# Calcul des quantités de N, P et K à apporter



Azote



Potassium



Phosphore

Calcul des doses fondé sur la méthode des bilans calée sur l'hétérogénéité de la conductivité et des modèles de croissance obtenus

Calcul des doses fondé sur la méthode COMIFER basée sur la grille d'échantillonnage

Les cartes sont établies par interpolation géostatistiques.

# Critères pour définir la typologie des exploitation en Haute-Normandie (France)

Systèmes	caractéristiques	UTH	Surf. moy. (ha)	Type
<b>Céréaliers</b>	plus de 80% de la surface en céréales, oleo protéagineux	1	<b>95</b> (70-120)	C1a
		2	<b>145</b> (120-180)	C2
		2	<b>240</b> (180-350)	C3
<b>Betterave - lin</b>	20 - 25 % de la surface en lin et/ou betterave	1	<b>110</b> (80-140)	BL1bis
		2	<b>200</b> (140-350)	BL2bis
<b>Pomme de terre</b>	Plus de 10 ha de patates (25 ha en moyenne)	2 ou plus	<b>150</b> (plus de 90 ha)	PT

- Données « Rosace »

- Représente 40 % des exploitations de Haute – Normandie

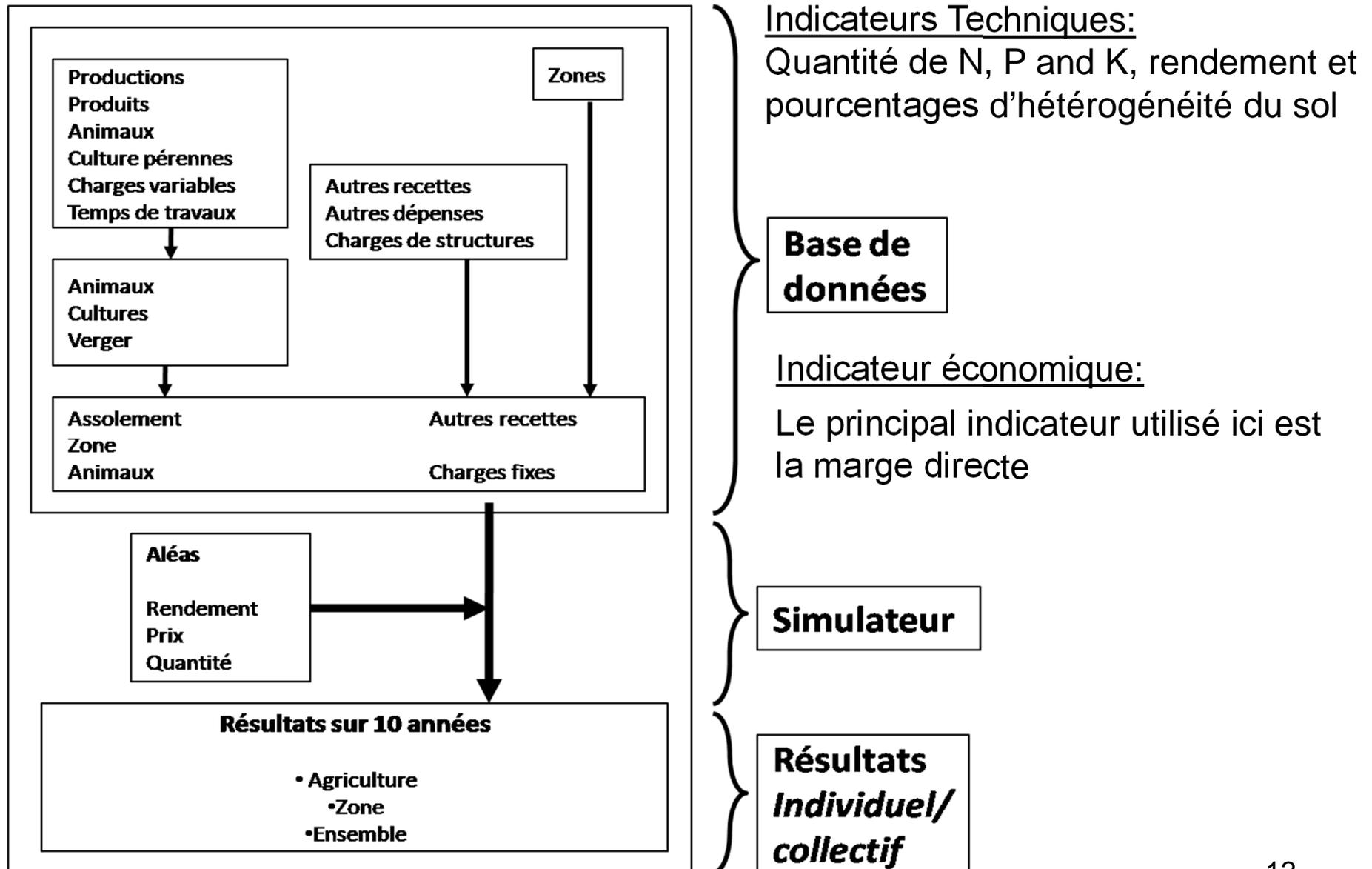
- les six types représentent 87% des systèmes de cultures (2800)

## Systemes de cultures simulés

Les exploitation sont définies de la façon suivante::

1. Sans production de lait
2. Les prairies permanentes représentent moins de 15% de la SAU
3. Le produit brut lié au PA est inférieur à 15-20 %

# "Olympe" un outil d'aide à la décision technico-économique



## Indicateurs Techniques:

Quantité de N, P and K, rendement et pourcentages d'hétérogénéité du sol

**Base de données**

## Indicateur économique:

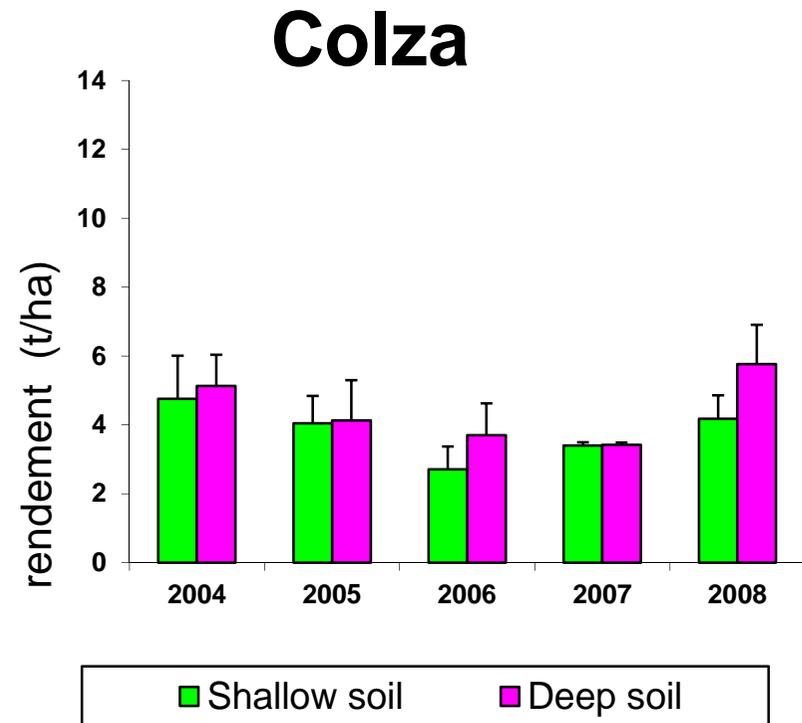
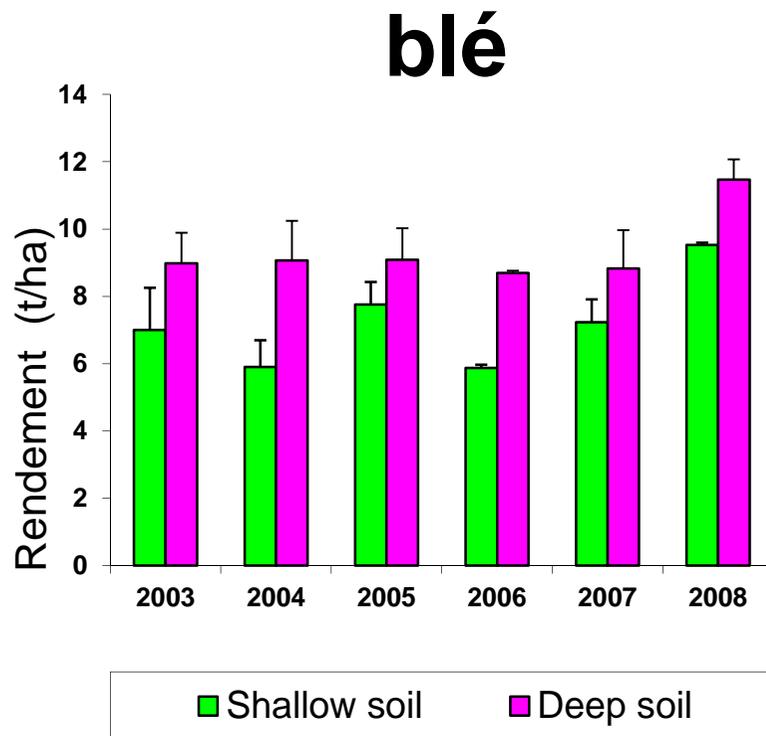
Le principal indicateur utilisé ici est la marge directe

**Simulateur**

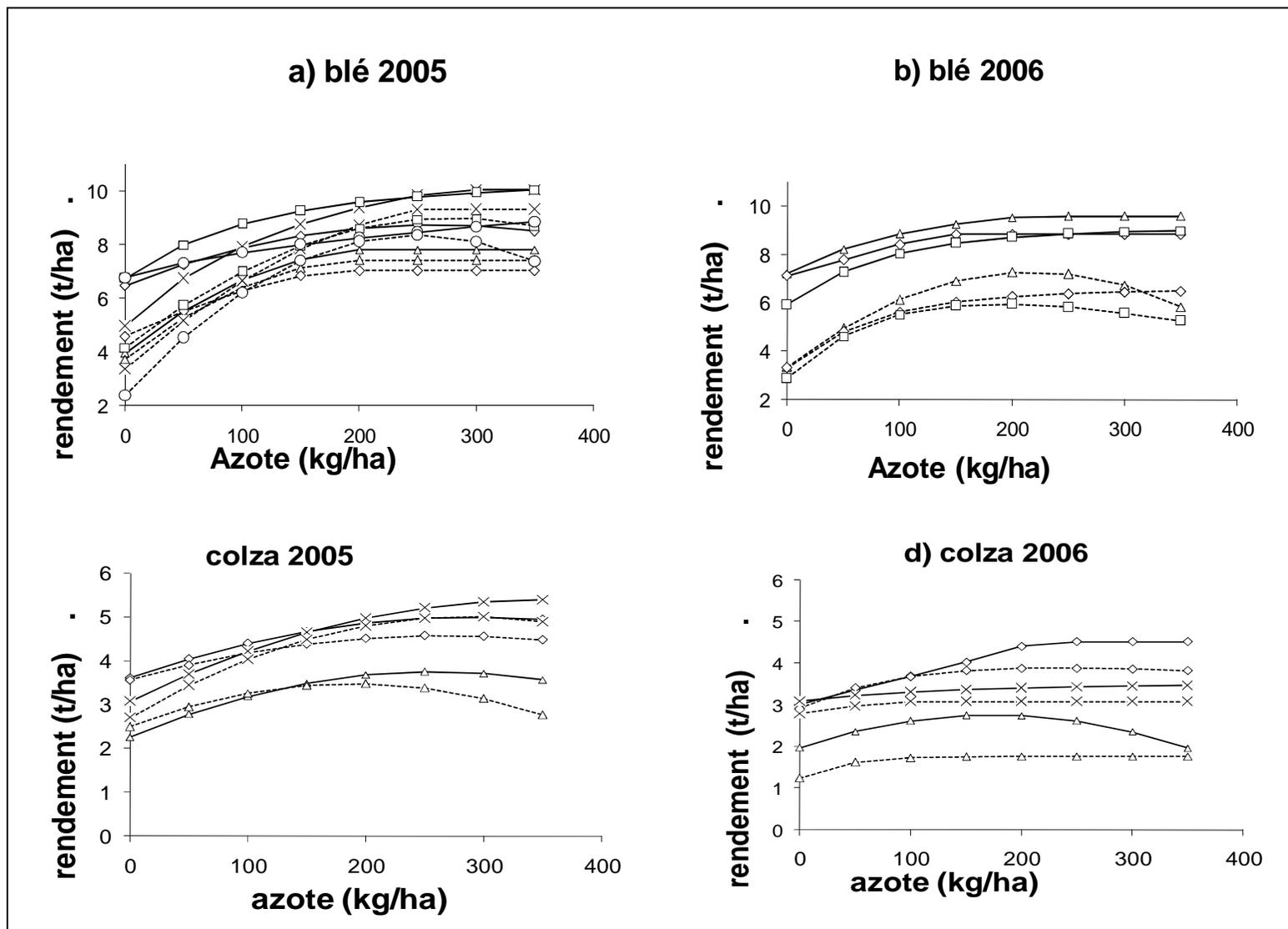
**Résultats Individuel/collectif**

# Resultats

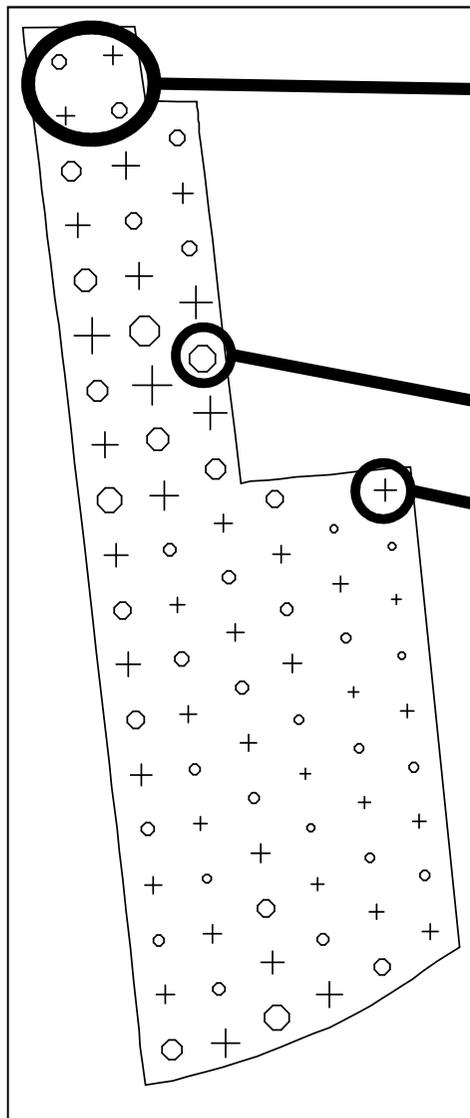
Moyennes des rendements observés dans les essais menés en blé et colza avec une gestion conventionnelle de apports entre 2003 et 2008



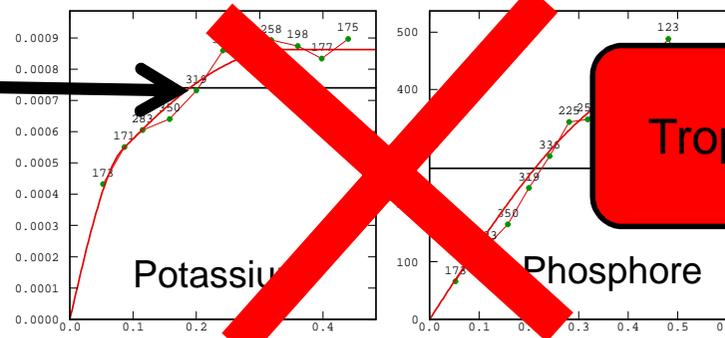
Accroissement du rendement du blé et du colza en relation avec les différents niveaux d'azote apportés en sols superficiels (---) et en sols profonds (—) en Haute-Normandie (France) en 2005 et 2006.



# Determination du nombre minimum d'échantillons à réaliser par hectare pour décrire correctement l'hétérogénéité

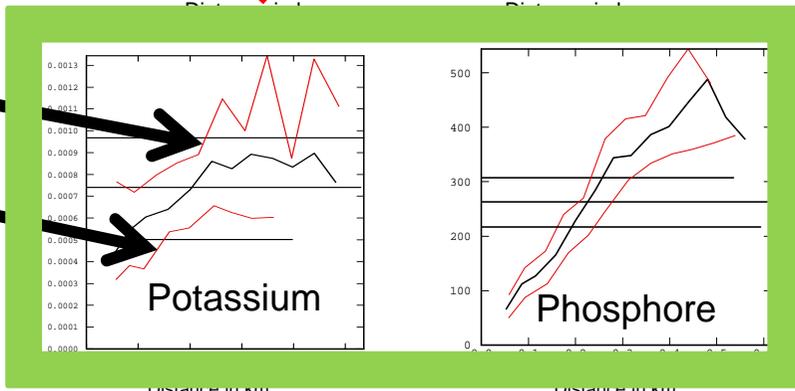


**4 échantillons par Ha**

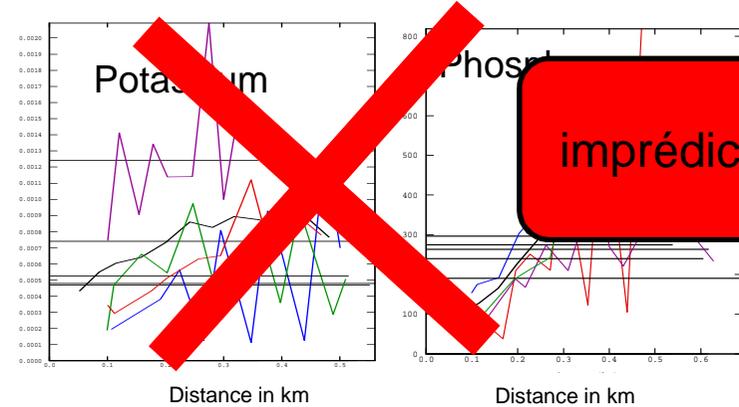


**Trop cher**

**2 échantillons par Ha**

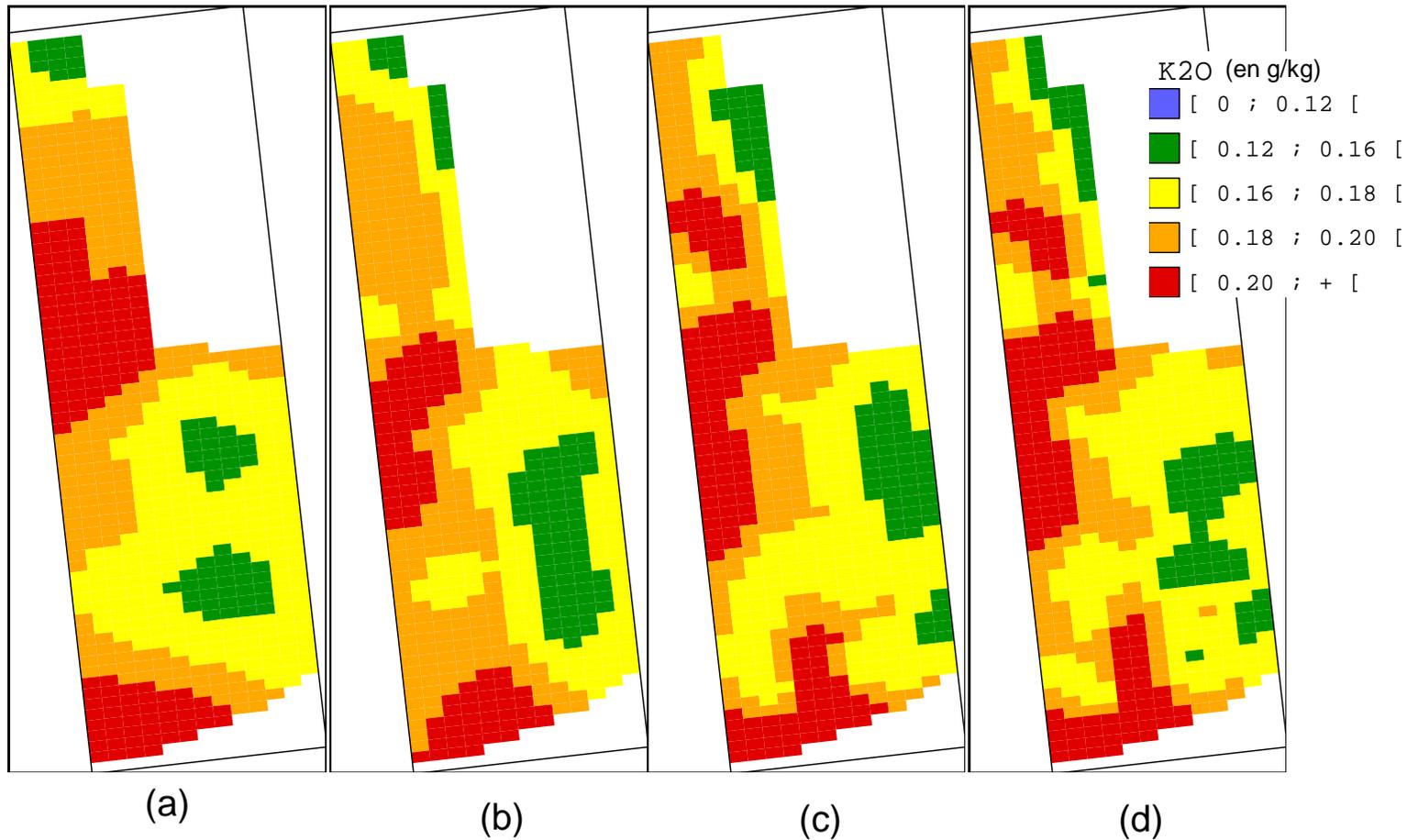


**1 échantillon par Ha**

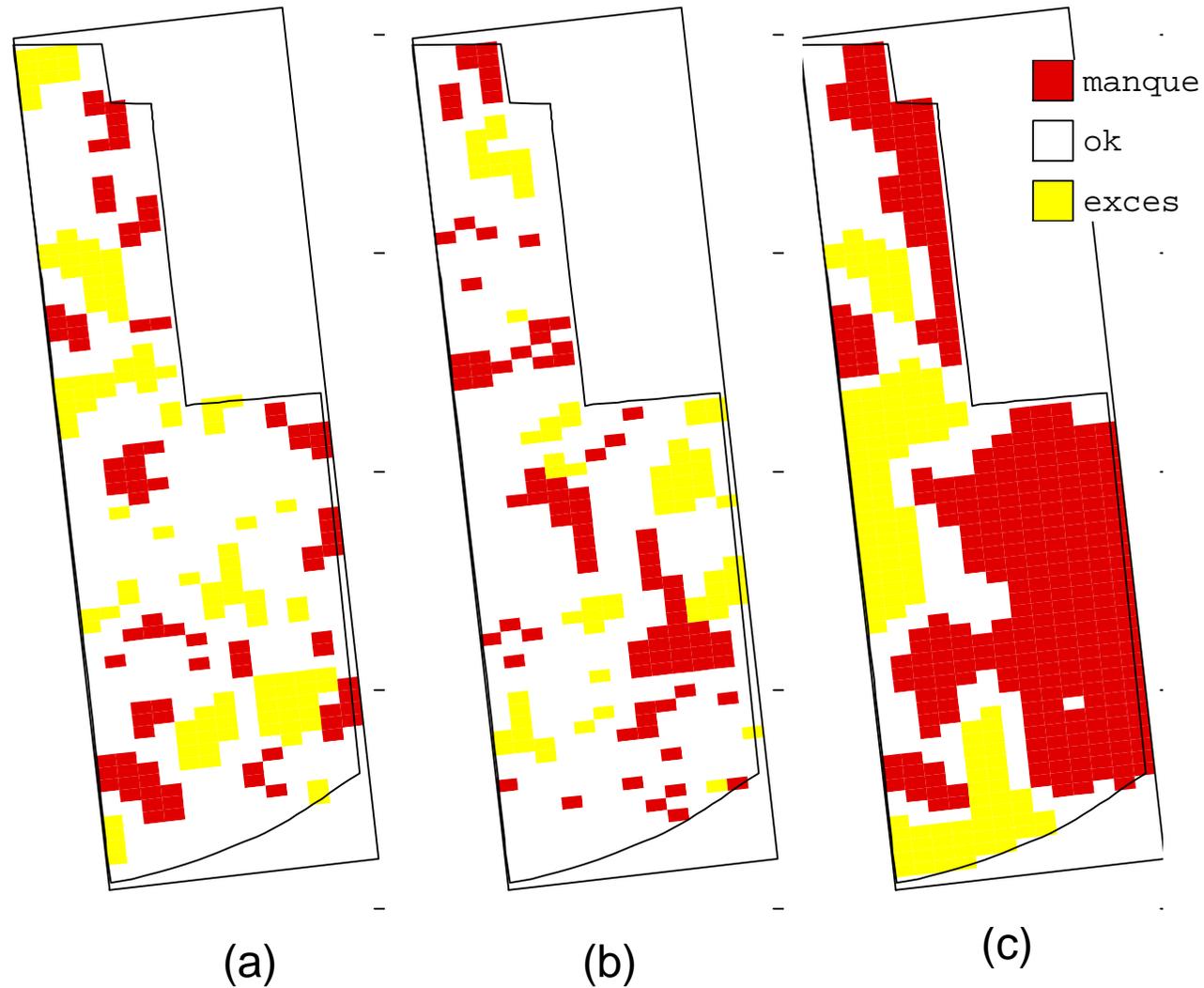


**imprédictible**

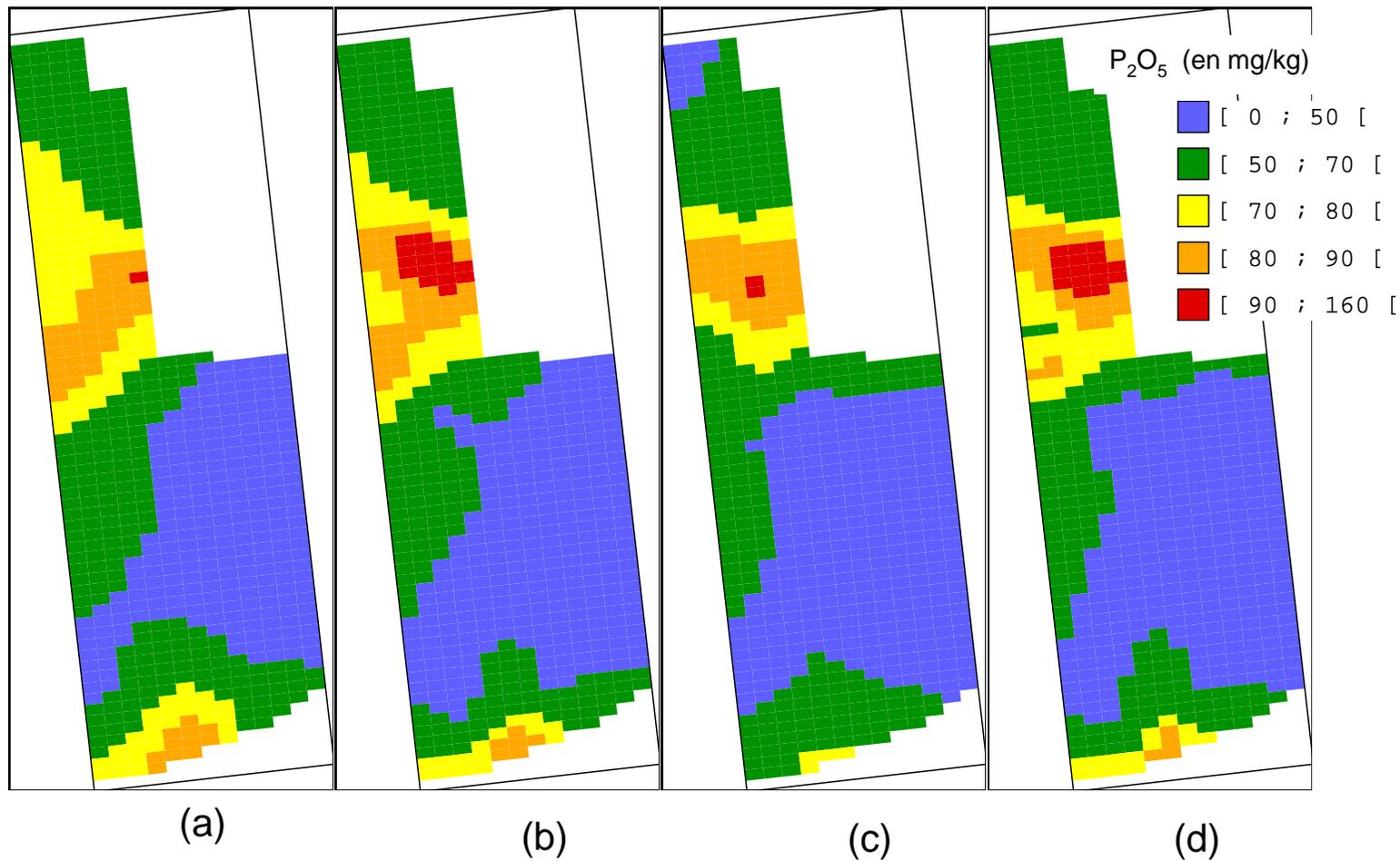
**Modulation des doses de potassium : Cartes de répartition des classes de teneurs en K<sub>2</sub>O avec un maillage 14 x 24 m. (a) un échantillon par hectare, (b) deux échantillons par hectare modalité 1, (c) deux échantillons par hectare modalité 2, (d) quatre échantillons par hectare.**



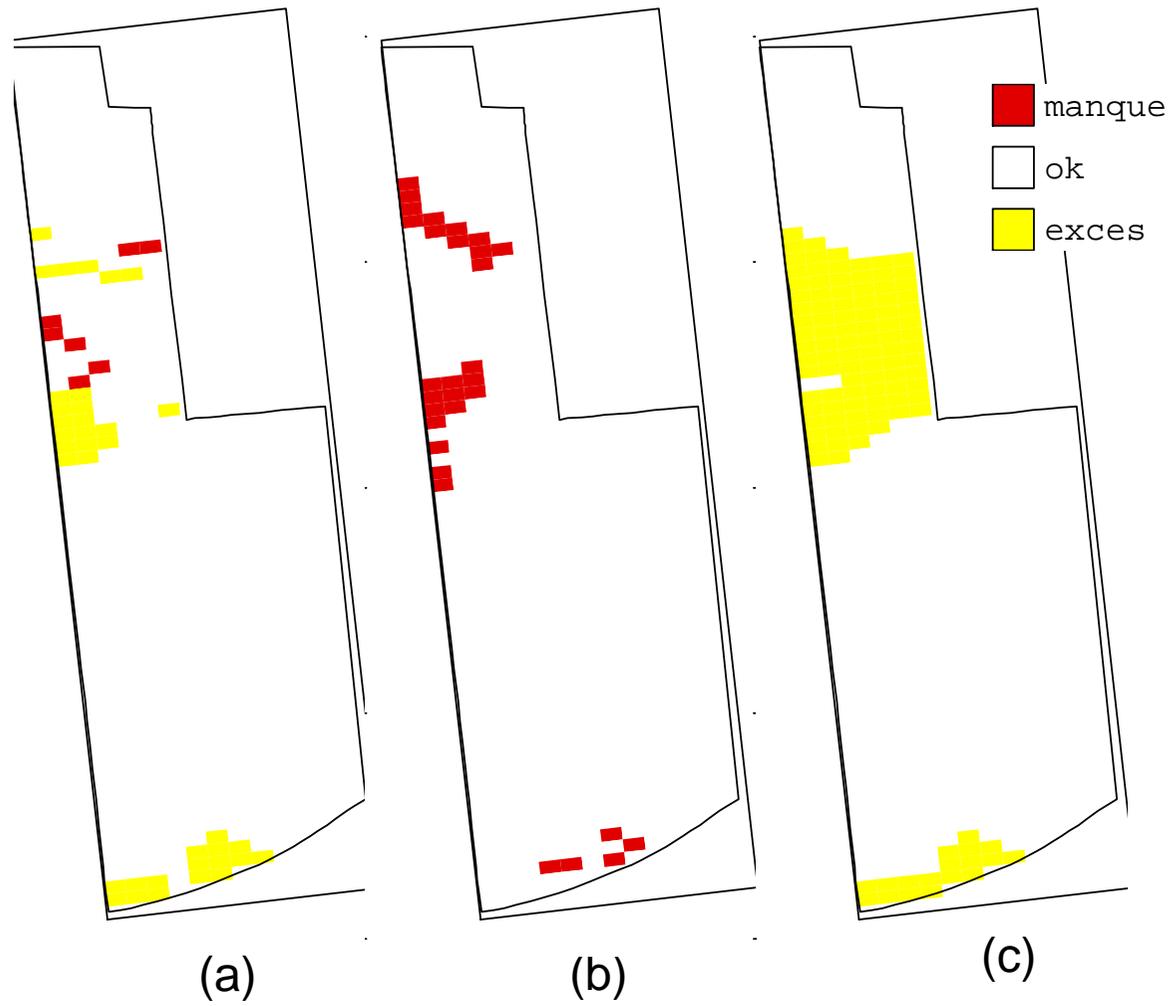
**Cartes de répartition de comparaison des excès et des manques de fertilisation potassique entre le conseil fondé sur les préconisations basées sur deux échantillons par hectare puis l'apport uniforme.  
(a) 2pha\_v1, (b) 2pha\_v2 (c) apport uniforme.**



**Modulation des doses de phosphore: Cartes de répartition des classes de teneurs en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> avec un maillage 14 x 24 m. (a) un échantillon par hectare, (b) deux échantillons par hectare modalité 1, (c) deux échantillons par hectare modalité 2, (d) quatre échantillons par hectare.**

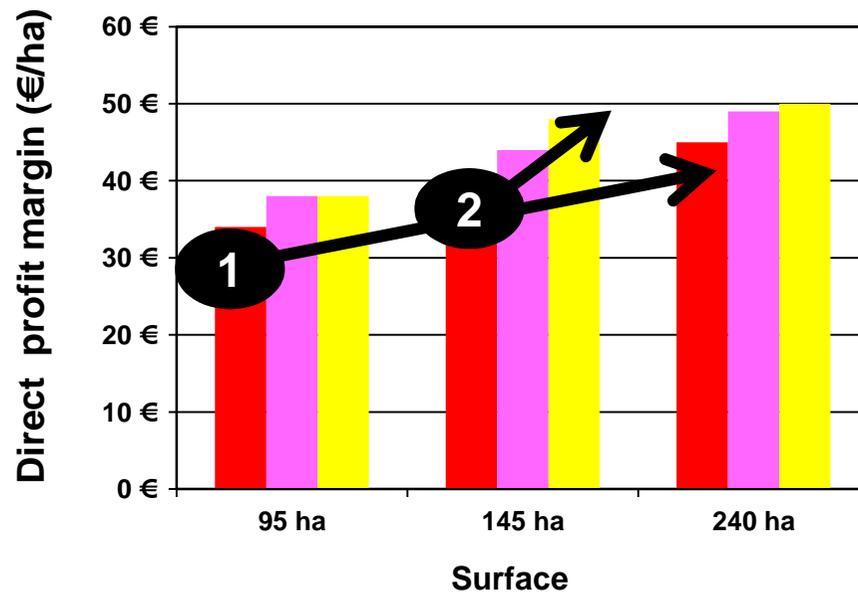


**Cartes de répartition de comparaison des excès et des manques de fertilisation en phosphore entre le conseil fondé sur les préconisations basées sur deux échantillons par hectare puis l'apport uniforme.  
(a) 2pha\_v1, (b) 2pha\_v2 (c) apport uniforme**



# Gains de marge directe liés à l'utilisation de l'application localisée dans les systèmes céréaliers en Haute-Normandie (NW France).

Céréales	Assolement 2001 (ha)								
	blé	BS	lin	Pt	Prairie	colza	Pois	orge	J
C1a (95 ha)	49				6	17	10	13	
C2 (145 ha)	75				9	26	15	20	
C3 (240 ha)	125				14	43	24	34	



Hétérogénéité des parcelles  
■ minimum ■ moyenne ■ maximum

sols de Haute-Normandie		Faible teneur	teneur moyenne	Forte teneur
Phosphore	maximum	30%	15%	55%
	moyen	13%	37%	50%
	minimum	5%	70%	25%
Potassium	maximum	15%	20%	65%
	moyen	9%	41%	50%
	minimum	0%	70%	30%

**Hypothèses concernant trois niveaux d'hétérogénéité des sols en relation avec les trois niveaux d'hétérogénéité des teneurs en phosphore et potassium**

**Diminution des quantités appliquées en localisant l'engrais par rapport à une application uniforme**

<b>SAU des systèmes céréaliers</b>	<b>Azote</b>	<b>Phosphore</b>	<b>Potassium</b>
95 ha	- 1565 kg	- 1106 kg	- 3080 kg
145 ha	- 2350 kg	- 1665 kg	- 4760 kg
240 ha	- 3960 kg	- 2829 kg	- 7930 kg

# Conclusions

**Les résultats obtenus ont montré un intérêt technique et économique de l'agriculture de précision dans le contexte pédoclimatique de la haute-Normandie.**

**Ainsi l'application localisée des engrais réduit les coûts en intrant et augmente la marge directe sans affecter le rendement.**

# Perspectives

- 1. Etendre les simulations sur d'autres systèmes de cultures présents en Haute-Normandie.**
- 2. Calculer les externalités environnementales liées au engrais grâce au logiciel "Olympe"**
- 3. Evaluer le potentiel de transfert de technologie et de développement industriel de ces techniques en Haute-Normandie.**

## Publications

1. **LLORENS JM.**, PERRIN O. and BOURGAIN O (2010). Site specific crop fertilization in Haute-Normandie: a tool to improve the profitability of cereal crop systems, p 57-76. *In.* « selected problems of soil tillage systems and operations » eds. Faculty of production engineering Warsaw university of life sciences, Warsaw 2010.
2. BOURGAIN O. and **LLORENS JM.** (2010). Methodology to estimate economic levels of profitability of precision agriculture : simulation for crop systems in Haute-Normandie. Precision agriculture (soumis).
3. **LLORENS JM.** and PERRIN O. (2009). Evolution from 2002 to 2008 of the economic interest of precision agriculture in fertilisation management. In EFITA Conferences 09, *Wageningen Academic publishers* p. 98-105.
4. BOURGAIN O. and **LLORENS JM.** (2009). Methodology to estimate economic levels of profitability of precision agriculture : simulation for crop systems in Haute-Normandie. In EFITA Conferences 09, *Wageningen Academic publishers* p. 91-98.
5. DUVAL C., DEBANDT V., EVEILLÉ J-P., MAHIEU D., TAÏBI S., **LLORENS JM.** (2007) Influence of the pedo-climatic variability in Haute-Normandie (NW France) on the intra field spatial variability on yields of wheat and oilseed rape. In Précision agriculture 07, *Wageningen Academic publishers* p. 87-94.

## Communications dans des congrès

1. BECU M., DUVAL C., DEBANDT V., MAHIEU D., et **LLORENS J-M.**, (2010) Influence of past land-use on the geostatistical analysis of soil heterogeneity for site specific fertilization. Ageeng 2010, Clermont-Ferrand (France), Septembre 6-8th.
2. **LLORENS JM.**, PERRIN O. and BOURGAIN O (2010). Site specific crop fertilization in Haute-Normandie: a tool to improve the profitability of cereal crop systems. International Conference "Ecological aspects of exploitation of agricultural vehicles and machines" Warsaw 2010 (Polland), may 27<sup>th</sup>.
3. BOURGAIN O., BECU M., DUVAL C., et **LLORENS, JM.**, (2010). Economic profitability of site-specific pest management at the farm scale for crop systems in Haute-Normandie (France). 10<sup>th</sup> international conference on Precision Agriculture. ICPA 2010, Denver (USA), july 18-21th
4. BOURGAIN O. et **LLORENS, JM.**, (2010). Simulation des seuils de rentabilité économique de la méthode d'application localisée des doses de pesticides à l'échelle de l'exploitation pour des systèmes de grande culture en Haute-Normandie (France). Colloque SFER "La réduction des pesticides agricoles, enjeux, modalités et conséquences". Lyon – 11 et 12 mars 2010.
5. PERRIN O. and **LLORENS JM.** (2009). Evolution from 2002 to 2008 of the economic interest of precision agriculture in fertilisation management. Joint International Agricultural Conference Wageningen 6-8 july 2009.
6. BOURGAIN O. and **LLORENS JM.** (2009). Methodology to estimate economic levels of profitability of precision agriculture : simulation for crop systems in Haute-Normandie. Joint International Agricultural Conference Wageningen 6-8 july 2009.
7. BÉCU M., DUVAL C., DEBANDT V., TAÏBI S. et **LLORENS JM.** (2008). Influence of the past history of the addition of fertilizers on the intra field variability of the rate of P and K in the soil: potential of site-specific fertilization. Ageng 2008 - International Conference on Agricultural engineering & Industry Exhibition. Hersonissos – Crete 23-25 June 2008, Greece.
8. DUVAL C., DEBANDT V., EVEILLÉ J-P., MAHIEU D., TAÏBI S., **LLORENS JM.** (2007). Influence of the pedo-climatic variability in Haute-Normandie (NW France) on the intra field spatial variability on yields of wheat and oilseed rape. 6th European Conference on Precision Agriculture and the 3rd European Conference on Precision Livestock Farming Skiathos, Greece. June 3-6: 2007
9. C. DUVAL, V. DEBANDT, J-P. EVEILLÉ, D. MAHIEU, P. LEPELLETIER, S. TAÏBI et **LLORENS JM.** Juin 2007. « Influence de l'hétérogénéité pédoclimatique en Haute-Normandie sur la variabilité intraparcellaire des rendements en blé et en colza » Congrès international de la Société Française de Statistique –Angers



**Merci de votre attention**