

L'agriculture de précision appliquée à la vigne, retour sur 15 ans d'expérience

Bruno TISSEYRE
Professeur Montpellier SupAgro

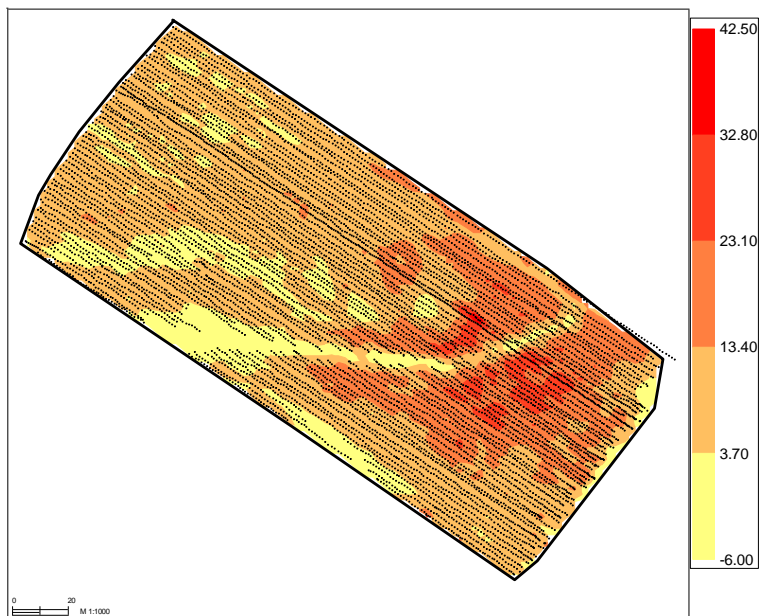
Positionnement de l'exposé

En quoi l'expérience peut aider la filière cidricole à se placer dans une démarche d'adoption réussie ?

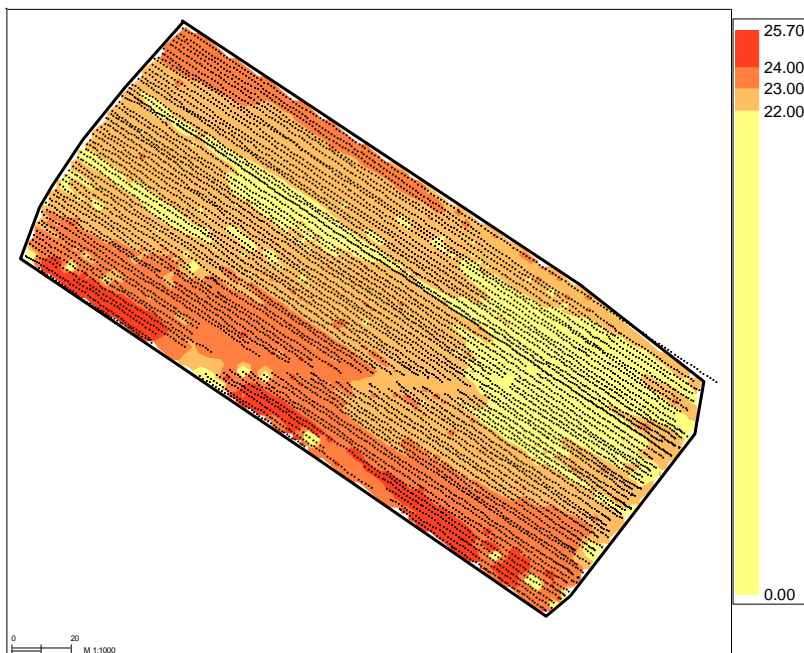
Introduction

- Premiers capteurs de rendement et de qualité embarqués sur machine (1998).

yield (Mg/ha)



sugar (brix)



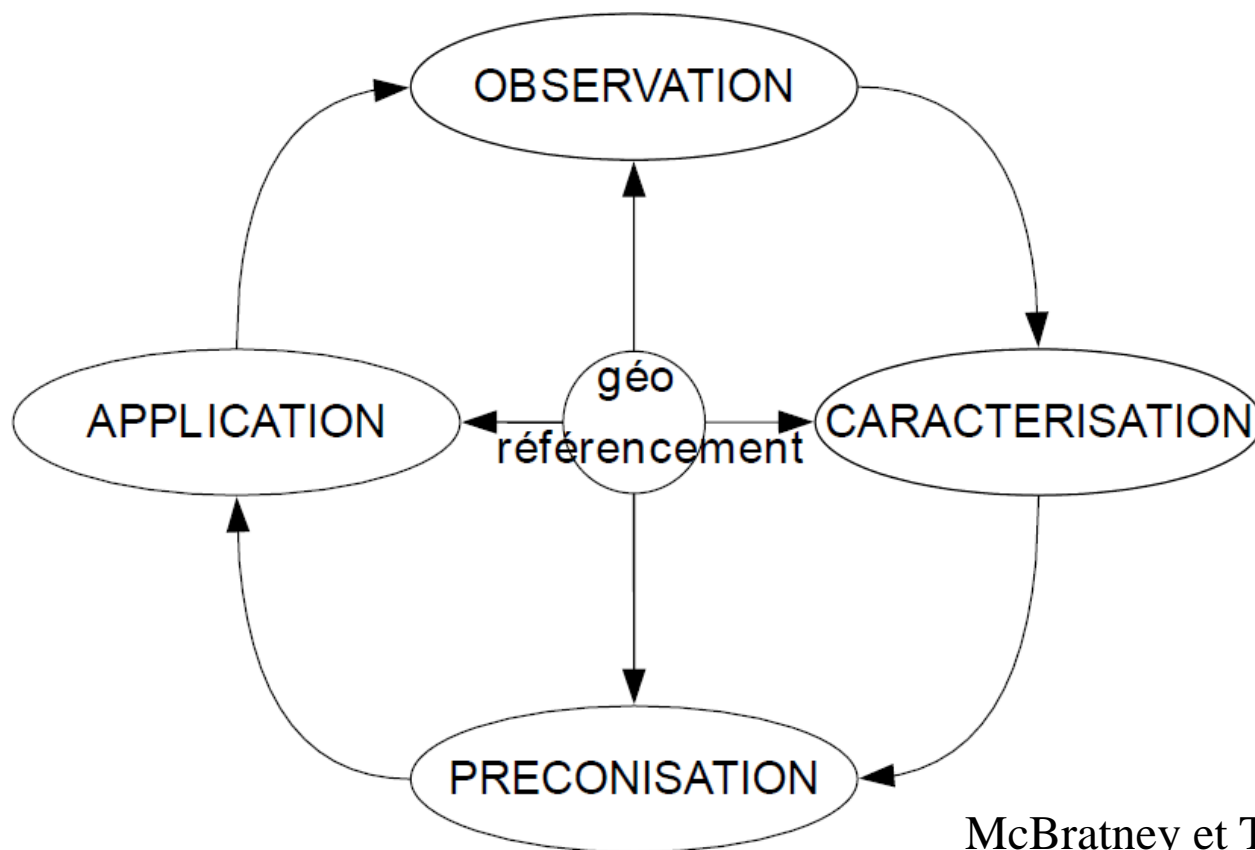
Sources : Pellenc S.A./Montpellier SupAgro

Un échec relatif

- Env. 50 unités dans le monde en 2015,
- Une information peu adaptée aux préoccupations de la profession
 - Trop Tardive (fin du cycle culturale)
 - que faire avec cette information en termes de décision ?
- Mais... Mise en évidence d'une nécessaire dynamique d'échanges continue entre praticiens, agronomes, technologues.

Introduction

Fonctions associées au concept d'agriculture de précision.



McBratney et Taylor, 2000

Pour résumer :

Fondamentalement, rien de nouveau sous le soleil !

Mais un nouveau paradigme :

- Observations à très haute résolution spatiale,
- Observations à haute résolution temporelle,
- Observations objectives,

Vers une viticulture « mesurée » et communicante pour améliorer la gestion de la conduite sur tous les plans :

- **technique** : adaptation de l'itinéraire à une échelle intra-parcellaire (engrais)
- **économique** : optimisation des intrants, maximisation du produit, etc.
- **environnemental** : limitation des pertes, préservation des ressources, etc.

- Introduction,
- **L'AP, pour quoi faire ?**
- La variabilité spatiale ?
- Exemple de services,
- Conclusions et perspectives

Pour quoi faire ?

a. L'expérimentation en ligne

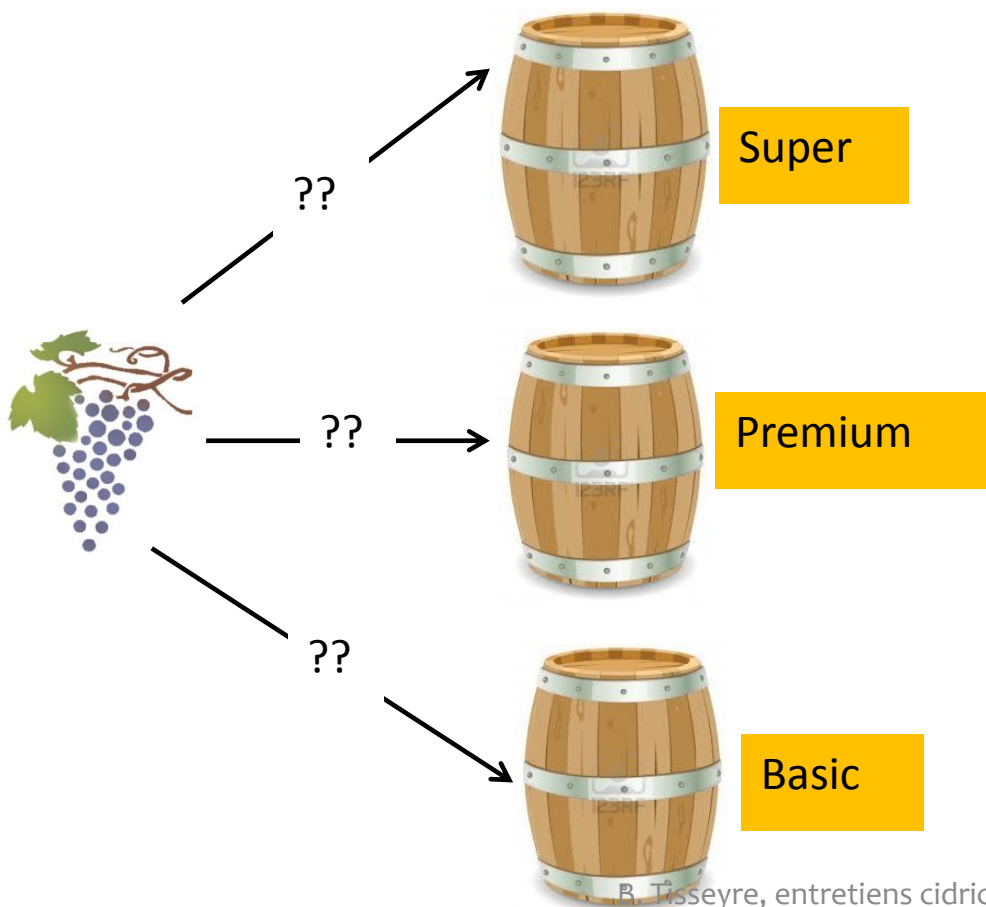
- Expérimentation en ligne,
- Contrôle des opérations (boucle),
- A terme, un bouleversement dans l'organisation de l'acquisition de références (recherche, conseil).

Essai (southcorp)
travail du sol,
enherbement,
matière organique,



Pour quoi faire ?

b. Aider à mieux gérer la qualité

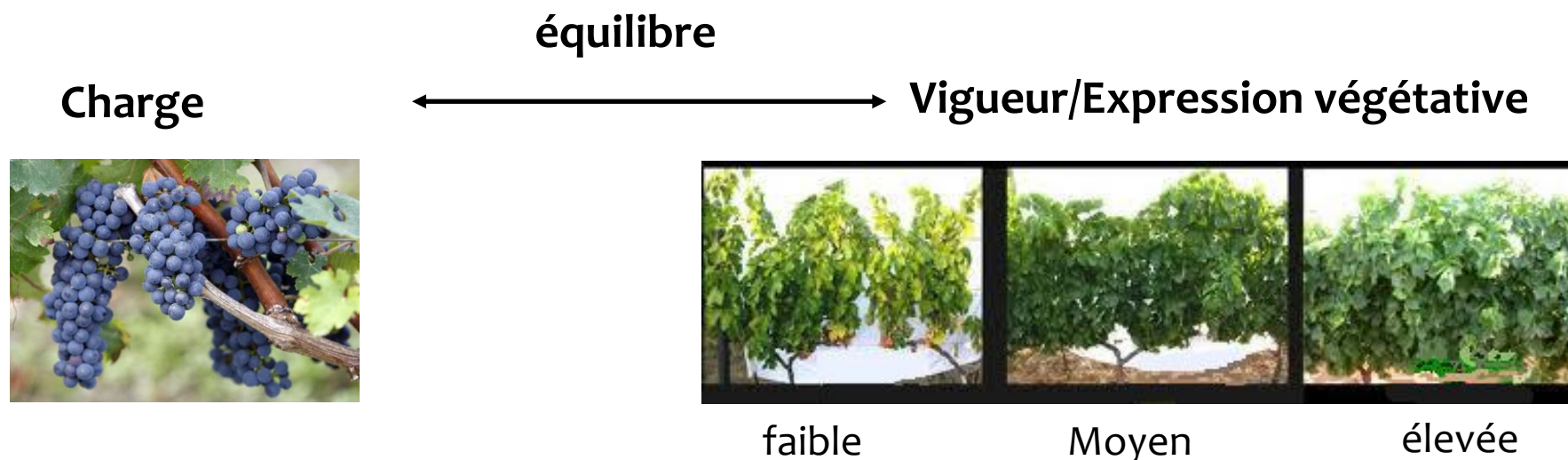


Intérêt de la VP

- Définition de zones de qualité,
- Effectuer des vendanges sélectives,
- Capteurs de caractérisation en temps réel

Pour quoi faire ?

c. Aider à gérer l'équilibre entre rendement et vigueur



- Taille,
- Fertilisation,
- Contrainte hydrique (Irrigation, enherbement),
- Gestion du couvert (effeuillage, et.)

Intérêt de la VP

- Adaptation,
- Modulation des opérations,

Pour quoi faire ?

d. Optimiser l'application des pesticides



Source : Irstea

Intérêt de la VP

- Localisation des apports,
- Modulation des en fonction du stade et de la surface,

-
- Introduction,
 - L'AP, pour quoi faire ?
 - **La variabilité spatiale ?**
 - Exemple de services,
 - Conclusions et perspectives

La variabilité spatiale ?

Questions relatives à l'hypothèse initiale de l'AP en viticulture ?

Parcelles de taille réduite (env. 2-3 ha.),

- variabilité spatiale ?
- Une culture pérenne avec des opérations manuelles.
- Stabilité temporelle de la variabilité
 - Qualité ? Vigueur ? Stress hydrique ?

La variabilité spatiale ?

Une variabilité spatiale intra- parcellaire importante et sous-estimée

Depuis 2000, beaucoup de travaux de recherche se sont intéressés à la caractérisation de la variabilité intra-parcellaire dans le monde

Paramètres quantitatifs (rendement, expression végétative),

Paramètres de la qualité de la vendange (sucre, acidité, etc.),

Paramètres d'aide à la conduite (azote, état hydrique, etc.)

Australie : *Bramley R.G.V., 2005*

Espagne : *Arno et al., 2005, Baluja et al., 2012*

France : *Tisseyre et al., 2008.*

Chili : *Ortega et al. 2003,*

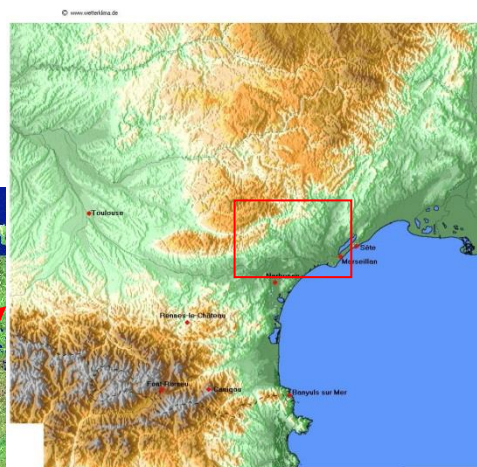
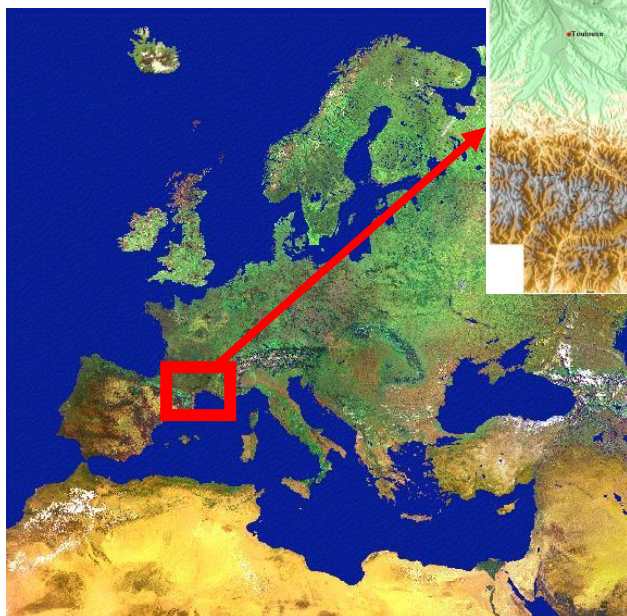
Californie : *Johnson L., 2003*

Nouvelle Zélande : *Trought et al., 2011*

France, Australie, Espagne : une base de donnée internationale sur la variabilité spatiale du rendement en viticulture France-Espagne-Australie sur plus de 142 parcelles (*Taylor et al. 2005*).

La variabilité spatiale ?

Une variabilité spatiale intra- parcellaire importante et sous-estimée



Un exemple simple



La variabilité spatiale ?

Une variabilité spatiale intra- parcellaire importante et sous-estimée



1.1 ha

Coordinates RGF 93 : X, 742874; Y, 6275236

Sources : IGN Coordinates RGF 93 : X, 742874; Y, 6275236

B. Tisseyre, entretiens cidricoles, 14 Janvier 2015

La variabilité spatiale ?

Une variabilité spatiale intra- parcellaire importante et sous-estimée



Tendances/gradients



La variabilité spatiale ?

Une variabilité spatiale intra- parcellaire importante et sous-estimée



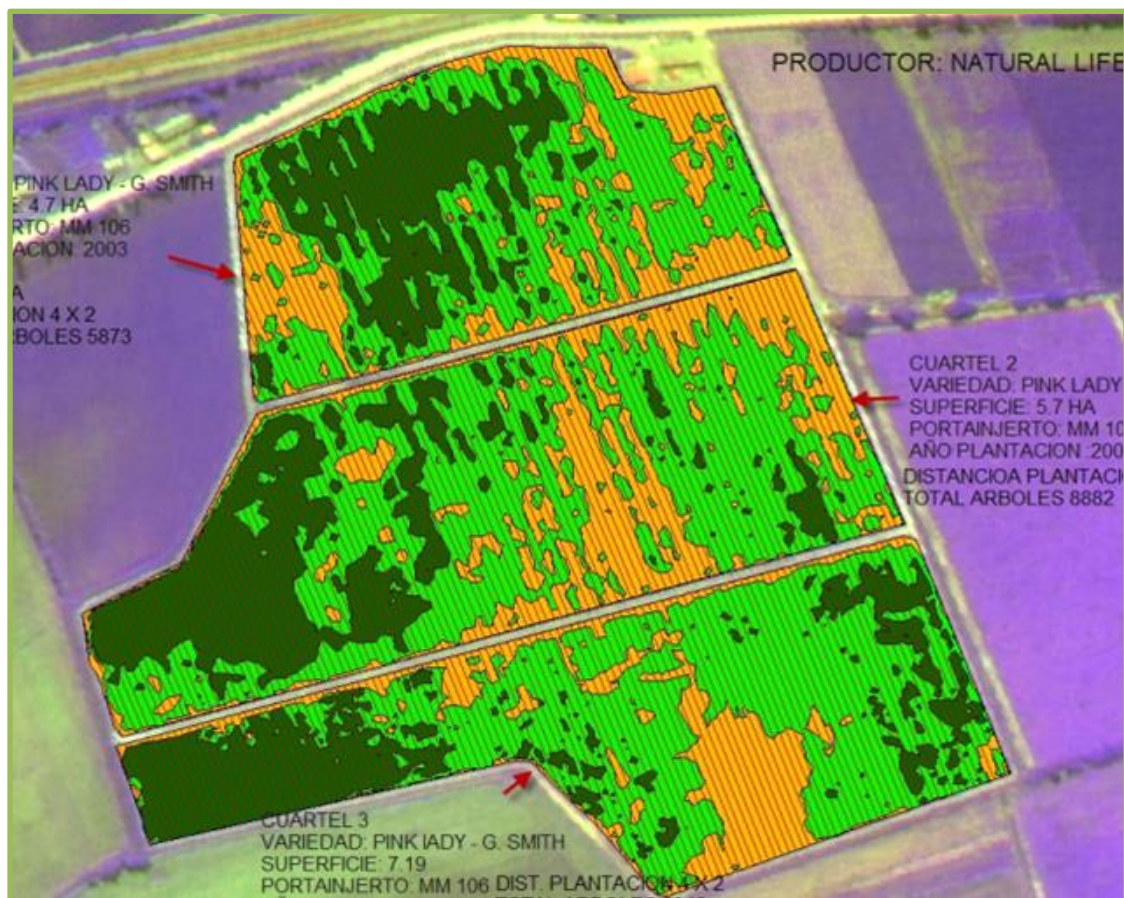
Motifs spatiaux
plus complexes



Toute une réflexion sur les
procédures d'échantillonnage à
remettre en cause

La variabilité spatiale ?

Des résultats similaires en Olives, pommes

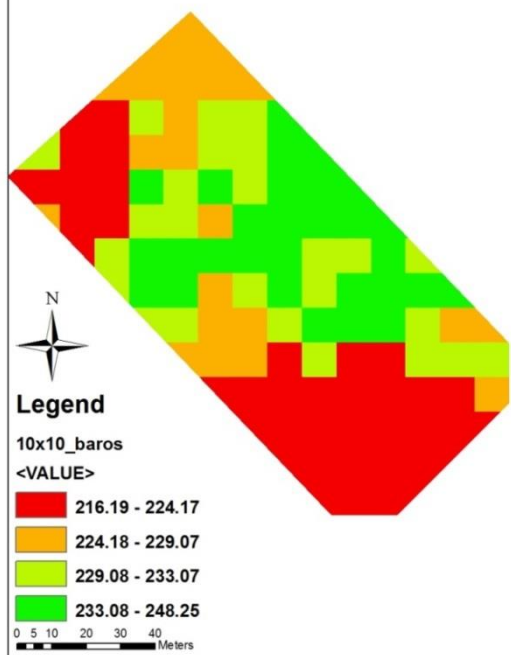


Source : Fountas, 2013

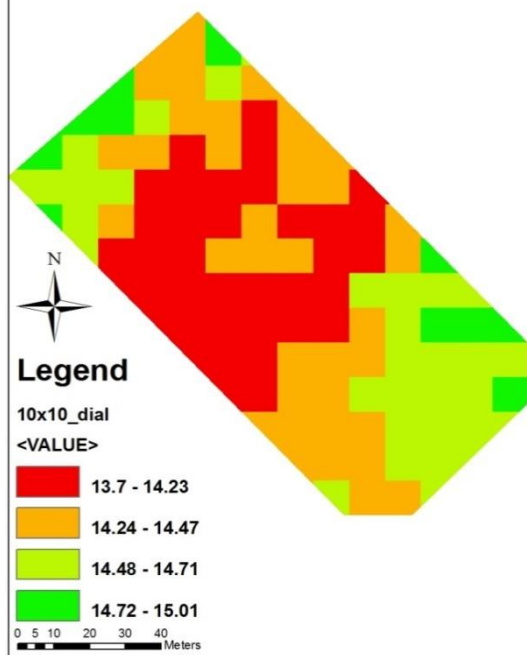
La variabilité spatiale ?

Des résultats similaires en Olives, pommes

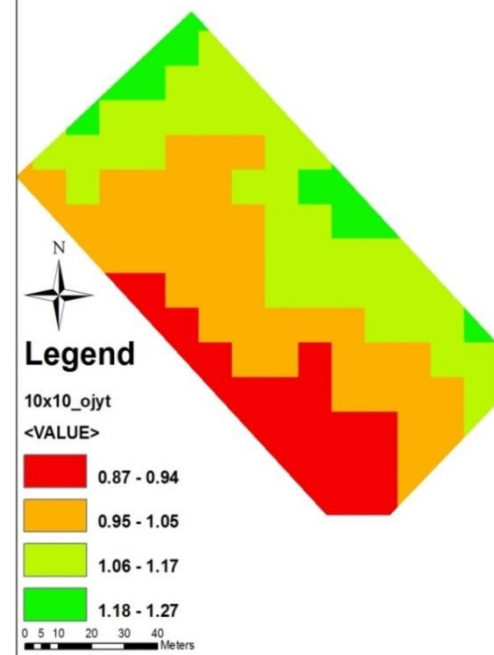
Fruit weight in grid 10 x10



Soluble solid material in grid 10X10



Acidity of juice in grid 10X10



Facteur de variation du rendement de 1 à 5

Source : Fountas, 2013

La variabilité spatiale ?

Stabilité temporelle de la variabilité spatiale Une illustration concrète.



- Expression végétative
- Expression végétative moyenne
- Expression végétative élevée

2006

Source de l'information : image multi-spectrale, env. 30 j. avant
véraison, avion jaune, projet oenoview-ICV SupAgro, 0,5 m²

La variabilité spatiale ?

Stabilité temporelle de la variabilité spatiale Une illustration concrète.



1999



2006



2007



2008



2009

Kazmierski et al., 2011

La variabilité spatiale ?

Stabilité temporelle de la variabilité spatiale
Une illustration concrète.



1999



2006



2007



2008



2009

Kazmiersky et al., 2011

La variabilité spatiale ?

Stabilité temporelle de la variabilité spatiale
Une illustration concrète.



1999



2006



2007



2008



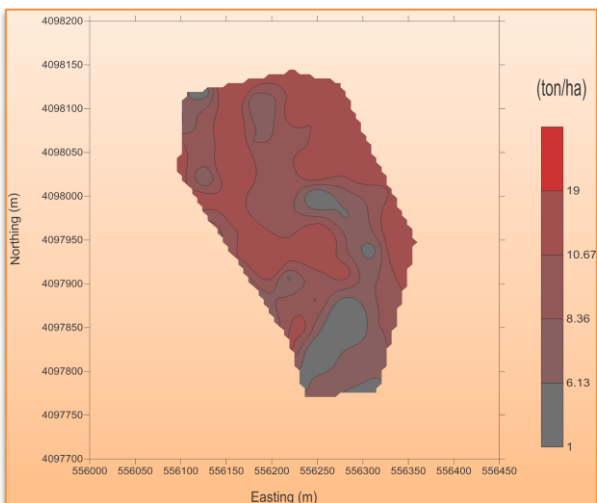
2009

Kazmierski et al., 2011

La variabilité spatiale ?

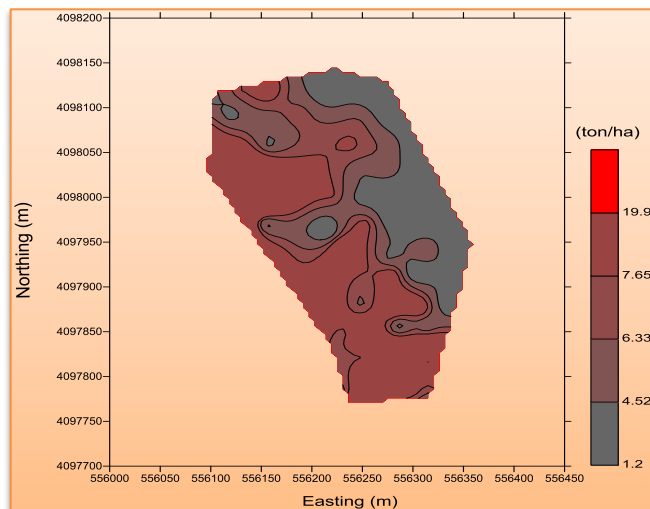
Exemple de cultures pérenne avec une alternance (Olives).

2007



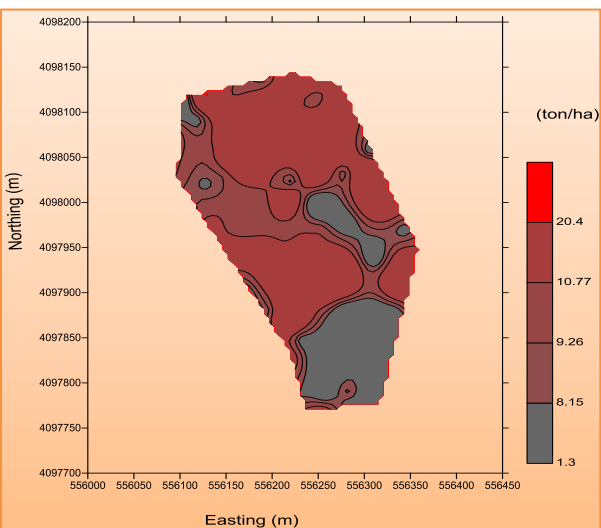
Rendement:
7 t/ha

2008



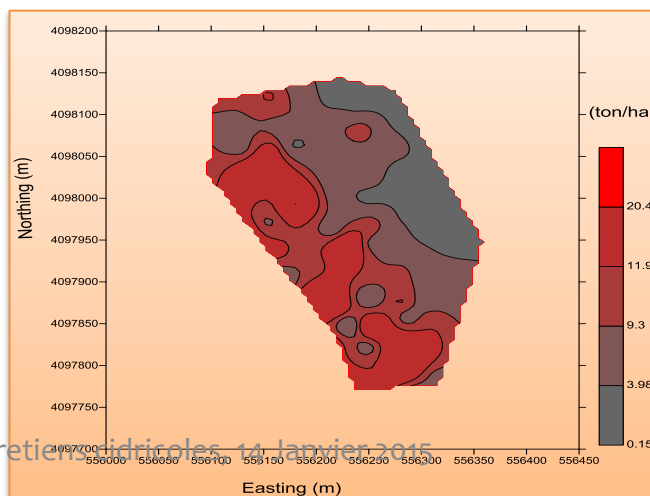
Rendement :
10 t/ha

2009



Rendement:
8 t/ha

2010



Rendement :
10 t/ha

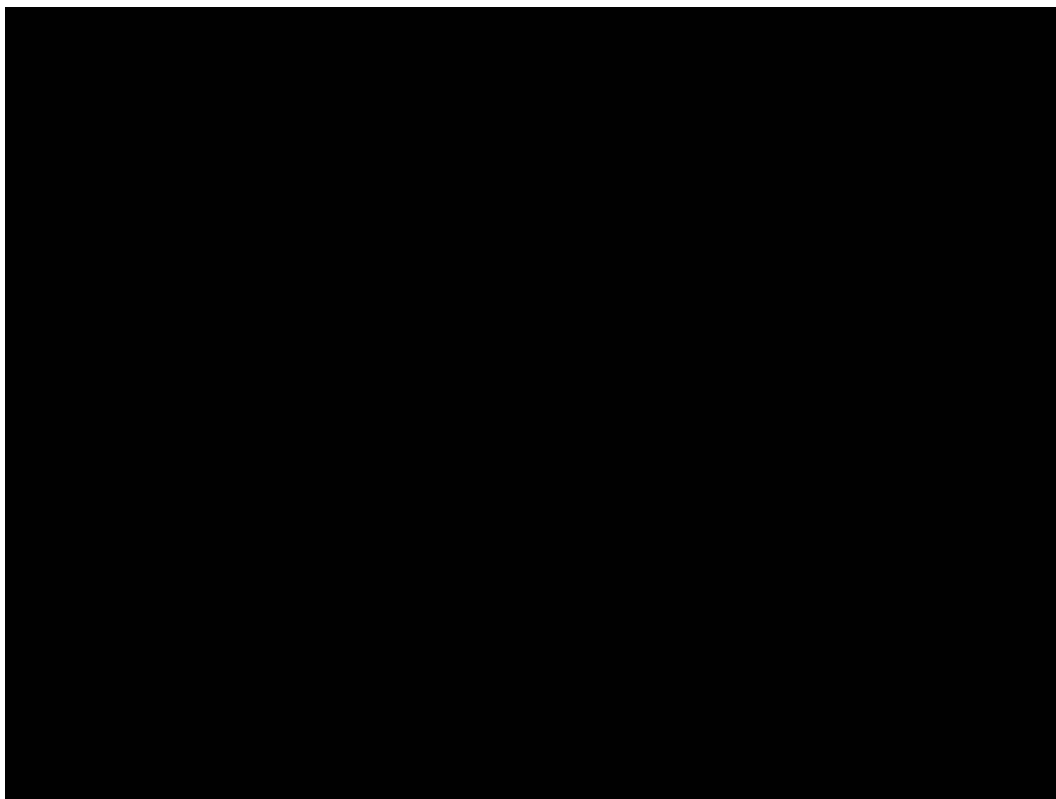
Fountas, 2013

- Introduction,
- L'AP, pour quoi faire ?
- La variabilité spatiale ?
- **Exemple de services,**
- Conclusions et perspectives

Exemples de produits et services

Localisation, Guidage

Guidage, aide au guidage, adoption du GPS (RTK) centimétrique pour la plantation.



Source : Duvineau

Exemples de produits et services

Localisation, Guidage

Retrouver une parcelle, retrouver en essai dans un parcelle, retrouver une zone.

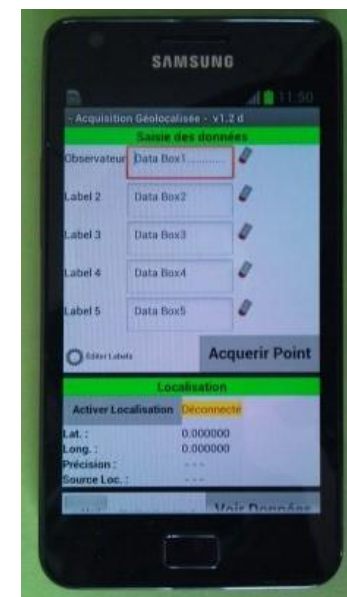
Récepteur GNSS (GPS) en mode naturel (~5 m.)

- Vulgarisation via les téléphones,



Exemple de positionnement au vignoble avec un smartphone (Galaxy S2)

- Localisation enregistrée
- Localisation réelle



Exemples de produits et services

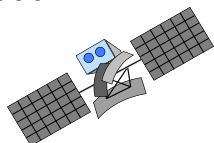
Vers des observations pérennes ou en cours de cycle culturale

Des observations sur l'expression végétative/vigueur de la plante en cours de cycle,

Télédétection

Montero et al., 1999,
Lamb et al., 2001,
Hall et al., 2003,
Bramley, 2001,
Johnson et al., 2003,
Dobrowski et al., 2003,
Best et al., 2005,
Bramley et al. 2005,
Arno et al. 2005,
Acevedo et al., 2008,
Kazmierski et al., 2011,
Santesteban et al., 2013,

500 - 1000 km



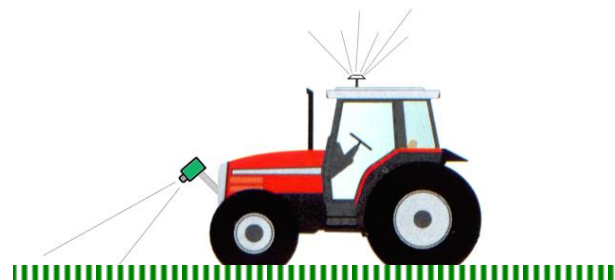
1000 - 3500 m



50 - 1000 m



Proxi-déttection



- Greenseeker
- Crop circle
- Multiplex
- Physiocap

Drissi et al., 2009.
Stamatiatis et al., 2010.
Debuisson et al., 2010.

Quel stade phénologique ? Quelle résolution ? Quel capteur ? Effet du mode de conduite ?
 Quel lien avec des informations agronomiques ?

Exemples de produits et services

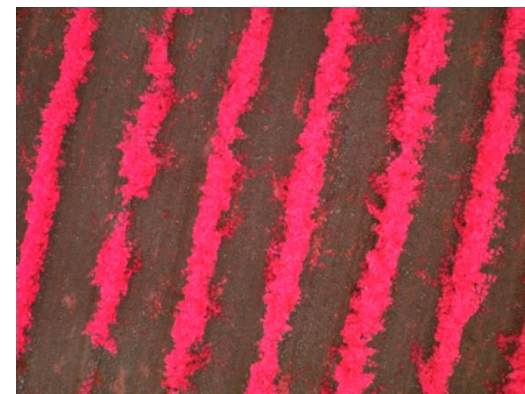
Vers des observations pérennes ou en cours de cycle culturale



15 cm



10 cm



7 cm



3 cm



1 cm



0,5 cm

Exemples de produits et services

Vers des observations pérennes ou en cours de cycle culturale

Des observations sur l'expression végétative/vigueur de la plante en cours de cycle,

Télédétection

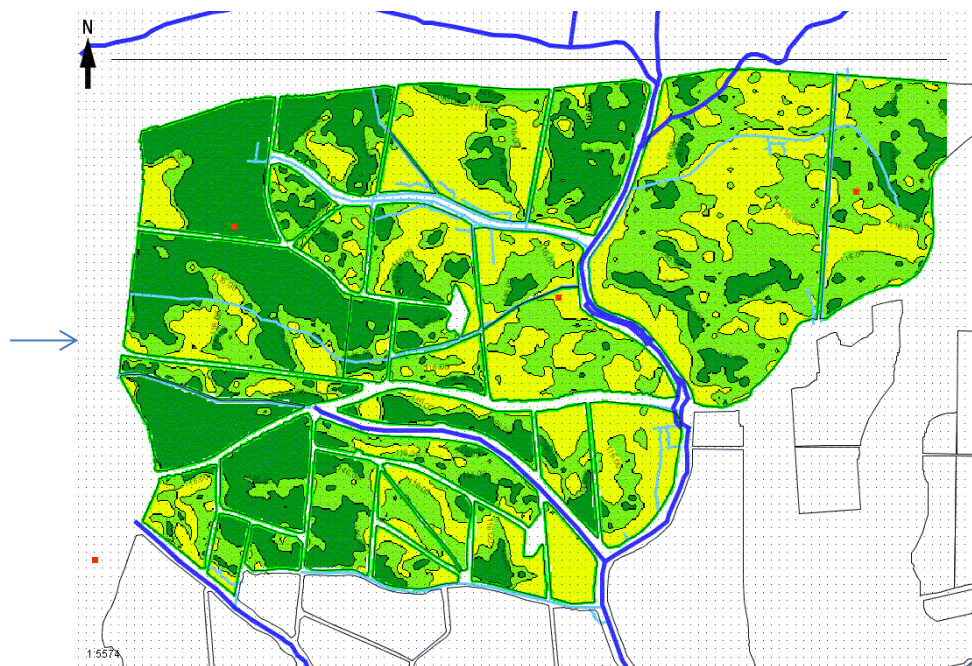


Objectif : visualiser l'expression végétative/ vigueur à un stade optimal



300 ha.

Proxi-détetection



Exemples de produits et services

Vers des observations pérennes ou en cours de cycle culturale

Des observations à haute résolution spatiale issues d'autres domaines d'activités.

Sol : résistivité apparente (Era), conductivité apparente (ECa)



Barbeau et al., 2005,
Taylor, 2004,
Best et al., 2005,
Lamb et al., 2005,
Couloma et al., 2009,

Sources : www.geocarta.net



Source : Montpellier SupAgro

B. Tisseyre, entretiens cidricoles, 14 Janvier 2015

Exemples de produits et services

Vers des observations pérennes ou en cours de cycle culturale

Des observations à haute résolution spatiale issues d'autres domaines d'activités.

Sol : résistivité apparente (Era), conductivité apparente (ECa)



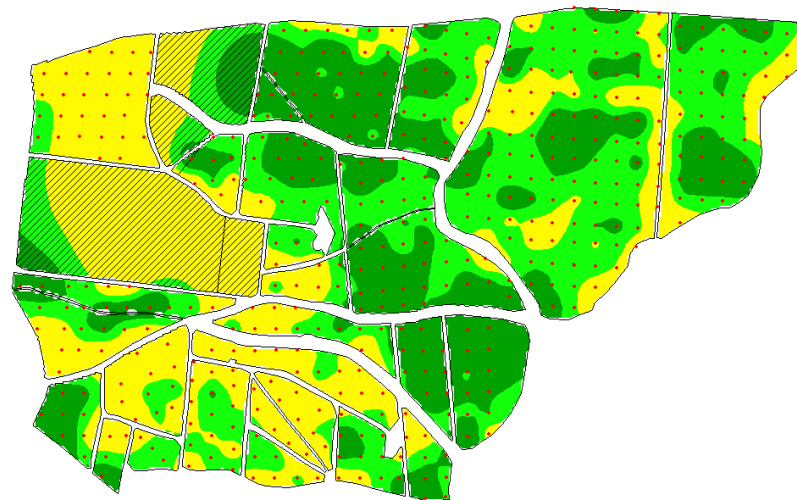
Barbeau *et al.*, 2005,
Taylor, 2004,
Best *et al.*, 2005,
Lamb *et al.*, 2005,
Couloma *et al.*, 2009,

Sources : www.geocarta.net



Source : Montpellier SupAgro

Carte conductivité



B. Tisseyre, entretiens cidricoles, 14 sources

Sources : Montpellier SupAgro

Exemples de produits et services

Vers des observations pérennes ou en cours de cycle culturale

Des observations à haute résolution spatiale issues d'autres domaines d'activités.

Sol : résistivité apparente (Era), conductivité apparente (ECa)

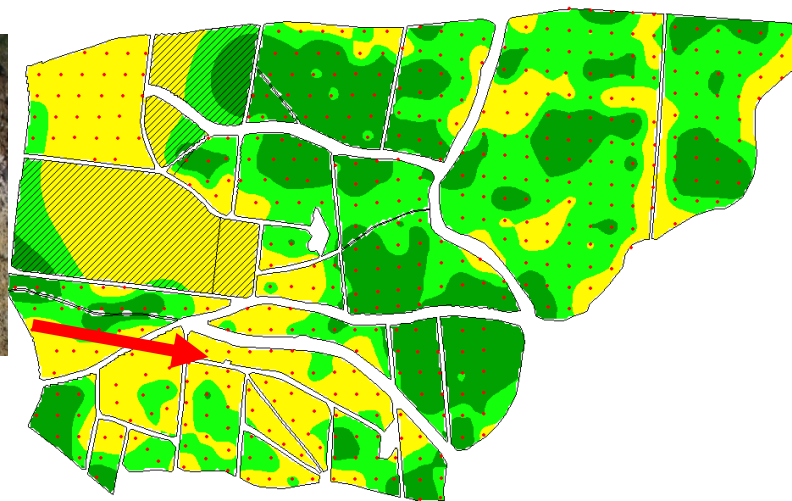


Barbeau *et al.*, 2005,
Taylor, 2004,
Best *et al.*, 2005,
Lamb *et al.*, 2005,
Couloma *et al.*, 2009,

Sources : w



Sol léger/profond/o. alluviale



Exemples de produits et services

Vers des observations pérennes ou en cours de cycle culturale

Des observations à haute résolution spatiale issues d'autres domaines d'activités.

Sol : résistivité apparente (Era), conductivité apparente (ECa)



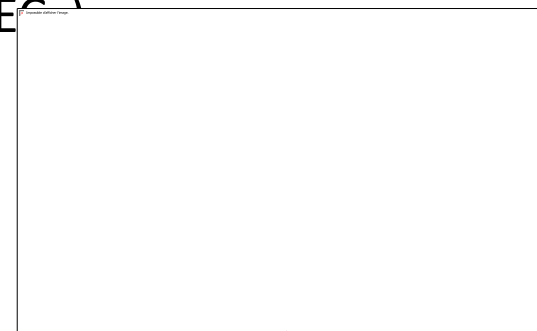
Barbeau *et al.*, 2005,
Taylor, 2004,
Best *et al.*, 2005,
Lamb *et al.*, 2005,
Couloma *et al.*, 2009,

Sources : w

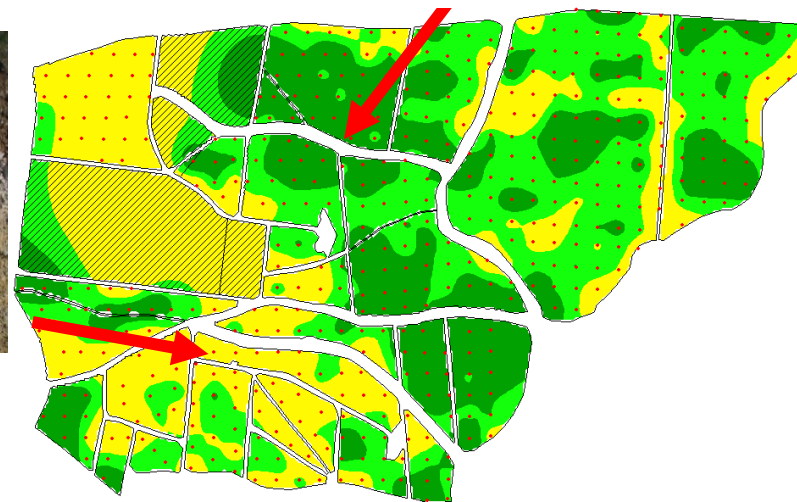


Sol léger/profond/o.
alluviale

Source : Montpellier SupAgro



Argile compactée



B. Tisseyre, entretiens cidricoles, 14 sources

Sources : Montpellier SupAgro

Exemples de produits et services

Vers des observations pérennes ou en cours de cycle culturale

Des observations à haute résolution spatiale issues d'autres domaines d'activités.

Sol : résistivité apparente (ERa), conductivité apparente (ECa)



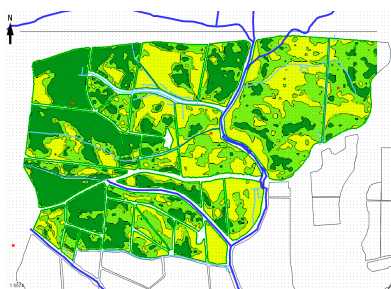
En conditions non-irriguées, le système racinaire de la vigne peut-être plus profond que la profondeur de mesure du capteur limitée à 2-2,5 m.

Couloma et al., 2009

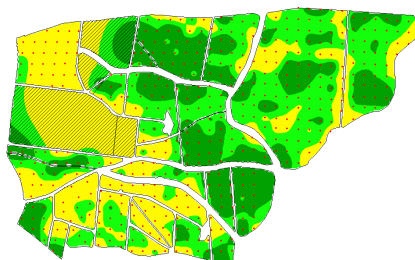
Exemples de produits et services

L'idée générale :

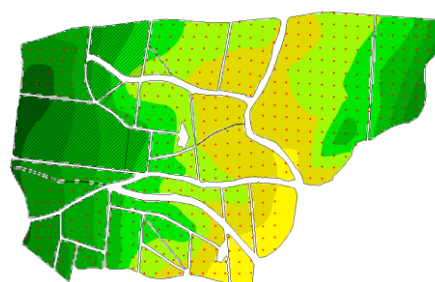
1. Identifier des zones stables sur la base des observations à haute résolution,



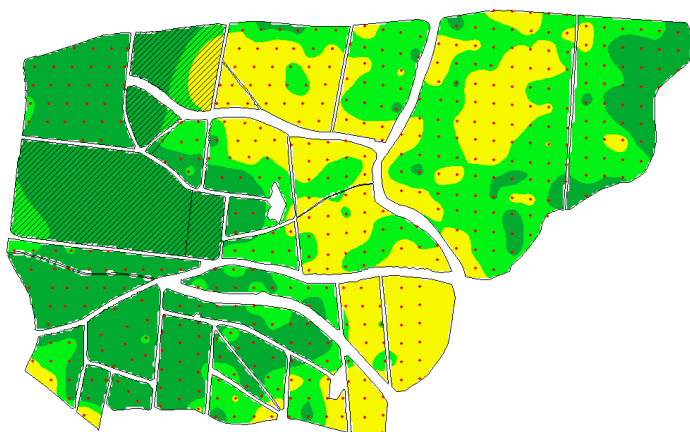
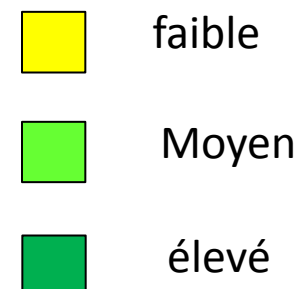
Vigueur



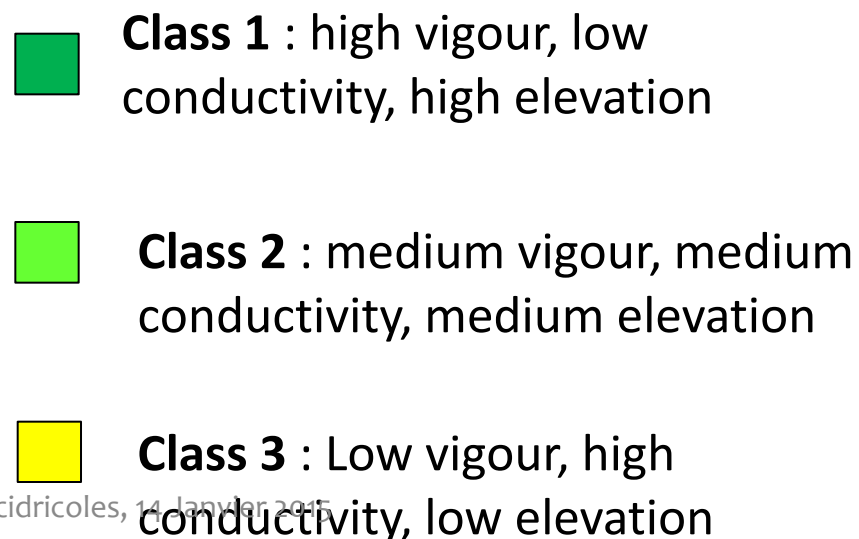
ECa (conductivité)



Altitude



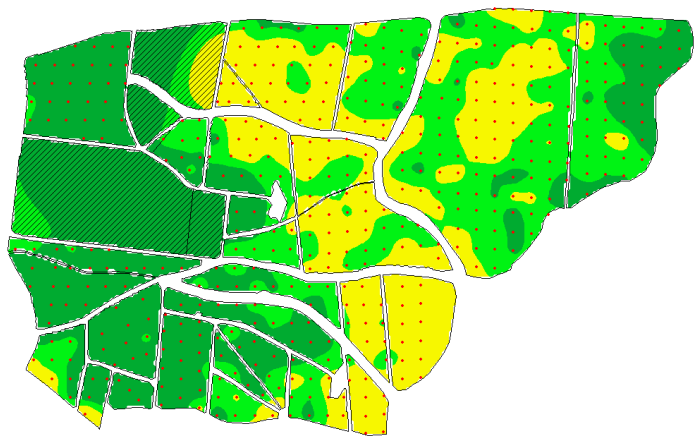
Classification



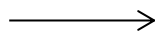
Exemples de produits et services

L'idée générale :

1. Identifier des zones stables sur la base des observations à haute résolution,
2. Echantillonnage orienté
 1. Validation de l'observation (surface exposée, etc.),
 2. Information agronomique (sol, état hydrique, azote foliaire, etc.),
 3. Estimation du rendement,
 4. Paramètres de la qualité -> récolte sélective



Classification



Ground truth sampling

Exemples de produits et services

Vers des capteurs embarqués sur piéton, géo-référencés permettant des mesures non destructives (spectrométries, fluorescence, analyse d'image)

Qualiris grappe TM



www.sodimel.fr

Serrano et al., 2005

Multiplex TM
Force-A



www.force-a.eu

Baluja et al., 2012.

Premivm TM
PsI, KIT



www.premivm.eu

Navratil et al., 2012.

Exemples de produits et services

Vers des services très automatisés pour la gestion des intrants

- Machines commercialisées
 - Casella[®]/Terradat[®], 10 Machines en 2013
 - Tecnovict[®], ? machines en 2013
 - Braud-New-Holland,



Sources : Lonardi, Casella



Sources : Giancarlo spezia



Sources : CNH

Exemples de produits et services

**Ne pas oublier les méthodes simples !
Facilitées par un environnement très structuré.**

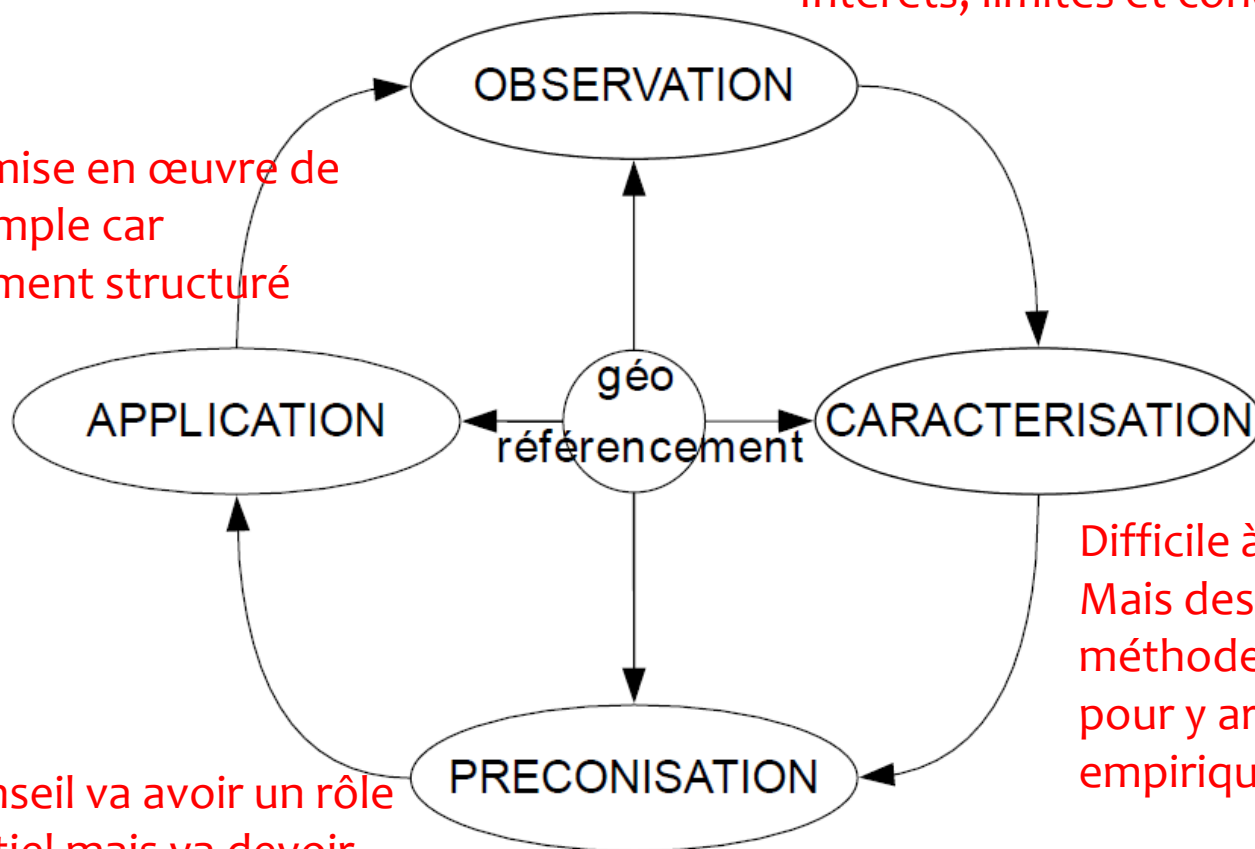


4 zones/classes
4 couleurs
4 modalités
Code couleur piquets

- Introduction,
- L'AP, pour quoi faire ?
- La variabilité spatiale ?
- Exemple de services,
- **Conclusions et perspectives**

Qu'a-t-on appris en plus de 15 ans ?

Intérêts, limites et conditions d'utilisation



Difficile à automatiser
Mais des outils et des
méthodes
pour y arriver de manière
empirique.

Le conseil va avoir un rôle
essentiel mais va devoir
s'adapter (plans de
formations à prévoir).

Tisseyre, 2012.

De nouvelles sources d'observations

- hyperspectral,
- Infra-rouge thermique,
- La 3D par drone,

Cf. intervention de JL Regnard)



Sources : G. Besquet, AgroTIC Services, Chaire AgroSYS
B. Tisseyre, entretien techniques, 14 janvier, 2013

De nouvelles sources d'observations

- hyperspectral, [Cf. intervention de JL Regnard](#)
- Infra-rouge thermique, [Cf. intervention de J. Gaudin, J. Le Maguet](#)
- La 3D par drone, [Cf. intervention de J. Gaudin, J. Le Maguet](#)
- Les capteurs mobiles connectés [Cf. intervention de J. Gaudin, J. Le Maguet](#)

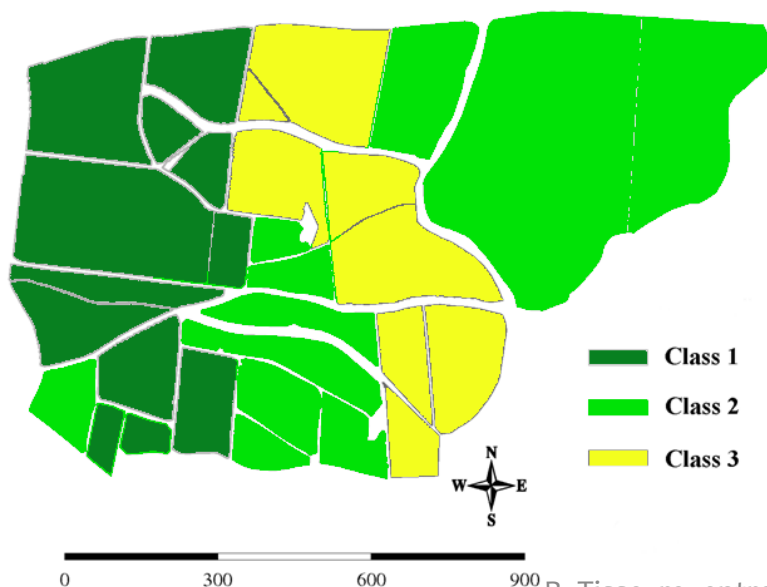
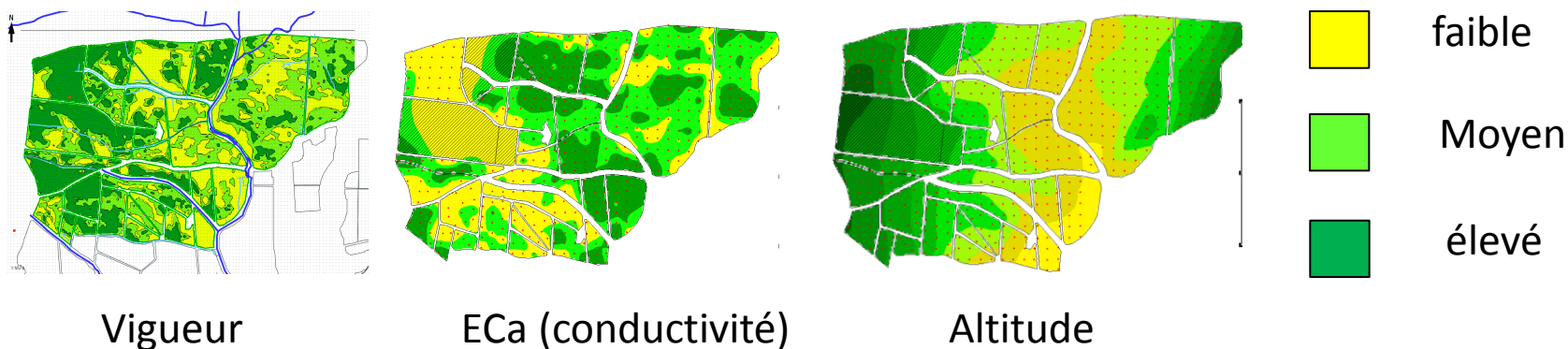
La robotique

[Cf. intervention de M. Berducat](#)



(Sources : Naïo, futurmag)

Ce n'est pas une fatalité,
Mais une formidable opportunité pour redécouvrir l'Agronomie



Des outils pour inciter à :

1. Comparer les parcelles (coop.)
2. Adapter la conduite parcellaire,
3. Etre en mesure d'en contrôler la pertinence année après année,

Merci pour votre attention