



Carrefours de l'innovation  
agronomique

Numérique en productions végétales :  
prédire et agir



## Traiter avec précision – concepts en jeu dans le contexte de la gestion du mildiou et de l'oïdium de la vigne

#DigitAg



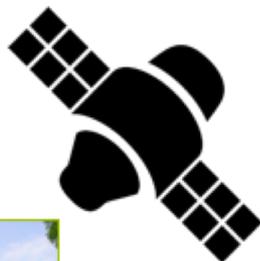
Olivier NAUD, Irstea  
Alexandre DAVY, IFV  
Sébastien CODIS, IFV

26 juin 2018 | Amphi P. Lamour - Montpellier SupAgro | Montpellier

# Agriculture numérique: une attente sur la réduction des intrants phytosanitaires



Simplot spray guide  
(USA)



**PESTICIDES**



Réduire?



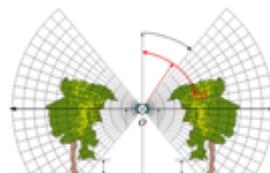
**PESTICIDES**



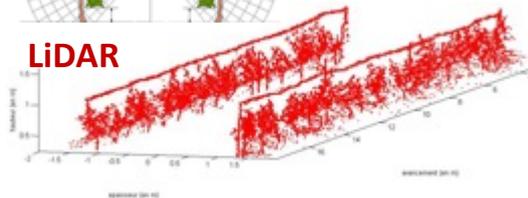
Di@gnoplant®-Vigne  
Reconnaitre les maladies



(Ojeda et al. , 2005)  
Photo : M. Heywang



**LiDAR**



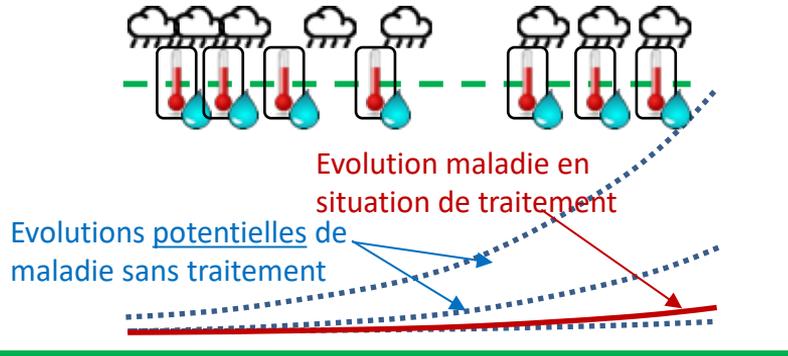
# Pathosystèmes mildiou et oïdium de la vigne

- Des maladies à impact fort lorsqu'elles se déclarent et se propagent (perte totale de récolte possible)
  - Succession de crises sanitaires au 19<sup>ème</sup> : oïdium, phylloxera (puceron), mildiou,.... Soufre et Bouillie bordelaise (cuivre) seront les premières solutions pour oïdium et mildiou
- De nombreux traitements sont réalisés de façon préventive
- Maladies polycycliques (→ forts dégâts possibles)

# Pathosystèmes mildiou et oïdium de la vigne

- Des maladies à impact fort et dont la dynamique polycyclique est difficile à maîtriser
  - Dans l'attente de solutions de type génétique
  - Et en complément de stratégies agro-écologiques
  - Le mildiou et l'oïdium de la vigne constituent un **cas d'étude** d'importance scientifique et économique sur l'apport possible **des technologies numériques à la phytoprotection** (et ses limites).

# Agir avec précision dans le temps d'une saison



- Des « couches » de produit, date critique après date critique
- Et des « couches » de raisonnement
- Pour produire une « couverture » contre les « événements contaminants »

Avril

Septembre



Etc. Sur la saison.

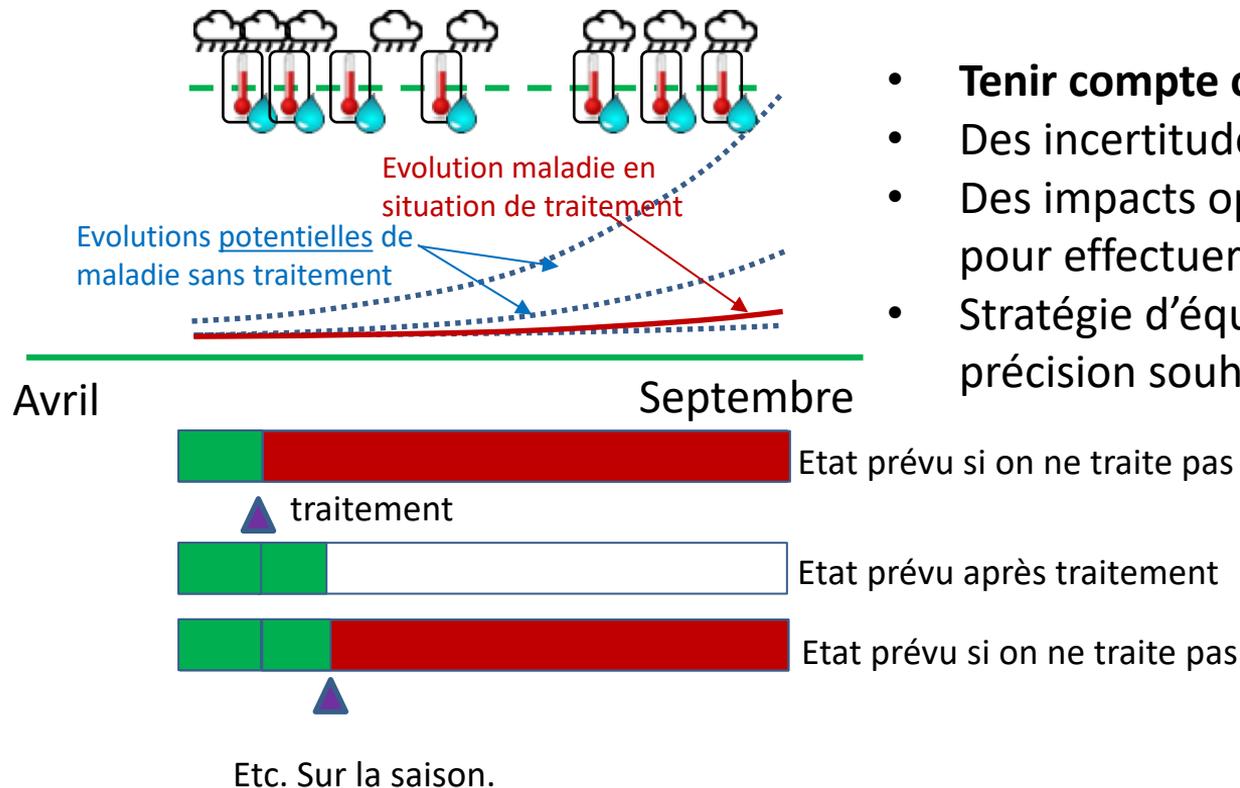
La démarche efficace n'est pas de « traiter sur symptômes ».

=> **Raisonnement tactique préventif**

Que faut-il observer? Pour quelle décision ?

**Précision: le temps et les doses**

# Raisonnement tactique préventif précis

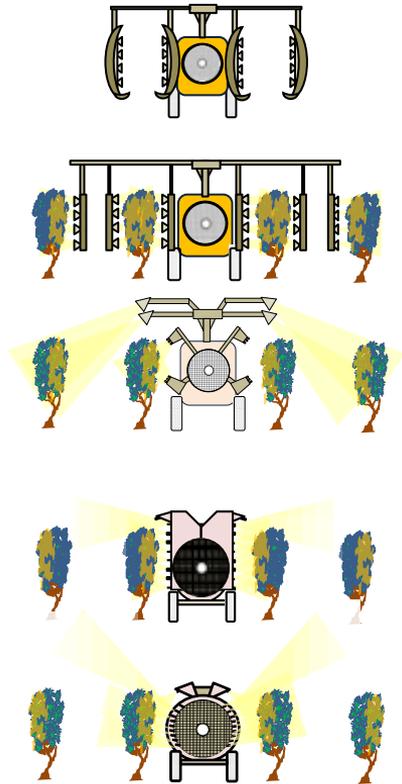


- **Tenir compte organisation entreprise**
- Des incertitudes météo sur les jours à venir
- Des impacts opérateur (délais de réentrée pour effectuer autres tâches)
- Stratégie d'équipement selon réactivité et précision souhaitées

# Précision spatiale: quelles sources de variabilité sont spatialisées ?

- Culture pérenne (15 ans et +), coût de plantation et gestion foncière
  - ⇒ le « système de culture » est en bonne partie « hérité » et/ou à évolution progressive
  - ⇒ Les différences peuvent être travaillées en **intra-parcellaire** mais aussi en **inter-parcelles**
- Efficacité de pulvérisation très variable selon:
  - Pulvérisateur
  - **Configuration du végétal => spatialisée**
  - Difficile de modifier les réglages d'une parcelle à l'autre avec pulvérisateurs actuels

# Configuration du végétal



Pulvérisateur

produit  
air

Caractérisation géométrique  
et physique basse résolution

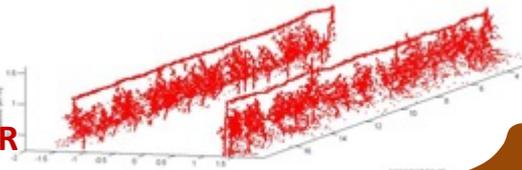
profondeur

hauteur

porosité

Surface  
de  
feuilles

scan  
LiDAR



Indications selon information haute résolution

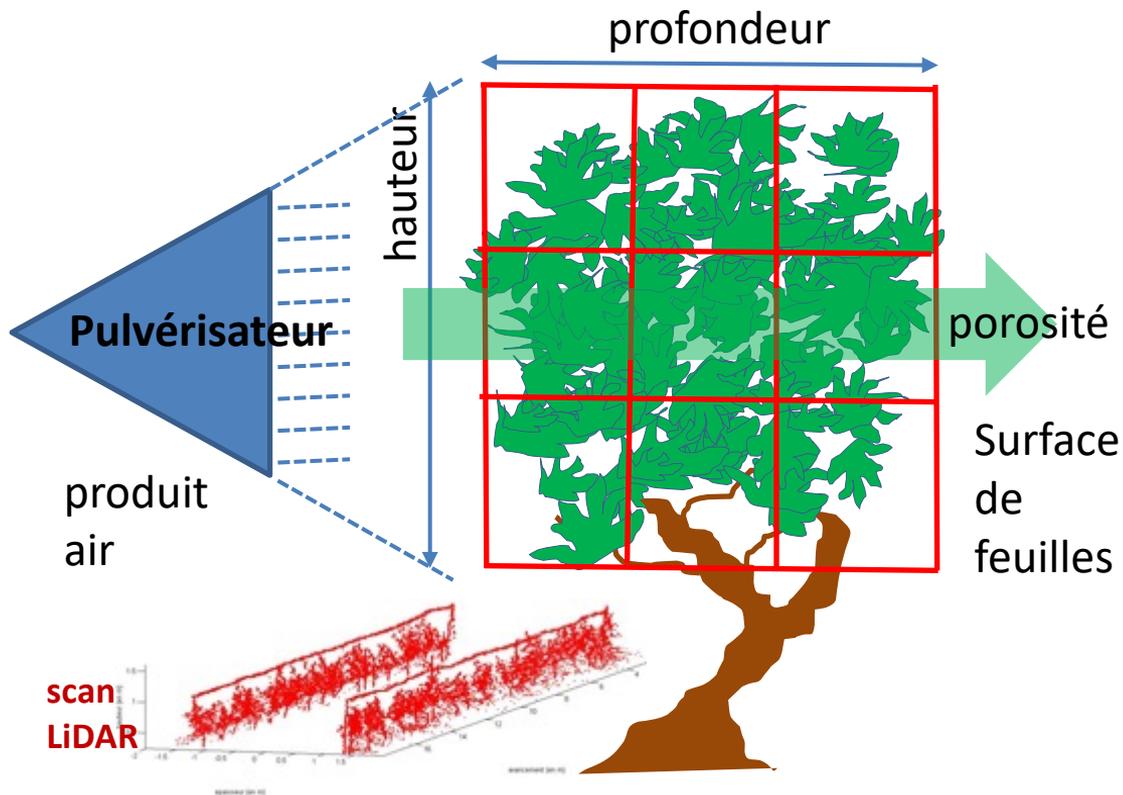
# Fonction de répartition des dépôts

Modèles de prédiction  
dépôts =  $f(\text{matériel, végétal})$

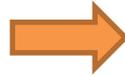
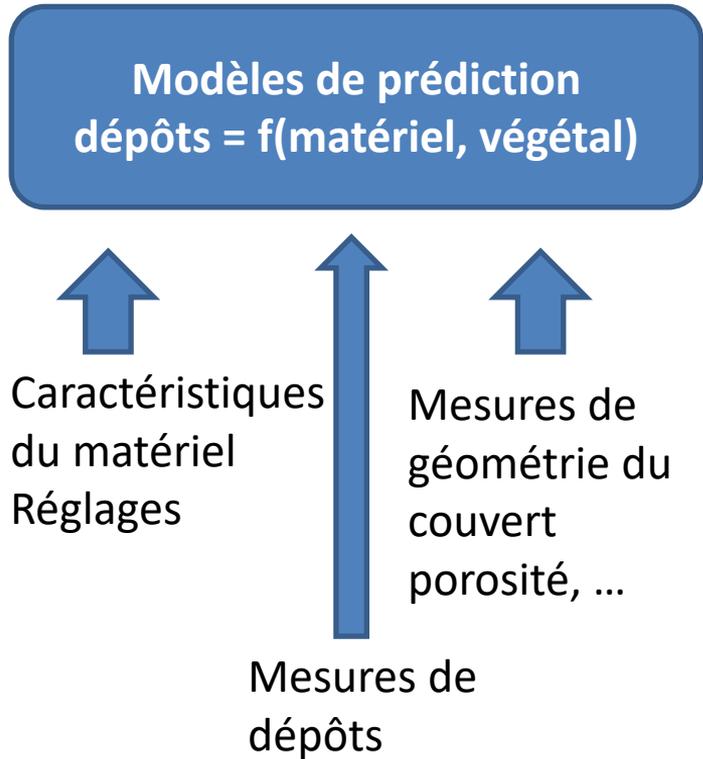
↑  
Caractéristiques  
du matériel  
Réglages

↑  
Mesures de  
géométrie du  
couvert  
porosité, ...

↑  
Mesures de  
dépôts

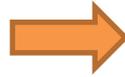
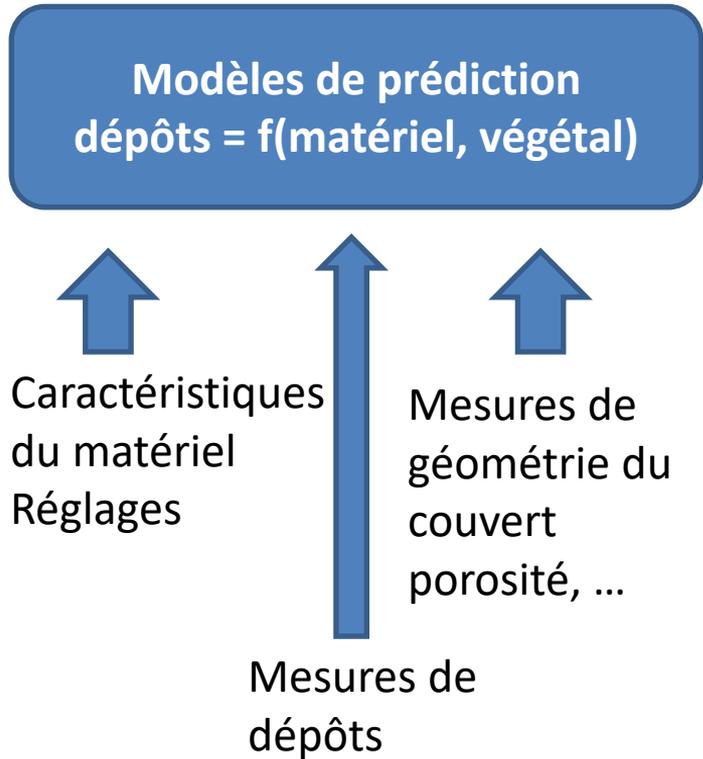


# Utiliser la prédiction de dépôts effectifs pour:



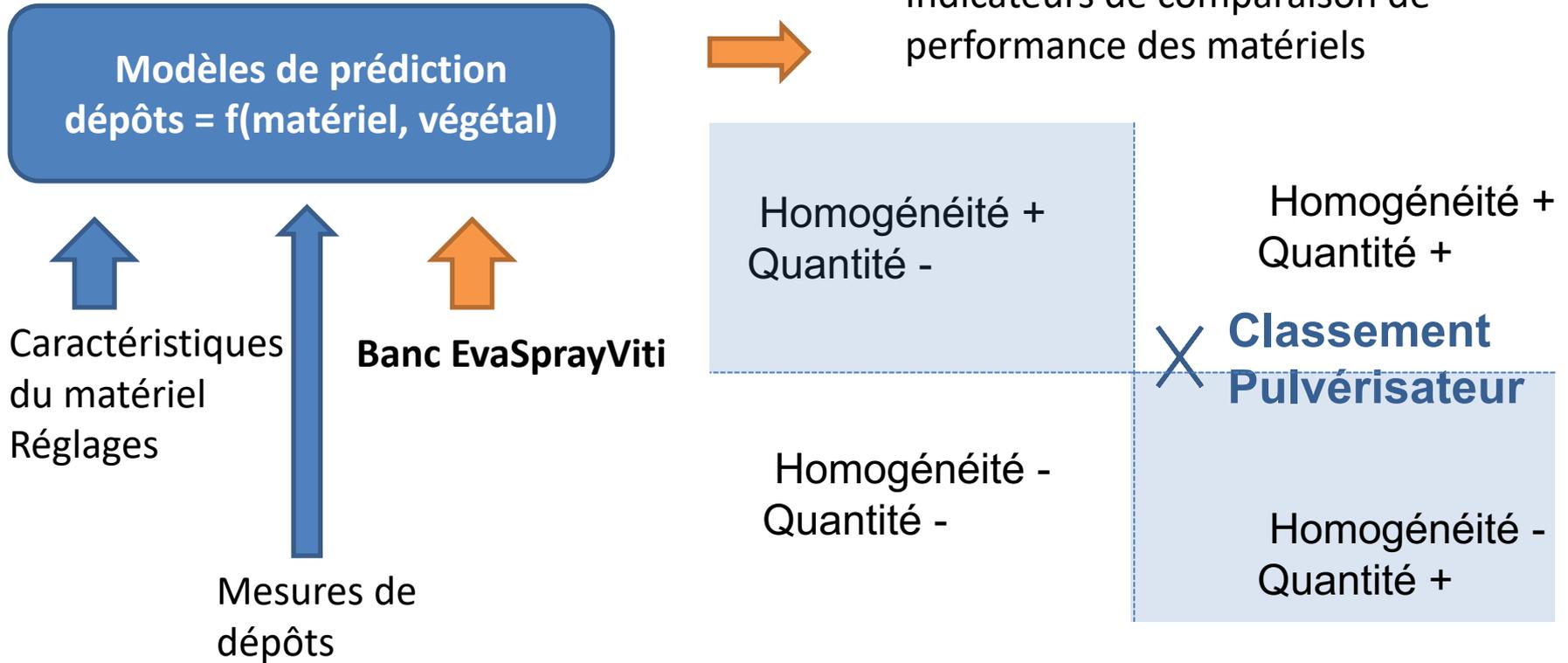
- Connaître la dose reçue par le végétal
- Adapter la dose émise pour avoir une dose reçue suffisante
- Concrètement réduire les doses émises si l'efficacité du pulvérisateur est bonne (pour un végétal donné)
- Tenir compte de la **dose moyenne** et de la **répartition du produit** dans le couvert
- Epidémiologie appliquée: apprendre sur l'efficacité du produit compte-tenu de l'efficacité du pulvérisateur

# Typologie des modèles:

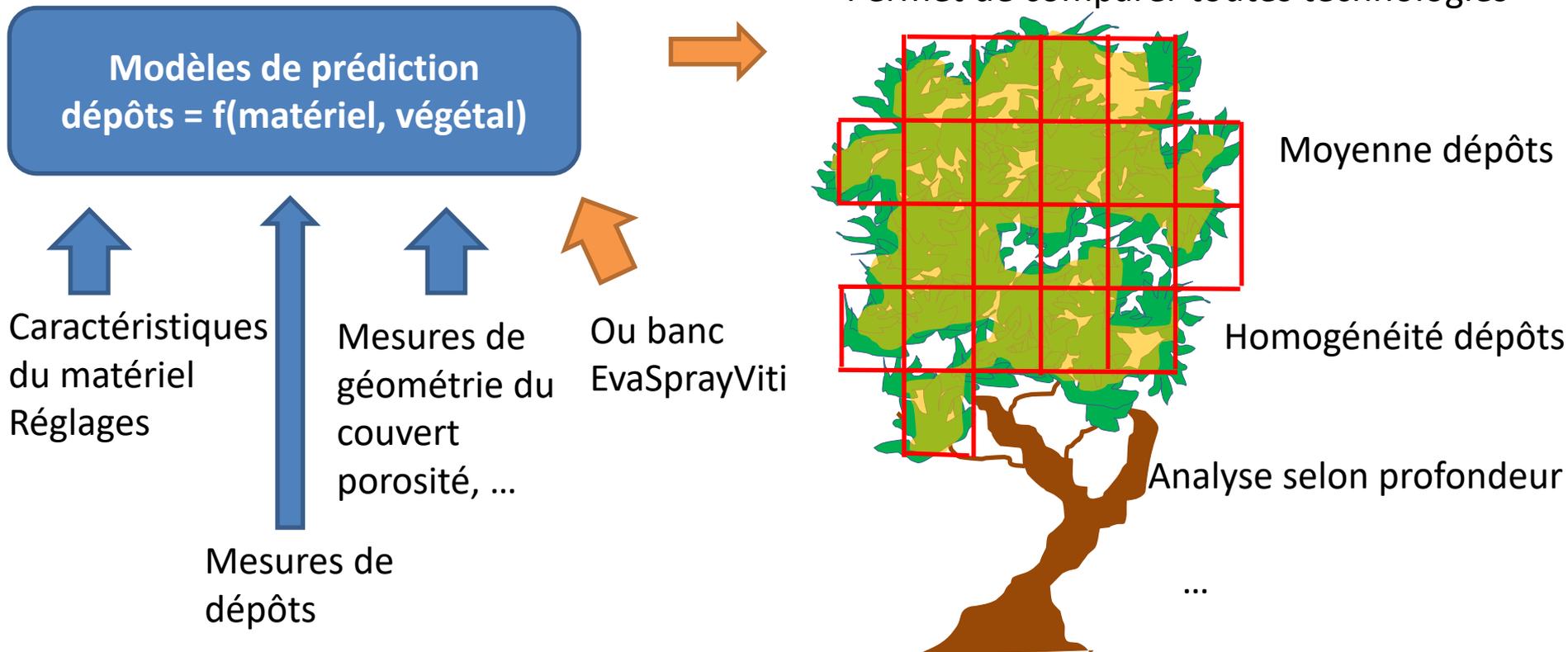


- Indicateurs de comparaison de performance des matériels
- Profil de répartition par « compartiment »
- Distribution statistique
- Modèle de forme paramétrique (physique empirique)

# Comparaison de performances



# Profil de répartition par compartiments



# Modèle de forme

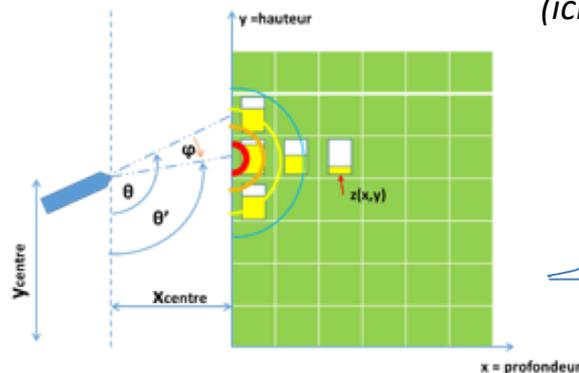
Modèles de prédiction  
dépôts =  $f(\text{matériel, végétal})$

↑  
Caractéristiques  
du matériel  
Réglages

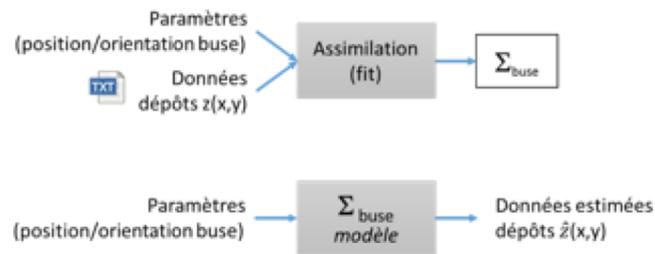
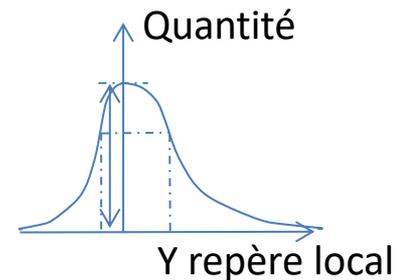
↑  
Mesures de  
dépôts

↑  
Mesures de  
géométrie du  
couvert  
porosité, ...

↑  
Ou banc  
EvaSprayViti

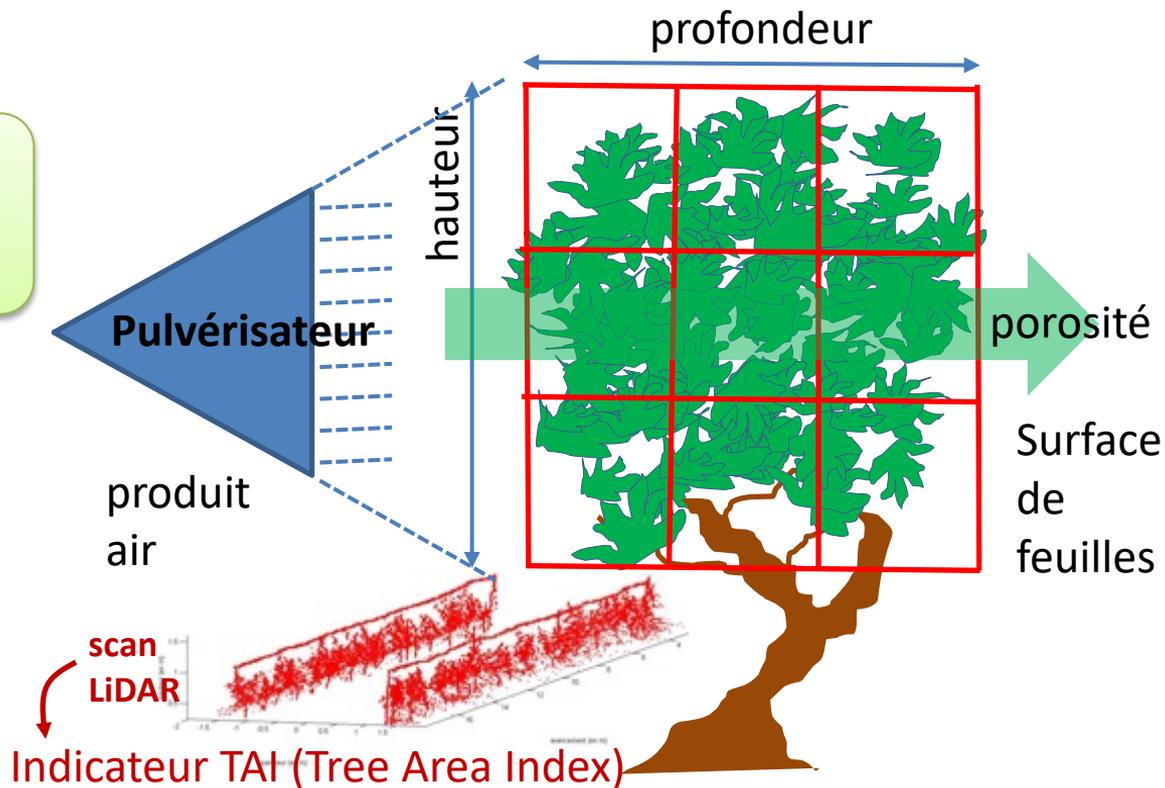
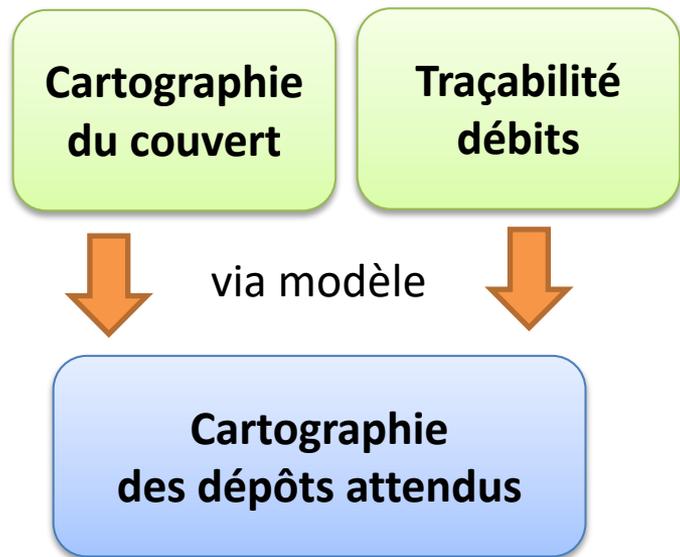


Exemple de forme  
(ici représentée en 1D)



Modèle physique empirique par buse  
+ composition des effets des buses

# Usage des modèles de prédiction en agriculture de précision



# Sources d'incertitude pour gérer les maladies

- Maladies à foyer avec conservation hivernale du pathogène
  - Difficulté à prédire les lieux et les dates les plus probables de survenue des premiers foyers
  - Dynamiques spatiales et temporelles multi-factorielles peu reproductives d'une année sur l'autre
- Influence forte des précipitations dans les modèles bioclimatiques => source d'incertitude spatiale et quantitative
- La gestion de dose reste très empirique quand elle est pratiquée
- L'aspect économique est peu incitatif à une stratégie IFT faible

# Une notion centrale ... et incertaine ... la dose

- La dose homologuée à l'hectare cadastral est insuffisamment informative
- La notion de « rémanence » est une simplification ne favorisant ni la gestion de dose ni l'adoption de tactiques plus précises au plan temporel et spatial
- La dose effectivement déposée, rapportée à la surface végétale protégée, et mise en regard des périodes de sensibilité, est un concept permettant d'apprendre des tactiques préventives à faible IFT
- **Mesures + Traçabilité + Modèles prédictif des dépôts**
  - **épidémiologie appliquée collaborative ?**

# Modélisation – collaboration – apprentissage du risque

- En l'état des connaissances, et compte-tenu des caractéristiques des pathosystèmes mildiou et de l'oïdium de la vigne, la substitution totale de l'assurance technique chimique par une assurance de type économique semble délicate
- Mais une substitution partielle, basée sur une acquisition collaborative de connaissances sur parcelles « à faible IFT », serait à étudier...
- La place des TICs serait multiple dans un tel cadre: mesures, modélisation, traçabilité, collaboration, apprentissage de la gestion des risques, renforcement de la capacité de décision de l'agriculteur