



# Développer des solutions en Agriculture

## Modélisation agro-météorologique

- Phénologie
- Lessivage de l'azote au cours de l'hiver
- Minéralisation de l'azote
- Risques environnementaux

# Sommaire

2

## ➤ Phénologie

Anticipation des dates de récolte en maïs grain

- Lessivage de l'azote au cours de l'hiver
- Minéralisation de l'azote
- Risques environnementaux

# Phénologie

## Anticipation des dates de récolte en maïs grain

3



Croissance  
végétative



Remplissage  
des grains



### Durée relative des phase de croissance pour des variétés tardives et précoces

variété précoce					somme de degrés jours (seuil 6°C)	variété précoce			
0	80	300	430	800		0	800	1600	1600 et +
semis	levée	stade "B"	initiation de l'épi	<b>floraison</b>		semis	floraison	<b>32% d'humidité du grain</b>	récolte
variété tardive					somme de degrés jours (seuil 6°C)	variété tardive			
0	85	485	605	1125		0	1125	1900	1900 et +

Source : AGPM & P. Girardin

Rencontres Agro-météo – 14 & 15 janvier 2015

# Phénologie

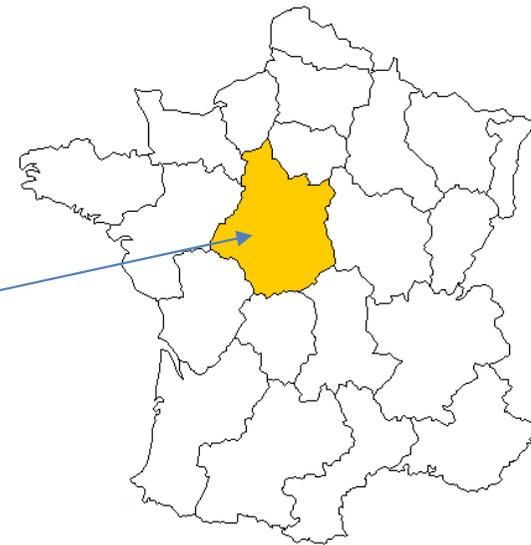
## Anticipation des dates de récolte en maïs grain

4

Outil anticipant les stades en fonction des dates de semis, des régions et des prévisions de températures :

### Cas de l'année 2014 en région Centre

Région	Semis 50%	Floraison 50%	Récolte 50%
Centre	12-avr-11	04-juil-11	08-oct-11
	09-avr-12	19-juil-12	28-oct-12
	24-avr-13	25-juil-13	28-oct-13
	<b>09-avr-14</b>	19-juil-12	?



Peut on anticiper les dates de début de récolte au niveau régional à partir de la floraison ?

# Phénologie

## Anticipation des dates de récolte en maïs grain

6

### Cas de l'année 2014

Région	Semis 50%	Floraison 50%	Récolte 50%
	12-avr-11	04-juil-11	08-oct-11
Centre	09-avr-12	19-juil-12	28-oct-12
	24-avr-13	25-juil-13	28-oct-13
	09-avr-14	19-juil-14	?

### Météo France prévision mensuelle

Mois août 2014

Température < normale

Pluviométrie > normale

### Météo France prévision saisonnière

Aout – Septembre – Octobre 2014

Température > normale

Pluviométrie < normale



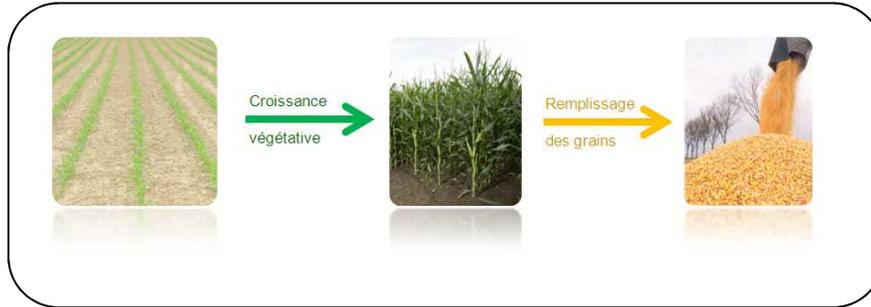
Source : France-AgriMer & Météo France

Rencontres Agro-météo – 14 & 15 janvier 2015

# Phénologie

## Anticipation des dates de récolte en maïs grain

7



### Cas de l'année 2014

Région	Semis 50%	Floraison 50%	Récolte 50%
Centre	09-avr-14	19-juil-14	?

Météo France prévision mensuelle

+

Météo France prévision saisonnière

+

Base de données météo

+

Normales de saison

Outil d'anticipation des dates de récolte en maïs grain

# Phénologie

## Anticipation des dates de récolte en maïs grain

8

### Cas de l'année 2014

Région	Semis 50%	Floraison 50%	Récolte 50%
Centre	09-avr-14	19-juil-14	?

### Mois Août 2014

Température < normale

### Aout – Septembre – Octobre 2014

Température > normale

Région	Année	Mois	Température moyenne mensuelle °C	Normale mensuelle °C	Température par rapport à la normale
Centre	2004	08	19,3	19,4	Température < normale
Centre	2004	09	16,9	16,1	Température > normale
Centre	2004	10	12,7	12,3	Température > normale
Centre	2005	08	17,8	19,4	Température < normale
Centre	2005	09	16,6	16,1	Température > normale
Centre	2005	10	14,9	12,3	Température > normale
Centre	2006	08	16,90	19,4	Température < normale
Centre	2006	09	18,4	16,1	Température > normale
Centre	2006	10	14,1	12,3	Température > normale
Centre	2011	08	18,3	19,4	Température < normale
Centre	2011	09	16,6	16,1	Température > normale
Centre	2011	10	13,5	12,3	Température > normale
Centre	2013	08	18,8	19,4	Température < normale
Centre	2013	09	17,4	16,1	Température > normale
Centre	2013	10	14,8	12,3	Température > normale

Source : France-AgriMer & Météo France

Rencontres Agro-météo – 14 & 15 janvier 2015

# Phénologie

## Anticipation des dates de récolte en maïs grain

9

Somme de température en base 6°C du 09 avril au 19 juillet 2014 (date de semis et de floraison) :

**890°C**

Région Centre : variétés précoces à demi-précoces → cumul du semis à 32% d'humidité du grain = **1700 °C**

Donc, cumul nécessaire pour arriver à 32% d'humidité du grain :

**1700 - 890°C soit 810°C jours**

# Phénologie

## Anticipation des dates de récolte en maïs grain

10

Année de référence	Date prévue de 32% d'humidité du grain	Cumul de température base 6°C
2004	17-sept	821
2005	24-sept	822
2006	18-sept	829
2011	28-sept	822
2013	22-sept	825

Au 20 juillet 2014 nous sommes donc en mesure de dire que le début de la récolte de maïs grain est prévu :

**entre le 17 septembre et le 28 septembre 2014**

Date réelle de début de récolte selon Céré'Obs en région Centre :

**Entre le 29 septembre et le 05 octobre 2014**

# Phénologie

## Anticipation des dates de récolte en maïs grain

11

### Comparaison des dates estimées de début de récolte en maïs grain et des dates réelles



# Sommaire

13

- Phénologie
- Lessivage de l'azote au cours de l'hiver
- Minéralisation de l'azote
- Risques environnementaux

# Lessivage et Minéralisation

L'outil d'aide à la décision Epiclès est ...

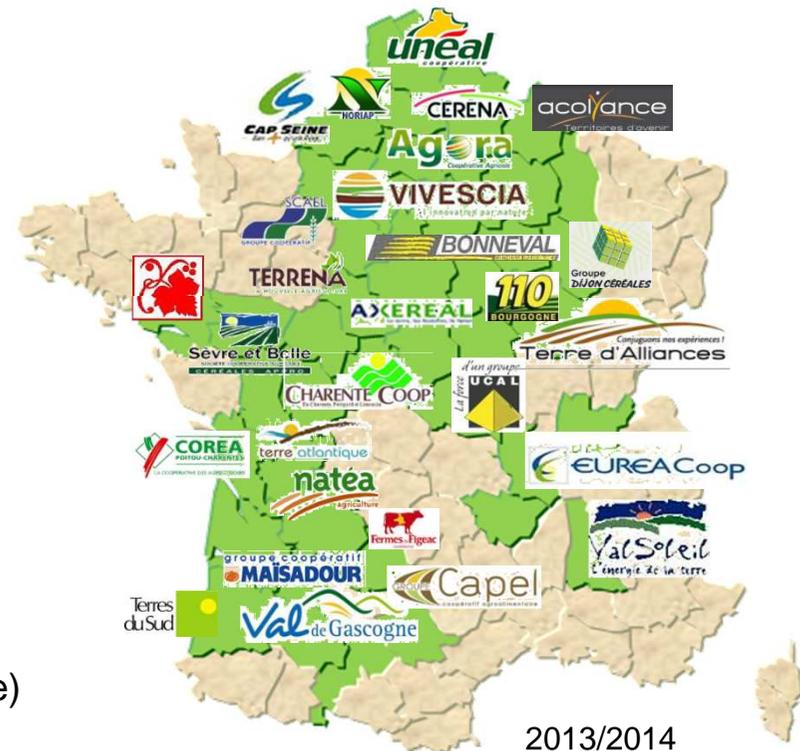
14

... une démarche informatisée d'optimisation du **plan de fertilisation complet** (N, SO<sub>3</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, MGO, CAO, oligo-éléments), **de toute l'exploitation**, prenant en compte les contraintes **logistiques, budgétaires et réglementaires** de l'agriculteur.

- Plus de 2 millions d'ha
- 32 coopératives/groupes et 43 départements
- 14 ans d'utilisation
- Toutes cultures
- Utilisateurs : techniciens de coopératives

Estimation du **reliquat azote sortie hiver (RSH)** :

1. On calcule un stock d'azote = Reliquat entrée drainage
2. On calcule une pluie drainante = f(pluviométrie, pédologie)
3. On affecte la pluie drainante au reliquat entrée drainage



# Lessivage et Minéralisation

## Minéralisation de l'azote du sol

15

La minéralisation nette de l'humus du sol (Mhb) est estimée à la parcelle selon le concept développé par l'INRA (RECOUS 1994) :

$$Mhb = Vmin \times Nbjm$$

- **Vmin** : vitesse de minéralisation du sol pour des conditions d'humidité et de température non limitantes. Ce paramètre est une caractéristique de la parcelle et modulé en fonction du pH.

- **Nbjm** : nombre de jours normalisés de minéralisation. Il représente le nombre de jour « équivalents » à une température de 25 °C et à une humidité à la capacité au champ. C'est un paramètre climatique qui dépend de la région et du cycle de culture.

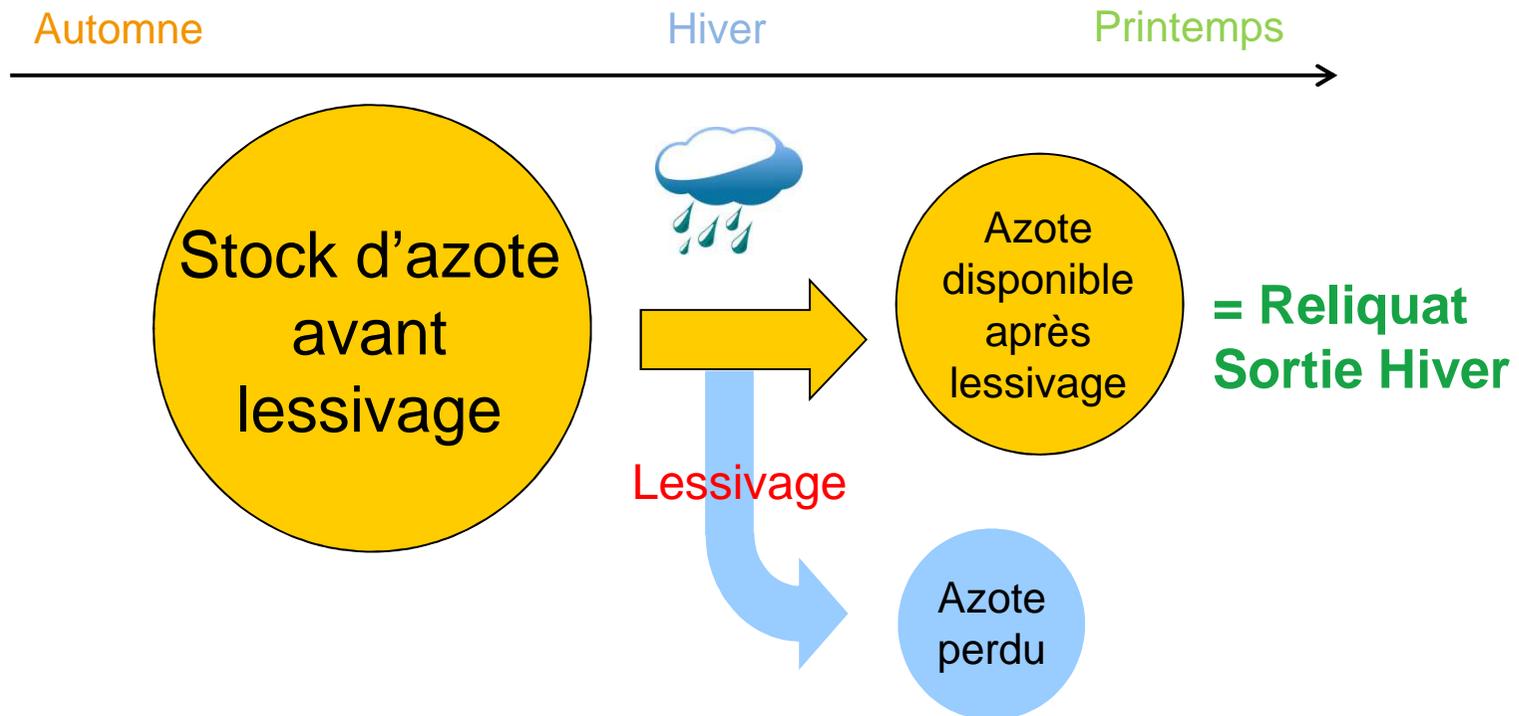


# Lessivage et Minéralisation

Reliquat sortie hiver

16

Reliquat = « ce qui reste »



Source : COMIFER - formule  
de Burns (1976)

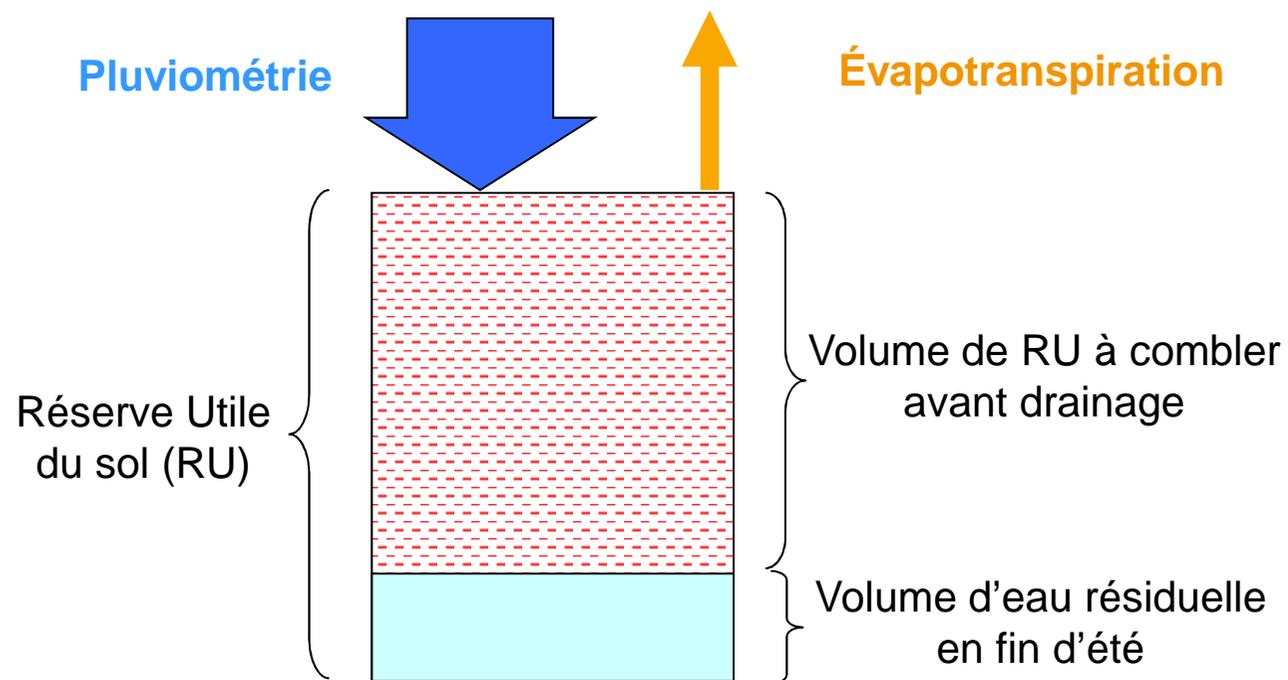
Rencontres Agro-météo – 14 & 15 janvier 2015

# Lessivage et Minéralisation

## Calcul de la pluie drainante

17

### Le lessivage :



Source : COMIFER - formule  
de Burns (1976)

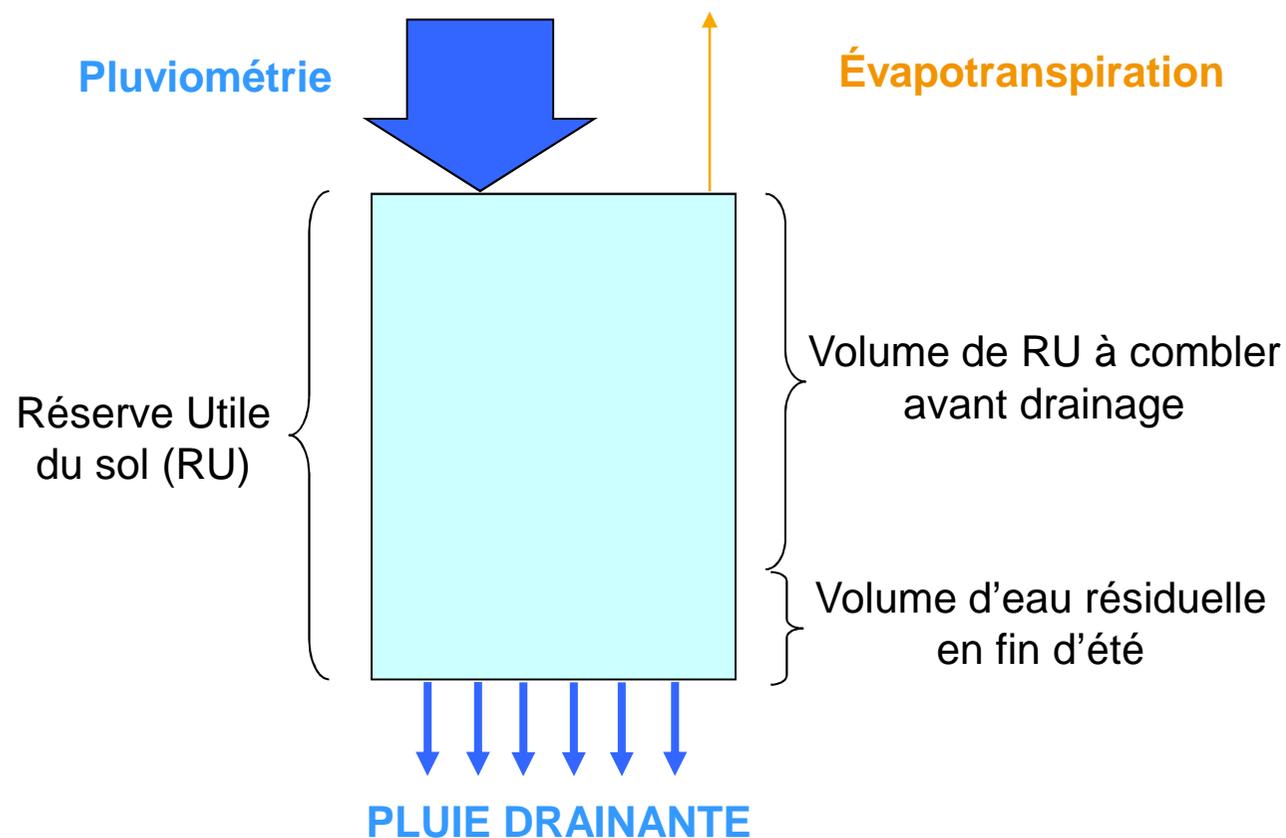
Rencontres Agro-météo – 14 & 15 janvier 2015

# Lessivage et Minéralisation

## Calcul de la pluie drainante

18

### Le lessivage :



Le lessivage est ainsi fonction de la **pluviométrie**, de l'**évapotranspiration**, de la **RU** et du **stock d'azote** dans le sol

Source : COMIFER - formule  
de Burns (1976)

Rencontres Agro-météo – 14 & 15 janvier 2015

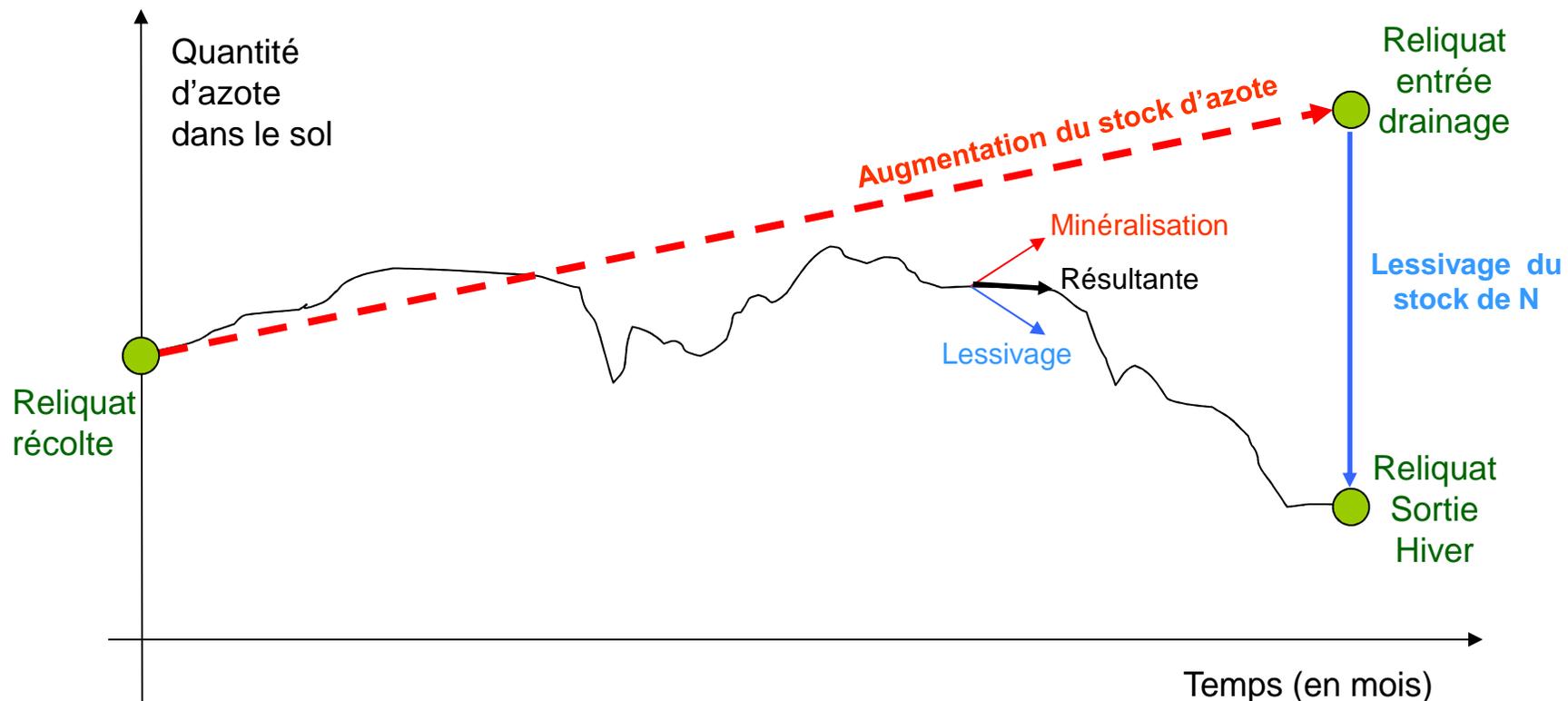
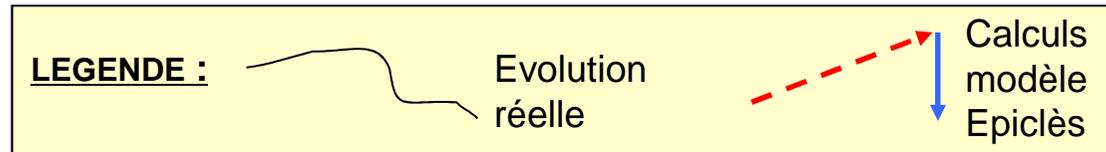
# Lessivage et Minéralisation

## Démarche au niveau du moteur de calcul d'Epiclès

20

### évolution du stock d'azote dans le sol

### Modélisation Epiclès



# Sommaire

21

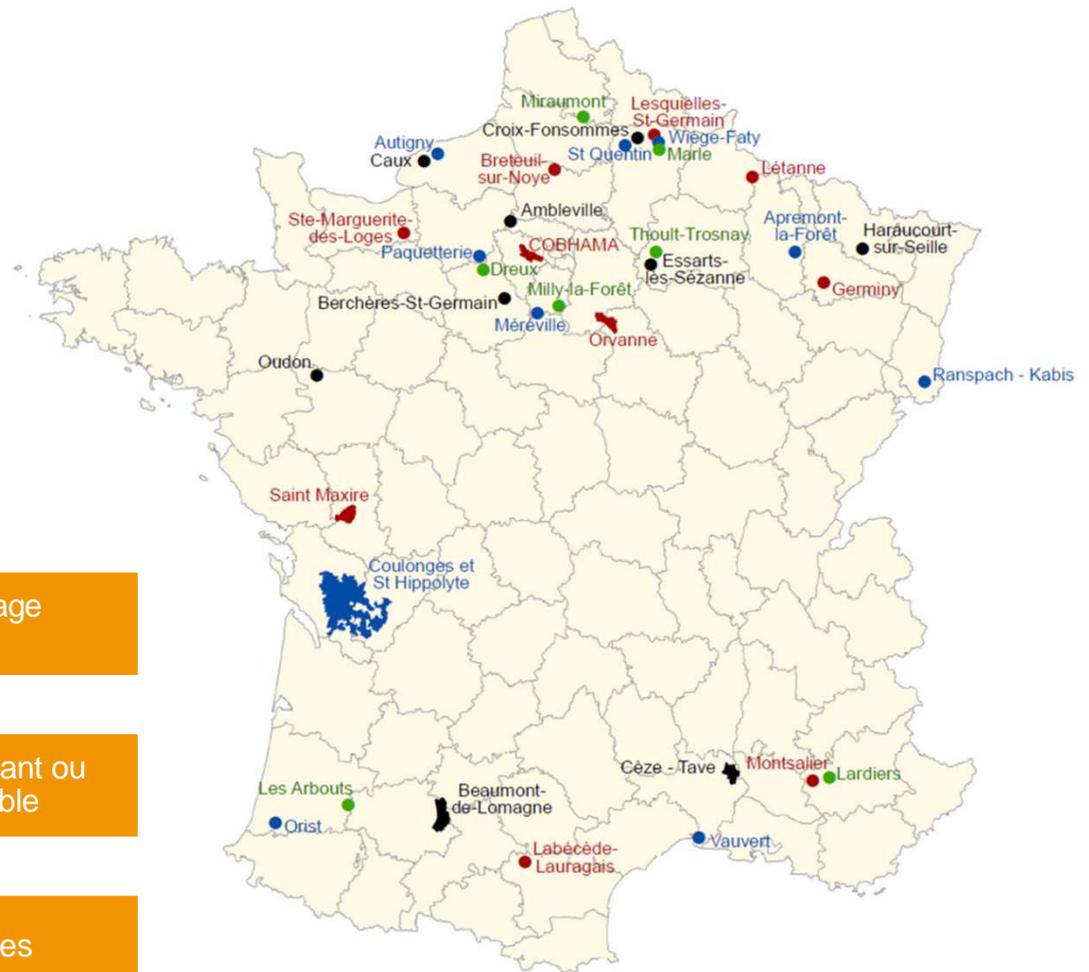
- Phénologie
- Lessivage de l'azote au cours de l'hiver
- Minéralisation de l'azote
- **Risques environnementaux**  
étapes d'une étude d'Aire d'Alimentation de Captage (AAC)

# Risques environnementaux

## Aires d'Alimentation de Captages (AAC) d'eau potable

22

- Un dossier majeur : la reconquête de la qualité de l'eau
- Plus de 35 études BAC à travers la France pour un total de plus de 400 000 ha



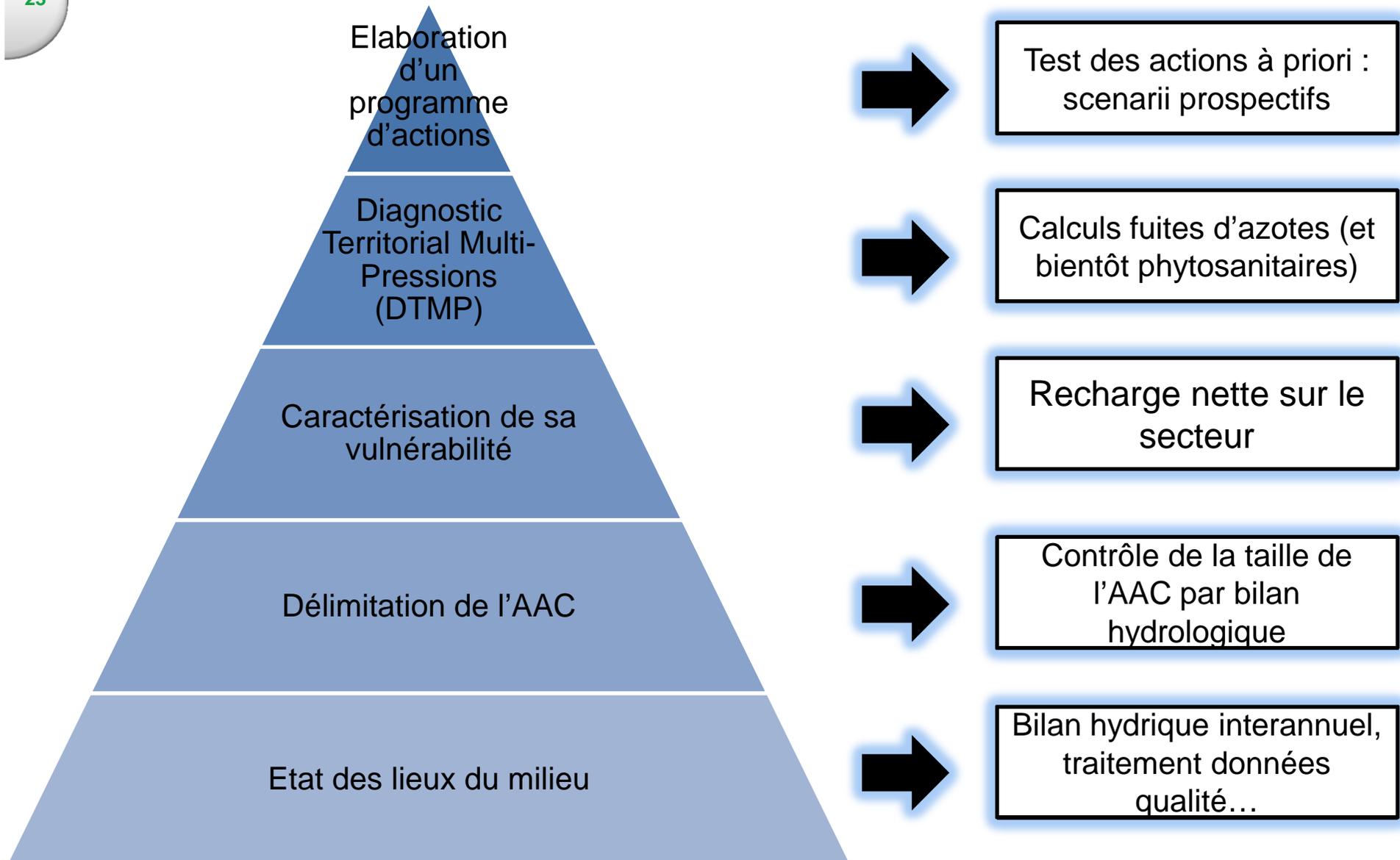
### Fonctions principales

- Mettre en place des outils nécessaires au pilotage environnemental des pratiques agricoles,
- Développer des produits et services favorisant ou valorisant les démarches d'agriculture durable
- Travailler sur les problématiques non agricoles

# Risques environnementaux

Étapes d'une étude AAC et lien avec l'utilisation des données météo

23



# Risques environnementaux

Étapes d'une étude AAC et lien avec l'utilisation des données météo

24

Etat des lieux du milieu

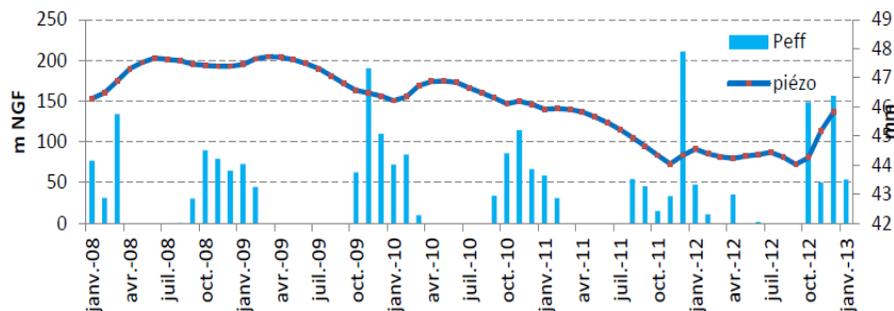
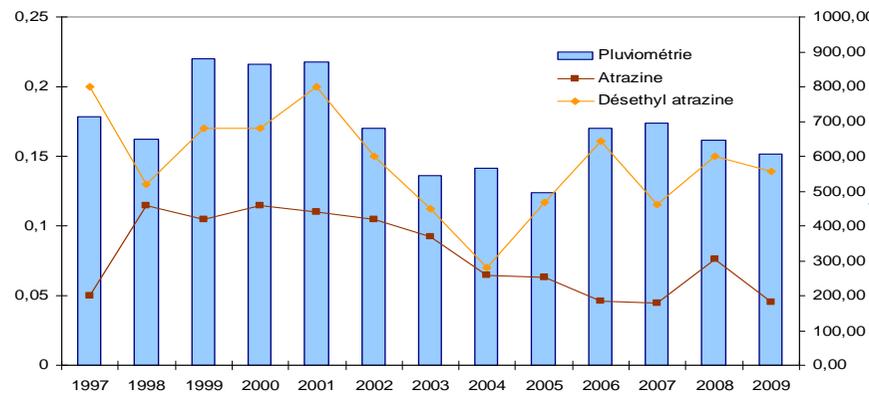
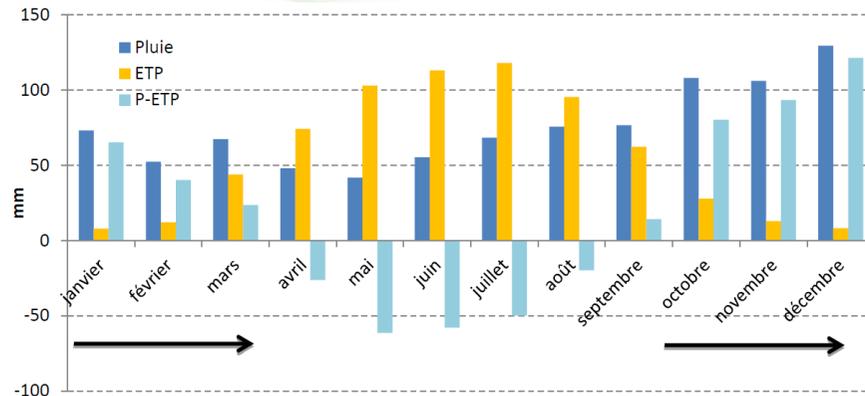


Bilan hydrique interannuel,  
traitement données  
qualité...

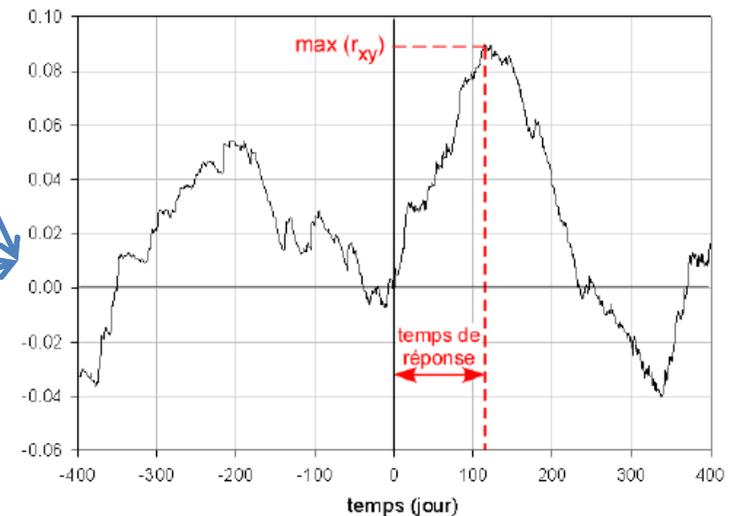
# Risques environnementaux

## État des lieux et historique

25



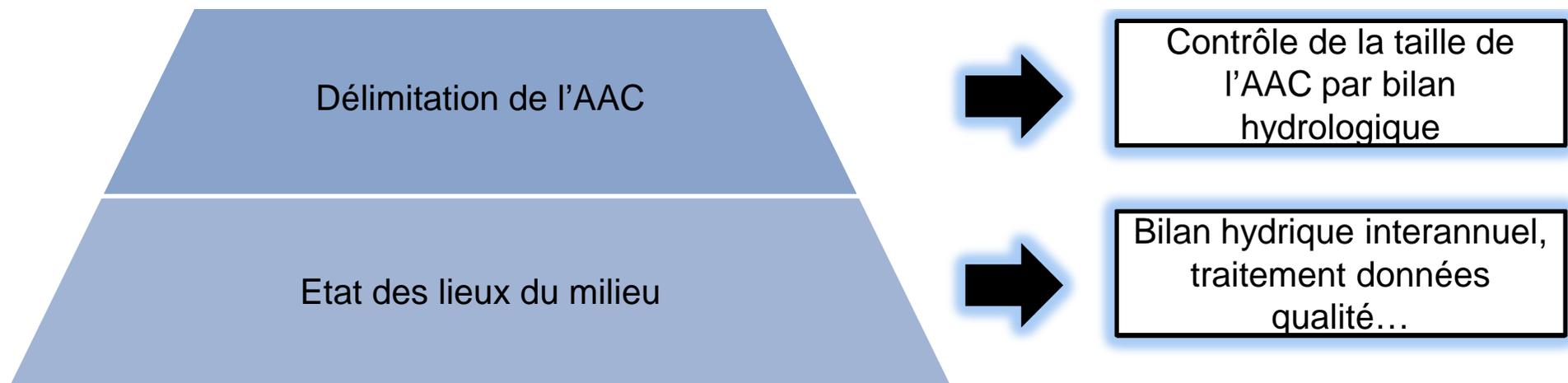
- Bilan hydrique : estimation de la période de drainage interannuelle = période à risque de lessivage
- Si modélisation hydrogéologique, 10 ans de données au pas de temps journalier
- Comparaison entre les signaux P ou Peff et piézométrie et qualité
- Corrélations simple et croisées pour estimer le temps de réponse du système



# Risques environnementaux

Étapes d'une étude AAC et lien avec l'utilisation des données météo

26



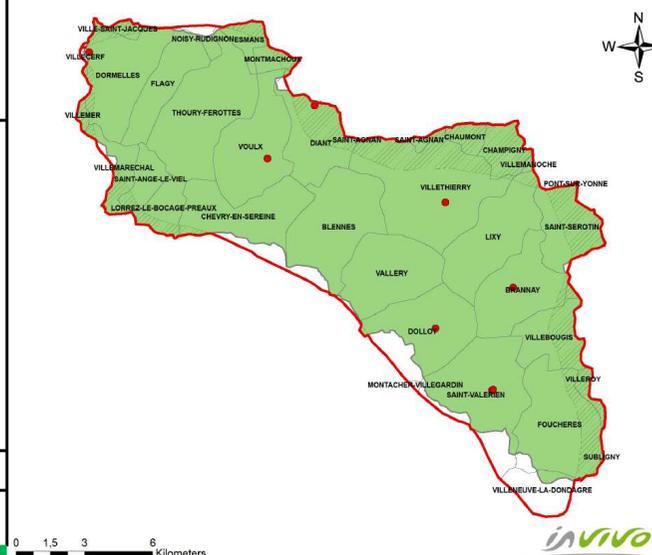
# Risques environnementaux

## Contrôle taille AAC

27

Bilan entrées sorties pour estimer si la taille de l'aire a bien été estimée :

ENTREES (m3)		SORTIE (m3)	
Pluie efficace moyenne à l'échelle du bassin	5279400	Pompages principaux : <i>AEP totale</i>	430000
Autres entrées	<i>Inconnu</i>	Pompages secondaires Drainage par le Dun	<i>Inconnu</i> <i>Inconnu</i>
Somme	5279400	Somme	430000
<b>BILAN ENTREES - SORTIES (m3)</b>			
<b>4849400</b>			



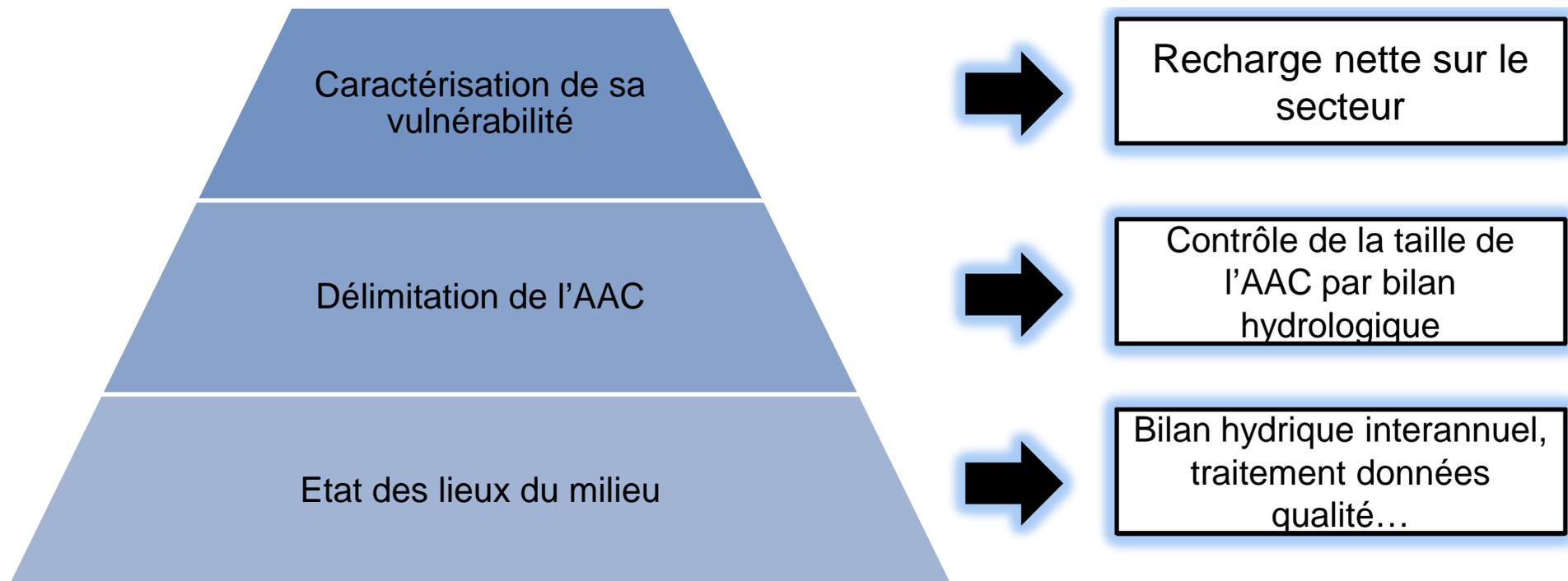
Source : résultats d'études InVivo

Rencontres Agro-météo – 14 & 15 janvier 2015

# Risques environnementaux

Étapes d'une étude AAC et lien avec l'utilisation des données météo

28

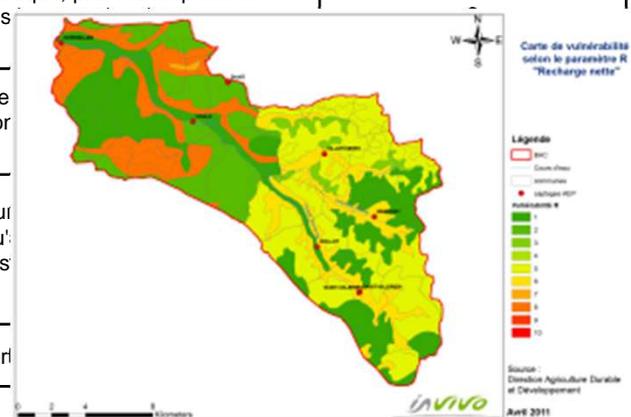


# Risques environnementaux

## Vulnérabilité intrinsèque du milieu

29

Symbole	Paramètre	Propriétés	Pondération
D	Profondeur de la nappe	Plus cette profondeur est élevée, plus le contaminant met beaucoup de temps pour atteindre la surface piézométrique.	5
R	Recharge nette	Véhicule principal pour le transport du contaminant. Plus cette recharge est grande, plus le risque de contamination est élevé.	4
A	Lithologie de l'Aquifère	Caractérisée par la granulométrie des terrains saturés ou leur degré de fissuration. Elle intervient dans le piégeage du polluant qui peut s'échapper au pouvoir d'absorption du sol.	3
S	Sol	Plus le sol est riche en argile et matière organique, plus l'absorption des métaux et des cations est importante, et plus souterraines est grande.	
T	Topographie	Plus la pente des terrains est grande, plus le important et par conséquent la contamination faible,	
I	Zone non saturée	Son impact est déterminé à partir de la texture constituant. La percolation du polluant jusqu' est d'autant plus grande que cette texture es grossiers ...).	
C	Perméabilité	Plus ce paramètre est grand, plus le transfert	



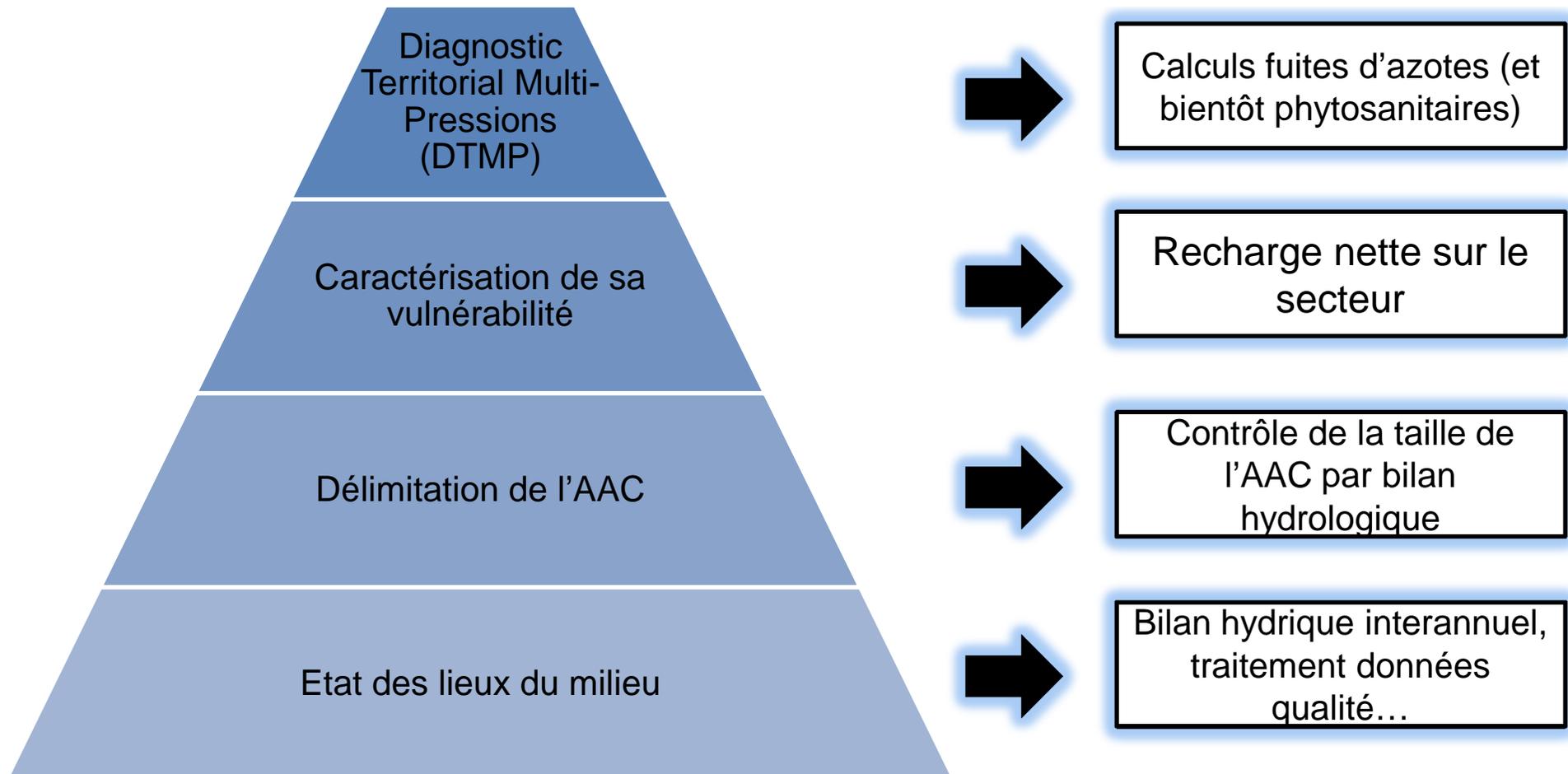
Source : Environmental Protection Agency, USA

Rencontres Agro-météo – 14 & 15 janvier 2015

# Risques environnementaux

Étapes d'une étude AAC et lien avec l'utilisation des données météo

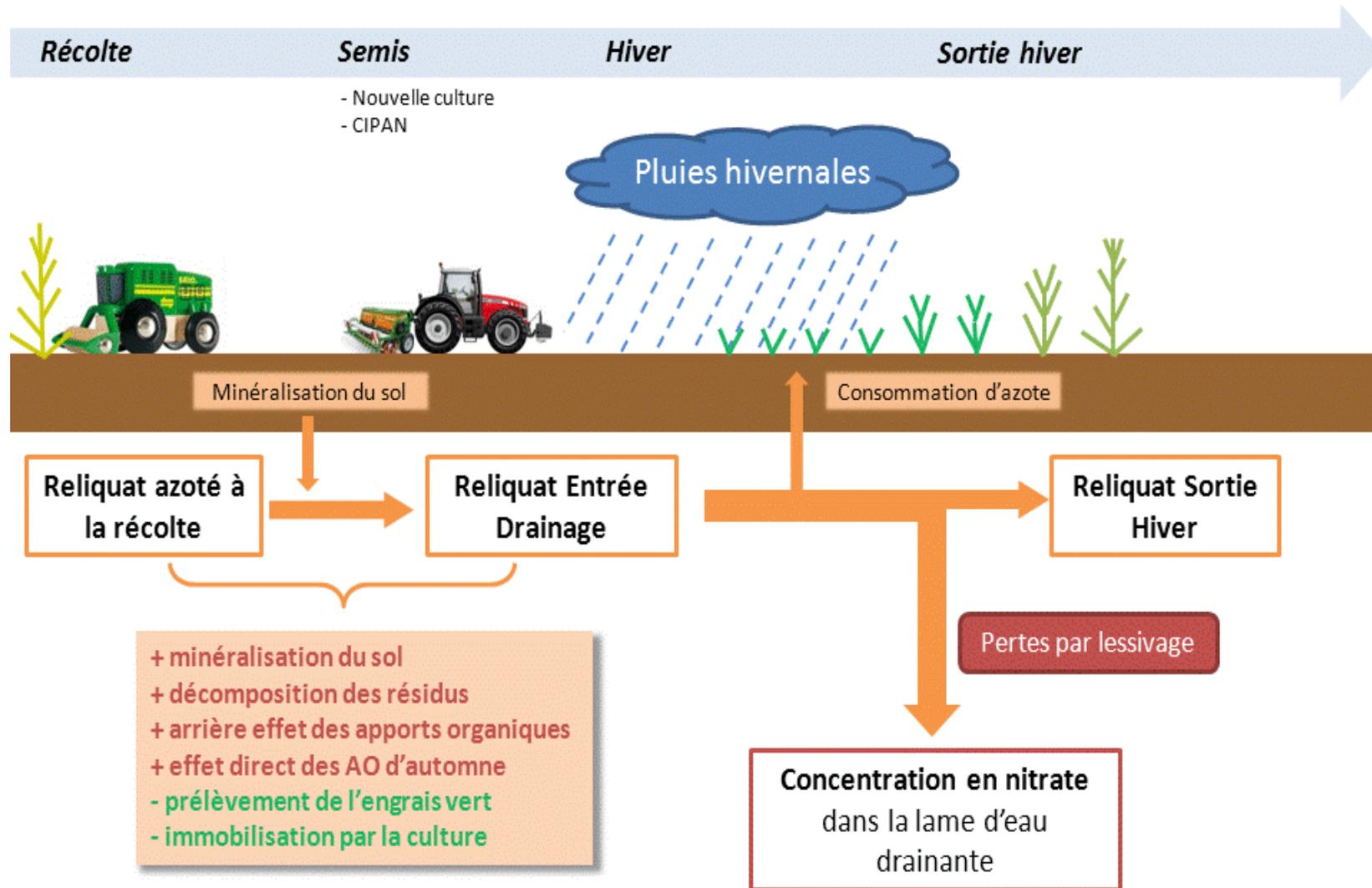
30



# Risques environnementaux

## Fuites sous-racinaires

31



Source : résultats d'études InVivo

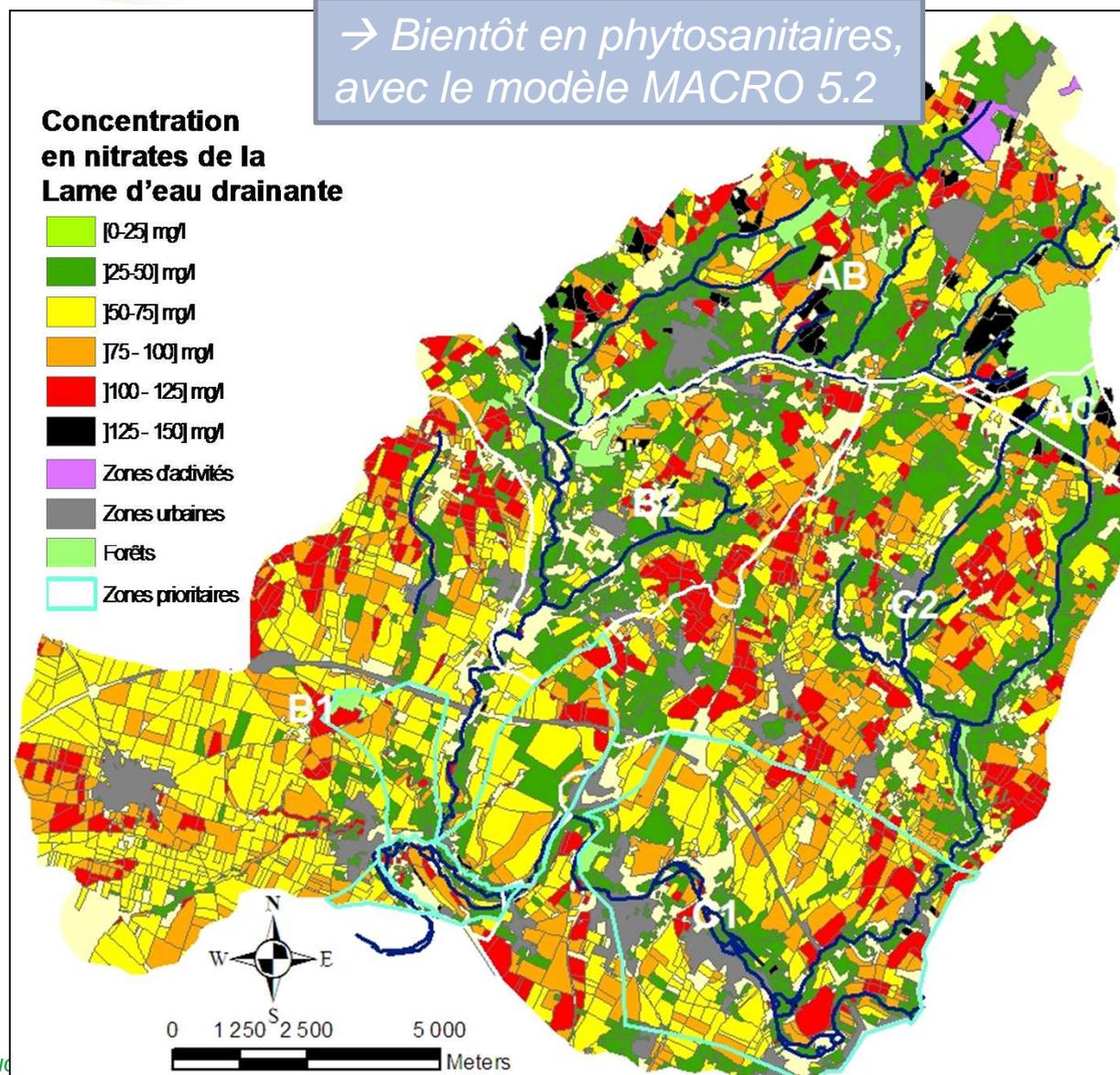
Rencontres Agro-météo – 14 & 15 janvier 2015

# Risques environnementaux

## Fuites sous-racinares

→ *Bientôt en phytosanitaires, avec le modèle MACRO 5.2*

32



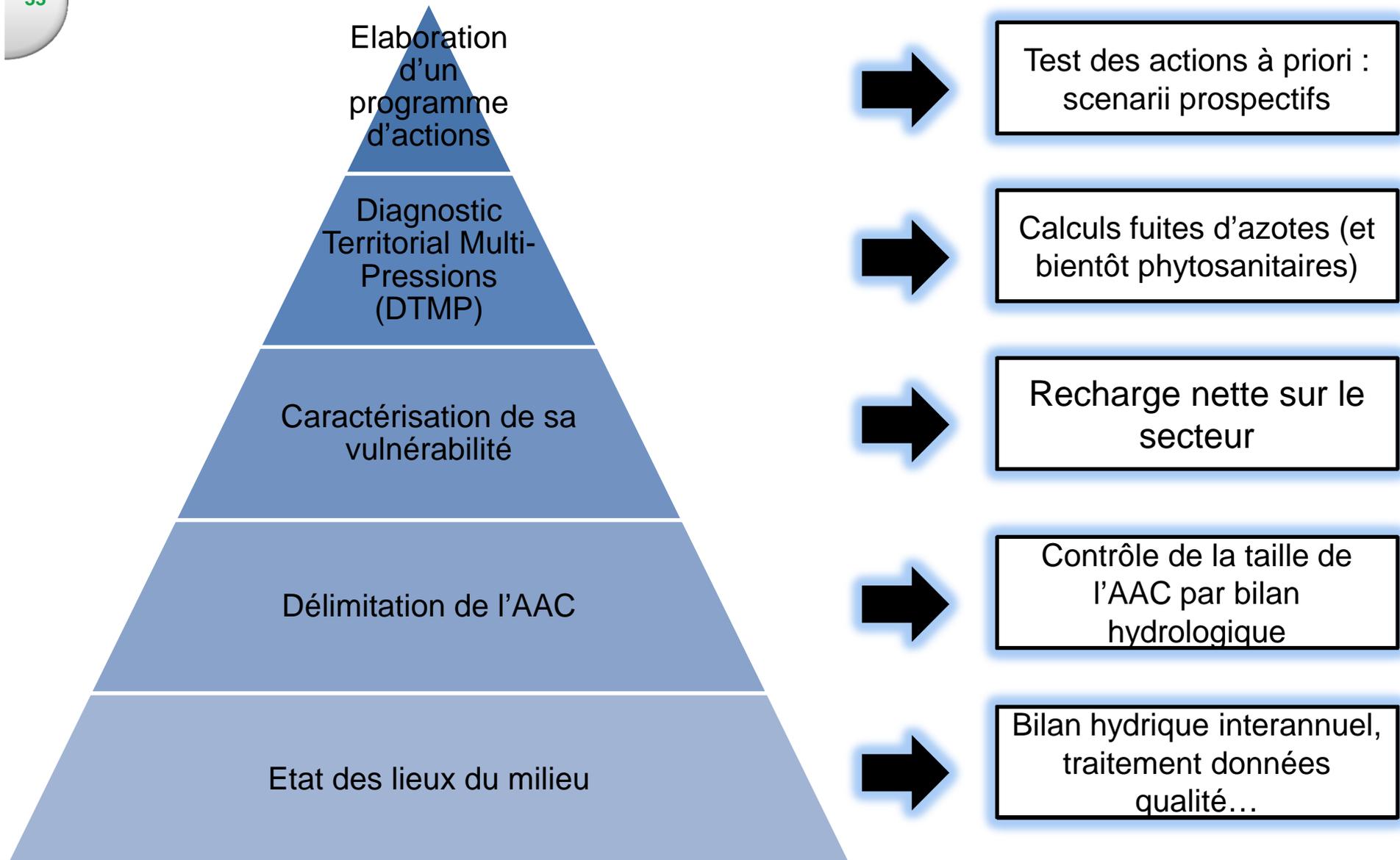
Source : résultats d'étude

Rencontres Agro-météo – 14 & 15 janvier 2015

# Risques environnementaux

Étapes d'une étude AAC et lien avec l'utilisation des données météo

33

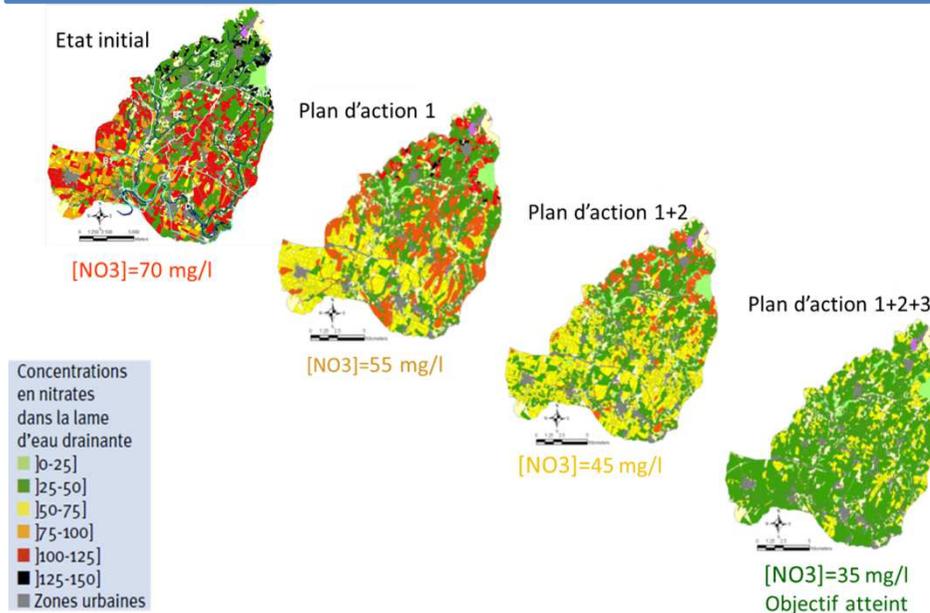


# Risques environnementaux

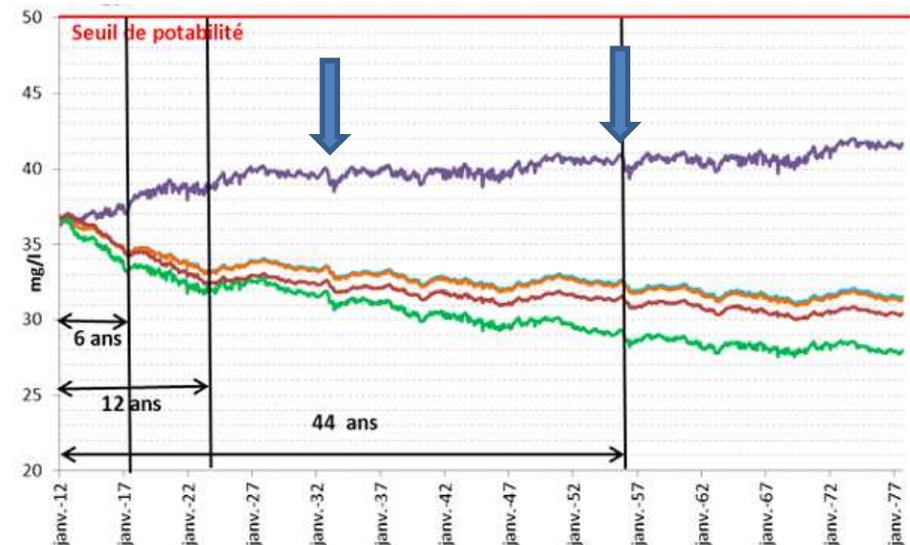
## Test *a priori* des actions

34

### Dans l'espace



### Dans de temps (avec modélisation hydrogéologique)



### Perspectives :

→ Tester l'évolution des concentrations selon plusieurs scénarii GIEC

→ Faire intervenir le volet quantitatif (différents types d'irrigation dans les prévisions)

Source : résultats d'études InVivo

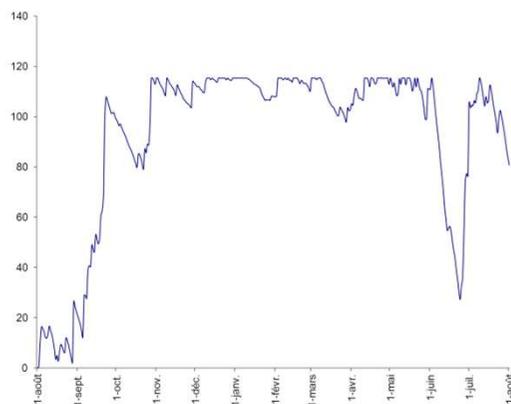
Rencontres Agro-météo – 14 & 15 janvier 2015

# Autres possibilités de modélisation ...

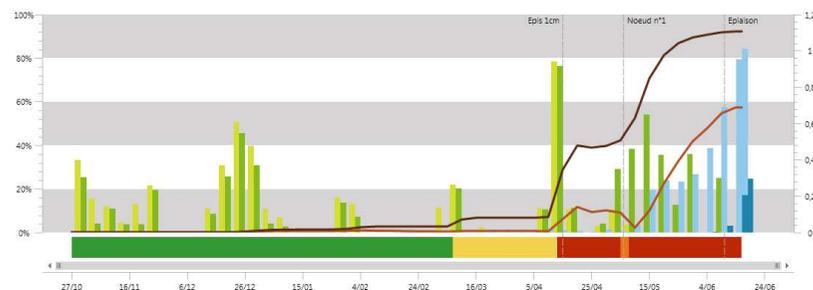
35



Efficacité  
produits



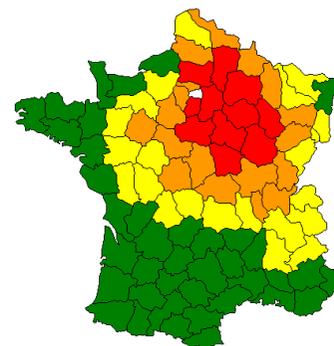
Bilan hydrique



Risque septoriose



Limaces



Temps de chute de Hagberg



Gel

## Merci de votre attention

Photos : wikipédia & InVivo

Rencontres Agro-météo – 14 & 15 janvier 2015

*in vivo*  
AgroSolutions