



**HAL**  
open science

# Effet de la connectivité hydrologique sur le fonctionnement des cultures pluviales méditerranéennes : modélisation et analyse de scénarios

Mariem Dhouib, Jérôme Molenat, Laurent Prevoit, Insaf Mekki, Rim Zitouna-Chebbi, Frédéric Jacob

## ► To cite this version:

Mariem Dhouib, Jérôme Molenat, Laurent Prevoit, Insaf Mekki, Rim Zitouna-Chebbi, et al.. Effet de la connectivité hydrologique sur le fonctionnement des cultures pluviales méditerranéennes : modélisation et analyse de scénarios. INRGREF International Scientific Days 2023, Sustainable Management of Ecosystems For An Agroecological Transition And Food Security, INRGREF, Oct 2023, Tunis, Tunisie. hal-04361965

**HAL Id: hal-04361965**

**<https://hal.inrae.fr/hal-04361965v1>**

Submitted on 22 Dec 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



## INRGREF International Scientific Days 2023

# SUSTAINABLE MANAGEMENT OF ECOSYSTEMS FOR AN AGROECOLOGICAL TRANSITION AND FOOD SECURITY

# Effet de la connectivité hydrologique sur le fonctionnement des cultures pluviales méditerranéennes : modélisation et analyse de scénarios

*M. Dhouib<sup>(1)</sup>, J. Molénat<sup>(1)</sup>, L. Prévot<sup>(1)</sup>, I. Mekki<sup>(2)</sup>, R. Zitouna-Chebbi<sup>(3)</sup>, F. Jacob<sup>(1)</sup>*

(1) LISAH, Univ. Montpellier, AgroParisTech, INRAE, Institut Agro, IRD, Montpellier, France

(2) Université de Carthage, Institut National de Recherches en Génie Rural Eaux et Forêts, LR16INRAT05 L.STA , Rue Hédi Karray, 2080, Ariana, Tunisie

(3) Université de Carthage, Institut National de Recherches en Génie Rural Eaux et Forêts, LR16INRGREF02 LRVENC, Rue Hédi Karray, 2080, Ariana, Tunisie

# Cadre général des travaux

## Travaux de thèse

□ **l'objectif** : *étudier l'effet de la redistribution et la ré-infiltration des eaux de ruissellement amont sur la production des cultures annuelles, via la connectivité hydrologique, dans un contexte d'agriculture pluviale méditerranéenne en relief collinaire.*

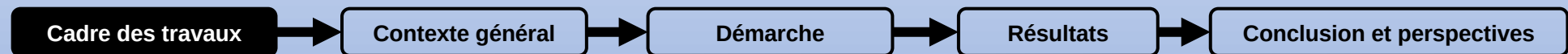
## ○ Cadre de la thèse

### ○ Projets

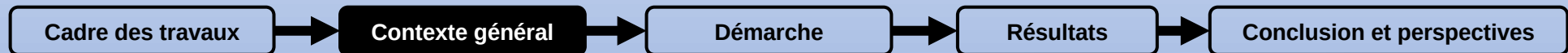
- ALTOS
- LMI NAILA

### ○ Financements

- Bourse MESRS
- Bourses IRD



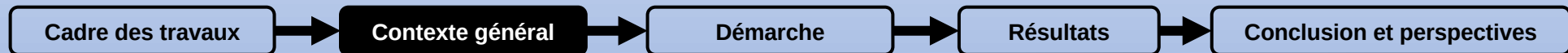
# Contexte général : Production agricole et connectivité hydrologique



# Contexte général : Production agricole et connectivité hydrologique



Étude de la production agricole à l'échelle locale



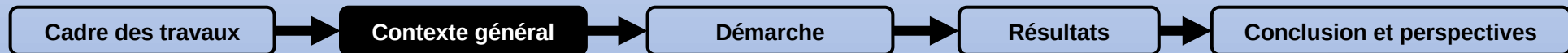
# Contexte général : Production agricole et connectivité hydrologique



Étude de la production agricole à l'échelle  
locale



Non prise en compte de la **connectivité hydrologique** entre les parcelles



# Contexte général : Production agricole et connectivité hydrologique



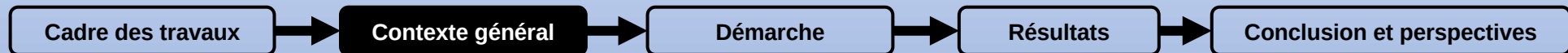
Étude de la production agricole à l'échelle locale



Non prise en compte de la **connectivité hydrologique** entre les parcelles

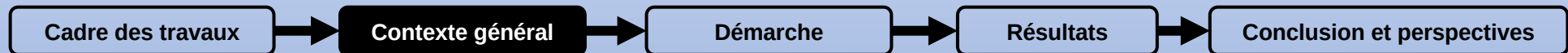


Impacte l'humidité dans la zone racinaire, par **ré-infiltration du ruissellement**



# Objectifs

Comment la connectivité hydrologique au sein du bassin versant, par le transfert latéraux des eaux de ruissellement, influence la production des cultures annuelles pluviales ?



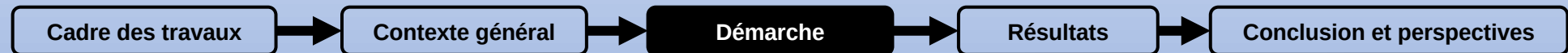


# Démarche générale

## Approche d'étude

### Modélisation numérique

- Diversité de conditions environnementales
- Croiser plusieurs facteurs d'influence
- Réalisable sur des longues périodes



# Démarche générale

## Approche d'étude

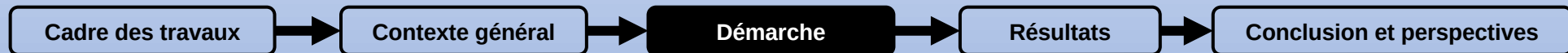
### Modélisation numérique

- Diversité de conditions environnementales
- Croiser plusieurs facteurs d'influence
- Réalisable sur des longues périodes

## Modèle utilisé

### Modèle AquaCrop

- Compromis entre robustesse et simplicité
- Variables de fonctionnement de culture + bilan hydrique



# Démarche générale

## Approche d'étude

### Modélisation numérique

- Diversité de conditions environnementales
- Croiser plusieurs facteurs d'influence
- Réalisable sur des longues périodes

## Modèle utilisé

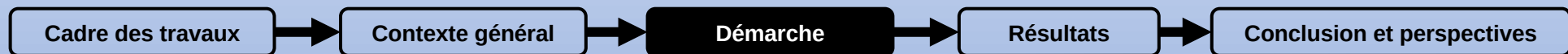
### Modèle AquaCrop

- Compromis entre robustesse et simplicité
- Variables de fonctionnement de culture + bilan hydrique

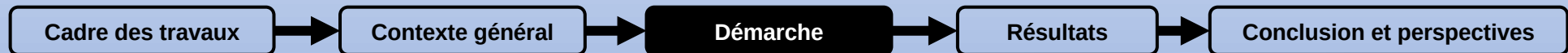
## Site d'étude

### Bassin versant de Kamech

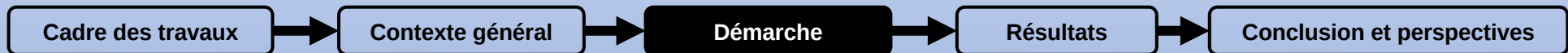
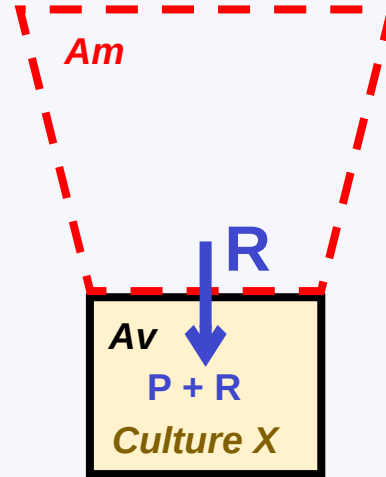
- Climat, cultures, sols représentatifs d'une région méditerranéenne semi-aride
- Présence d'OMERE
- AquaCrop validé (Dhouib et al., 2022)



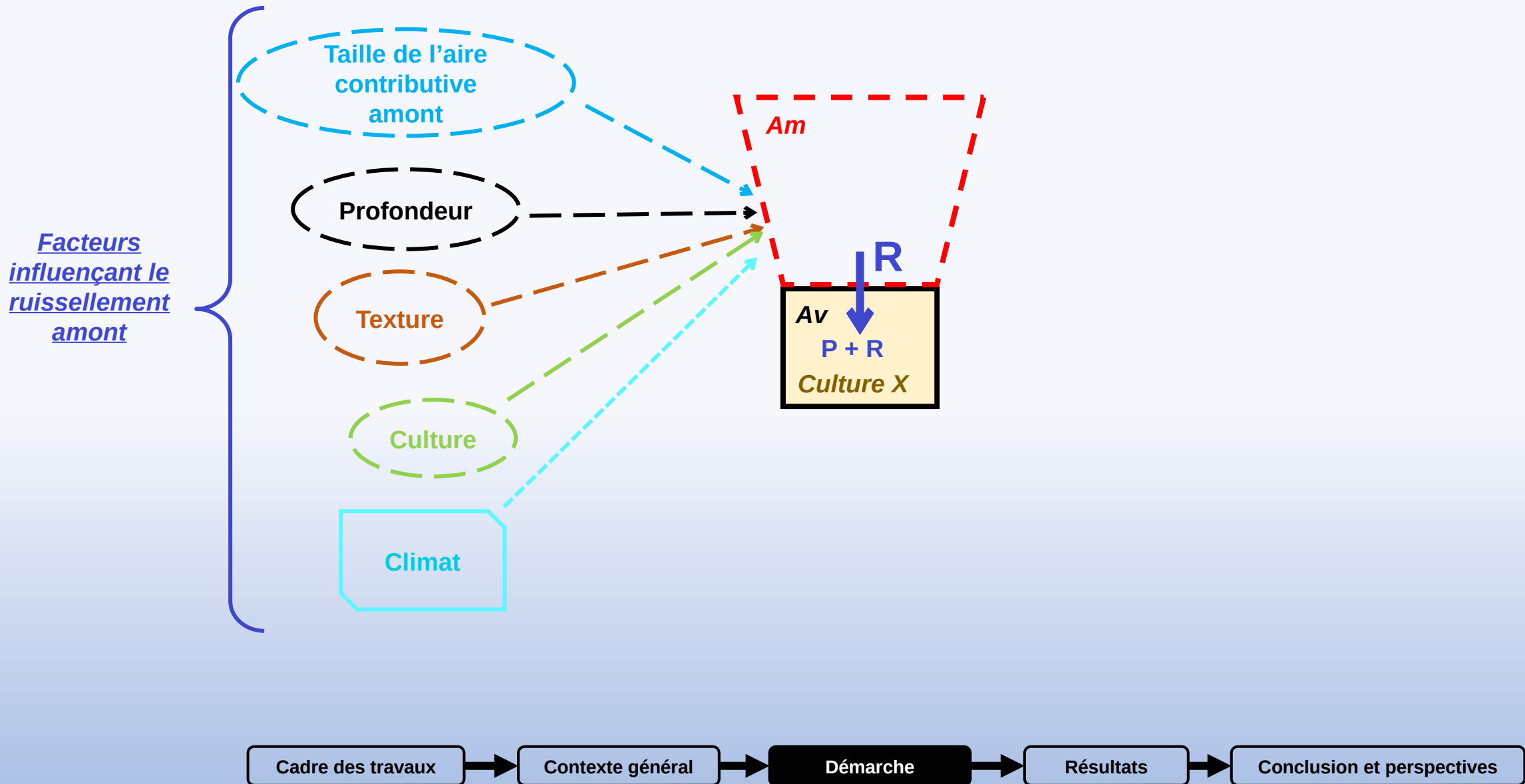
# Démarche de simulation numérique



# Démarche de simulation numérique



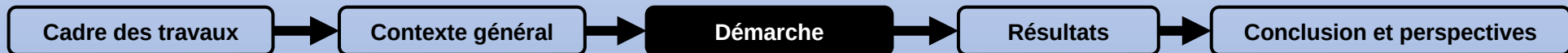
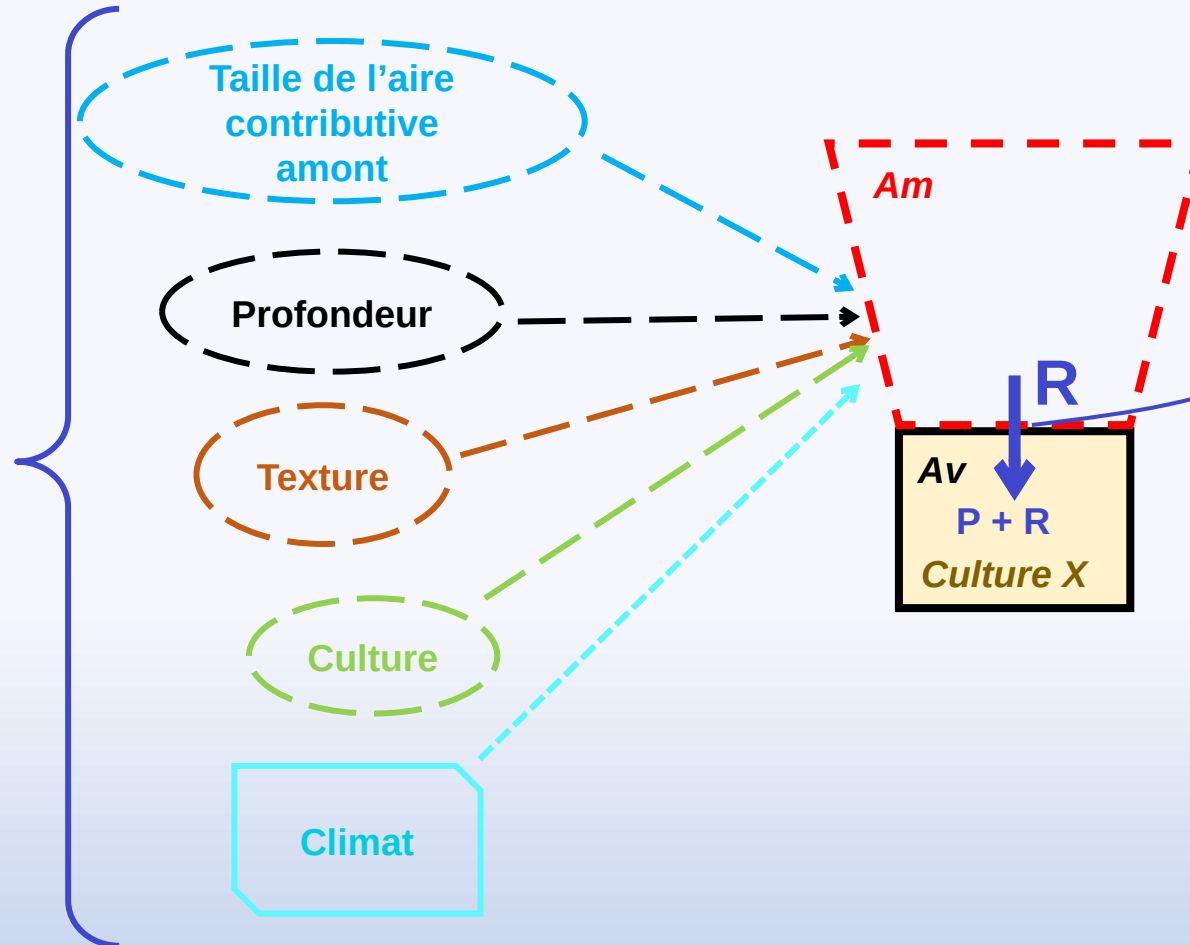
# Démarche de simulation numérique



# Démarche de simulation numérique

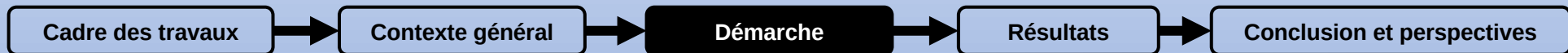
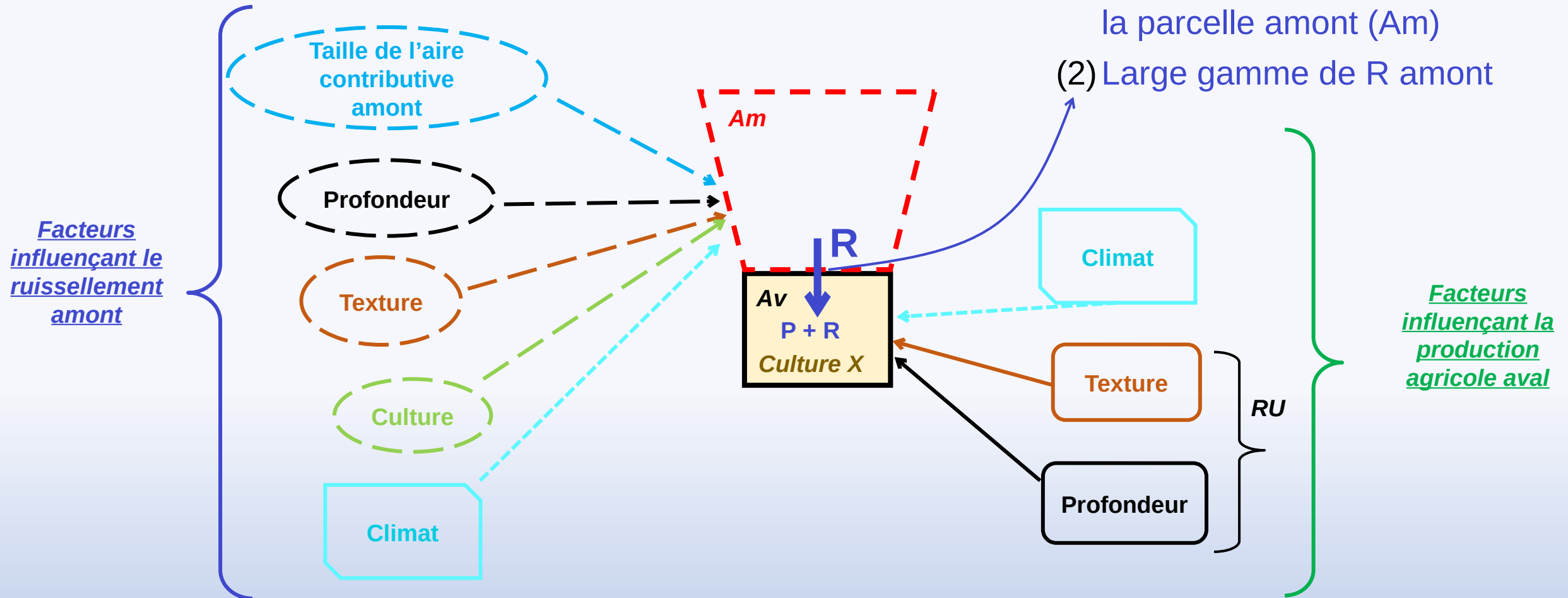
- (1) Cohérence du ruissellement amont avec les conditions de la parcelle amont ( $A_m$ )
- (2) Large gamme de  $R$  amont

Facteurs influençant le ruissellement amont



# Démarche de simulation numérique

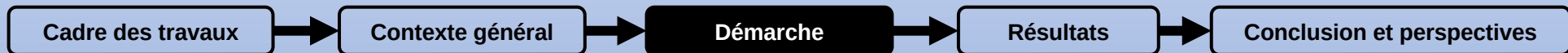
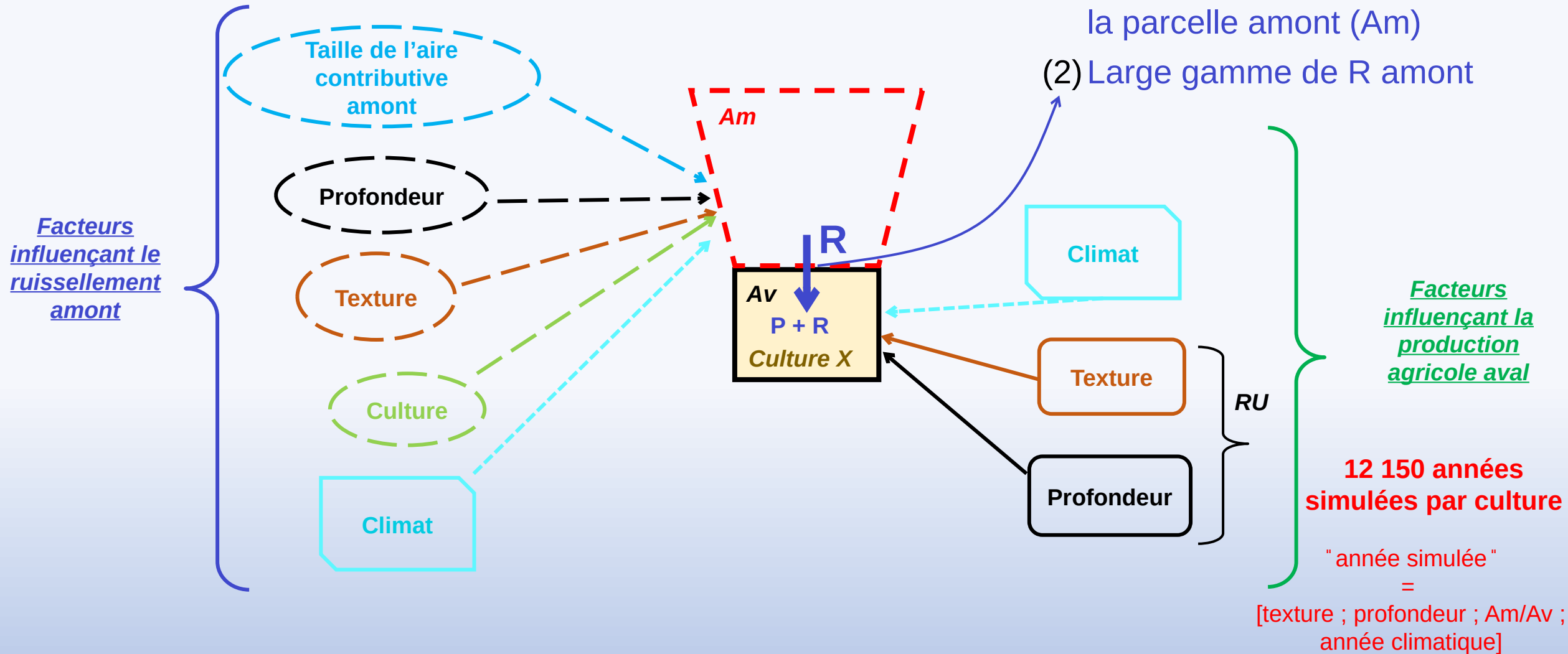
- (1) Cohérence du ruissellement amont avec les conditions de la parcelle amont ( $A_m$ )
- (2) Large gamme de  $R$  amont





# Démarche de simulation numérique

- (1) Cohérence du ruissellement amont avec les conditions de la parcelle amont ( $A_m$ )
- (2) Large gamme de  $R$  amont

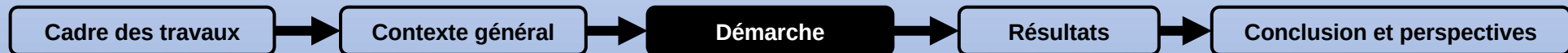


# Démarche : facteurs considérés



## Cultures

- 0 Blé et fève
- 0 Caractéristiques de l'agriculture pluviale méditerranéenne
- 0 Phénologies différentes
- 0 Blé : culture couvrante ; Fève : culture en rang

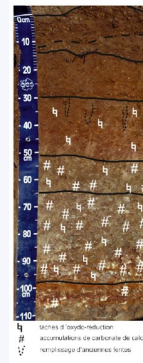


# Démarche : facteurs considérés



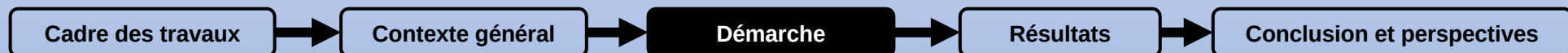
## Cultures

- Blé et fève
- Caractéristiques de l'agriculture pluviale méditerranéenne
- Phénologies différentes
- Blé : culture couvrante ; Fève : culture en rang



## Sol (texture/profondeur)

- 3 textures dominantes à Kamech :
  - argileux (C)
  - argilo-limoneux (CL)
  - sablo-argileux-limoneux (SCL)
- 3 profondeurs : 0.5 m ; 1 m ; 1.5 m

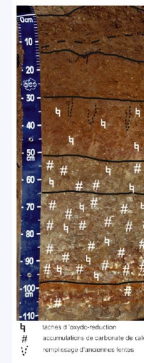


# Démarche : facteurs considérés



## Cultures

- Blé et fève
- Caractéristiques de l'agriculture pluviale méditerranéenne
- Phénologies différentes
- Blé : culture couvrante ; Fève : culture en rang



## Sol (texture/profondeur)

- 3 textures dominantes à Kamech :
  - argileux (C)
  - argilo-limoneux (CL)
  - sablo-argileux-limoneux (SCL)
- 3 profondeurs : 0.5 m ; 1 m ; 1.5 m

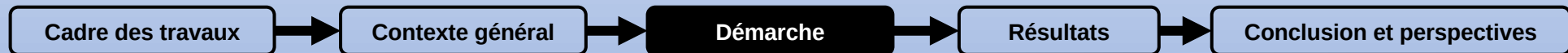


## Ratio aire amont /aire aval

$$\alpha = \frac{Am}{Av}$$



- = 0.5
- = 1
- = 2

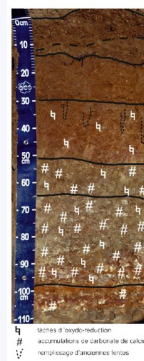


# Démarche : facteurs considérés



## Cultures

- Blé et fève
- Caractéristiques de l'agriculture pluviale méditerranéenne
- Phénologies différentes
- Blé : culture couvrante ; Fève : culture en rang



## Sol (texture/profondeur)

- 3 textures dominantes à Kamech :
  - argileux (C)
  - argilo-limoneux (CL)
  - sablo-argileux-limoneux (SCL)
- 3 profondeurs : 0.5 m ; 1 m ; 1.5 m

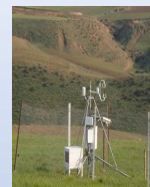


## Ratio aire amont /aire aval

$$\alpha = \frac{A_m}{A_v}$$

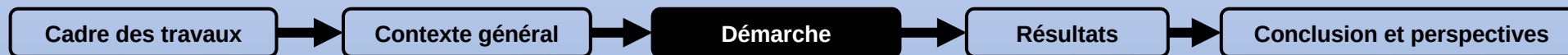


- = 0.5
- = 1
- = 2



## Climat

- 25 années hydrologiques 1995 □ 2019
- Variabilités inter et intra annuelles des conditions climatiques



# Démarche : analyse de résultats

Biomasse aérienne sèche  
(AGB)

Rendement en grain  
(Yld)

Écart relatif ( $\Delta$ ) entre simulations sans  
et avec connectivité

$$\Delta =$$

0.11 seuil d'importance  
erreur relative d'AquaCrop  
(Dhouib et al., 2022)

Si  $0.11 \leq \Delta \leq -0.11$

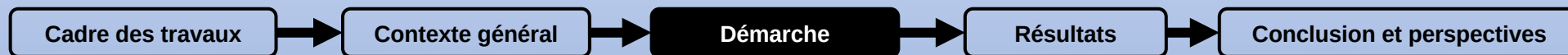
□ Effet négligeable de la  
connectivité

Si  $\Delta > 0.11$

□ Effet positif important de  
la connectivité

Si  $\Delta < -0.11$

□ Effet négatif important de  
la connectivité



# Démarche : analyse de résultats

## Classification ruissellement amont

*Quartiles des cumuls annuels de ruissellement amont (R).  
RC représente le coefficient de ruissellement*

0 4 Classes ruissellement amont

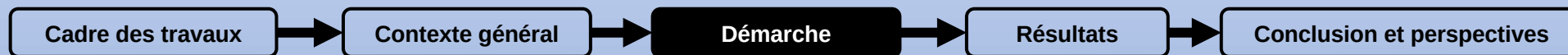
R1 : Cumul R annuel < 51 mm

R2 : 51 mm ≤ Cumul R annuel < 95 mm

R3 : 95 mm ≤ Cumul R annuel < 170 mm

R4 : Cumul R annuel ≥ 170 mm

	Min	Q1	Q2	Moyenne	Q3	Max
R	9 mm	51 mm	95 mm	129 mm	170 mm	691 mm
RC	2%	10%	17%	21%	27%	97%



# Démarche : analyse de résultats

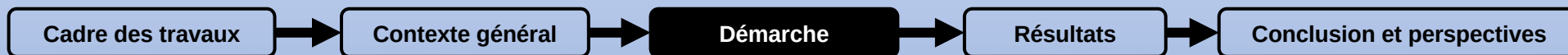
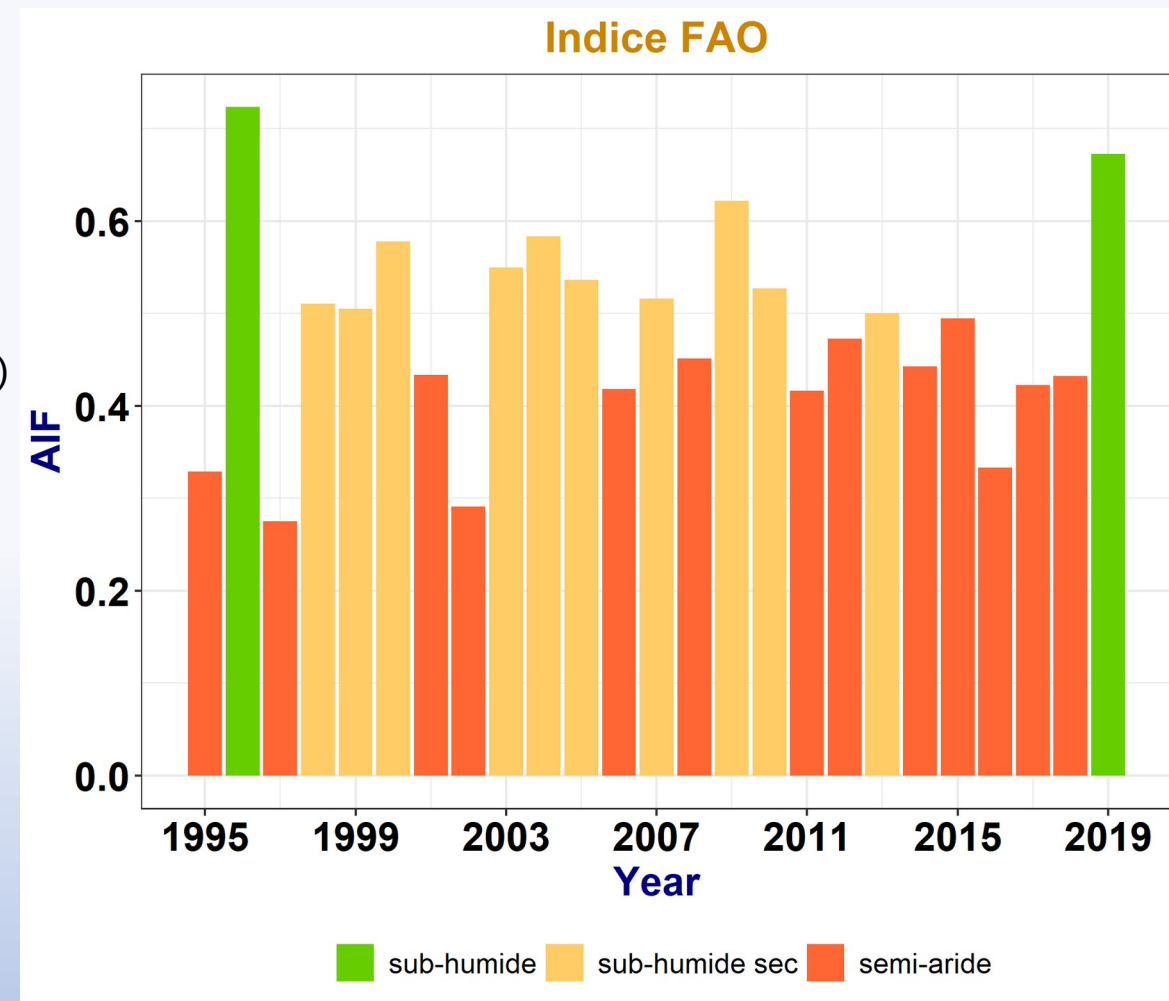
## Classification des années climatiques

- 0 Basée sur l'indice d'aridité de la FAO (Spinoni et al., 2014)

$$AIF = \frac{P}{ET_0}$$

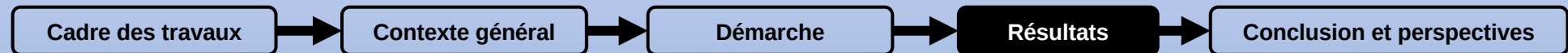
- 0 3 Classes d'années climatiques

- 0 8% années sub-humides (SH)
- 0 40% années sub-humides sèches (SHS)
- 0 52% années semi-arides (SA)



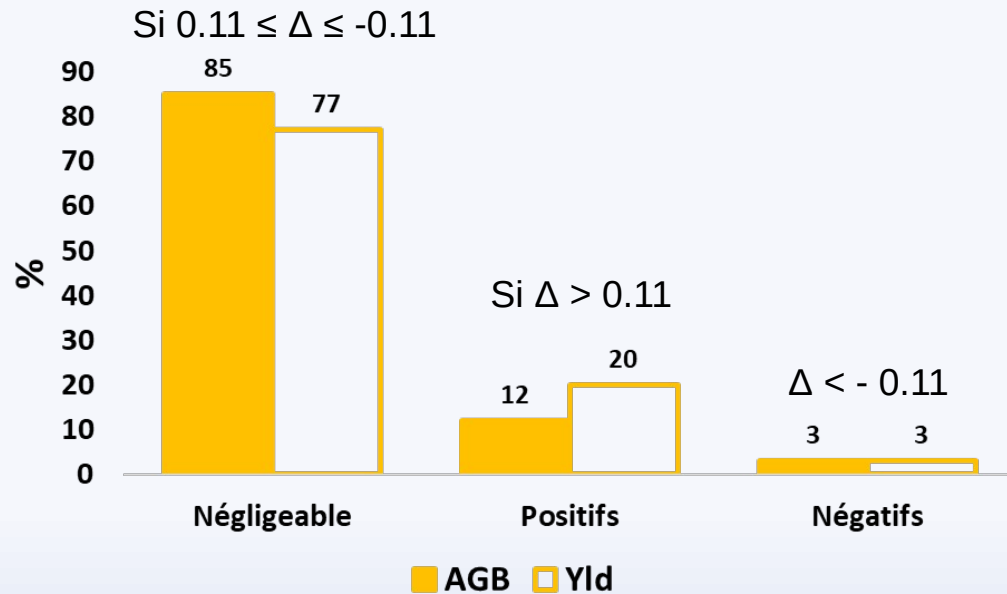


# Principaux résultats

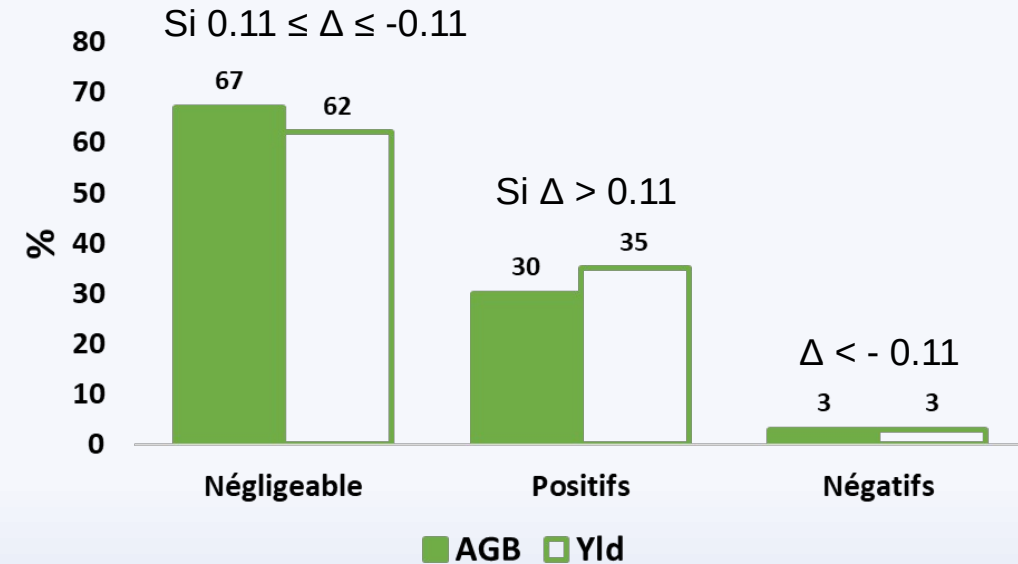


# Écarts relatifs : effet global de la connectivité

## Blé

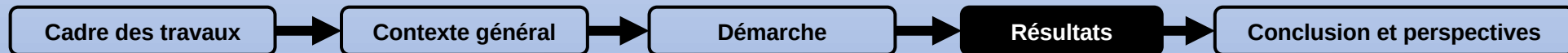


## Fève



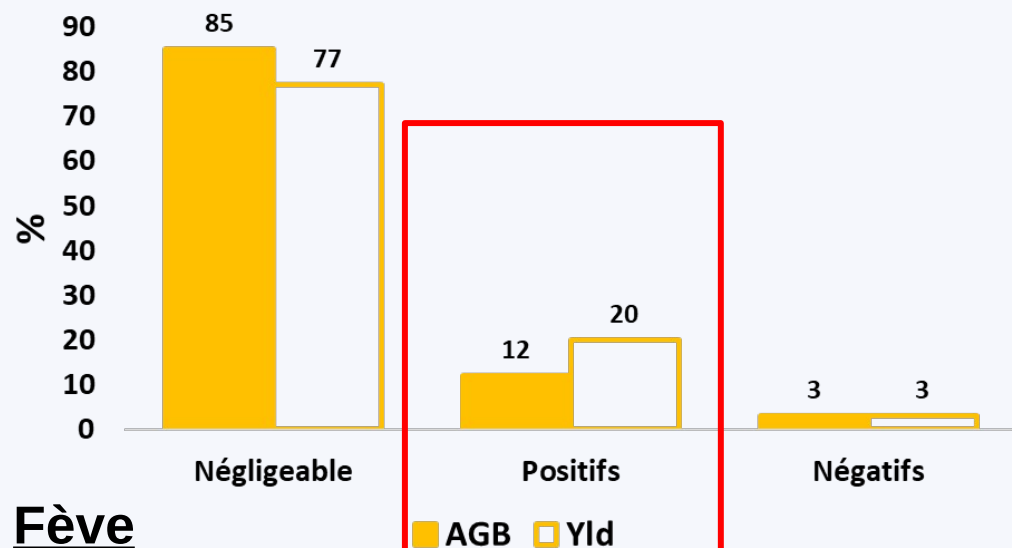
*Occurrences des écarts relatifs*

Effet positif important sur la production  $\leq 35\%$  du total des écarts relatifs calculés

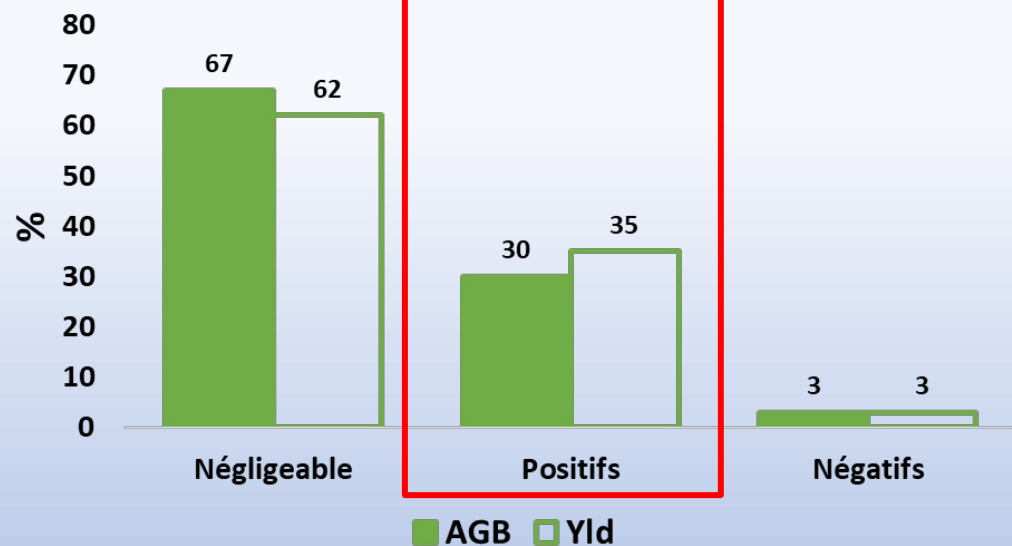


# Écarts relatifs : effet global de la connectivité

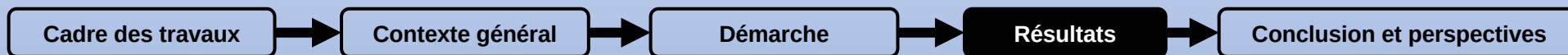
## Blé



## Fève

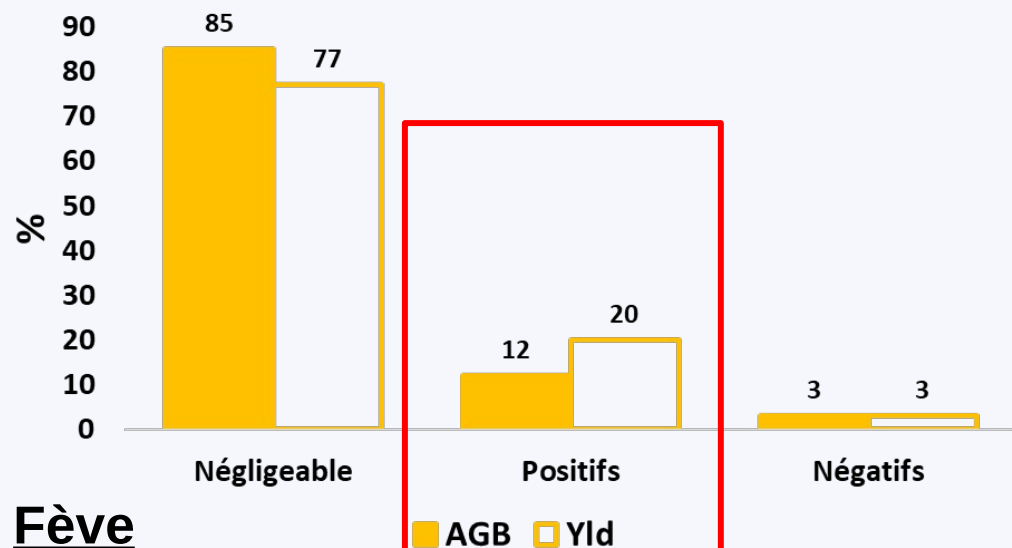


*Occurrences des écarts relatifs*

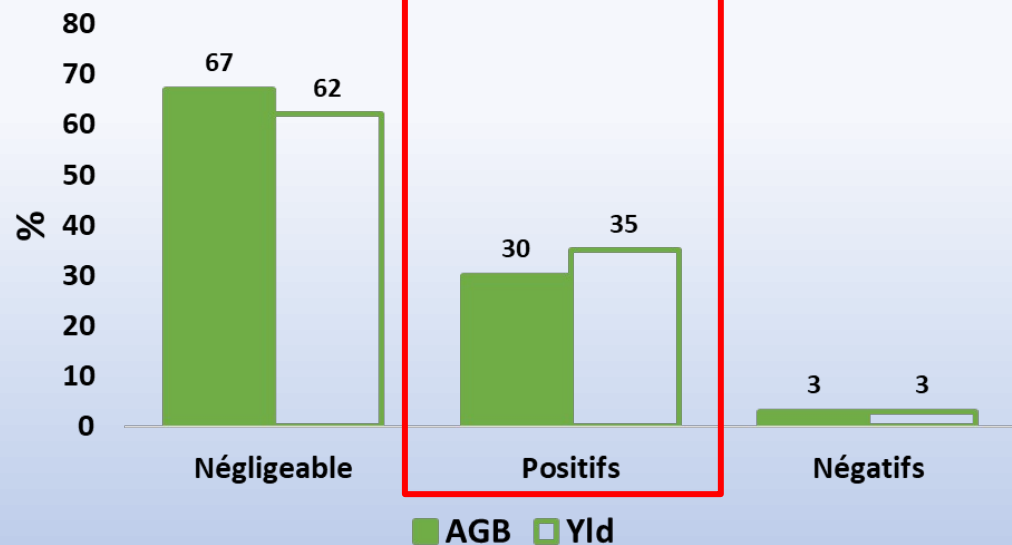


# Écarts relatifs : effet global de la connectivité

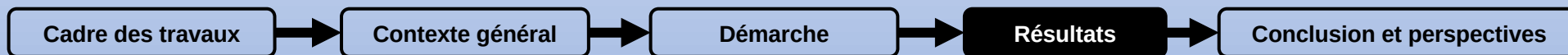
## Blé



## Fève



Occurrences des écarts relatifs



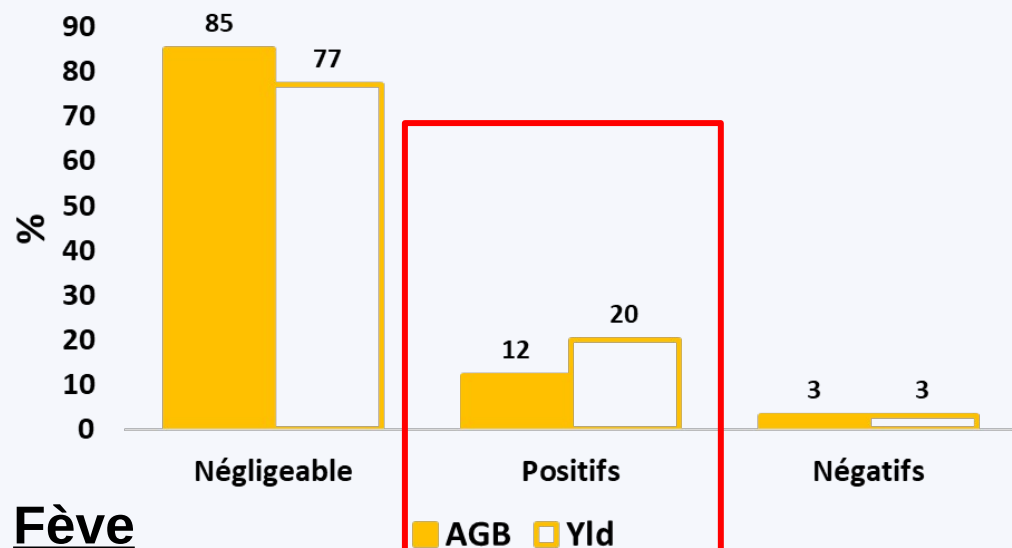
1

Rendement plus sensible à la connectivité

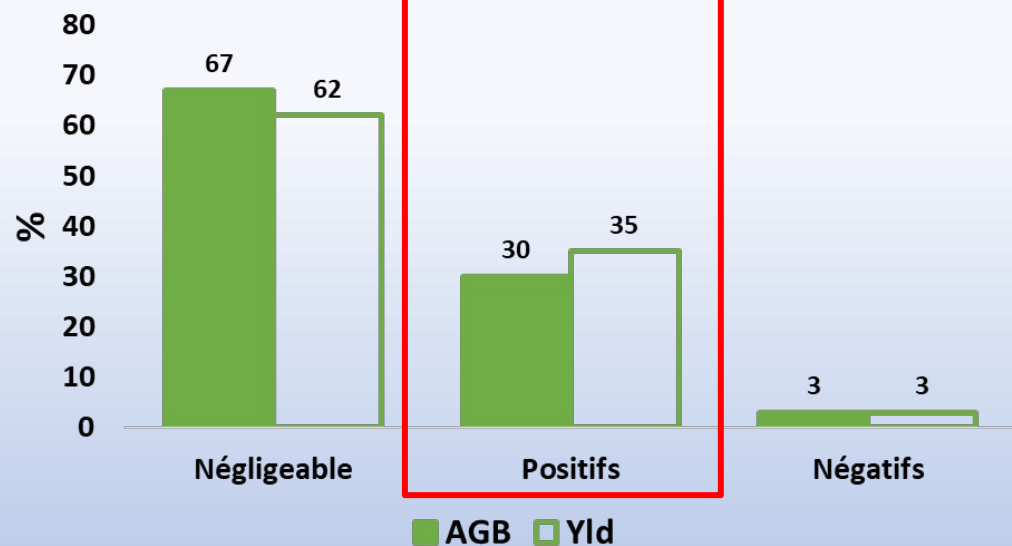
↑  
Indice de récolte sensible au stress hydrique (Ali et Talukder, 2008)

# Écarts relatifs : effet global de la connectivité

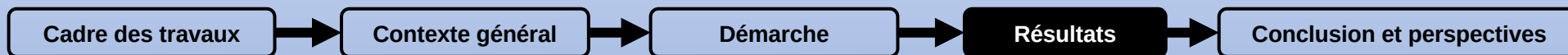
## Blé



## Fève



Occurrences des écarts relatifs



1

Rendement plus sensible à la connectivité

↑  
Indice de récolte sensible au stress hydrique (Ali et Talukder, 2008)

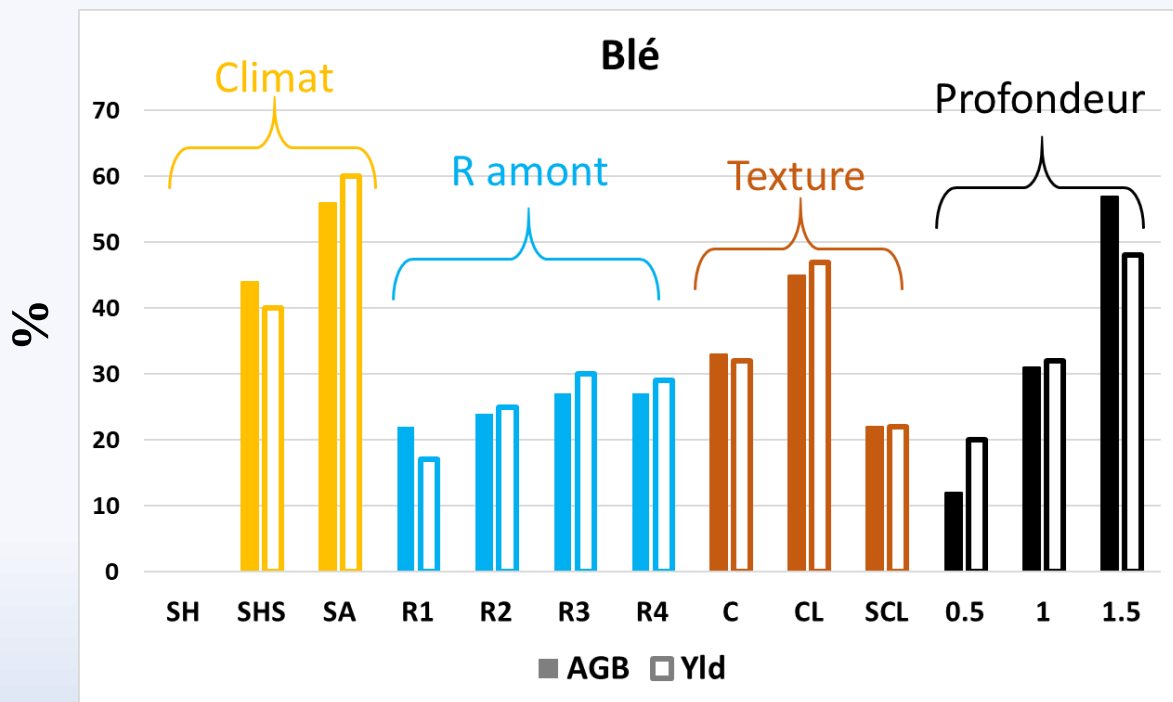
2

Fève plus sensible à la connectivité

↓  
Fève plus sensible au stress hydrique (Ks fève < Ks blé) (Daryanto et al., 2017)

↑  
Cycle phénologique plus court système racinaire moins profond (Hamblin et Tennant, 1987)

# Effet positif de la connectivité hydrologique : importance des conditions environnementales



*Occurrence des écarts relatifs positifs important par facteur d'influence*

1

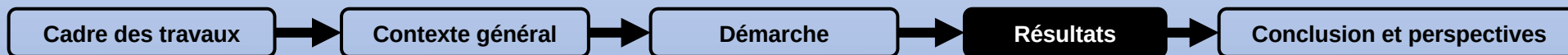
Amélioration de la production végétale observée en années

- o semi-arides (SA)
- o subhumides sèches (SHS) □ variabilité intra-annuelle des pluies

2

Amélioration de la production végétale sur sols

- o Argileux (C) et argilo-limoneux (Cl) } RU important
- o 1 m et 1.5 m

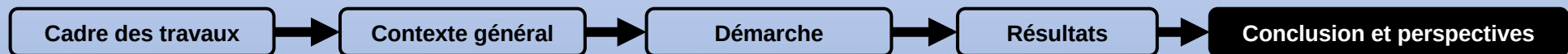


# Conclusion :

## principaux résultats



- **Connectivité hydrologique peut avoir un effet positif sur la production :**
  - dépend de la culture, des conditions climatiques et du type du sol
  - dépend de la variabilité intra-annuelle des pluies



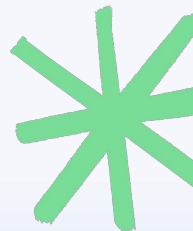
## Conclusion : principaux résultats

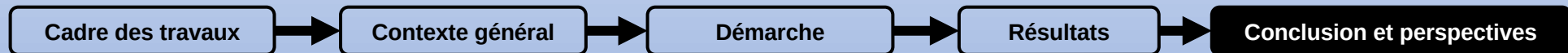


- **Connectivité hydrologique peut avoir un effet positif sur la production :**
  - dépend de la culture, des conditions climatiques et du type du sol
  - dépend de la variabilité intra-annuelle des pluies

## Perspectives



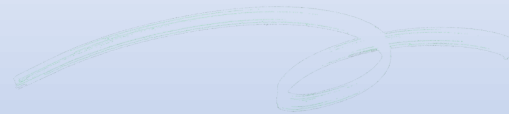
- **Étendre l'étude en contexte de climat futur**
  - **Considérer d'autres cultures et les rotations culturales**
  - **Coupler AquaCrop avec un modèle hydrologique distribué**
    - Modélisation infra-journalière du ruissellement
    - Flux sub-surfaciques
    - Flux de sédiments
- 



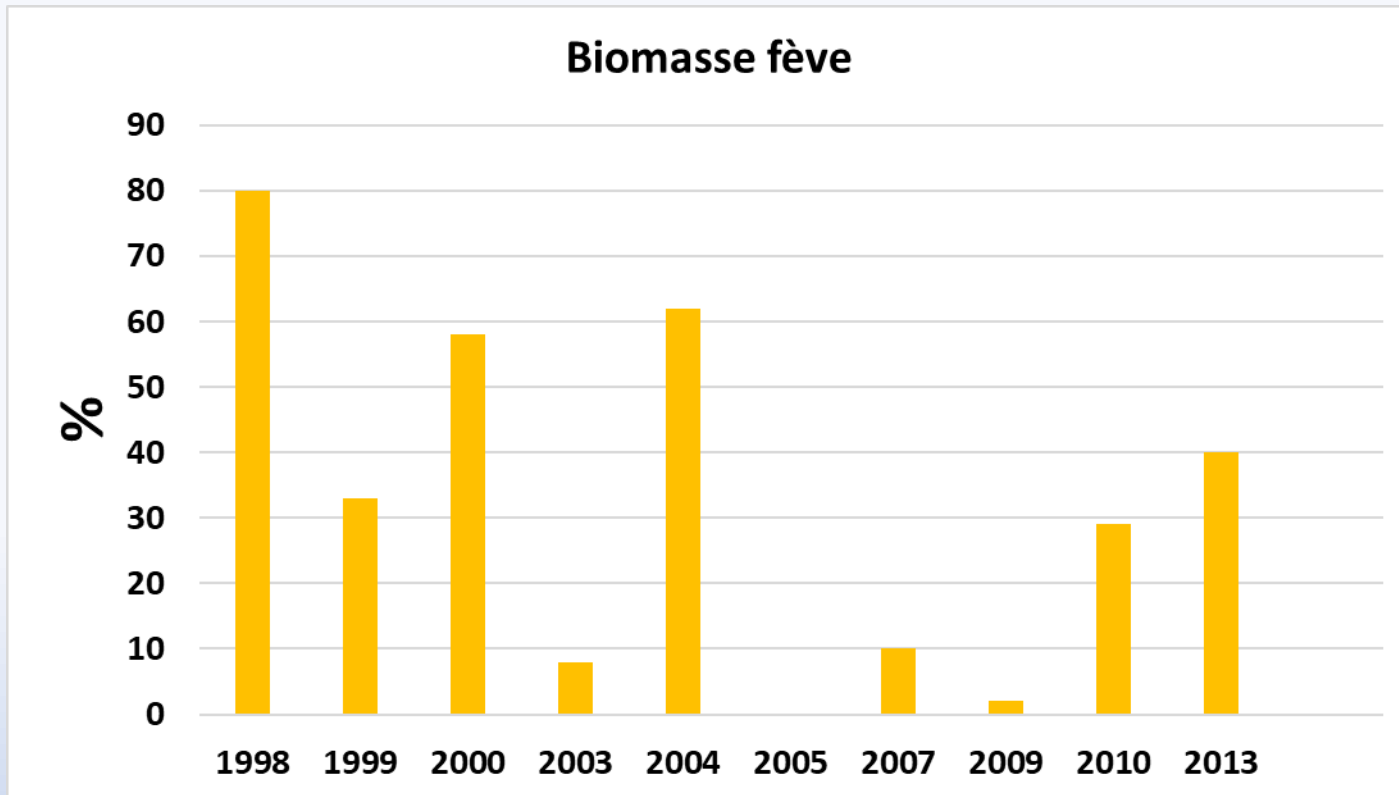




*Merci de votre  
attention*



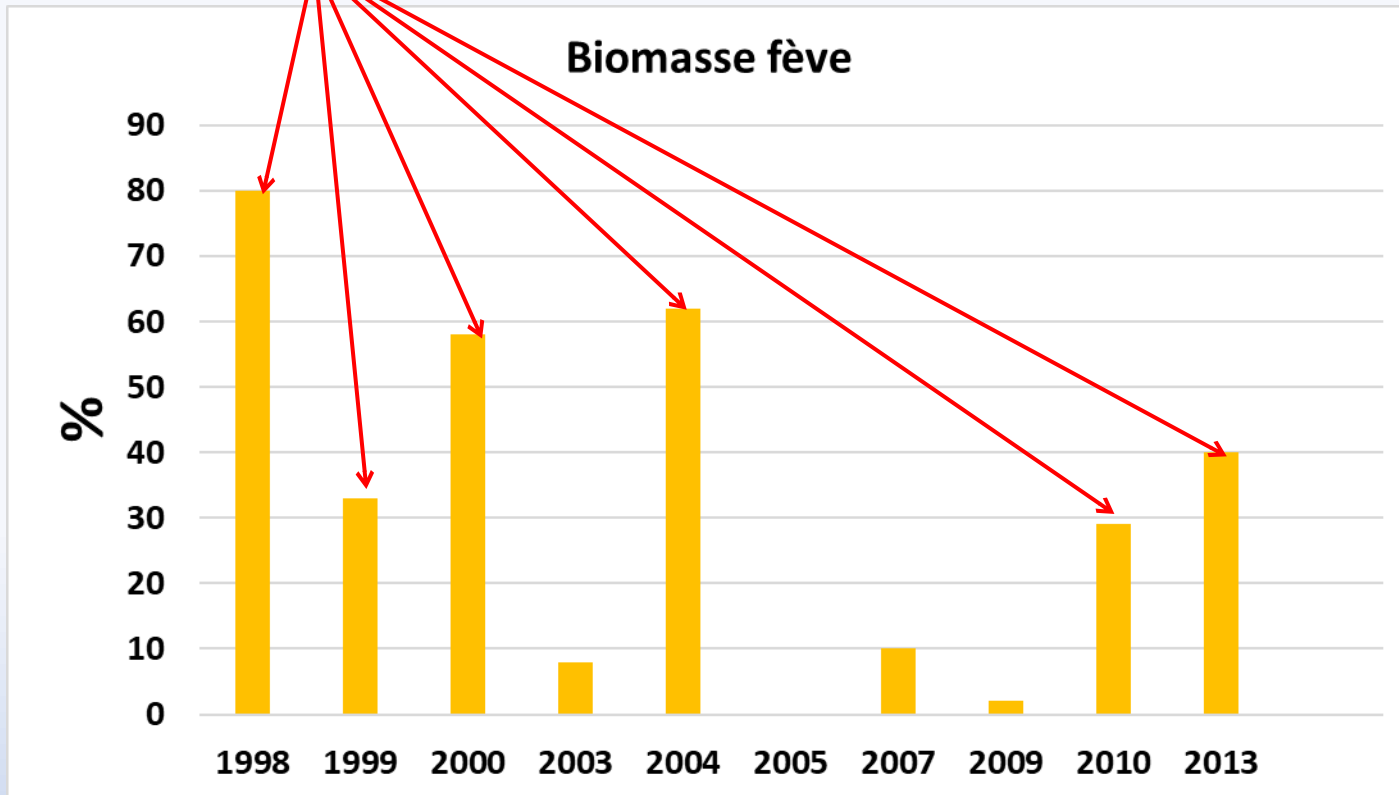
# Effet positif de la connectivité hydrologique : années sub-humides sèches



*Occurrence des écarts relatifs positifs important  
en années sub-humides sèches*

# Effet positif de la connectivité hydrologique : années sub-humides sèches

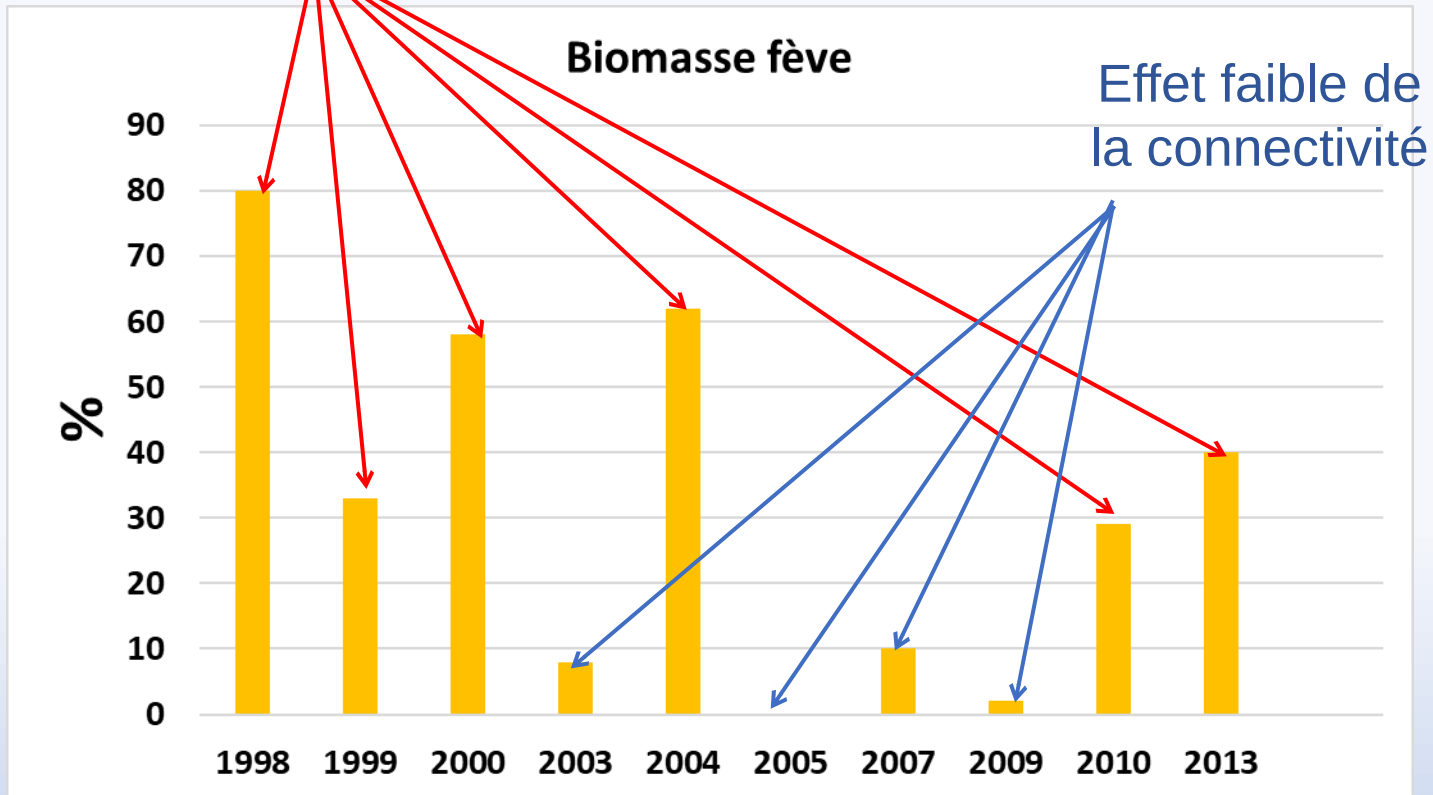
Effet important de  
la connectivité



*Occurrence des écarts relatifs positifs important  
en années sub-humides sèches*

# Effet positif de la connectivité hydrologique : années sub-humides sèches

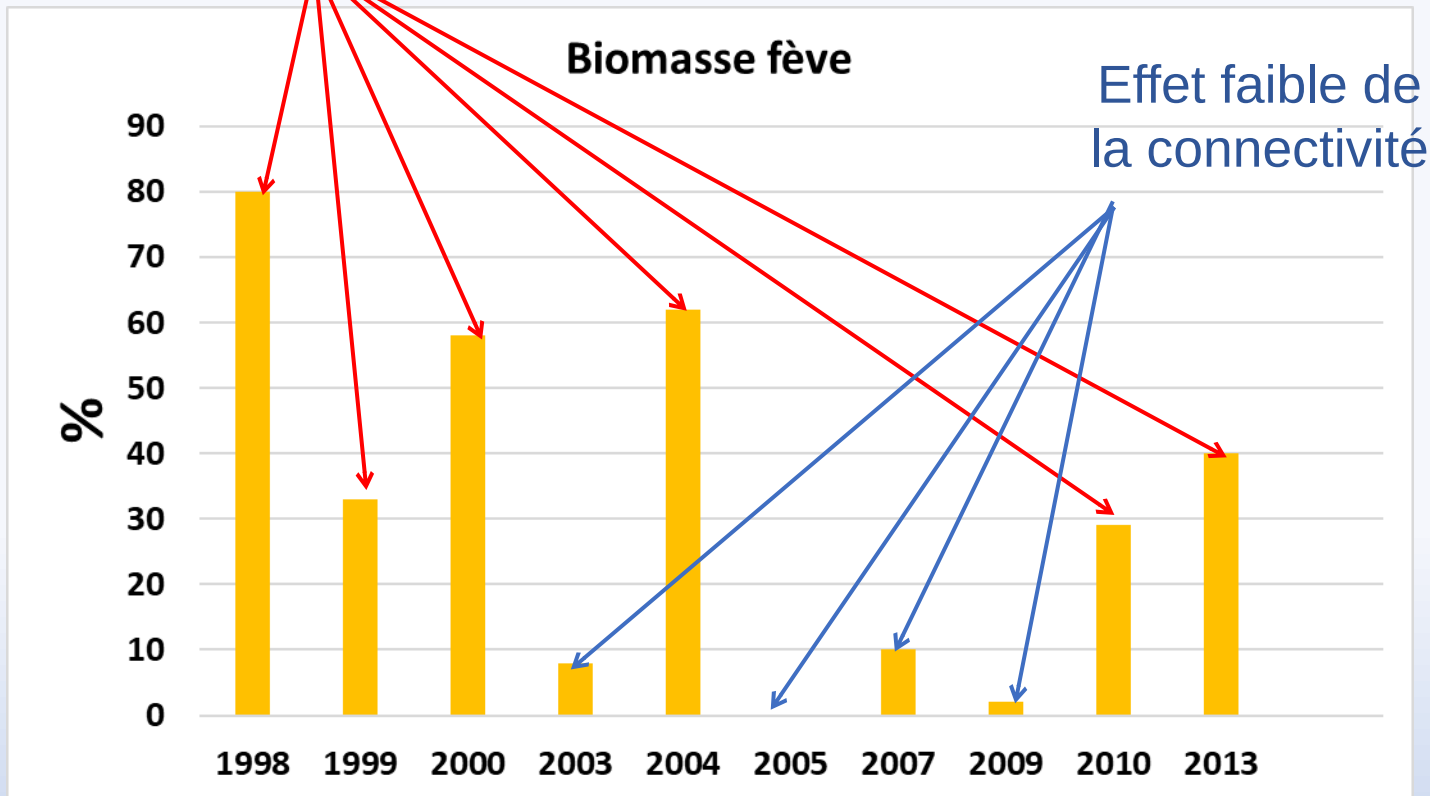
Effet important de  
la connectivité



*Occurrence des écarts relatifs positifs important  
en années sub-humides sèches*

# Effet positif de la connectivité hydrologique : années sub-humides sèches

Effet important de  
la connectivité

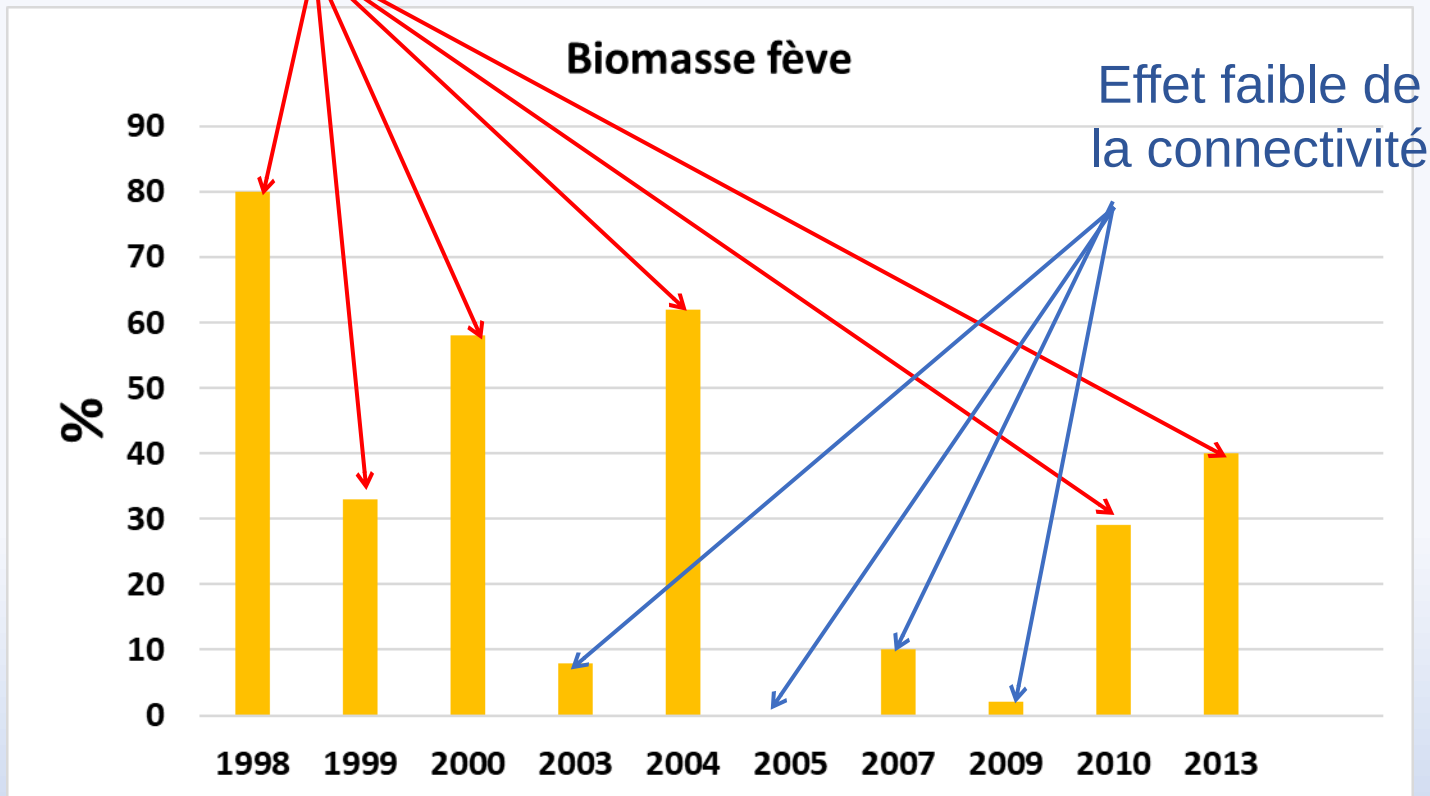


Pourquoi la connectivité présente-t-elle  
un effet positif pour quelques années  
SHS et non pas pour d'autres ?

*Occurrence des écarts relatifs positifs important  
en années sub-humides sèches*

# Effet positif de la connectivité hydrologique : années sub-humides sèches

Effet important de  
la connectivité



*Occurrence des écarts relatifs positifs important  
en années sub-humides sèches*

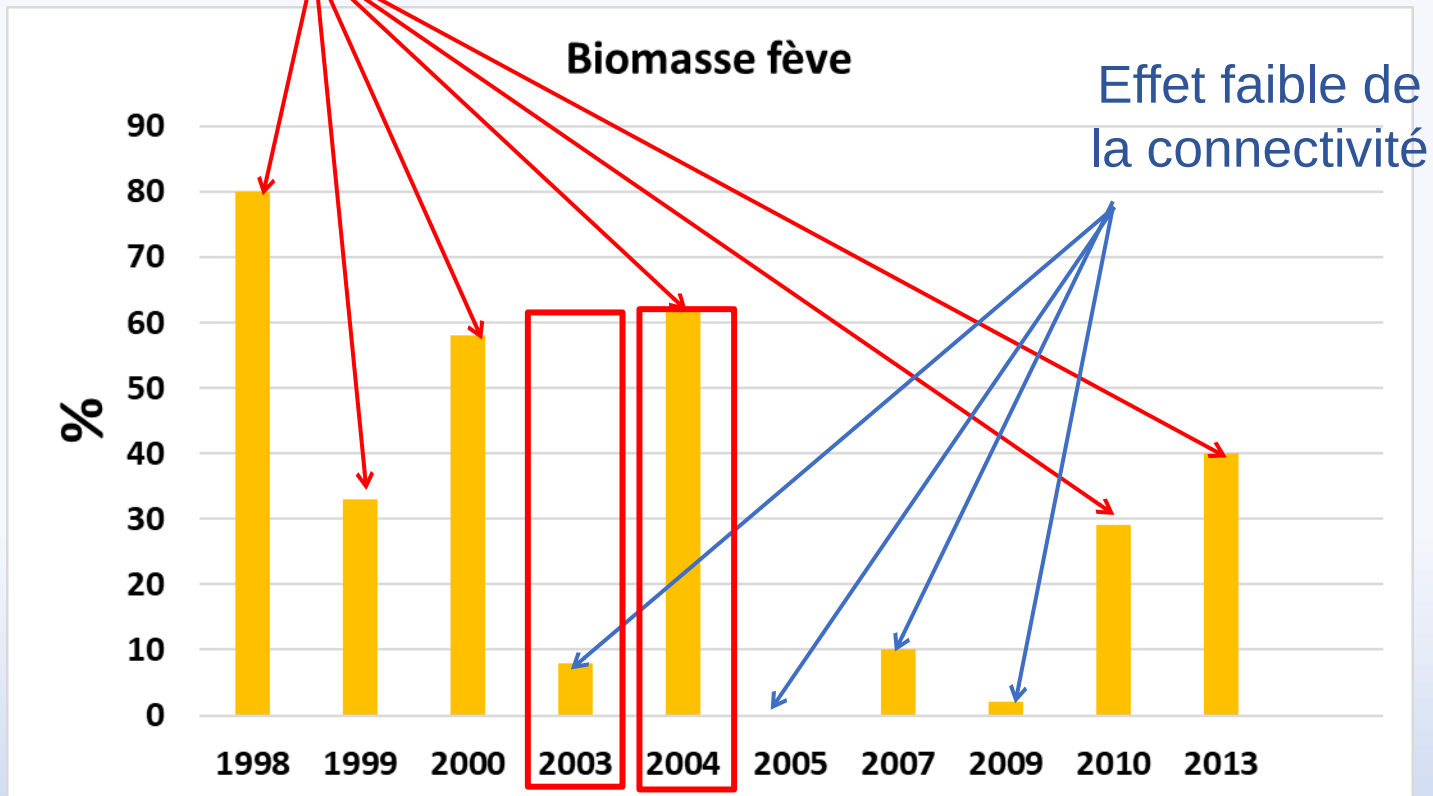
Pourquoi la connectivité présente-t-elle  
un effet positif pour quelques années  
SHS et non pas pour d'autres ?



variabilité intra-annuelle des pluies ?

# Effet positif de la connectivité hydrologique : années sub-humides sèches

Effet important de  
la connectivité



Effet faible de  
la connectivité

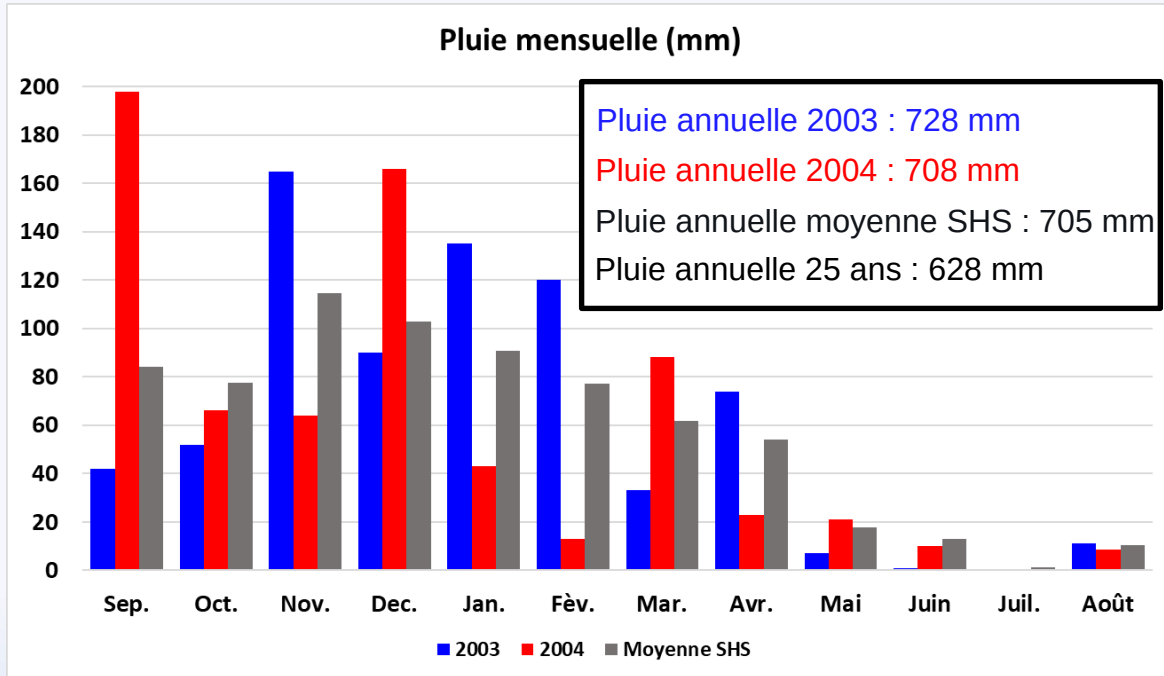
Pourquoi la connectivité présente-t-elle  
un effet positif pour quelques années  
SHS et non pas pour d'autres ?



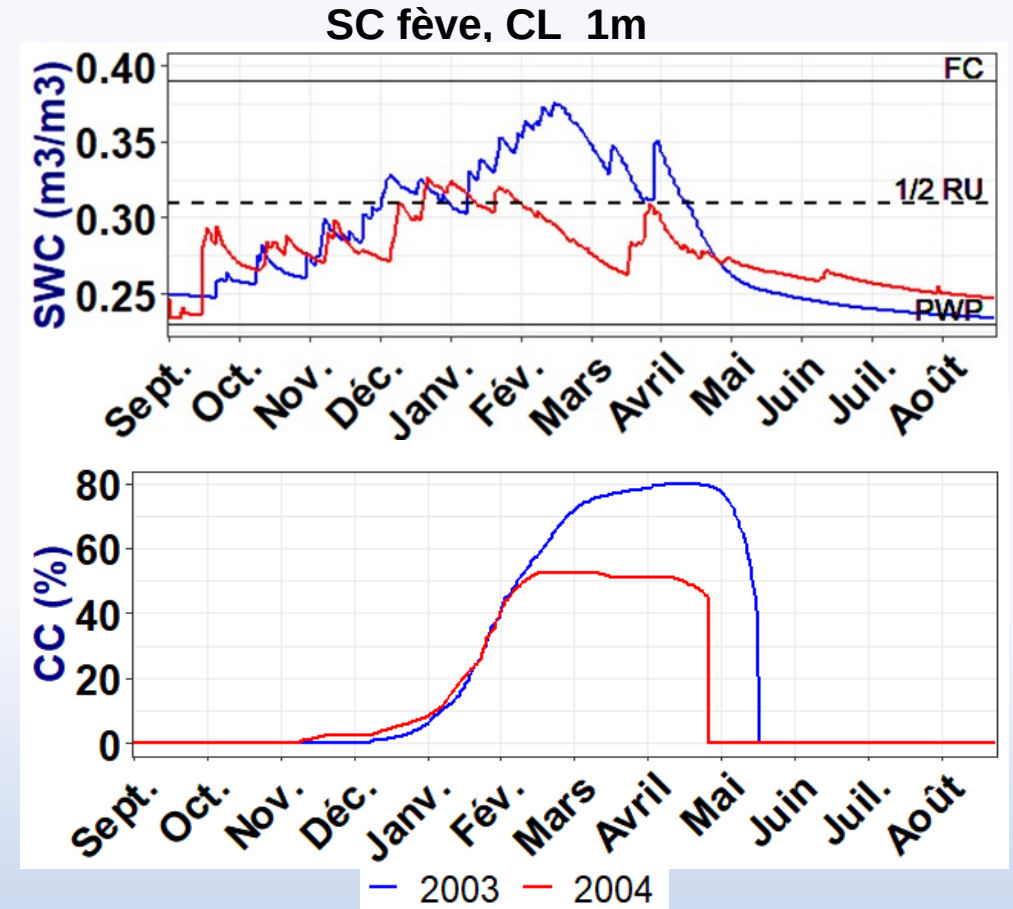
variabilité intra-annuelle des pluies ?

*Occurrence des écarts relatifs positifs important  
en années sub-humides sèches*

# Effet positif de la connectivité hydrologique : années sub-humides sèches



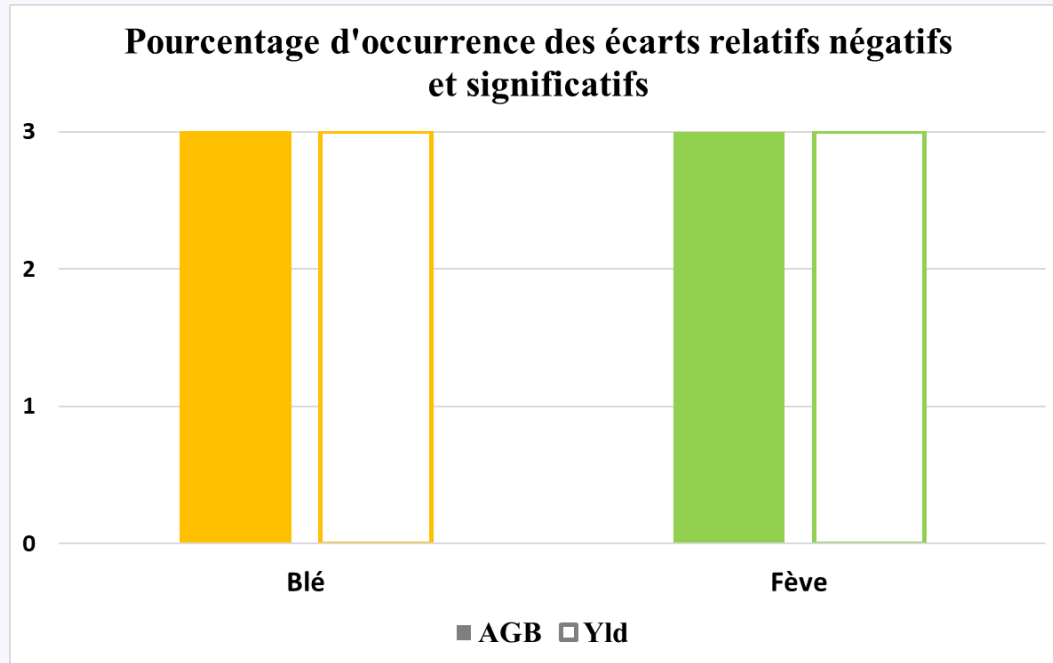
Variabilité intra-annuelle des pluies



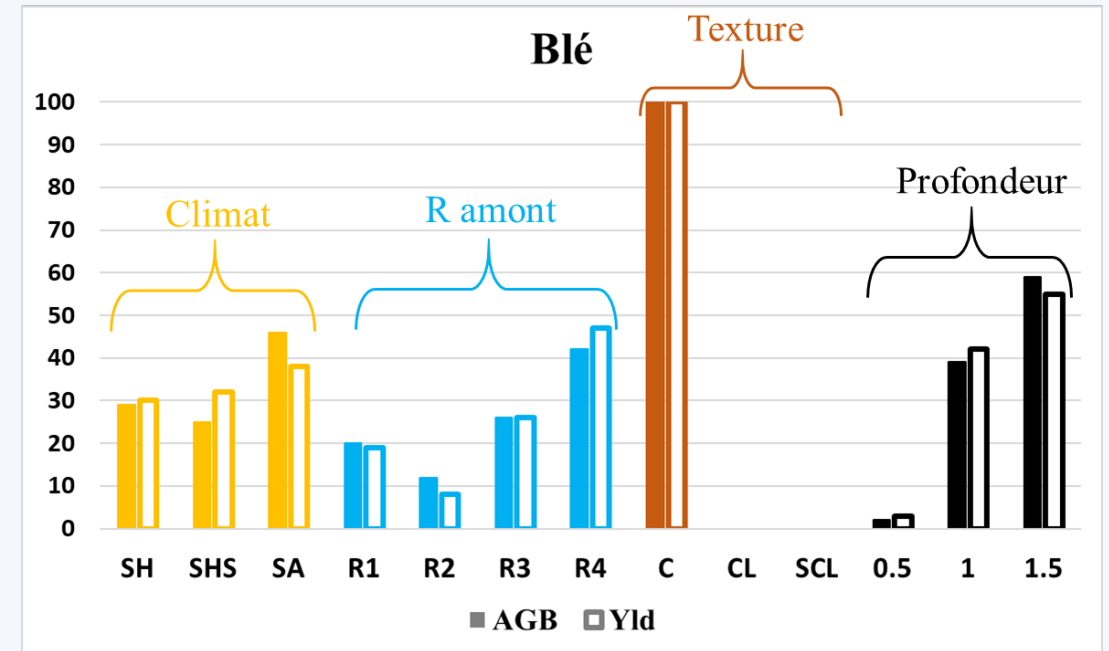
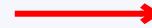
Évolution temporelle de l'humidité du sol (SWC)  
et du taux de couverture végétale (CC).



# Effet négatif de la connectivité hydrologique



Effet négatif de la connectivité très rare 3%



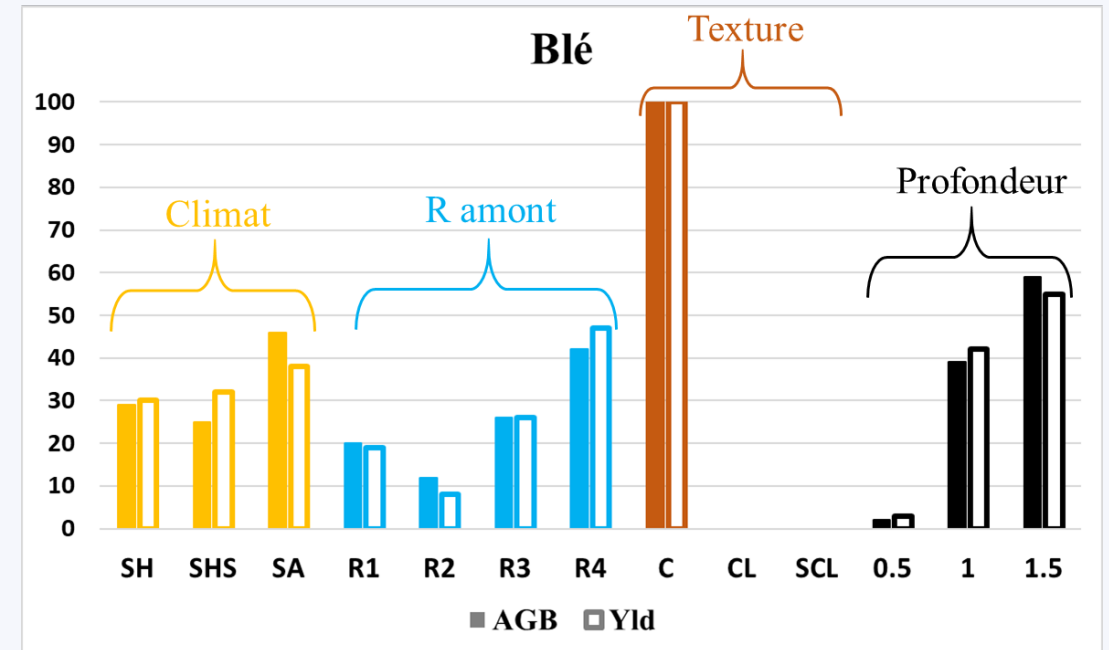
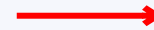
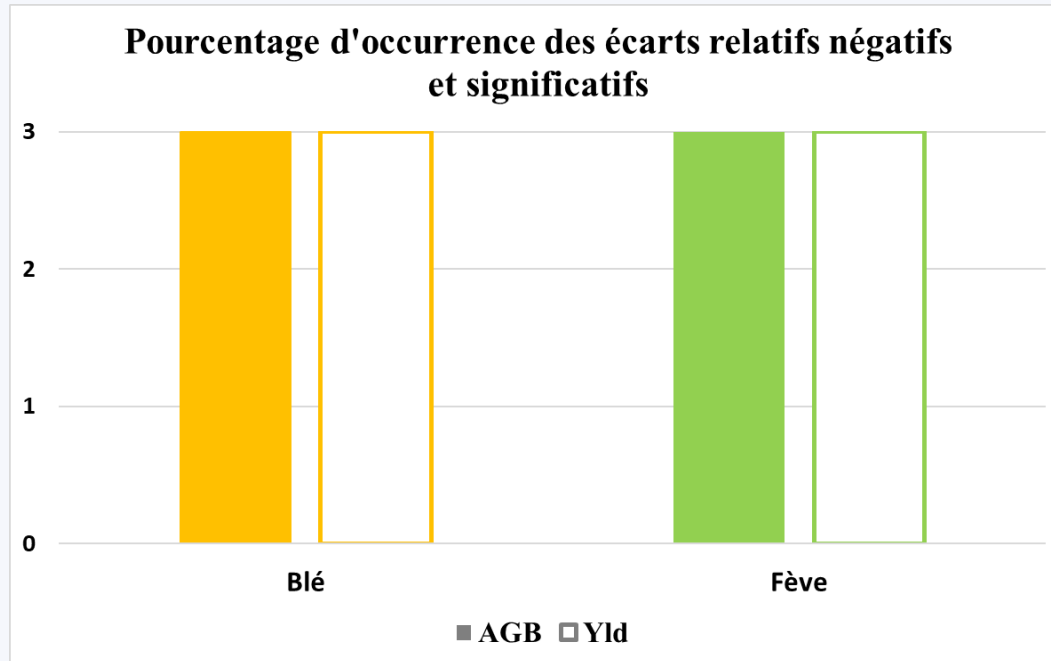
*Occurrence des écarts relatifs négatifs importants par facteur d'influence*



Effet négatif principalement sur sols

- Argileux (C)
- Profondeur 1 m et 1.5 m

# Effet négatif de la connectivité hydrologique



**Asphyxie racinaire. due à un engorgement de la zone racinaire.**



Ks réduisant la transpiration. la biomasse et le rendement