



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-04361965>

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⁽¹⁾, J. Molénat⁽¹⁾, L. Prévot⁽¹⁾, I. Mekki⁽²⁾, R. Zitouna-Chebbi⁽³⁾, F. Jacob⁽¹⁾

(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.*

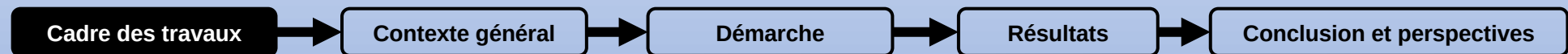
○ Cadre de la thèse

○ Projets

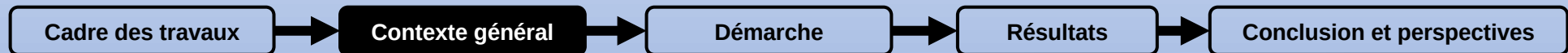
- ALTOS
- LMI NAILA

○ Financements

- Bourse MESRS
- Bourses IRD



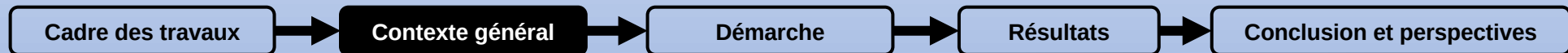
Contexte général : Production agricole et connectivité hydrologique



Contexte général : Production agricole et connectivité hydrologique



Étude de la production agricole à l'échelle locale



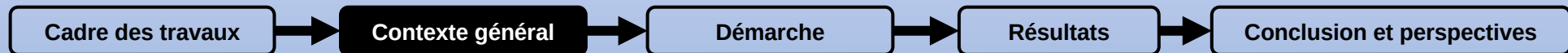
Contexte général : Production agricole et connectivité hydrologique



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



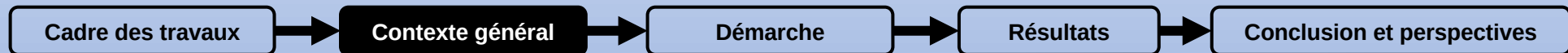
Étude de la production agricole à l'échelle locale



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

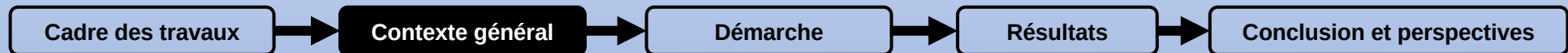


Impacte l'humidité dans la zone racinaire, par **ré-infiltration du ruissellement**



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 ?

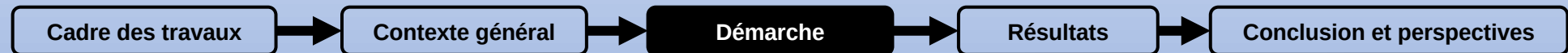


Démarche générale

Approche d'étude

Modélisation numérique

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



Démarche générale

Approche d'étude

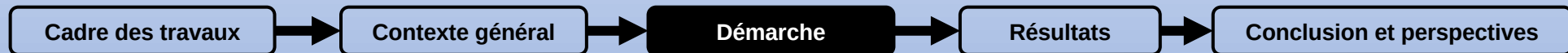
Modélisation numérique

- 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

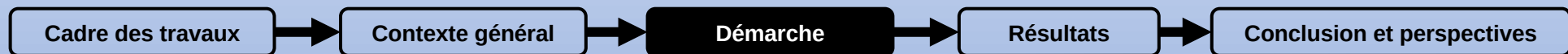
Modèle AquaCrop

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

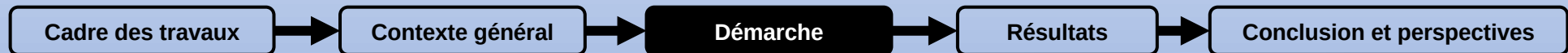
Site d'étude

Bassin versant de Kamech

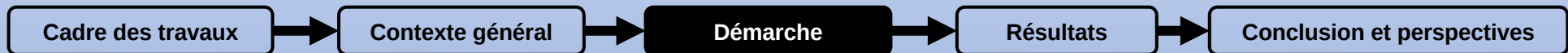
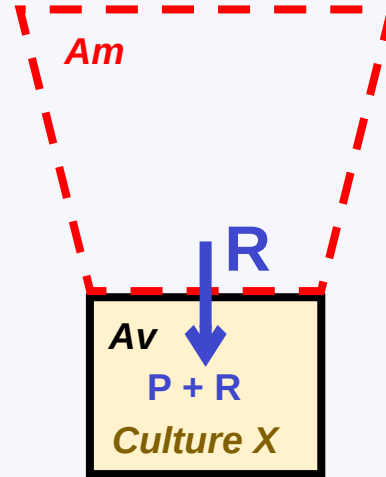
- Climat, cultures, sols représentatifs d'une région méditerranéenne semi-aride
- Présence d'OMERE
- AquaCrop validé (Dhouib et al., 2022)



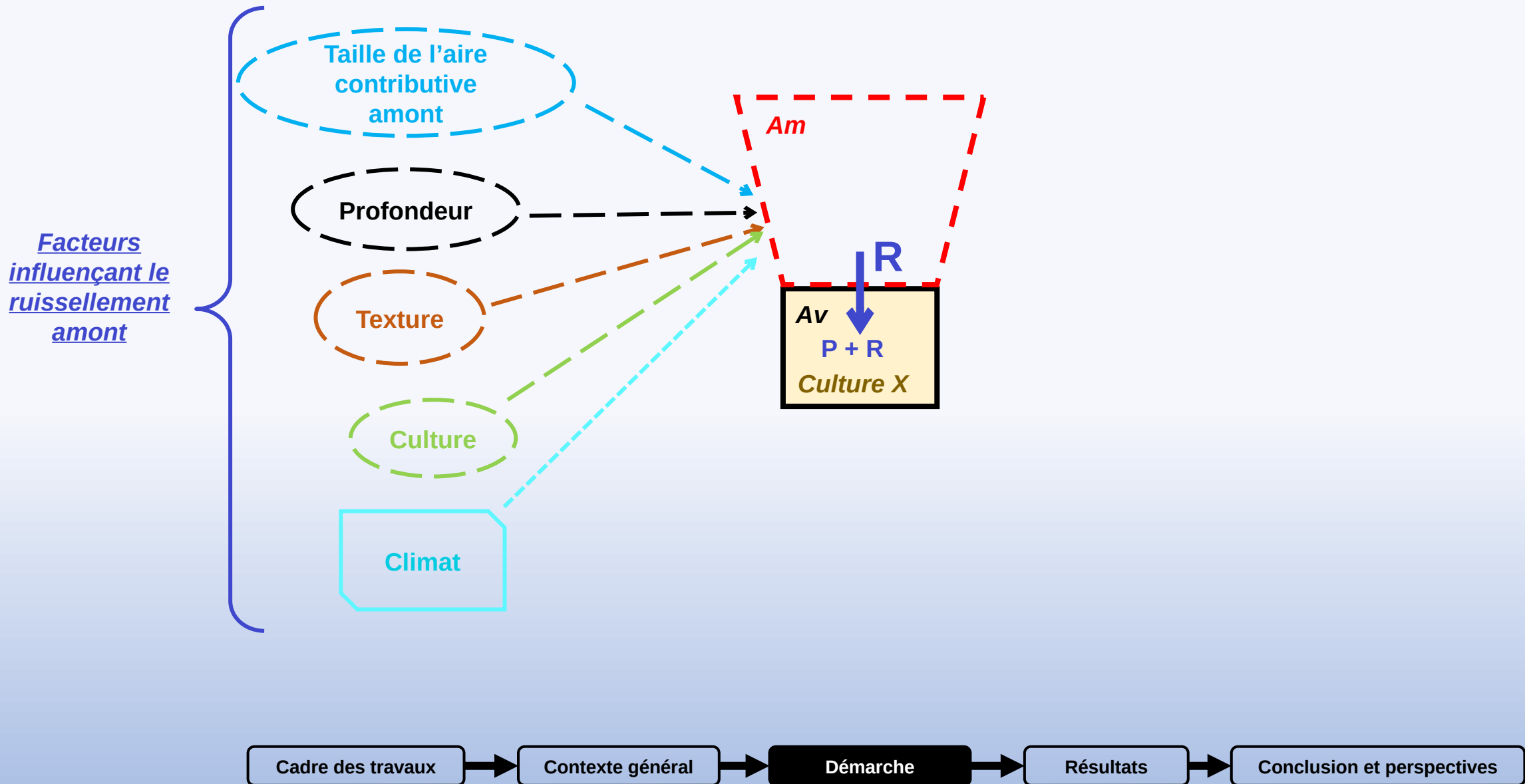
Démarche de simulation numérique



Démarche de simulation numérique

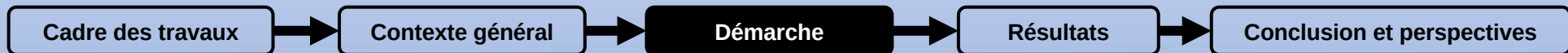
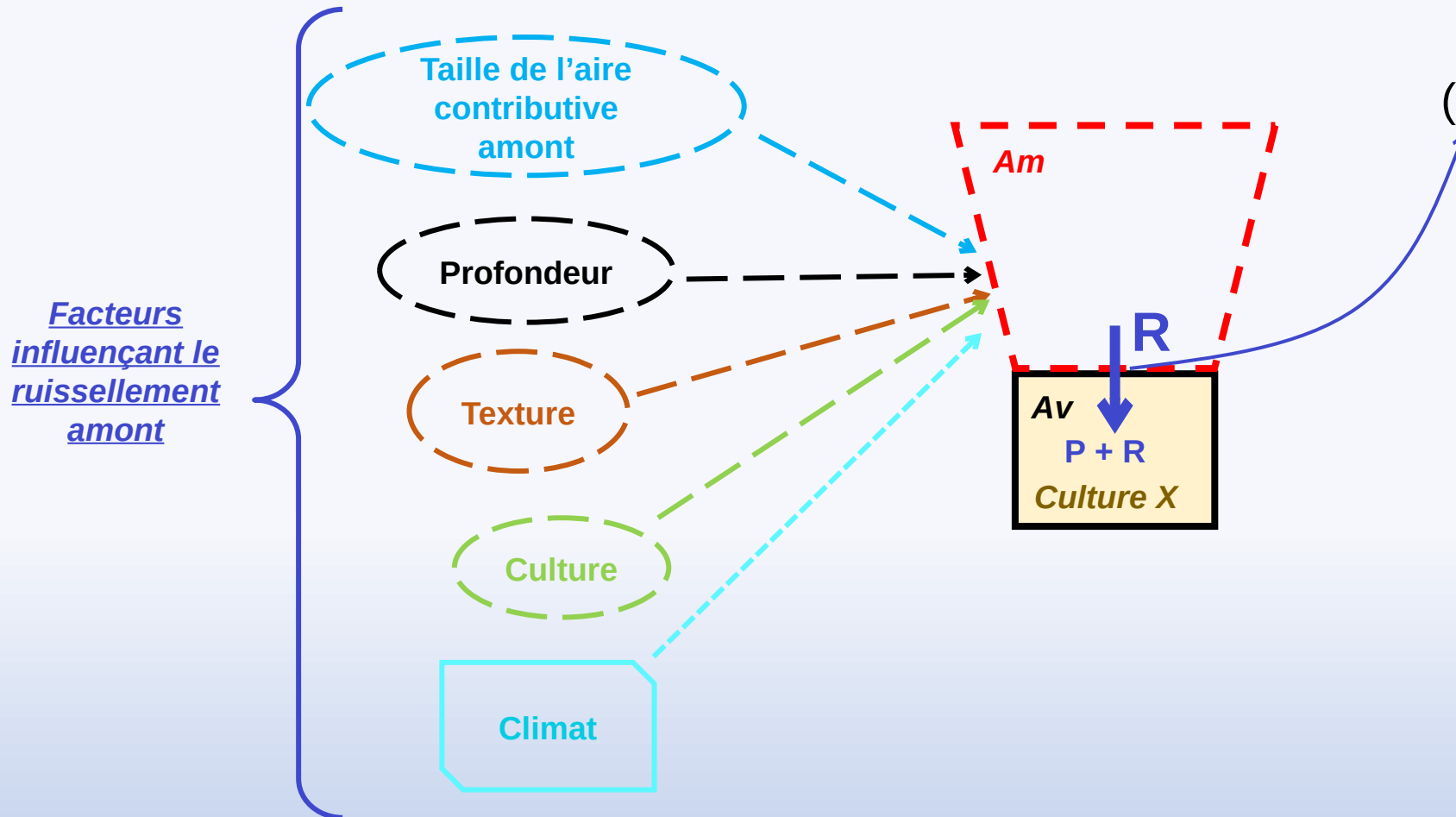


Démarche de simulation numérique



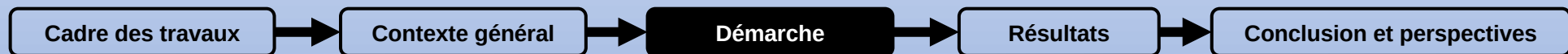
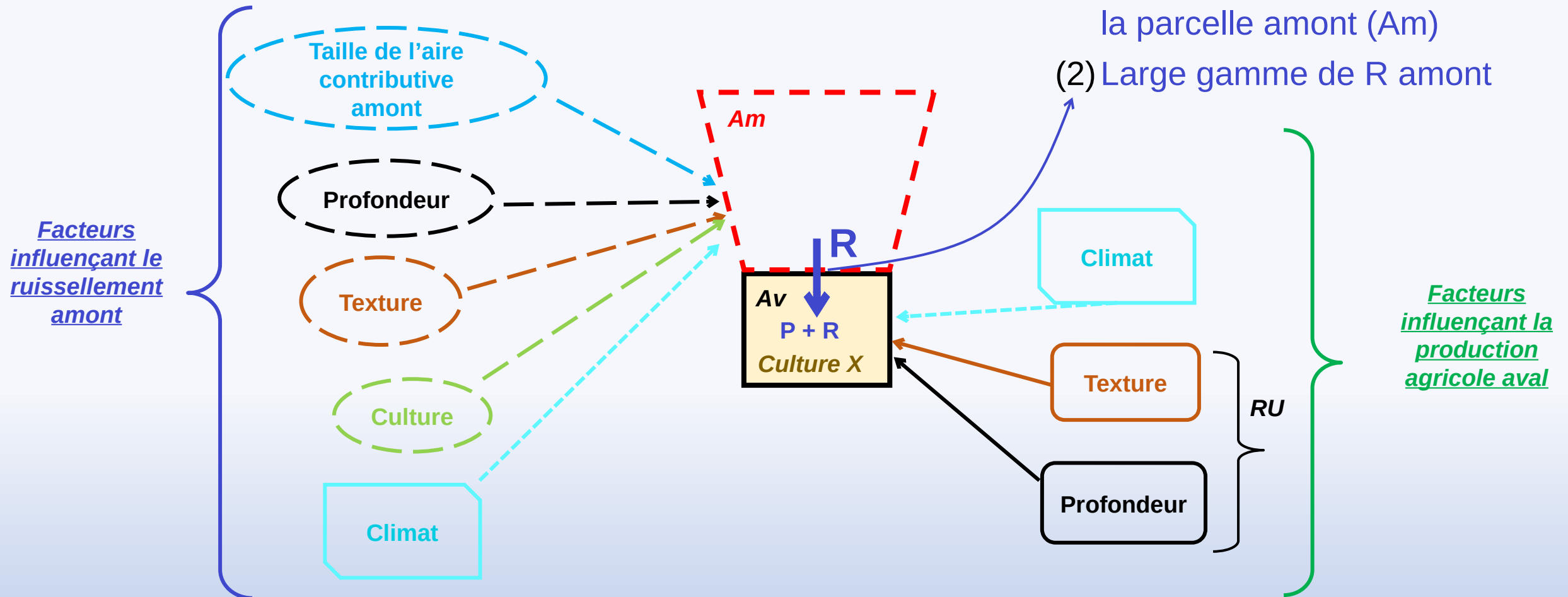
Démarche de simulation numérique

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



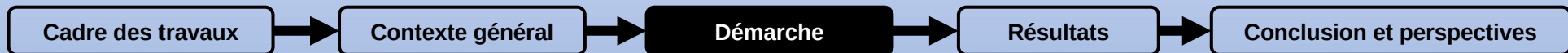
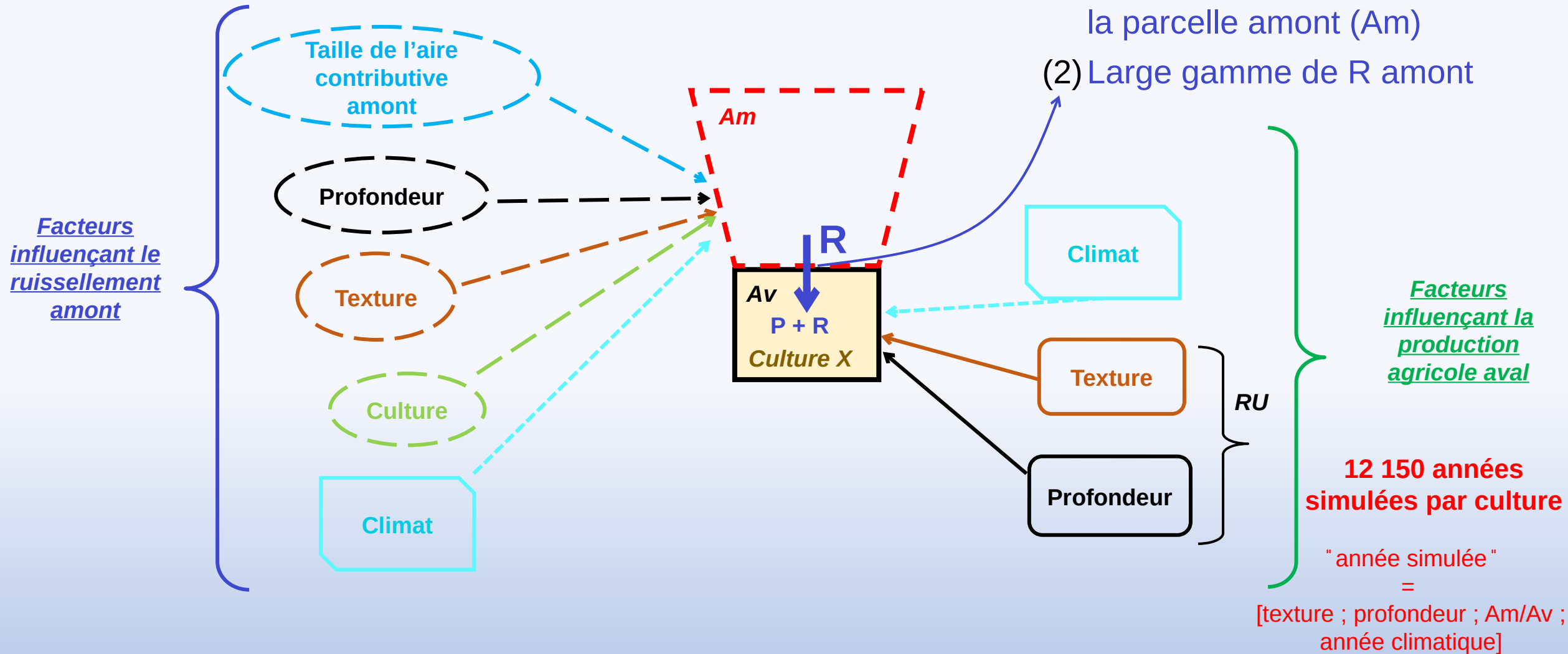
Démarche de simulation numérique

- (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

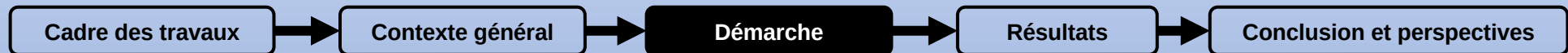


Démarche : facteurs considérés



Cultures

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

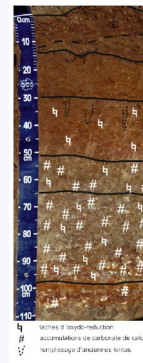


Démarche : facteurs considérés



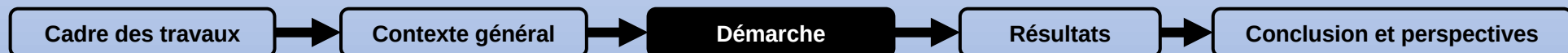
Cultures

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



Sol (texture/profondeur)

- 0 3 textures dominantes à Kamech :
 - 0 argileux (C)
 - 0 argilo-limoneux (CL)
 - 0 sablo-argileux-limoneux (SCL)
- 0 3 profondeurs : 0.5 m ; 1 m ; 1.5 m

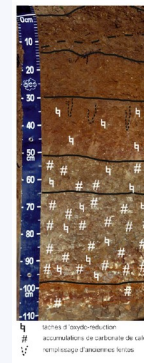


Démarche : facteurs considérés



Cultures

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



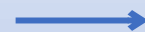
Sol (texture/profondeur)

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

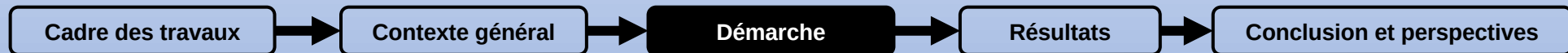


Ratio aire amont /aire aval

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



- = 0.5
- = 1
- = 2

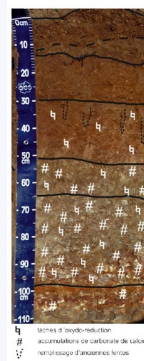


Démarche : facteurs considérés



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

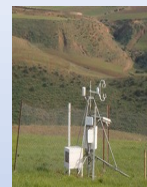


Ratio aire amont /aire aval

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

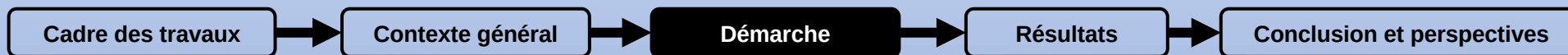


- = 0.5
- = 1
- = 2



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 (Δ) entre simulations sans
et avec connectivité

$$\Delta =$$

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

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

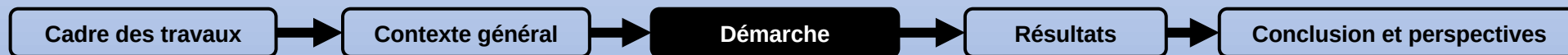
□ Effet négligeable de la
connectivité

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

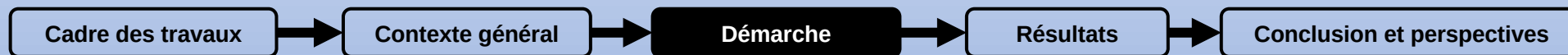
R1 : Cumul R annuel < 51 mm

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

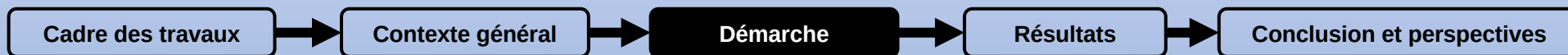
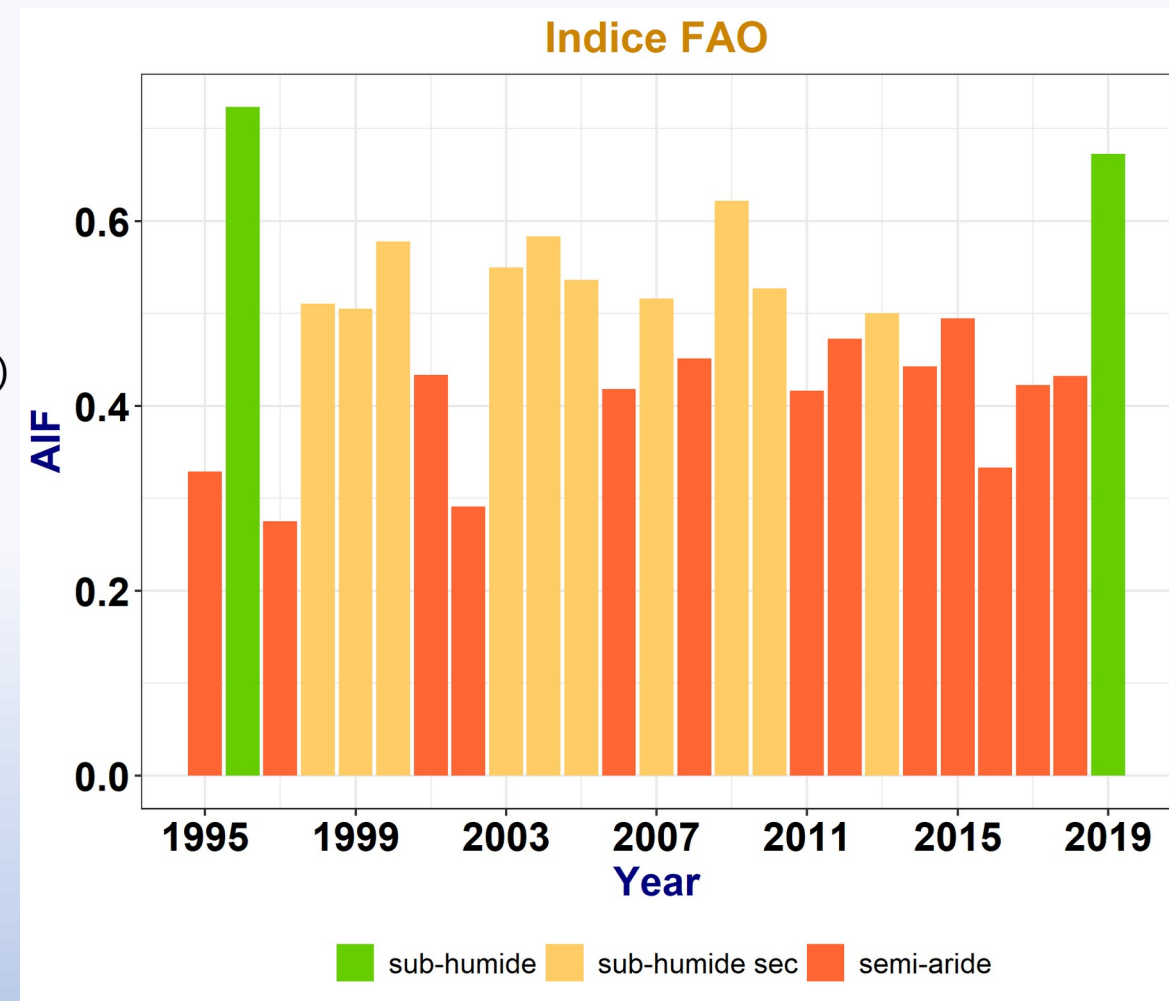
Classification des années climatiques

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

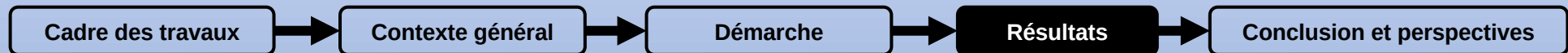
$$AIF = \frac{P}{ET_0}$$

- 3 Classes d'années climatiques

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

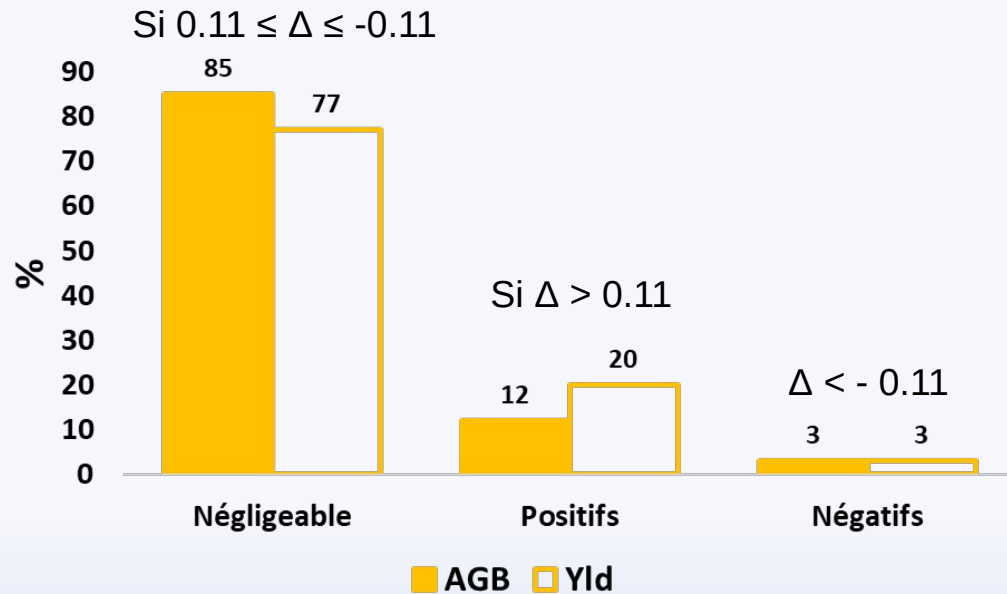


Principaux résultats

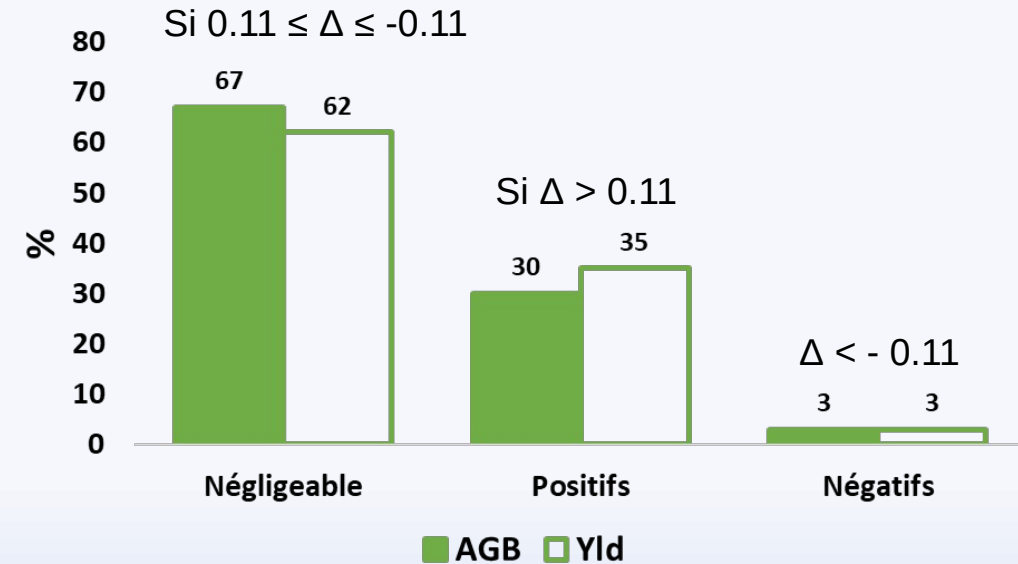


Écarts relatifs : effet global de la connectivité

Blé

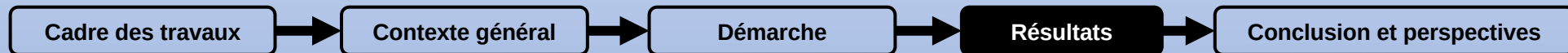


Fève



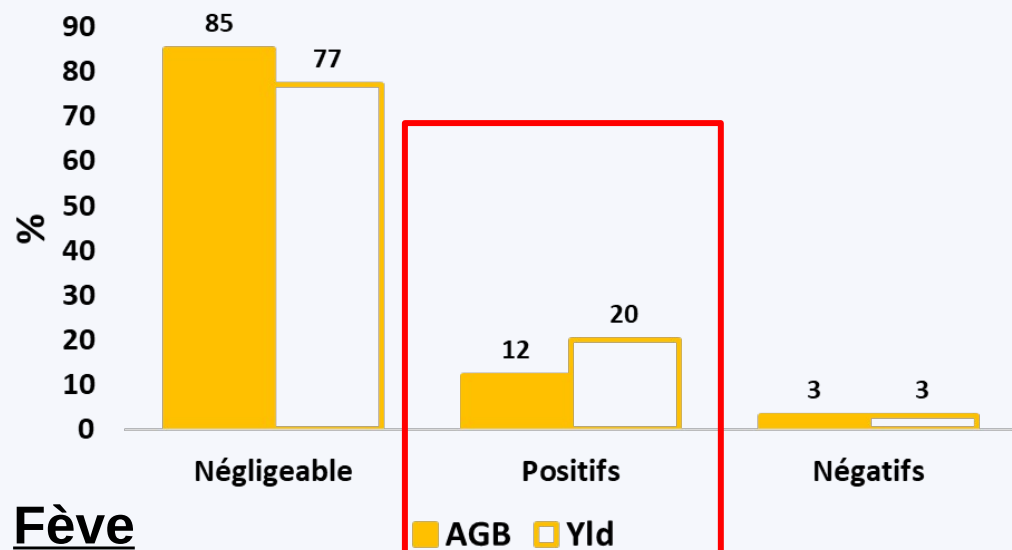
Occurrences des écarts relatifs

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

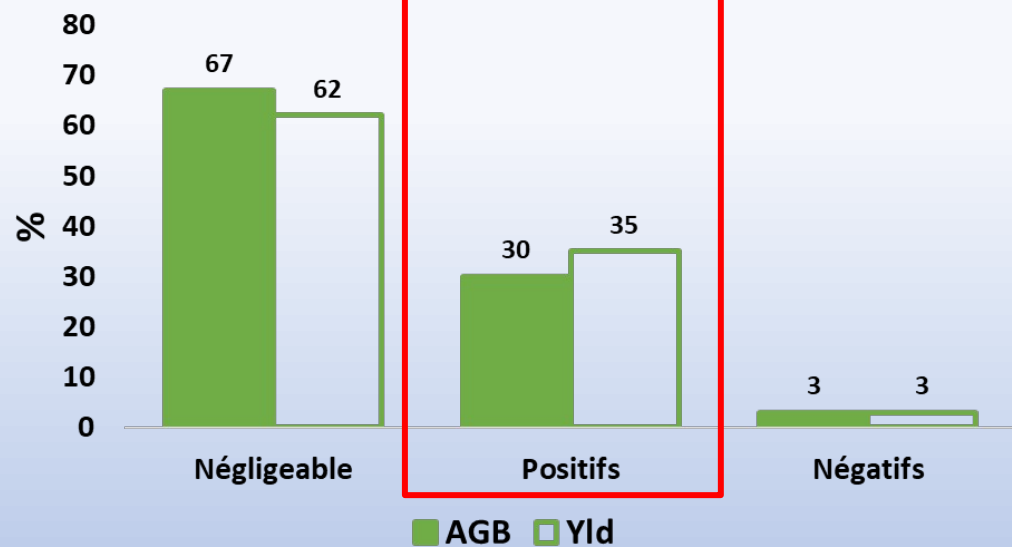


Écarts relatifs : effet global de la connectivité

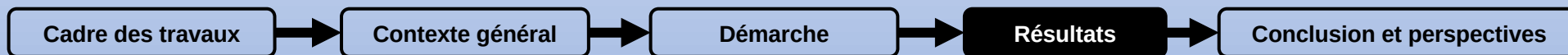
Blé



Fève

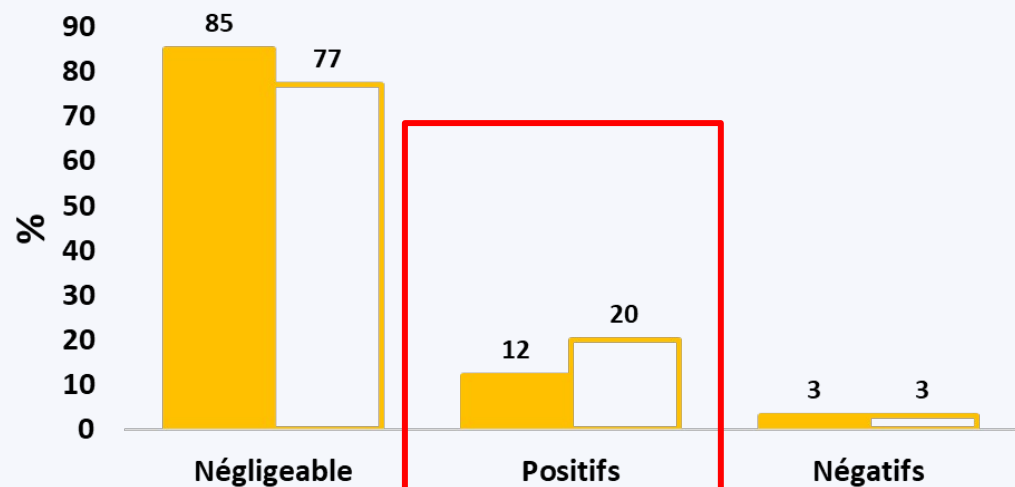


Occurrences des écarts relatifs

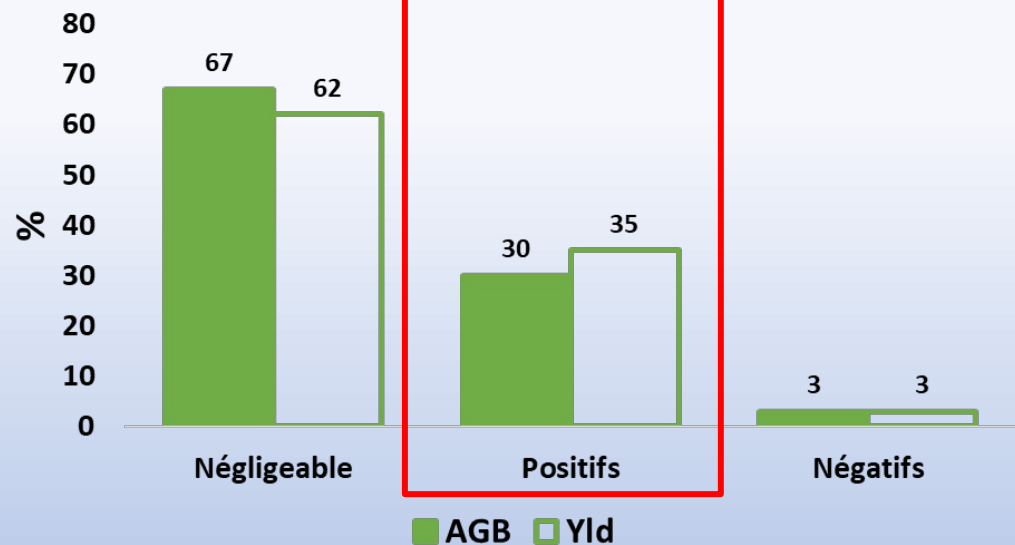


Écarts relatifs : effet global de la connectivité

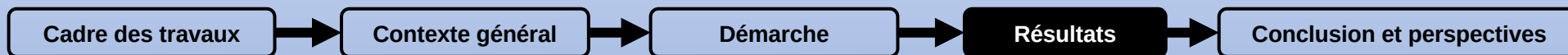
Blé



Fève



Occurrences des écarts relatifs



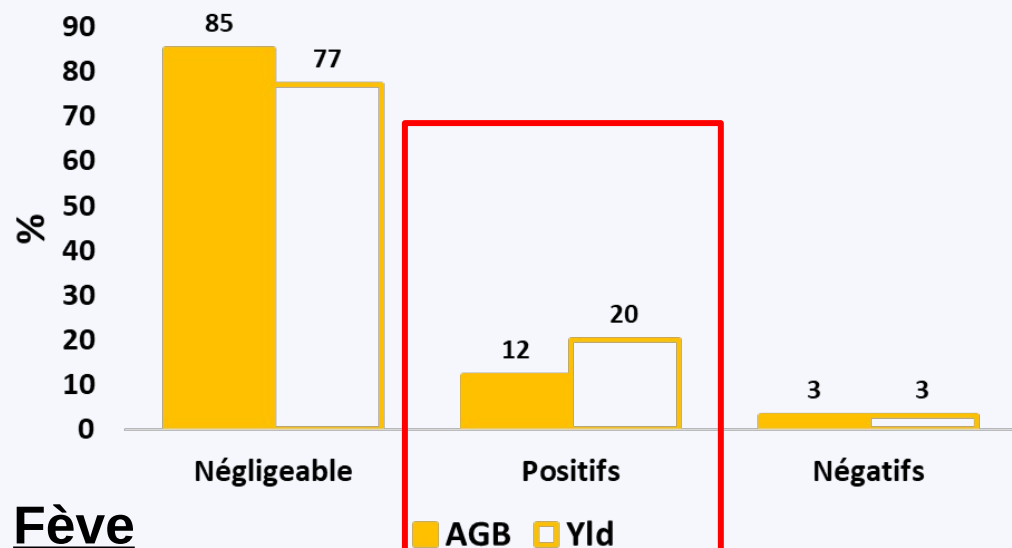
1

Rendement plus sensible à la connectivité

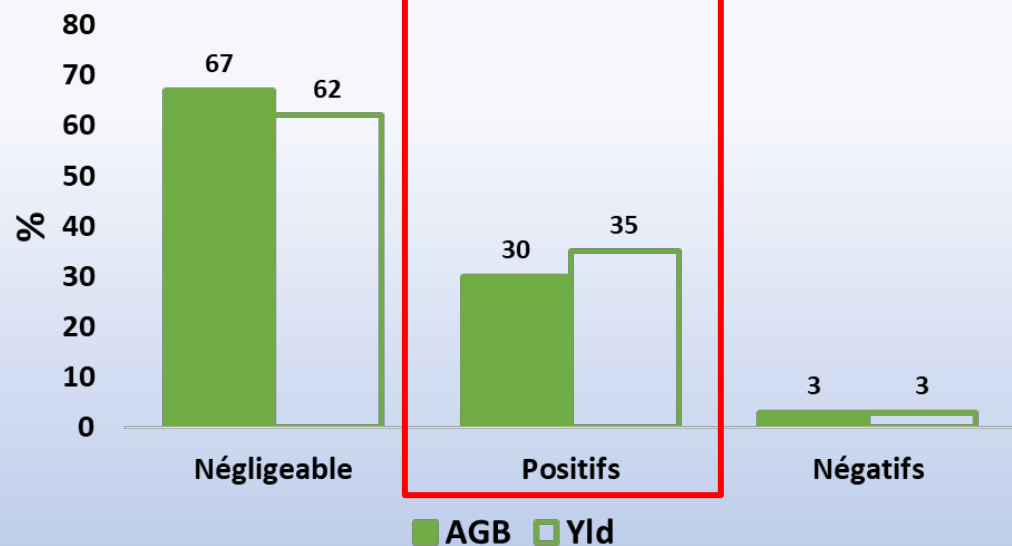
↑
Indice de récolte sensible au stress hydrique (Ali et Talukder, 2008)

Écarts relatifs : effet global de la connectivité

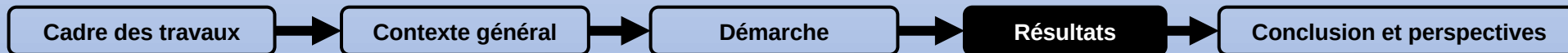
Blé



Fève



Occurrences des écarts relatifs



1

Rendement plus sensible à la connectivité

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

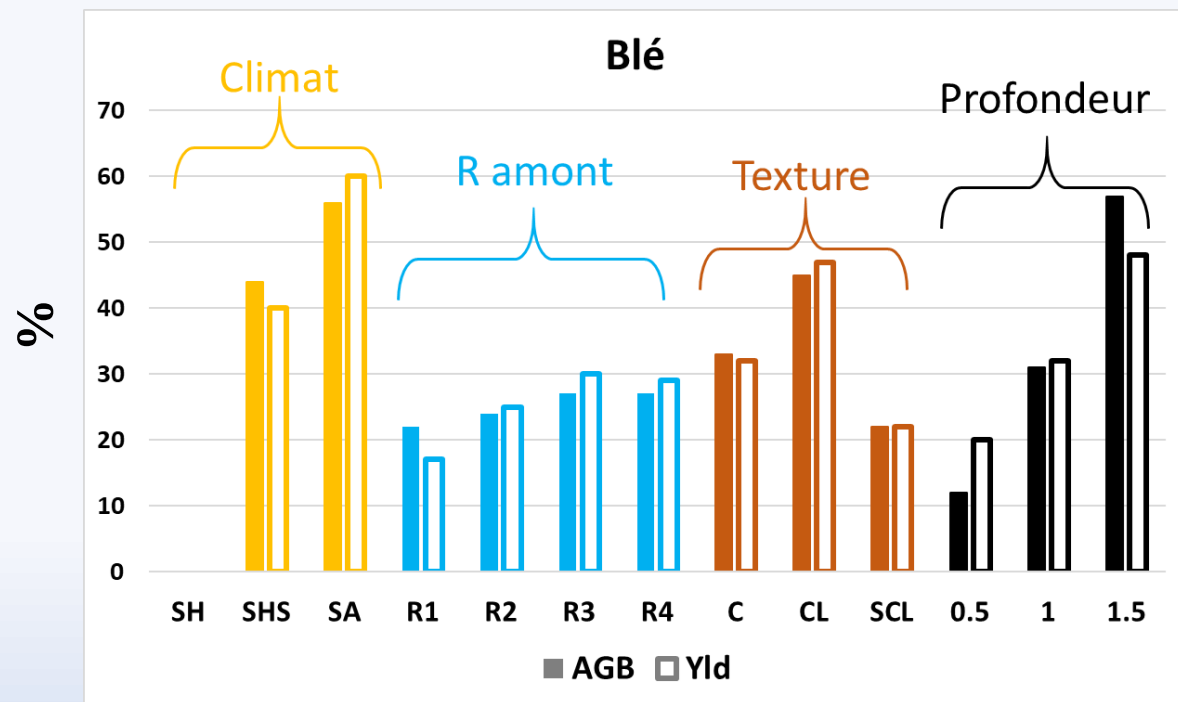
2

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

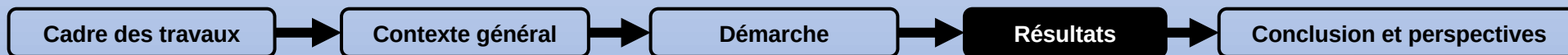
Amélioration de la production végétale observée en années

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

2

Amélioration de la production végétale sur sols

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

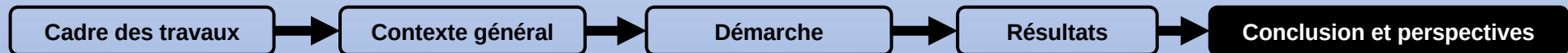


Conclusion :

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



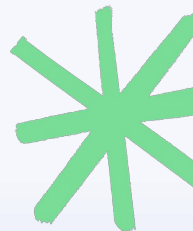
Conclusion : principaux résultats

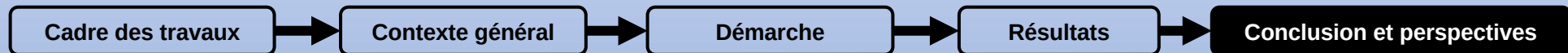


- **Connectivité hydrologique peut avoir un effet positif sur la production :**
 - dépend de la culture, des conditions climatiques et du type du sol
 - dépend de la variabilité intra-annuelle des pluies

Perspectives

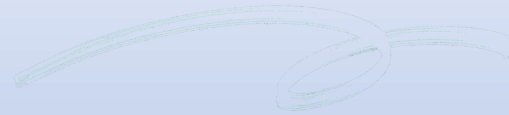


- **Étendre l'étude en contexte de climat futur**
 - **Considérer d'autres cultures et les rotations culturales**
 - **Coupler AquaCrop avec un modèle hydrologique distribué**
 - Modélisation infra-journalière du ruissellement
 - Flux sub-surfaciques
 - Flux de sédiments
- 

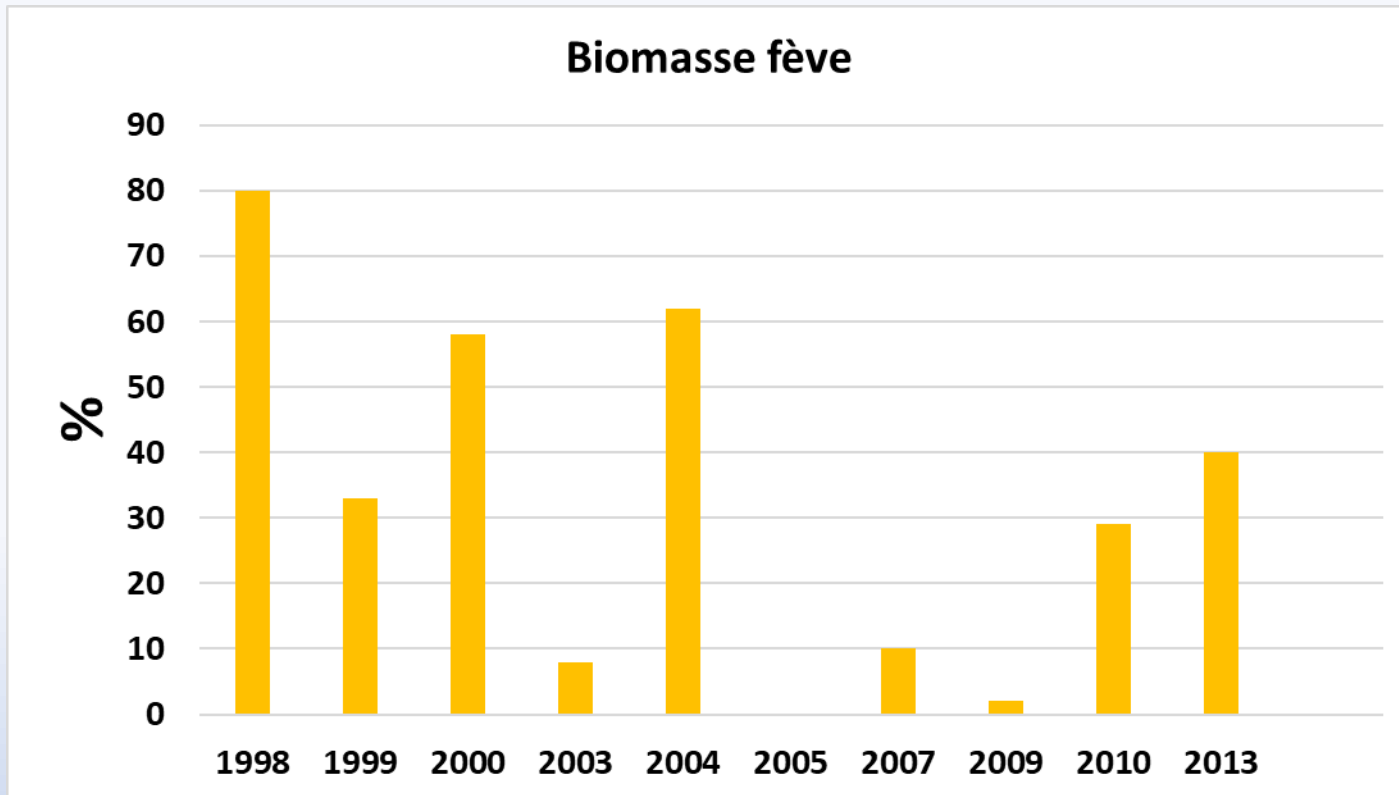




*Merci de votre
attention*



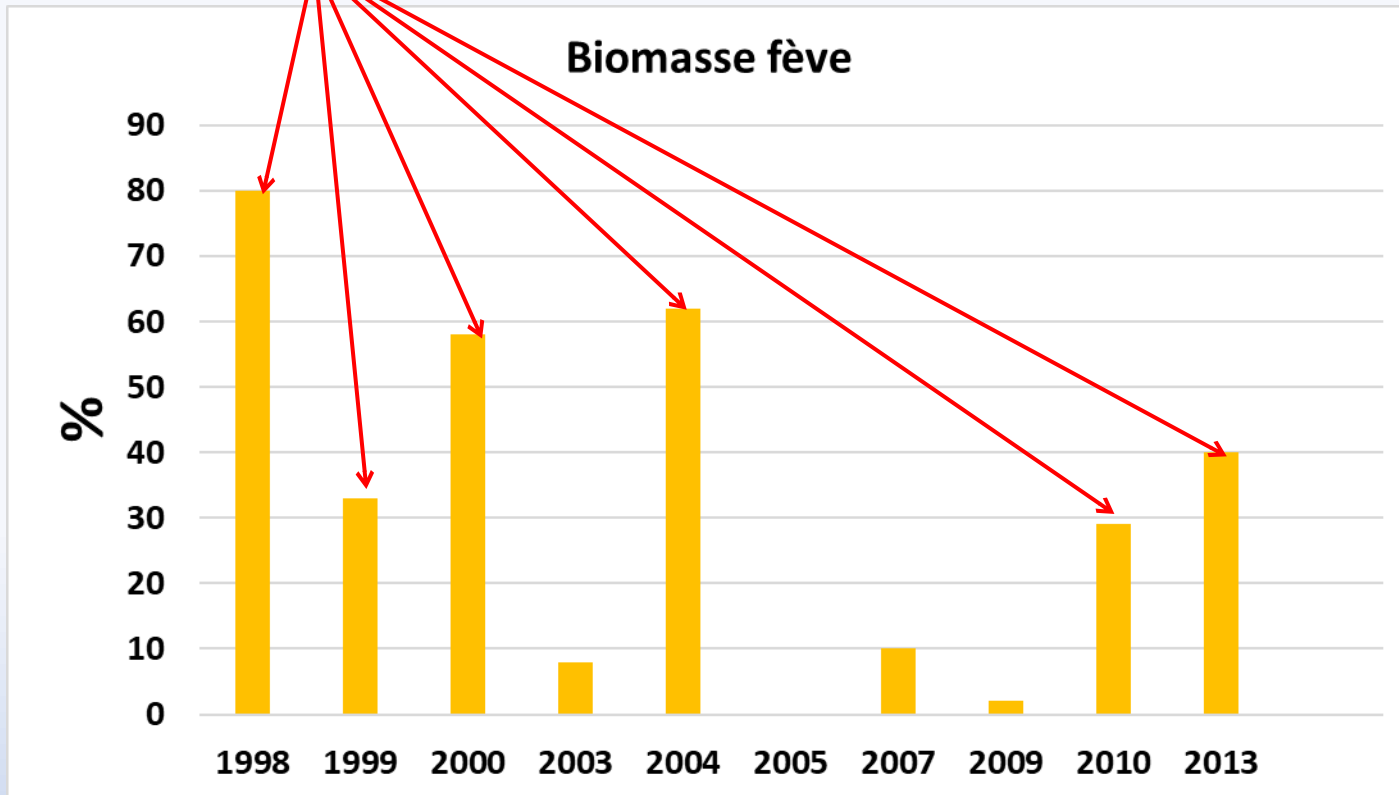
Effet positif de la connectivité hydrologique : années sub-humides sèches



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

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

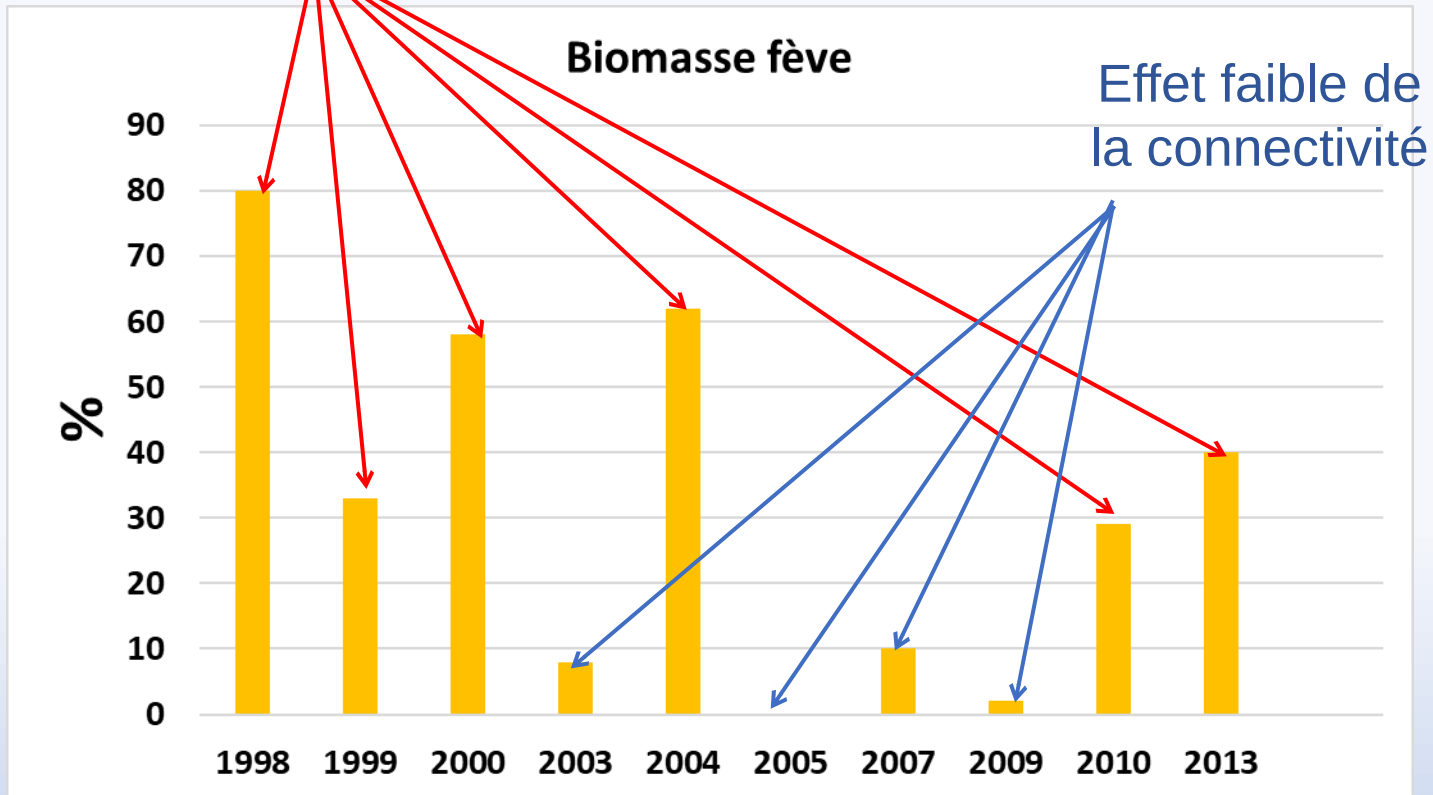
Effet important de
la connectivité



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

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

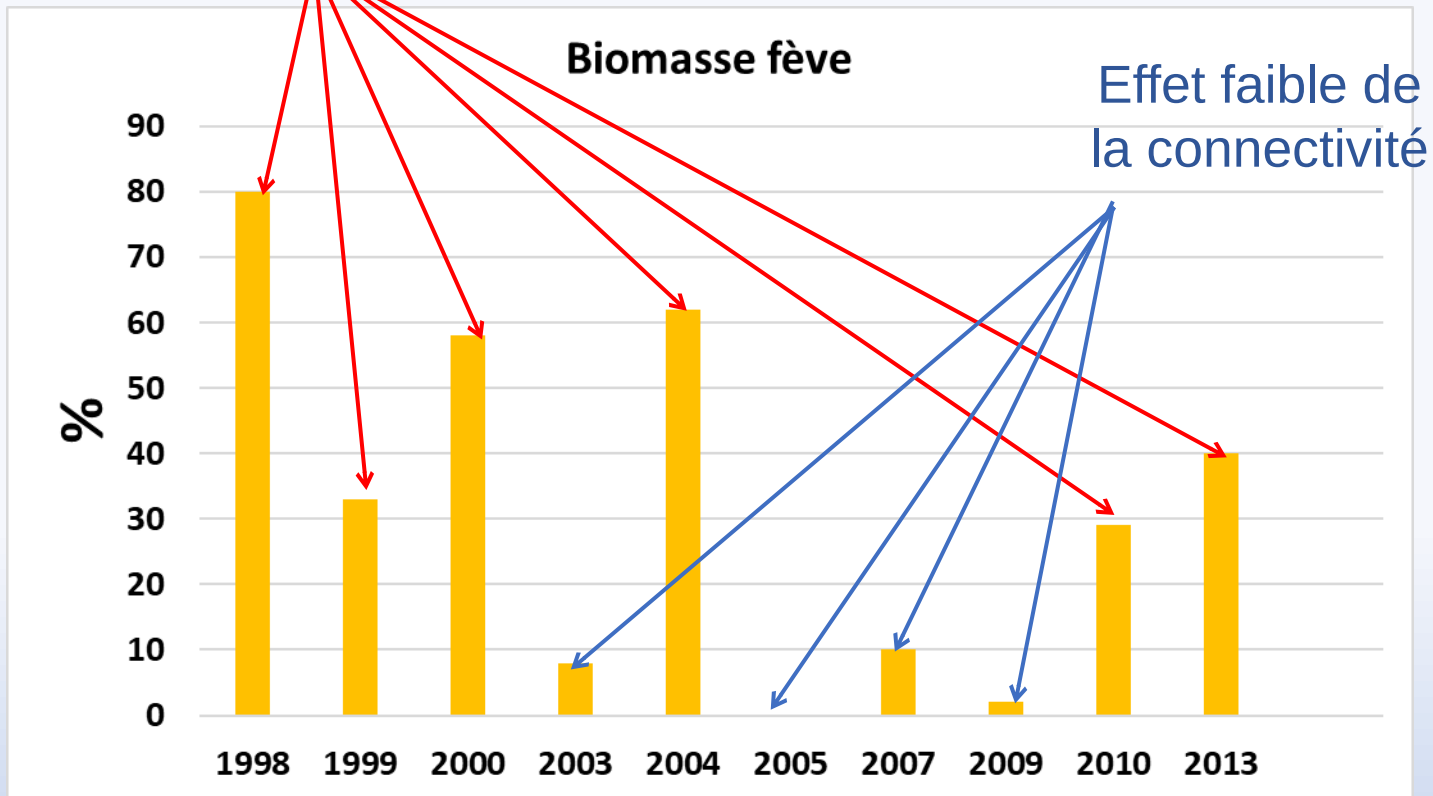
Effet important de
la connectivité



*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

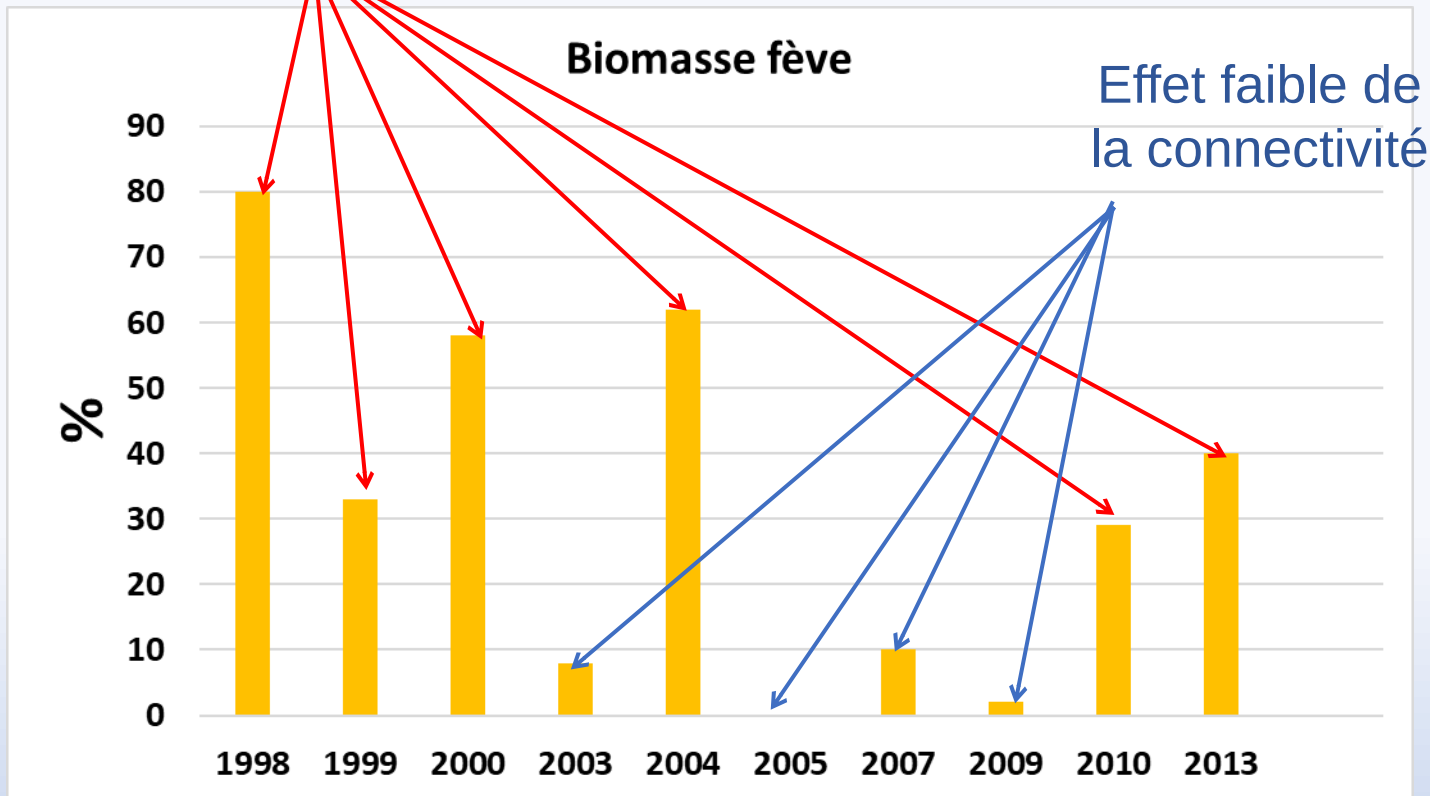


Pourquoi la connectivité présente-t-elle
un effet positif pour quelques années
SHS et non pas pour d'autres ?

*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



Effet faible de
la connectivité

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

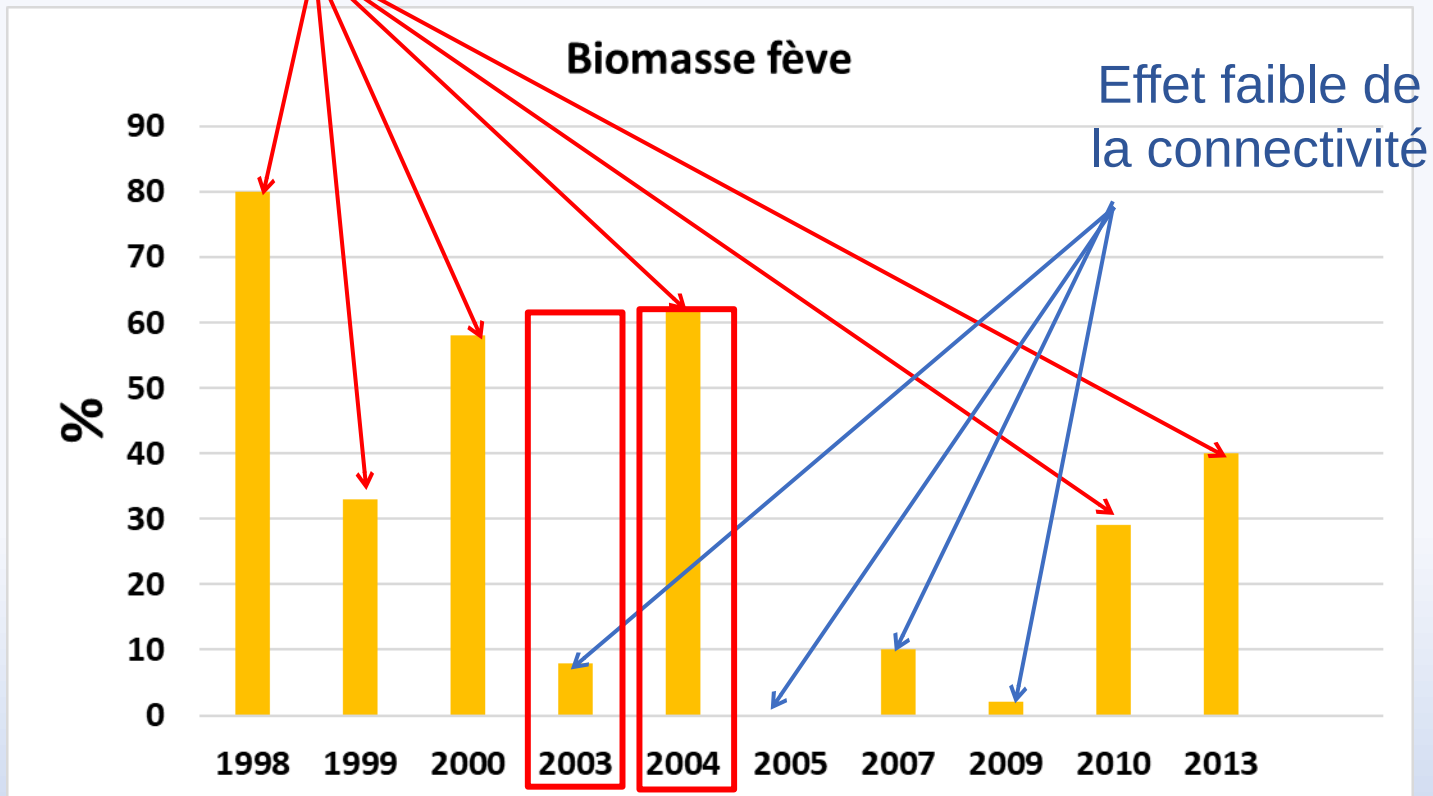


variabilité intra-annuelle des pluies ?

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

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

Effet important de
la connectivité



Effet faible de
la connectivité

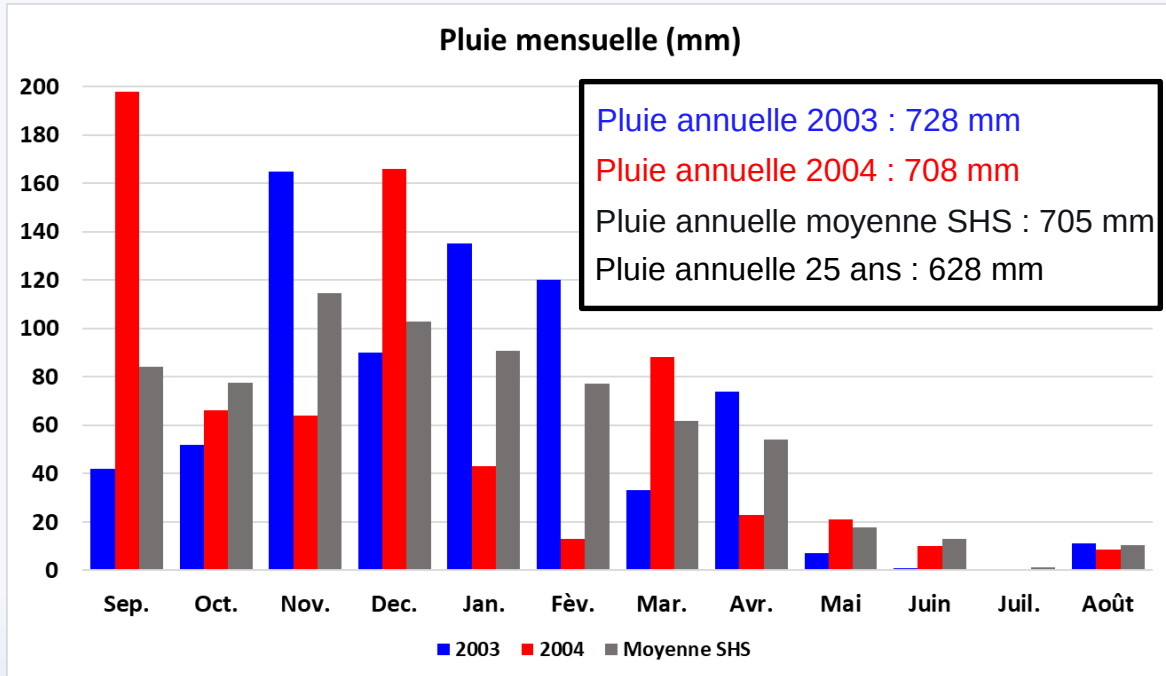
Pourquoi la connectivité présente-t-elle
un effet positif pour quelques années
SHS et non pas pour d'autres ?



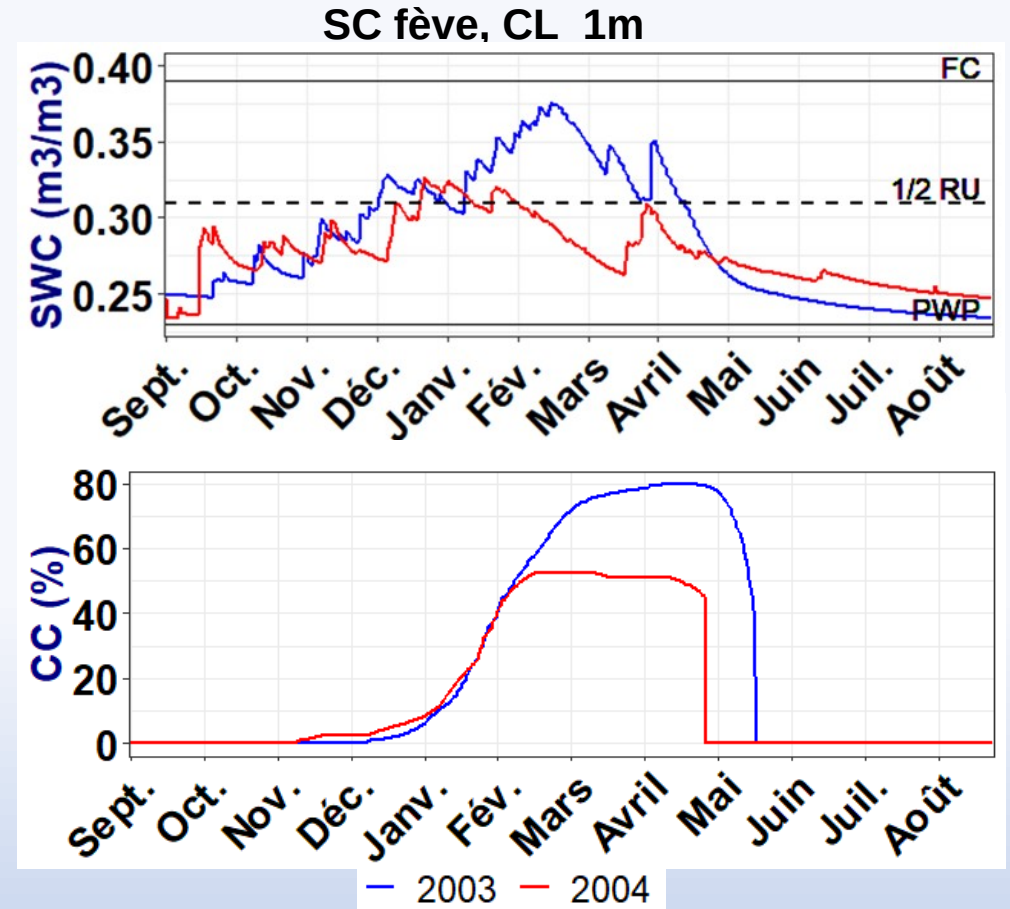
variabilité intra-annuelle des pluies ?

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

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

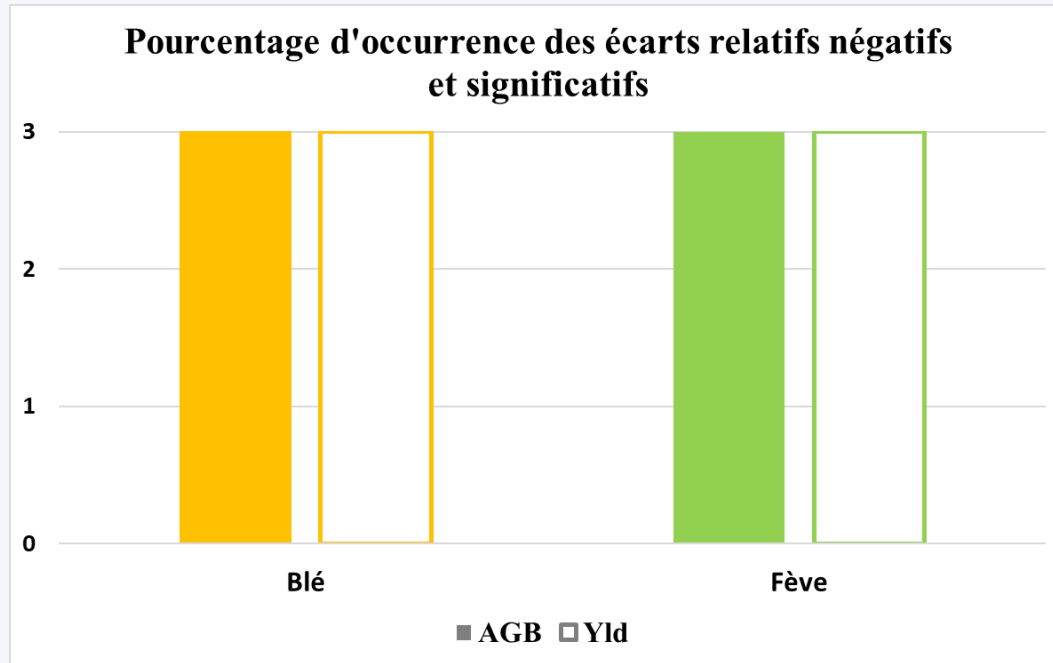


Variabilité intra-annuelle des pluies

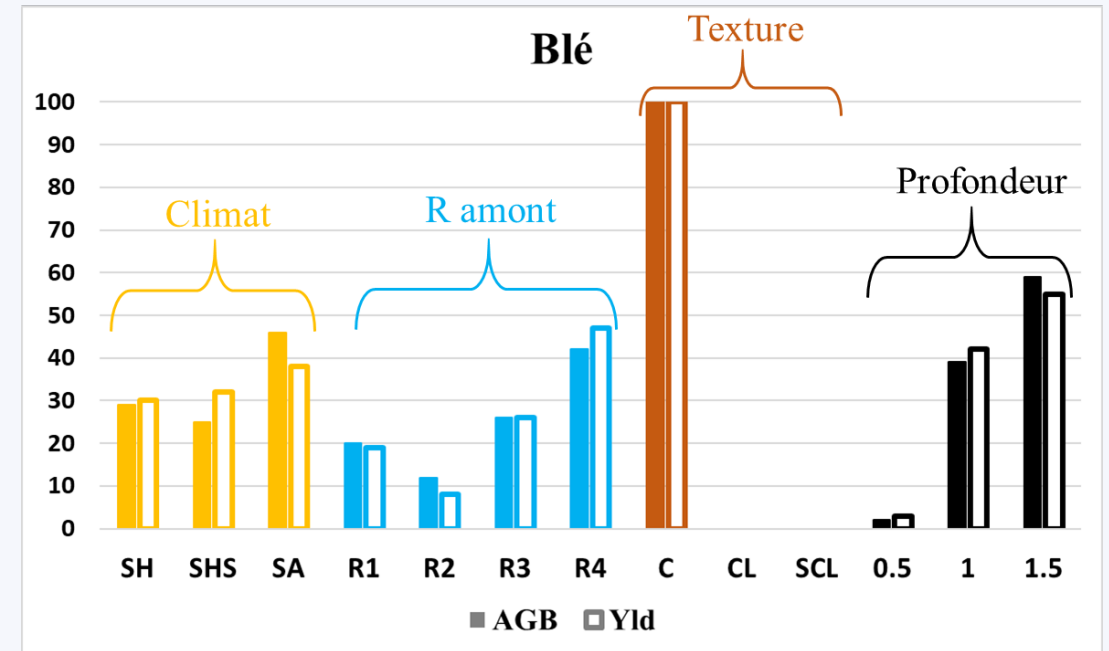


Évolution temporelle de l'humidité du sol (SWC)
et du taux de couverture végétale (CC).

Effet négatif de la connectivité hydrologique



Effet négatif de la connectivité très rare 3%



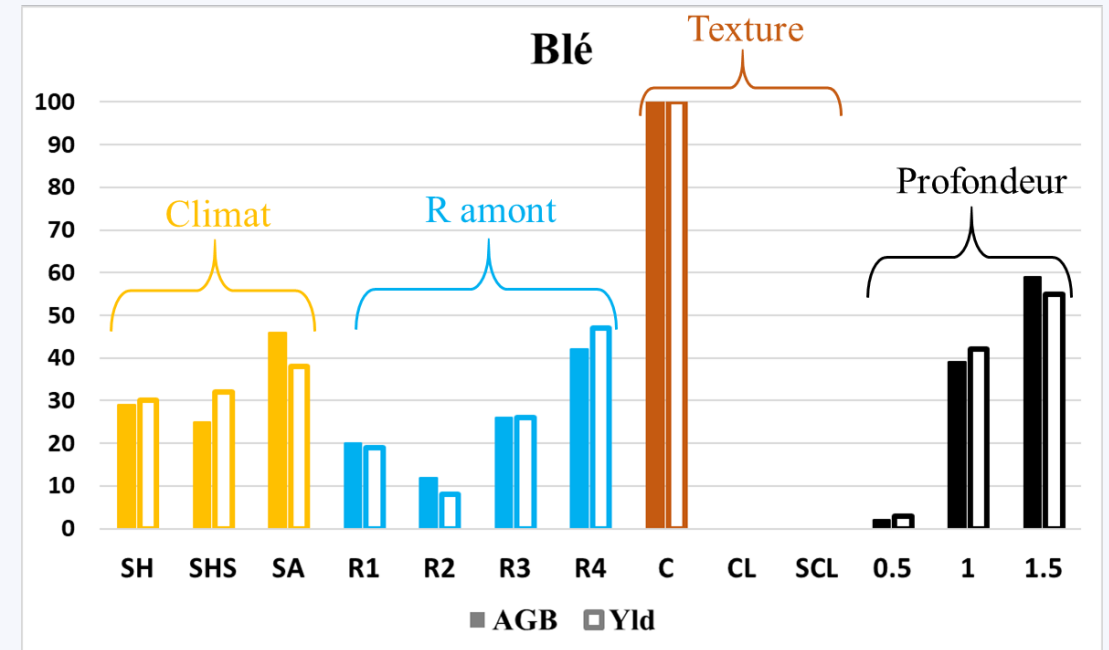
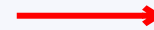
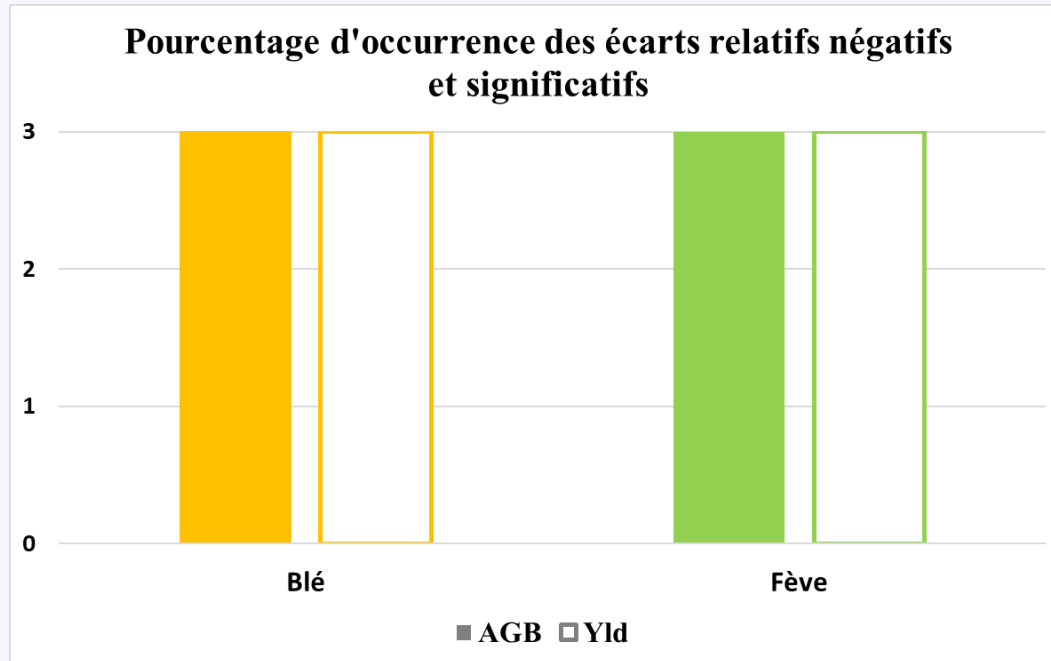
Occurrence des écarts relatifs négatifs importants par facteur d'influence



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