



Les techniques culturelles développées dans un contexte de changement climatique en zone sahélienne favoriseraient-elles une recharge des aquifères ?

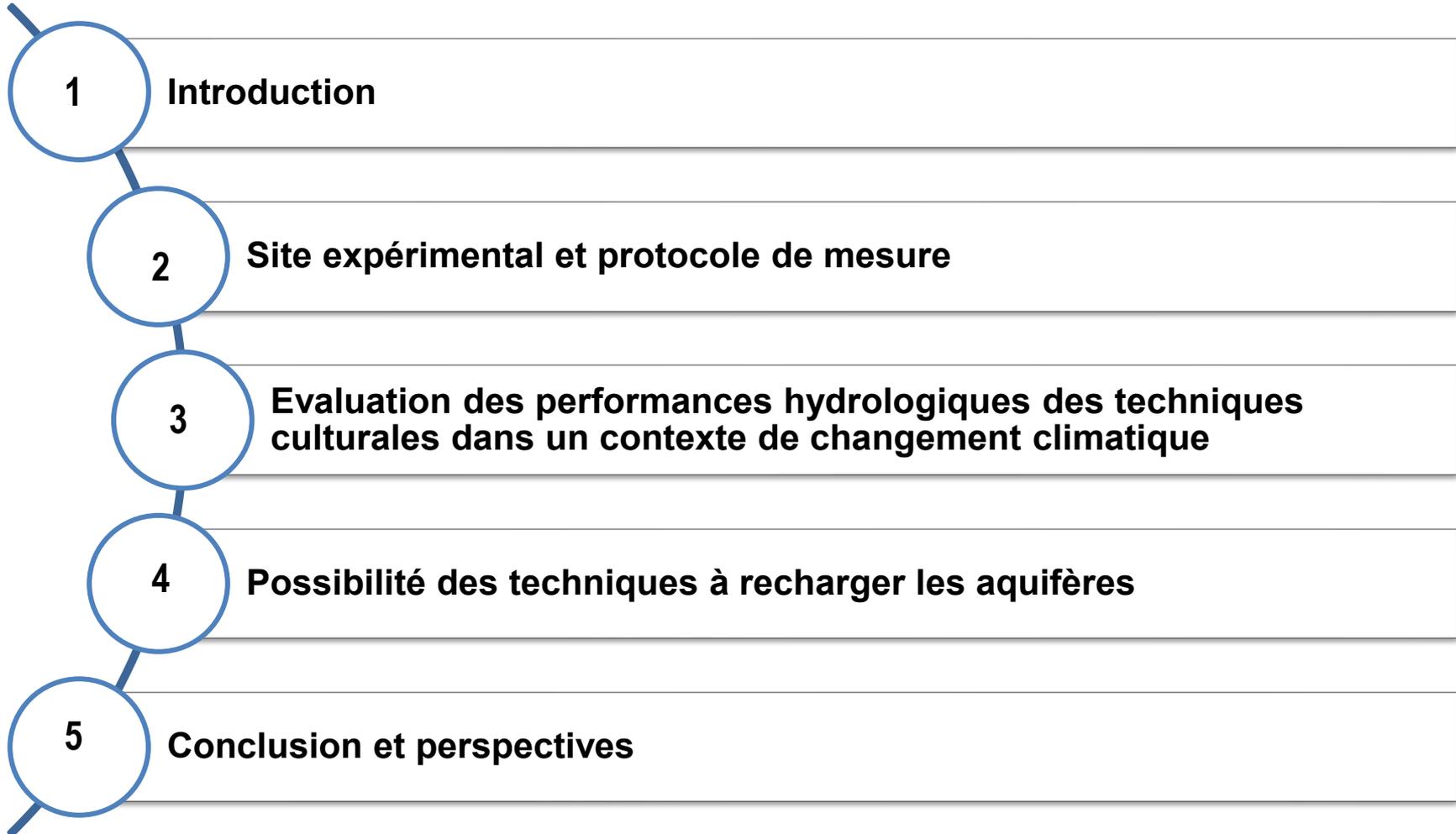
**Zouré, CO., Koïta, M., Yonaba, R., Fowé, T., Queloz, P., Mounirou, LA., Niang, D.,
Consuegra, D., Karambiri, H.**

Mai 2022

*Institut du Génie de l'Environnement et du Développement Durable (IGEDD)/ Laboratoire de
Physique et de Chimie de l'Environnement (LPCE)*



Plan de la présentation



■ ■ ■ ■ Introduction

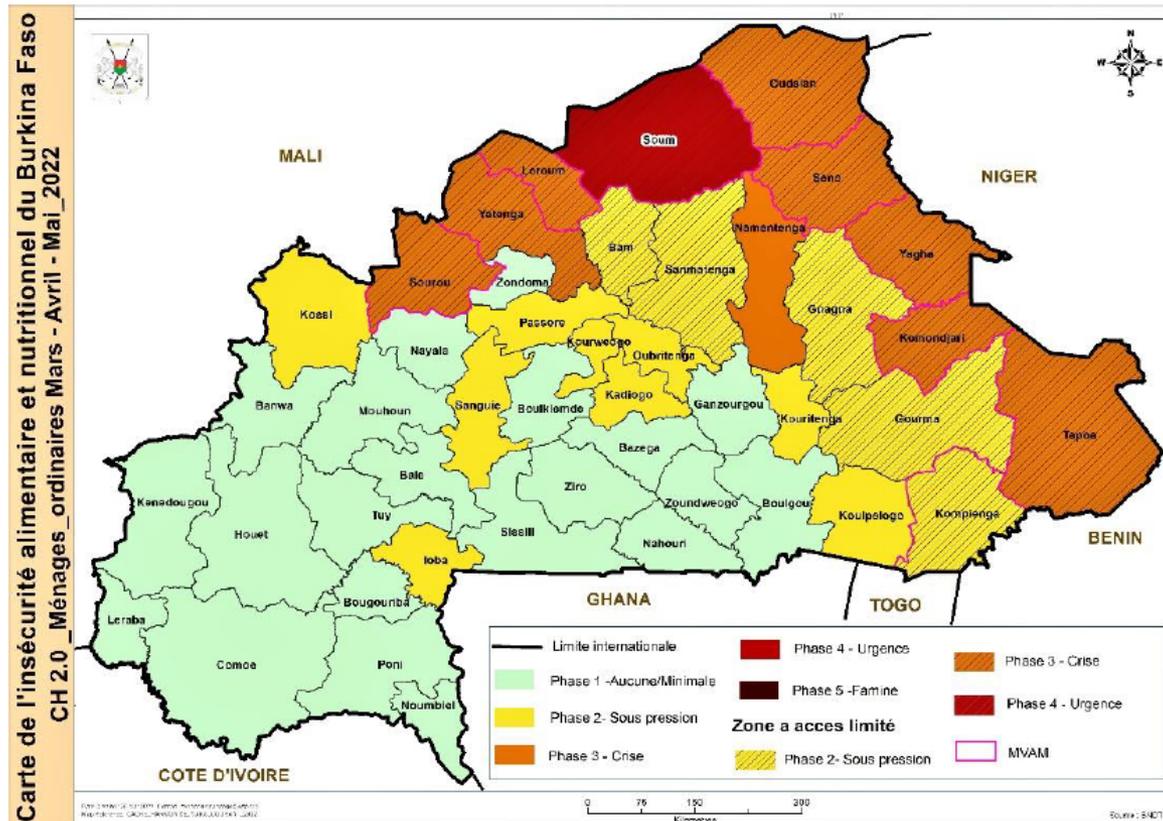
Contexte et enjeux de l'étude

Justification de l'étude

Objectifs de l'étude

LE BURKINA FASO : CONTEXTE ET ENJEUX

L'AGRICULTURE EST LA PRINCIPALE SOURCE DE SUBSISTANCE DE 21 MILLIONS D'HABITANTS AU BURKINA FASO

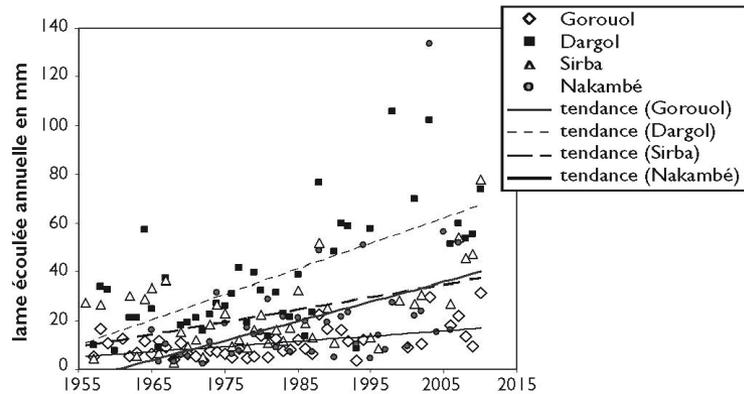


- ❑ Forte vulnérabilité des populations aux aléas climatiques (Hausse des Temp, baisse des pluies) → 97% de la production est sous culture pluviale
- ❑ 5.16 millions (19%) Ha des terres sont dégradées au BF (GEF, 2014)
- ❑ Sècheresse de 2021 a impacté 200.000 Ha → perte 75 000 tonnes de céréale → 3.45 millions de personnes seront en situation de crise alimentaire en 2022

Cartographie de l'insécurité alimentaire et nutritionnelle en 2022 (Source : Cadre Harmonisé, 2022)

LE BURKINA FASO : CONTEXTE ET ENJEUX

PERURBATION DU CLIMAT + DEGRADATION DES TERRES → MODIFICATION DU BILAN HYDROLOGIQUE DES SOLS ET LA PERTE DES RENDEMENTS

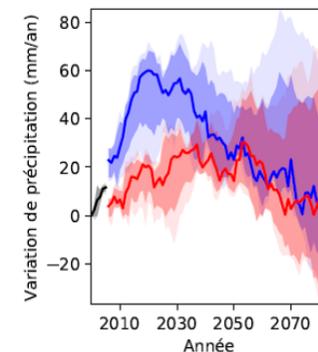
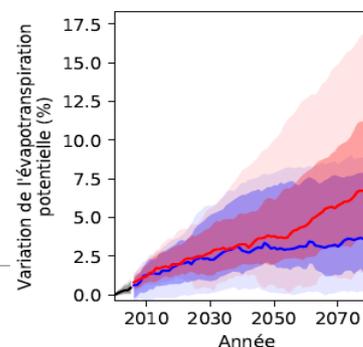


Augmentation des débits des cours d'eau Sahéliens (Duponnois et Dia, 2013)



- ❖ Forte diminution de l'**infiltration** avec un drainage quasi-nul à 70 cm du sol (Niang et al., 2015)
- ❖ Très inquiétant le **ruiss.** peut atteindre 65-96% sur les sols dégradés (Mounirou et al., 2012)
- ❖ + 50% des précipitations sont perdues par **évaporation** (Niang et al., 2015)

Quels impacts sur les rendements agricoles et sur la recharge des aquifères ?



LE BURKINA FASO : CONTEXTE ET ENJEUX

STRATÉGIES D'ADAPTATION DES PAYSANS : ADOPTION DE TECHNIQUES **C.E.S.**



- But de l'adoption des techniques CES (Kagambèga et al., 2017)**
 - Améliorer les rendements agricoles
 - Accroître les revenus des ménages
- Principes actifs des techniques CES (Kagambèga et al., 2017)**
 - Améliorer la qualité des sols encroûtés
 - Améliorer le stockage en eau du sol
- Taux d'adoption au Sahel – 70% (Kpadonou et al., 2017; Nyamekye et al., 2018)**

JUSTIFICATION DE L'ÉTUDE

Etat de la recherche sur les techniques C.E.S.

Performances agronomiques

(Da, 2008; Zougmore et al., 2014)

Potentialités de récupération des sols dégradés

(Sawadogo et al., 2008; Kagambèga, 2017)

Évaluation du taux d'adoption

(Diirro et al., 2017; Kpadonou et al., 2017)

Potentialités économiques

(Zougmore et al., 2004; Kpadonou et al., 2017)

Cependant...

Peu d'études sur les performances hydrologiques dans un contexte de changement climatique

Questions de recherche

1. Quelles sont les performances hydrologiques des techniques CES dans un contexte de changement climatique ?
2. Quelle est la capacité des techniques CES à recharger les aquifères ?

■ ■ ■ ■ Site expérimental et protocole de mesures

Zone d'étude

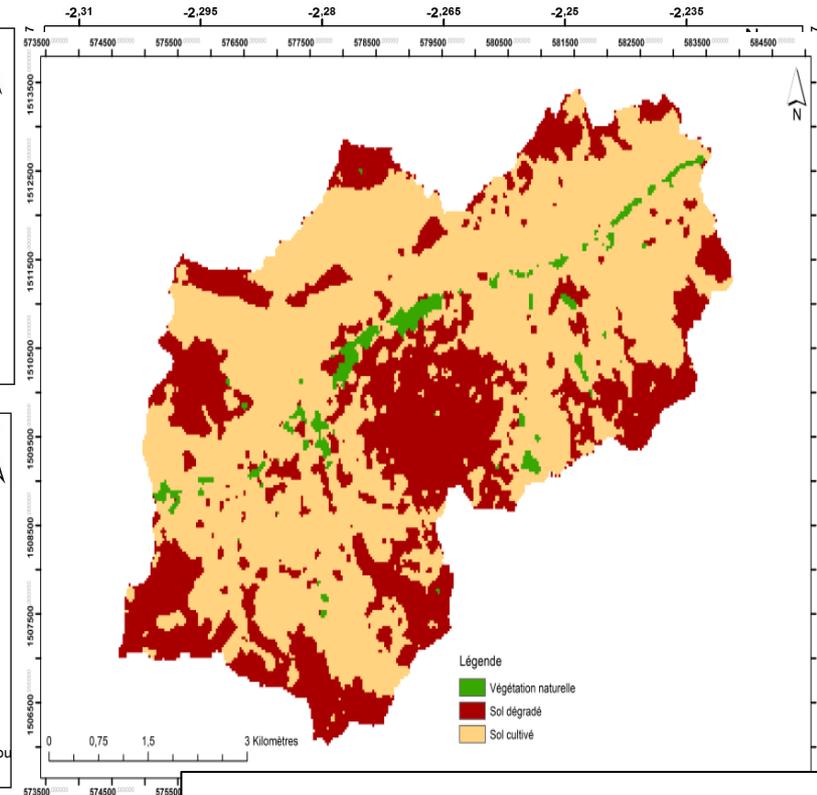
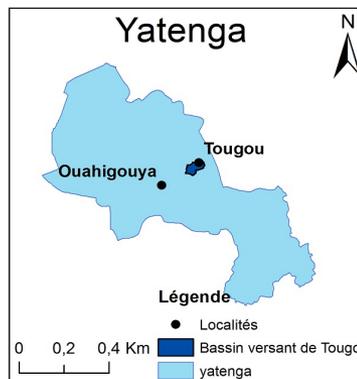
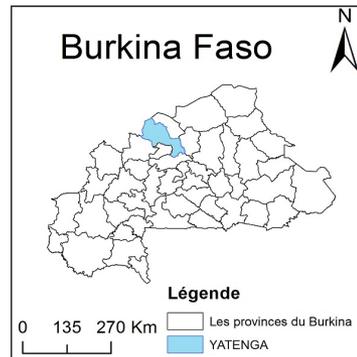
Dispositif expérimental

Protocole de mesures

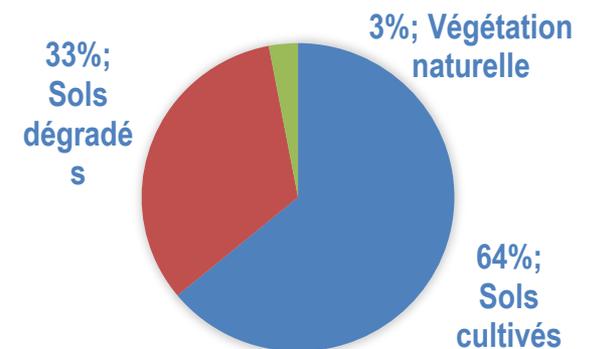
TOUGOU : ZONE D'ETUDE

Cartographie des états de surface en 2017

- ☐ **Superficie** : 37 km²
- ☐ **Climat** : Sahélien
 - Précipitation : 630 mm/an
 - ETP : 2090 mm/an
 - Température : 18 - 42°C
- ☐ **Densité** : 250 hbts/km²
- ☐ **Activité économique** : Agropastorale
- ☐ Paysage fortement soumis aux pressions climatiques et anthropiques
- ☐ 33% des sols dégradés en 2017

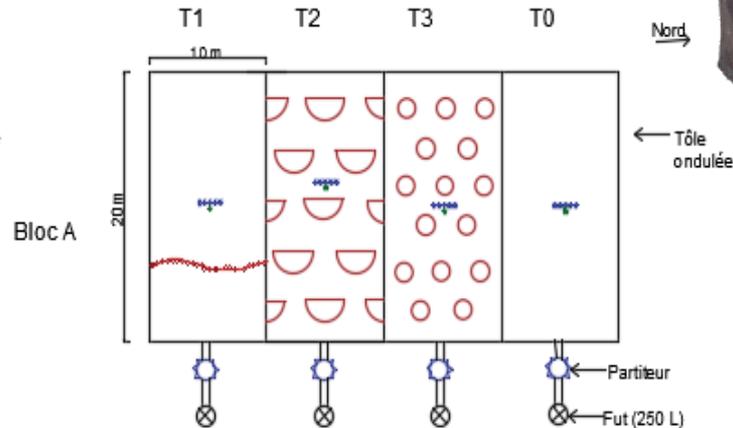
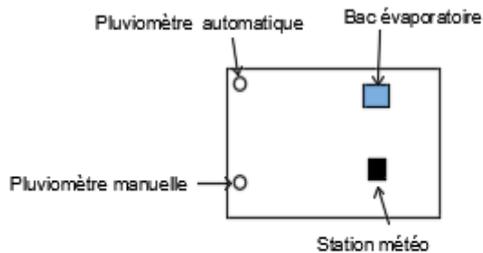


Source : Yonaba et al., 2020



TOUGOU : SITE EXPERIMENTAL

DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL



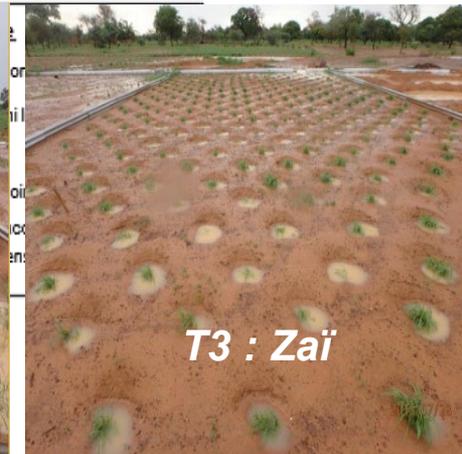
- Matériel végétal:** petit mil IKMP5
- Amendements**
 - Fumier : 15 t/ha
 - NPK (14-23-14) : 100 kg/ha
 - Urée (40% N) : 50 kg/ha
- Entretien:** 2 sarclages (30-56 JAS)



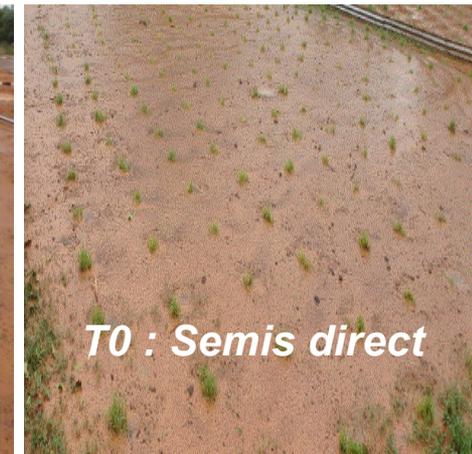
T1: Cordon pierreux



T2 : Demi-lunes



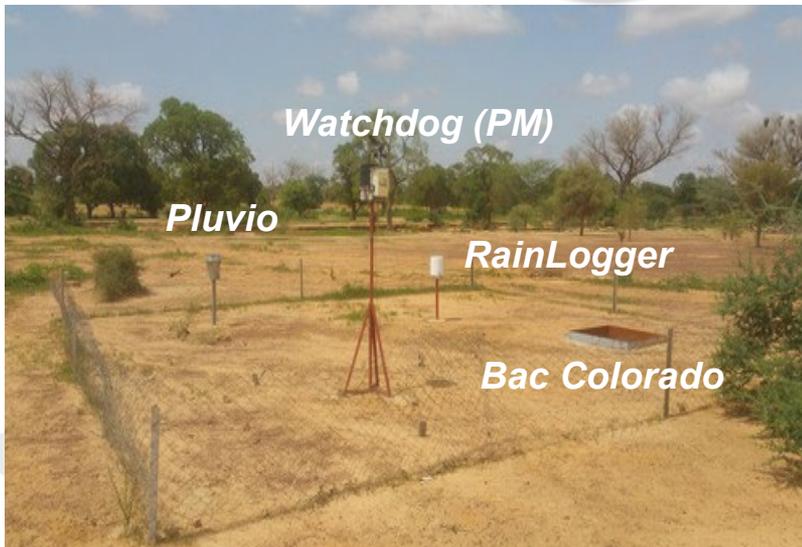
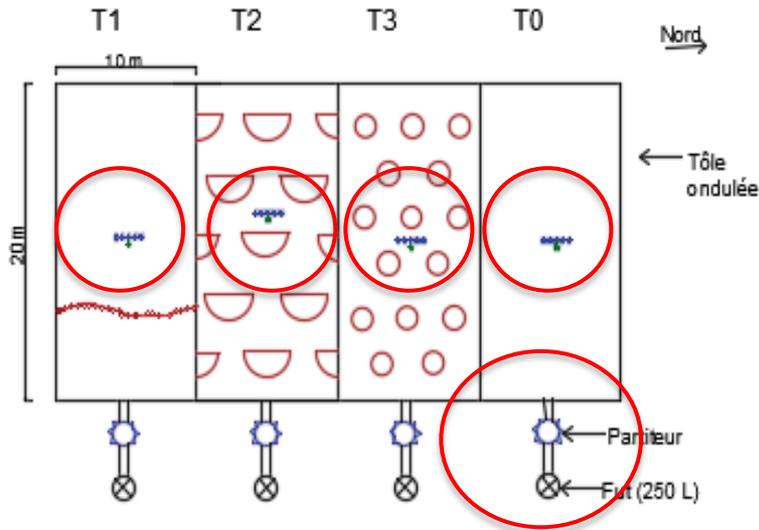
T3 : Zaï



T0 : Semis direct

TOUGOU : PROTOCOLE DE MESURES

DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL



TOUGOU : TRAITEMENTS DES DONNEES

	Ruissellement	ET	Ksat	K(h) et taille des pores	Humidité et charge de pression
Méthodes de calcul	Mesures directes (Zoure et al., 2019)	Penman-Monteith, 1965	Darcy, 1856	Phillip, 1957; Vandervaere et al., 2000	Musy, 1991
Protocole de mesures	Mesures évènementielles	Estimations journalières	3 répétions par parcelle et par an	3 essais aux succions de 20, 40 et 60 mm	Mesures journalières par parcelle

Méthode SCS-CN/Simulation du stockage en eau
Méthode basée sur le principe du bilan hydrologique (Mishra and Singh, 2003) :

$$P = I_a + R + F$$

$$R = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S_{max}} \text{ si } P > I_a$$

$$S = \frac{25400}{CN} + 254$$

P : Pluie **I_a** : Abstraction initiale
S_{max} : Capacité max de stockage du sol
CN : Curve Number

Abstraction initiale



Capacité d'accumulation en eau de surface

Ajout de l'ETP



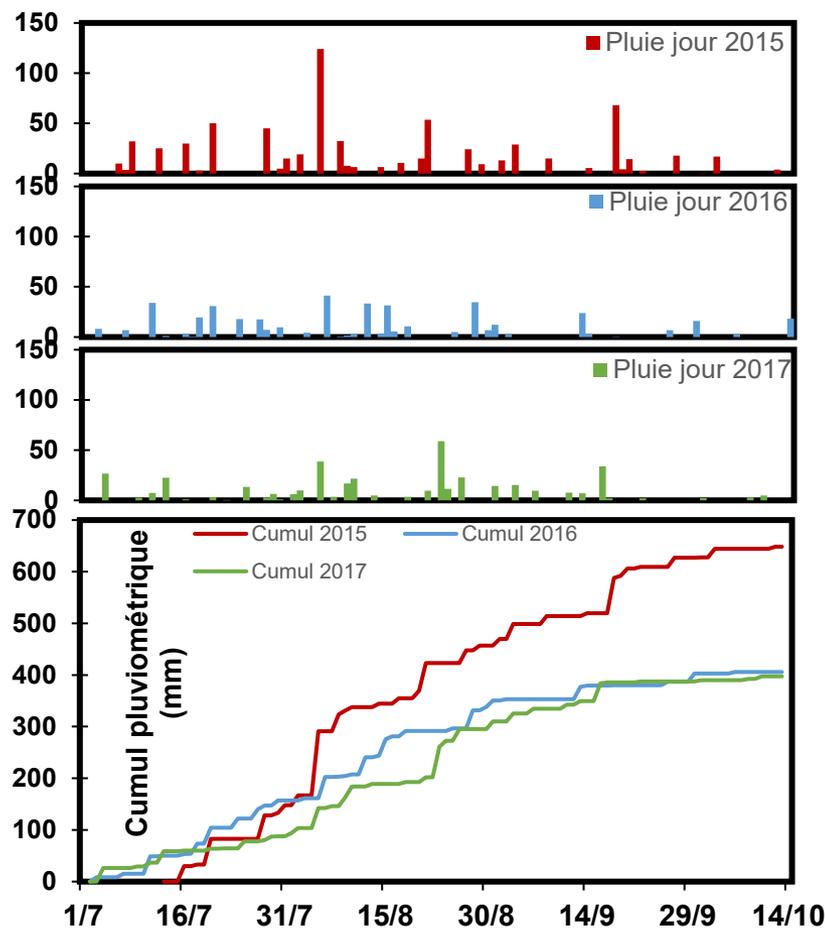
Mémorisation du stock d'eau entre deux pluies

■ ■ ■ ■ Performances hydrologiques des techniques culturales

Ruissellement
Infiltration
Humidité du sol
Drainage

PERFORMANCES HYDROLOGIQUES DES TECHNIQUES CULT.

CARACTÉRISATION DES PRÉCIPITATIONS (SAISONS 2015-2017)



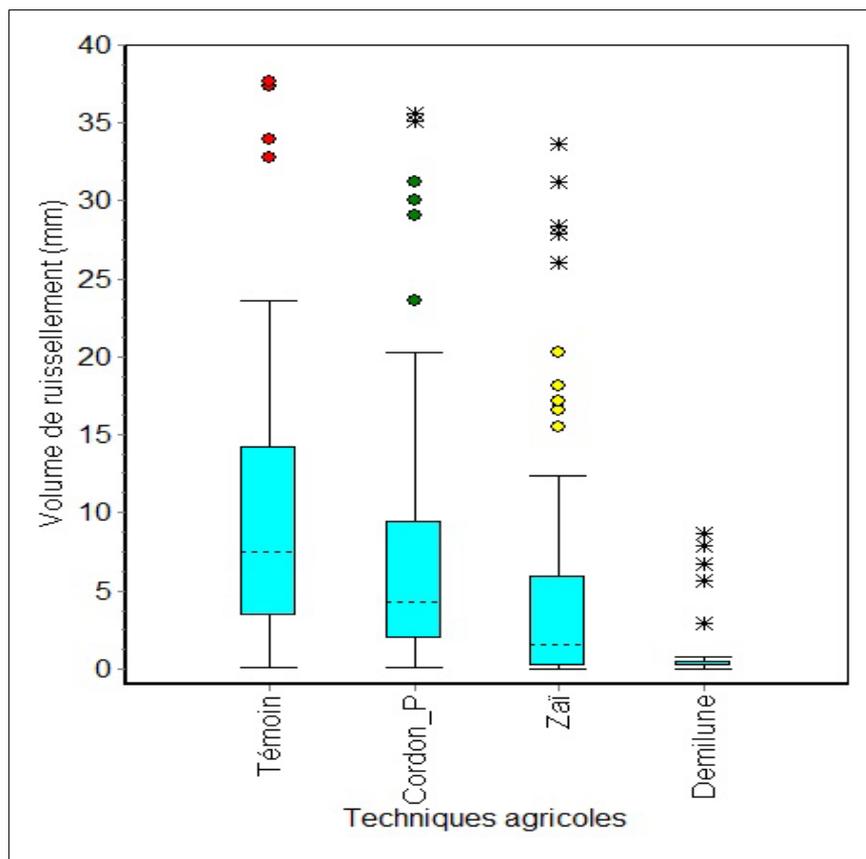
Cumuls et histogramme de pluies journalières après les dates de semis 2015, 2016 et 2017

	2015	2016	2017
Nombre d'évènements	29	33	34
Nombre d'évènements > 50 mm	4	-	1
Pluie totale (mm)	648	424	397
Poche sèche Max (jours)	6	14	23

- Meilleure répartition des pluies en 2015 comparée à 2016 et 2017
- Des poches sèches de plus de 2 semaines observées en 2016 et 2017

PERFORMANCES HYDROLOGIQUES

EFFET SUR LE RUISSELLEMENT



Lames d'eau ruisselées sur les différentes techniques

☐ Ruissellement moyen sur le témoin : **120 mm**

☐ Réduction du ruiss. par rapport au témoin :

- **25% ($\pm 3\%$)** sur **cordons pierreux**

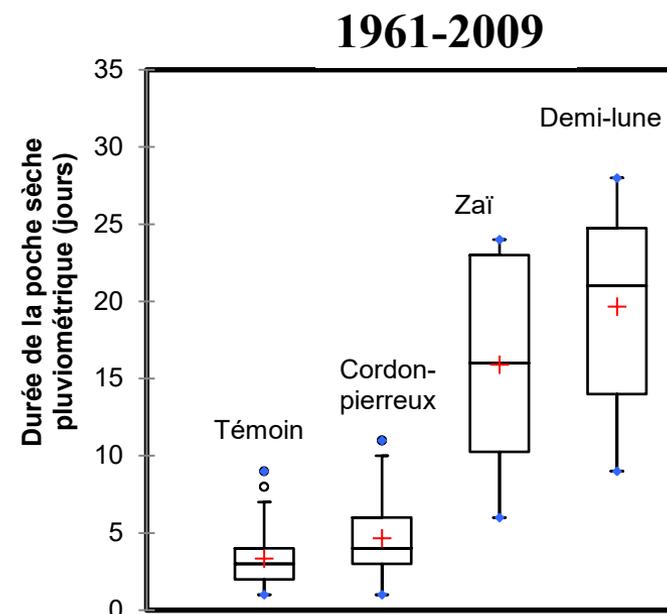
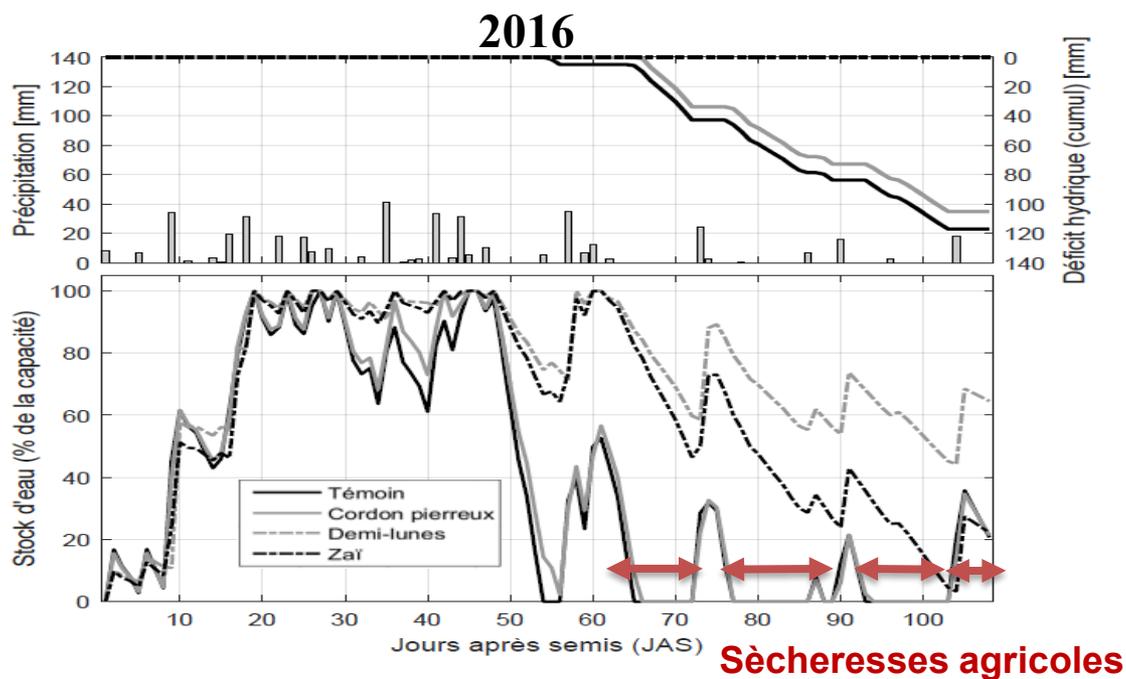
- **50% ($\pm 4\%$)** sur le **zaï**

- Ruissellement très faible sur la demilune (pour $P < 50$ mm)

Les techniques CES ont une forte capacité à réduire le ruissellement

PERFORMANCES HYDROLOGIQUES

EFFET SUR LE STOCKAGE EN EAU DU SOL



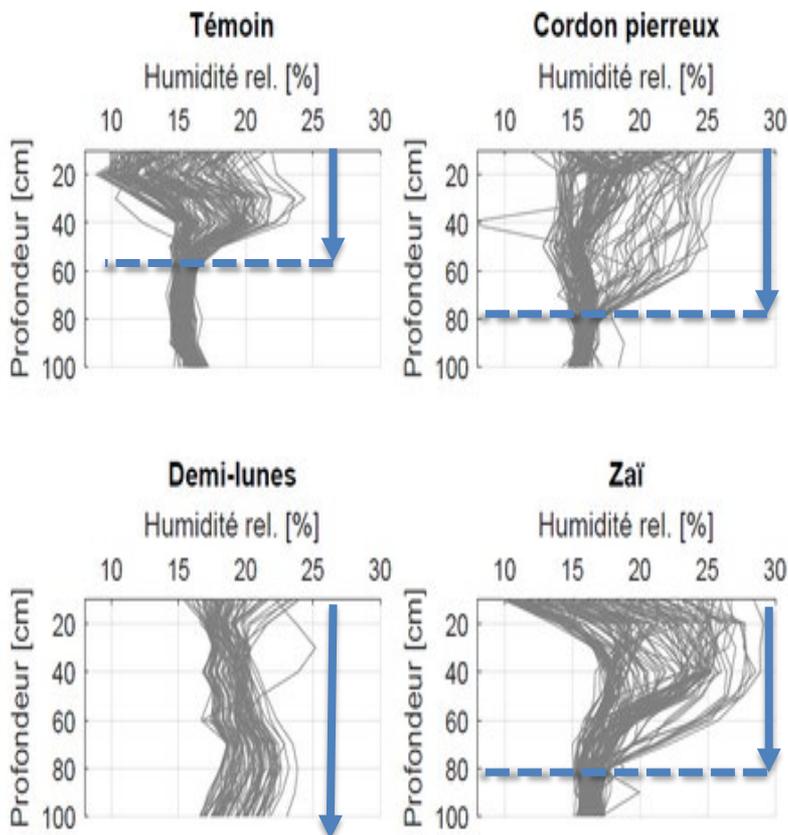
En 2016 : Performance du zaï et la demi-lune à atténuer les poches sèches de 2-3 semaines

De 1961-2009 : Performances du zai et de la demi-lune à faire face aux sécheresses de 2-3 semaines

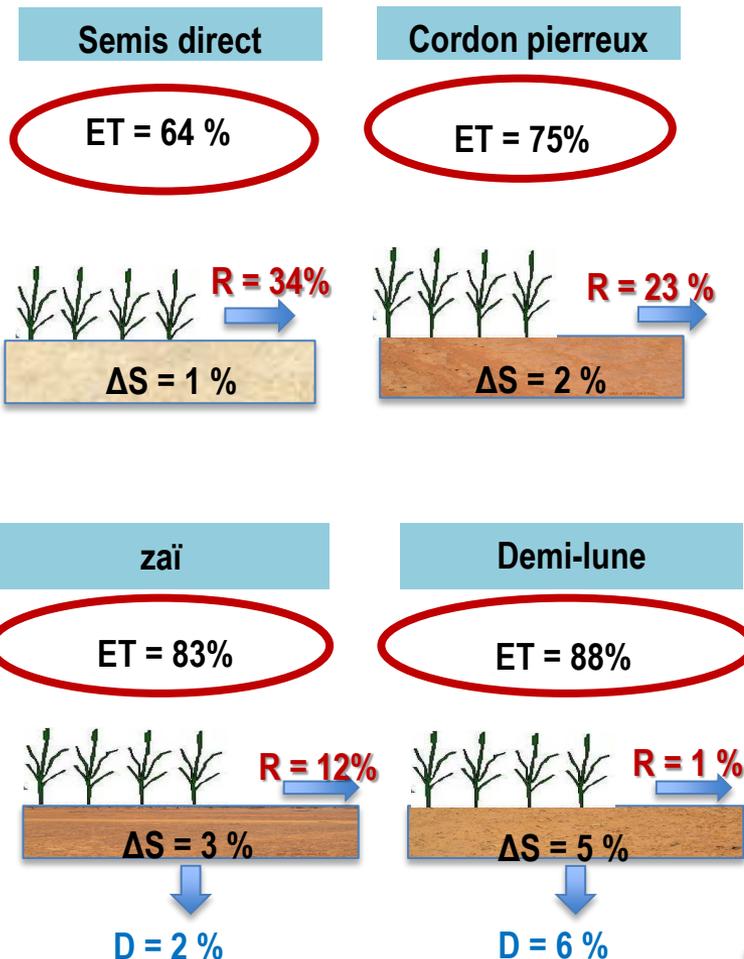
PERFORMANCES HYDROLOGIQUES

EFFET SUR L'HUMIDITE DU SOL ET DRAINAGE AU-DELA DE LA PROFONDEUR RACINAIRE

Profils hydriques pour chaque technique culturale en 2016



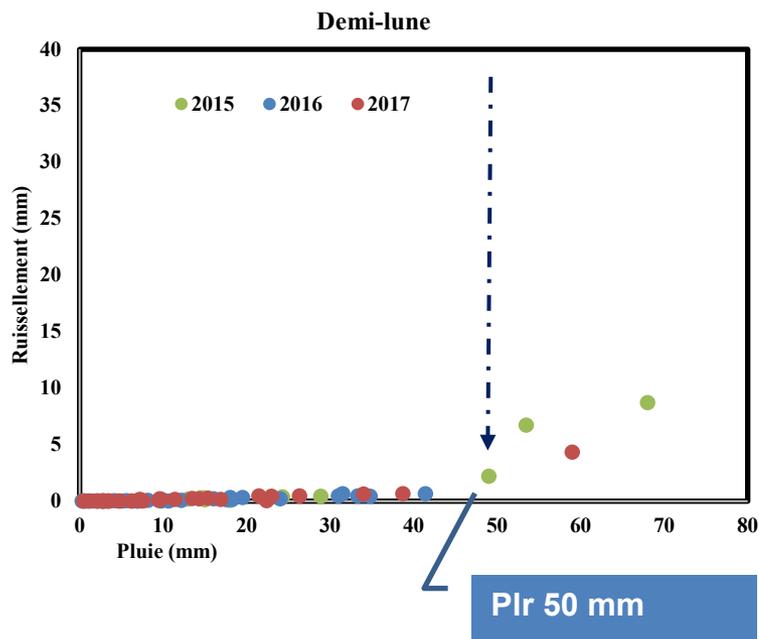
Infiltration importante et profonde dans la demi-lune et le zaï à cause de leur grande capacité à accumuler l'eau et à l'infiltrer lentement dans le sol



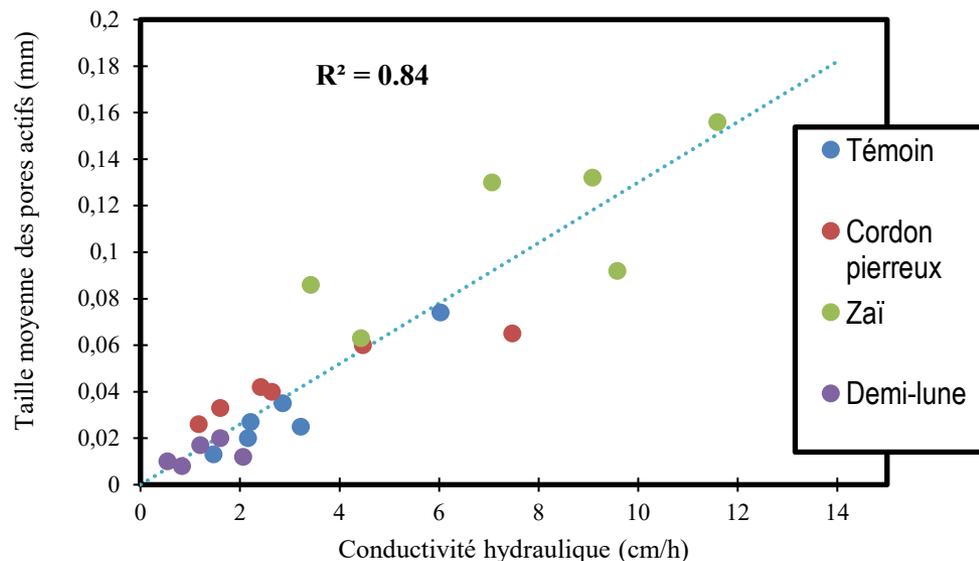
PERFORMANCES HYDROLOGIQUES

PERFORMANCES A COLLECTER ET DRAINER L'EAU DANS LE SOL

Le fort potentiel de réduction du ruiss. est lié à la capacité d'accumulation d'eau de surface



Modification des propriétés hydrauliques de surface



Pluie limite de ruissellement (Plr)

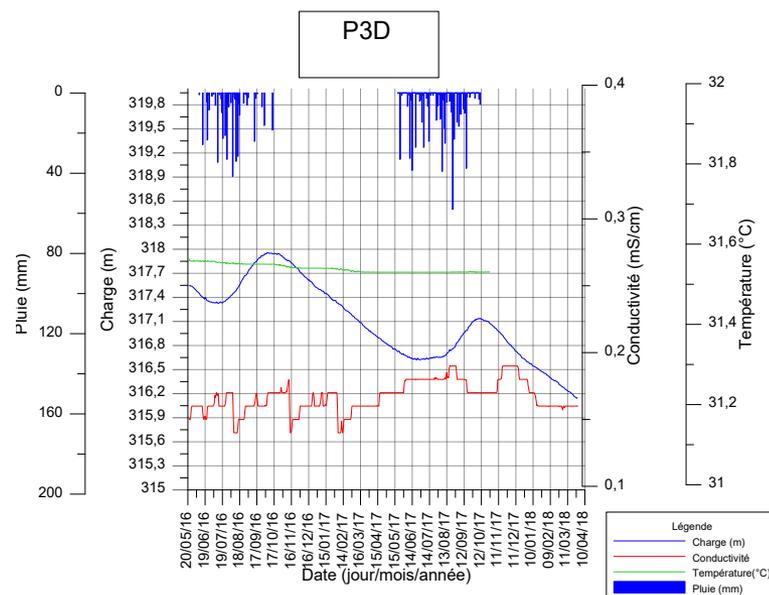
- 7 mm sur le témoin
- 10 mm sur cordon pierreux
- 20 mm sur le zaï
- 50 mm sur la demi-lune

- Zaï** : mise en place d'une macroporosité à la surface $\phi > 0.1$ mm (Landon, 1991)
- Demi-lune** : mise en place d'une microporosité à la surface $\phi < 0.03$ mm (Landon, 1991)

PERFORMANCES HYDROLOGIQUES

CAPACITE DES TECHNIQUES A RECHARGER LES AQUIFERES

- Les efforts de réhabilitation des terres dégradés ont favorisé la recharge locale des nappes phréatiques (Reij et al., 2009)
- Dans la zone d'étude, les techniques CES ont été testées et promues par les projets à partir des années 1980 (Maisharou et al., 2015) et des études menées par Koita et al., (2017) ont montré des valeurs de recharge de la nappes allant de **37-50 mm/an (2010-2015)** comparativement aux étude d'IWACO (1990) qui indiquaient un taux de variation de **25-38 mm (1988-89)**.
- **Kafando et al.**, (en cours de publication) mettent en évidence la réponse des aquifères au droit des parcelles d'arachide et de mil par transfert de pression en milieu sahélien après une chronique de pluies



- ■ ■ ■ **Conclusion et perspectives**

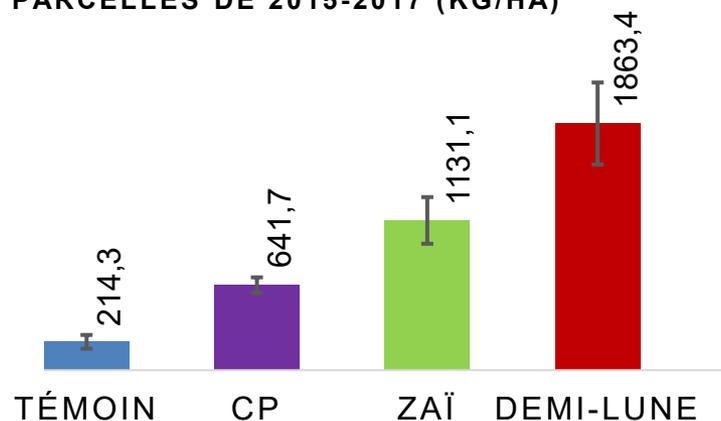
CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

PERFORMANCES HYDROLOGIQUES DES TECHNIQUES CULTURALES

Le zaï et la demi-lune réduisent le ruissellement et augmentent le stockage en eau du sol. Ces performances sont dues à leur capacité d'accumulation de l'eau en surface et à leur aptitude à modifier les propriétés hydrauliques de surface du sol

- Le ruiss. est réduit de **25%, 50% et 95%** par les CP, le zaï et la DL comparativement au semis à la daba.
- Le zaï et la demi-lune ont produit plus d'humidité du sol (**entre 15 et 25%**) et favorisé une amélioration de l'humidité et un drainage **en dessous de 100 cm** de profondeur.

RENDEMENT AGRICOLE SUR LES PARCELLES DE 2015-2017 (KG/HA)



Recommandations

- > Vulgariser le zaï et la demi-lune en raison de leur aptitude à augmenter la résilience des cultures face aux sécheresses prolongées
- > En termes de recharge de la nappe, la demi-lune est fortement recommandée

PERSPECTIVES

- Une étude plus fine doit être menée afin de **comprendre les processus de mise en place des croûtes dans les demi-lunes** et trouver des solutions au **colmatage afin d'augmenter le drainage**.
- Le modèle SCS-CN développé pourrait être amélioré (couplé avec un modèle hydrogéologique) pour une application **en milieu souterrain** et à l'échelle d'un bassin versant et utilisé comme un outil d'aide à la décision
- Étudier la capacité des techniques CES à recharger les aquifères en intégrant dans le dispositif des piézomètres pour le suivi temporel du niveau de la nappe en relation avec les précipitations

Merci aux institutions...



HAUTE ÉCOLE
D'INGÉNIERIE ET DE GESTION
DU CANTON DE VAUD

www.heig-VD.ch



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

**Direction du développement
et de la coopération DDC**



09.04.25



23

Yacouba SAWADOGO, Prix Nobel alternatif 2018



Un prix qui récompense les personnes qui travaillent et recherchent des solutions pratiques pour les défis les plus urgents de notre monde actuel

~ 40 Ha de terre récupérée avec le zaï dans la zone de Ouahigouya

Merci de votre aimable attention...!

