



ENTRE DÉSERTIFICATION ET REVERDISSEMENT DU SAHEL

CÉCILE DARDEL, LAURENT KERGOAT

PIERRE HIERNAUX, ERIC MOUGIN, MANUELA GRIPPA

GÉOSCIENCES ENVIRONNEMENT TOULOUSE

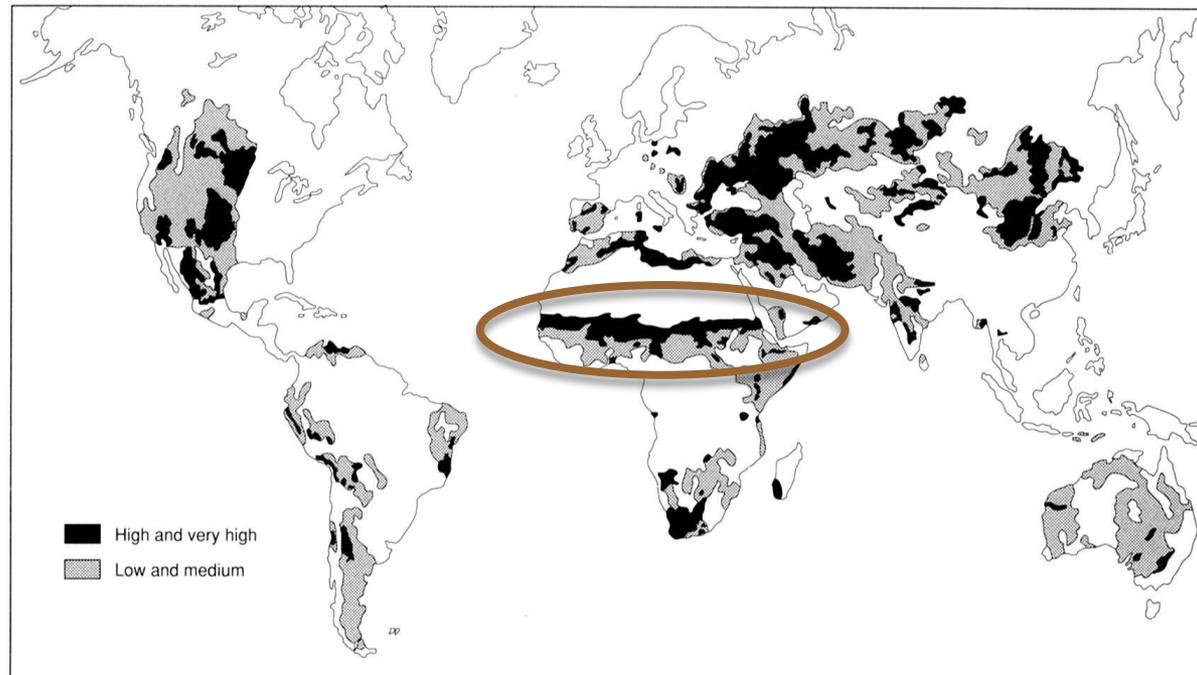
LA DÉSERTIFICATION

- ▣ **Forte menace potentielle** pour les terres arides et semi-arides du globe

35% DES TERRES MENACÉES, 20% DE LA POPULATION TOTALE (UNEP, 1977)

- ▣ Concept porté par les **institutions internationales** (quantification, lutte...)
- ▣ Définition elle-même sujette à controverse

VULNÉRABILITÉ À LA DÉSERTIFICATION (Thomas 1993 ; UNEP 1992)



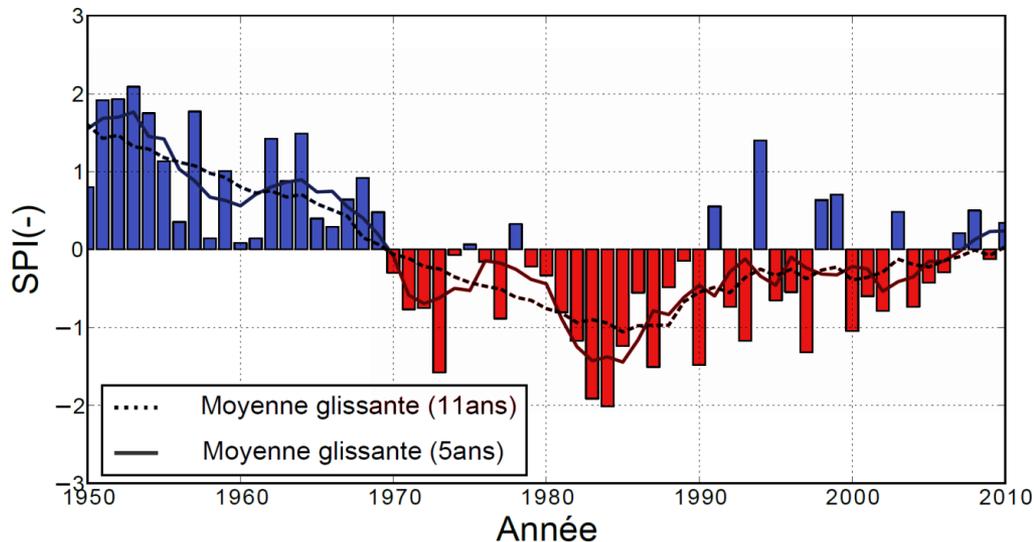
LE SAHEL

- ▣ **Transition éco-climatique** (Sahara, régions guinéennes) à l'extrémité nord de l'entrée du système de mousson
- ▣ Frontières : isohyètes 100 et 700 mm
- ▣ Climat **semi-aride**

Très forte variabilité des précipitations

- ▣ 1950 : période humide
- ▣ **1970-1980 : sécheresses successives extrêmes**

ANOMALIES DE PRÉCIPITATIONS 1950-2010 (CENTRE SAHEL)



Source : Thèse
G. Panthou (2013)

DÉSERTIFICATION DU SAHEL ET AVANCÉE DU DÉSERT

▣ Désertification du Sahel : sujet controversé depuis des décennies (DE GIRONCOURT 1912, JONES 1938...)

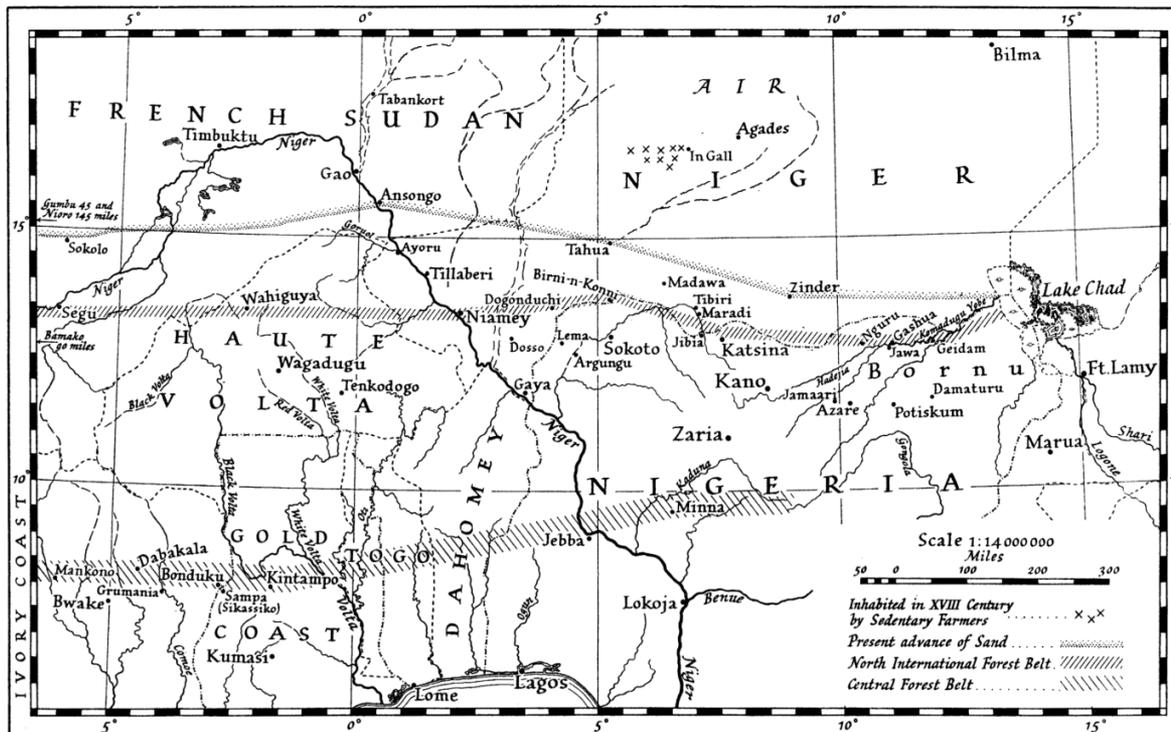
▣ Débat ravivé par les sécheresses des années 1970 et 1980

▣ Ex. : « L'avancée du désert » : théorie très répandue, sujette à polémique

(HUBERT 1920, STEBBING 1935, LAMPREY 1975, TUCKER 1999)

- › Ensablement et érosion
- › Déforestation, mise en culture, surpâturage

PLAN DE LUTTE CONTRE L'AVANCÉE DU DÉSERT AU NIGÉRIA (SOURCE : STEBBING 1935)



VITESSE D'EXPANSION DU SAHARA :
5,5KM/AN (LAMPREY 1975)

DISPARITION DE TOUTES LES TERRES
ARABLES AFRICAINES D'ICI 200 ANS
(DREGNE 1983)

« PROGRESSION DE 250KM DEPUIS
1900 (...) AVANCÉE INEXORABLE »
(WIKIPEDIA)

LE REVERDISSEMENT

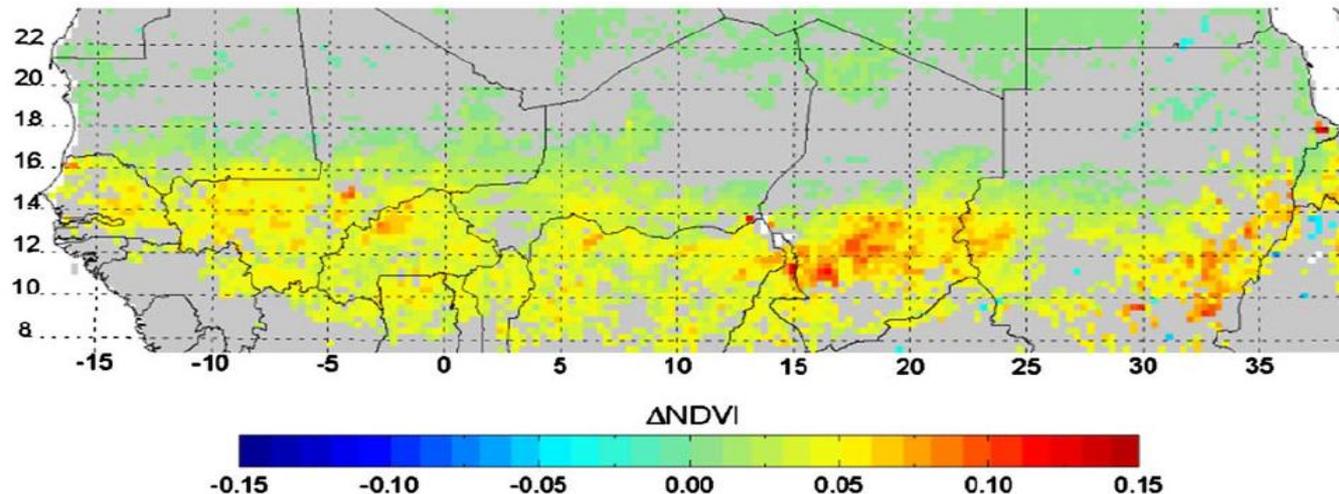
- ▣ Débat basé sur des **observations localisées** (dans le temps et l'espace)
- ▣ **Arrivée de la télédétection satellitaire** (début 1980) : tournant
- ▣ **suivi global et continu de la végétation**

Premiers résultats :

- ▣ **CONTREDISENT AVANCÉE DU SAHARA**
- ▣ **« REVERDISSEMENT » DU SAHEL**
(ANYAMBA & TUCKER, HERRMANN, HEUMANN, FENSHOLT, OLSSON, PRINCE...)

**REVERDISSEMENT :
AUGMENTATION D'UN INDICE DE VÉGÉTATION AU COURS DU TEMPS**

TENDANCE TEMPORELLE DE L'INDICE DE VÉGÉTATION (1981-2003)



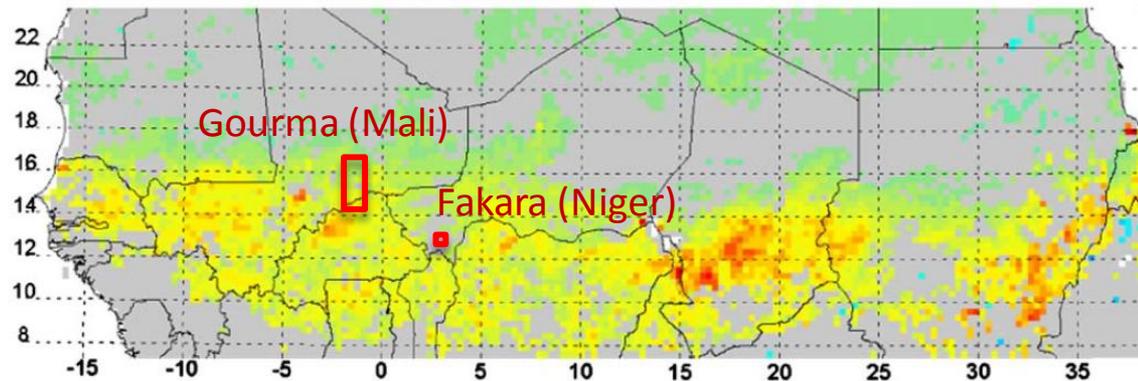
(Source : Anyamba & Tucker, 2005)

Y-A-T-IL DÉSSERTIFICATION OU REVERDISSEMENT DU SAHEL ?

**2 JEUX DE DONNÉES INDÉPENDANTS
SUR LES 30 DERNIÈRES ANNÉES**

▣ **TÉLÉDÉTECTION**

▣ **RELEVÉS TERRAIN LONG-TERME
DE PRODUCTIVITÉ VÉGÉTALE**



JEUX DE NDVI UTILISÉS – ATOUTS ET LIMITATIONS

NDVI GIMMS-3G

DONNÉES CAPTEURS AVHRR – SATELLITES MÉTÉOROLOGIQUES NOAA

AVANTAGES

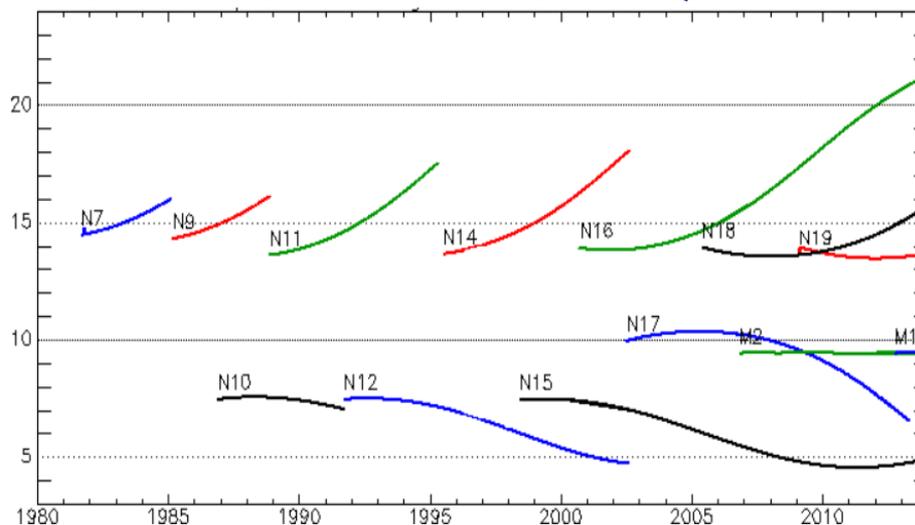
- ▣ Plus longue archive satellitaire disponible : **1981- aujourd'hui**
- ▣ Données acquises **tous les jours**, sur toute la surface du globe

**=> OUTIL EXTRÊMEMENT INTÉRESSANT
POUR L'ÉTUDE DES TENDANCES LONG-TERME**

LIMITATIONS

- ▣ **Capteurs AVHRR non destinés au suivi de la végétation !**
 - ⇒ définition bandes spectrales non optimale
 - ⇒ absence d'étalonnage à bord des satellites, de contrôle de l'orbite
- ▣ Jeux de données long-terme :
 - ⇒ succession de **différents capteurs**
 - ⇒ **dérive orbitale** (changement géométrie source/cible/capteur)

HEURE DE PASSAGE DES SATELLITES NOAA À L'ÉQUATEUR

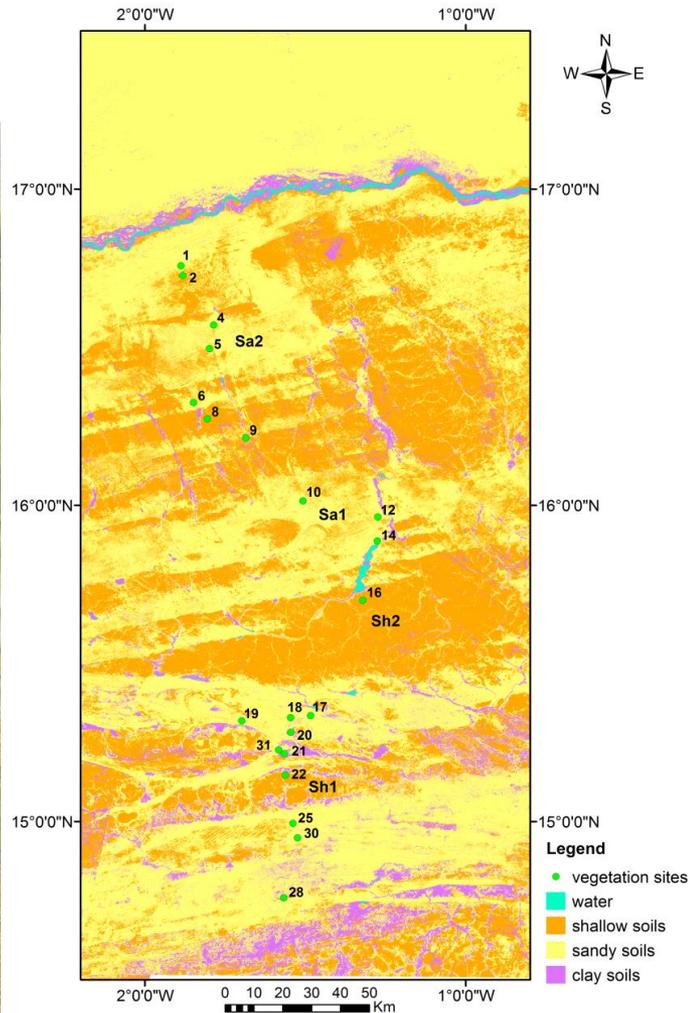


Source : www.start.nesdis.noaa.gov

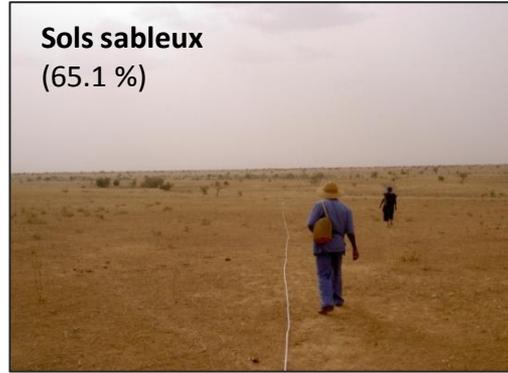
GOURMA (MALI)

40 sites homogènes (1x1km)

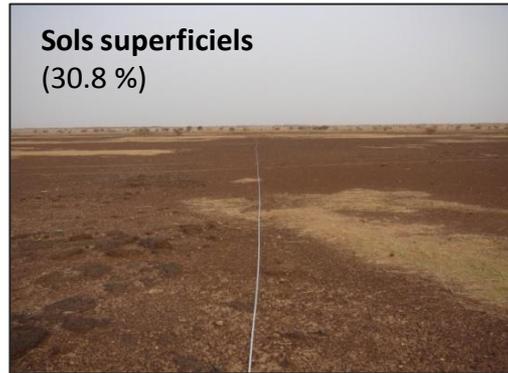
- répartis le long du gradient bioclimatique
- échantillonnent l'hétérogénéité du paysage



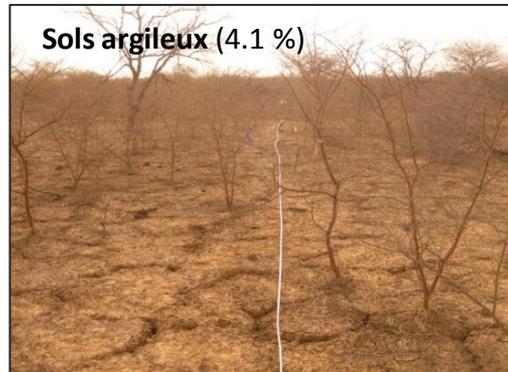
Sols sableux
(65.1 %)



Sols superficiels
(30.8 %)



Sols argileux (4.1 %)



Photos : P. Hiernaux

GOURMA (MALI)

- ▣ Région essentiellement **pastorale**
(SURFACES CULTIVÉES < 5%)
- ▣ Majoritairement **plantes herbacées annuelles** (LIGNEUX < 3%)
- ▣ Dynamique saisonnière très marquée

Long historique des données terrain
(ILRI 1984-1995, AMMA-CATCH 2002-AUJ.)

=> **27 années de données de prod. de la végétation herbacée (1984 – 2011)**

15 Avril 2005



17 Juin 2005



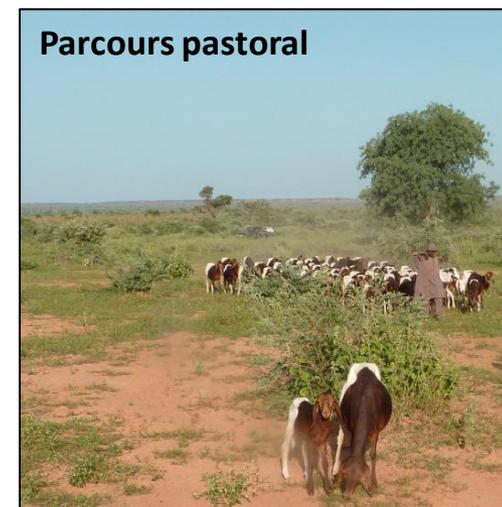
19 Août 2005



28 Septembre 2005



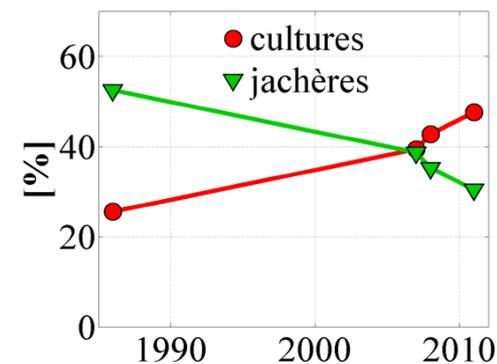
DONNÉES TERRAIN DU FAKARA (NIGER)



Photos : P. Hiernaux

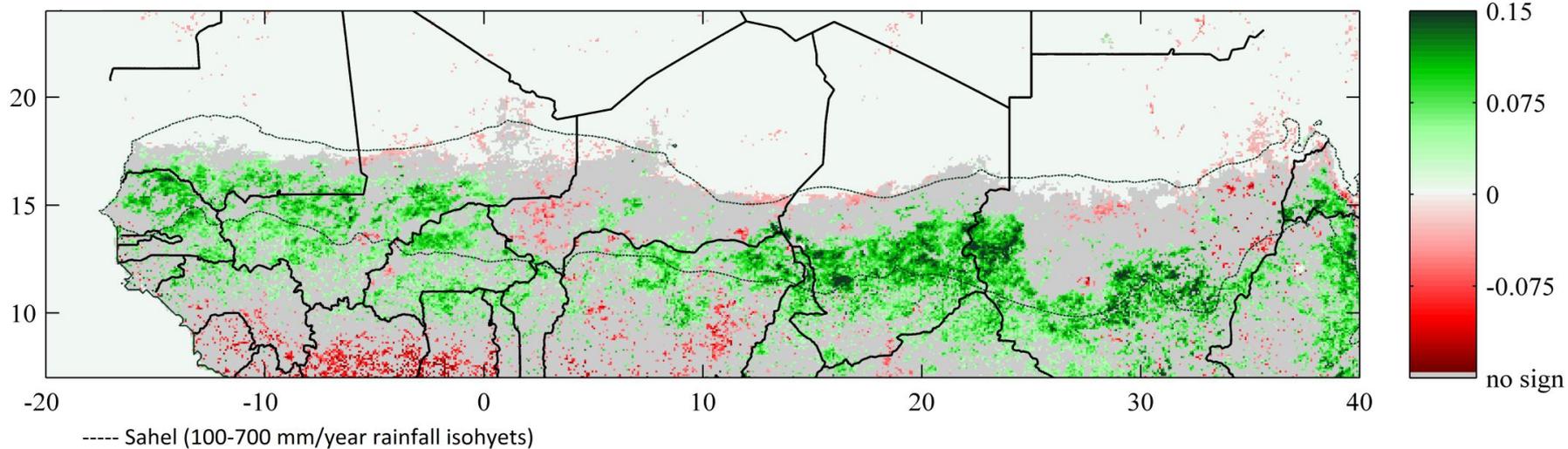
Paysage plus complexe:

- ▣ Territoire **agro-pastoral**: champs, jachères, parcours
- ▣ **Occupation du sol très dynamique** (augmentation historique des surfaces cultivées)
- ▣ 24 sites échantillonnés



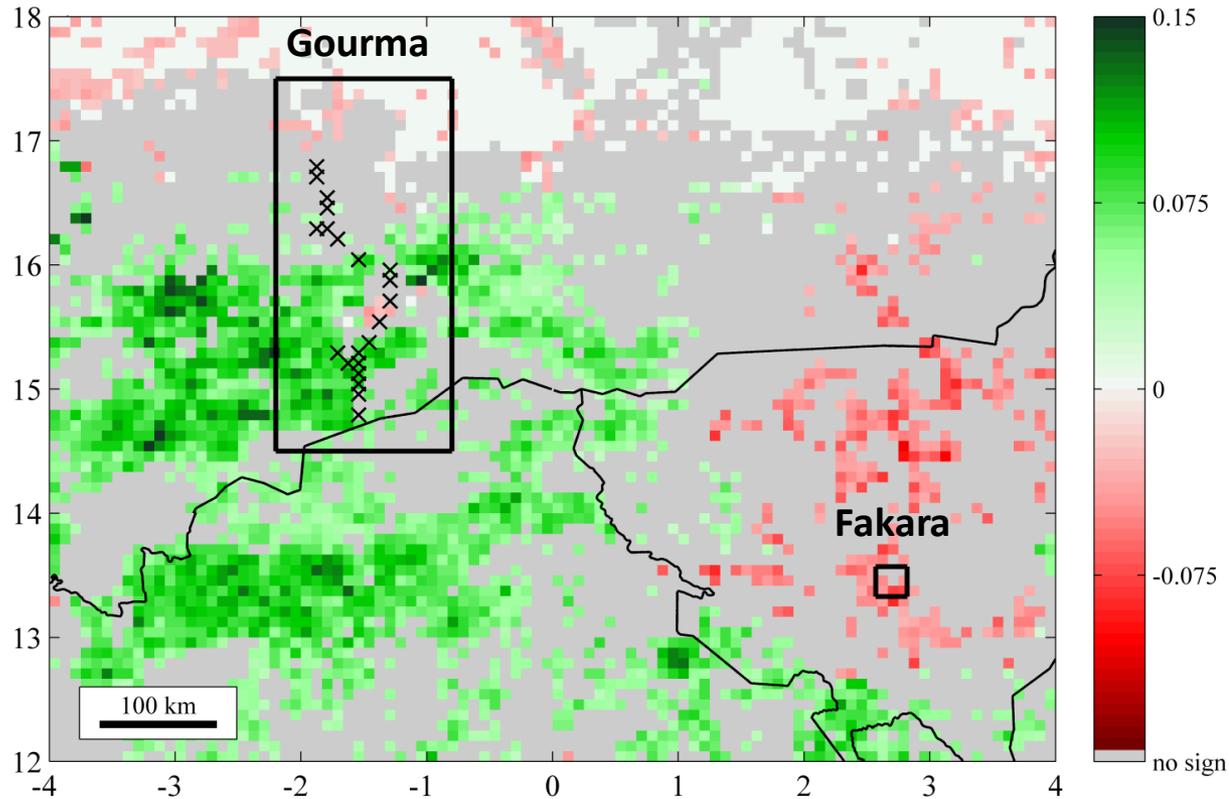
17 ans de données de productivité de la végétation herbacée (1994 – 2011)

TENDANCES NDVI GIMMS-3G 1981-2011



- ▣ Tendances au **reverdissement** observées sur la quasi-totalité du Sahel, sur l'**ensemble de la période 1981-2011**
- ▣ Non homogène : quelques zones où le NDVI diminue de manière significative ($P < 0.05$): ouest Niger, centre Soudan

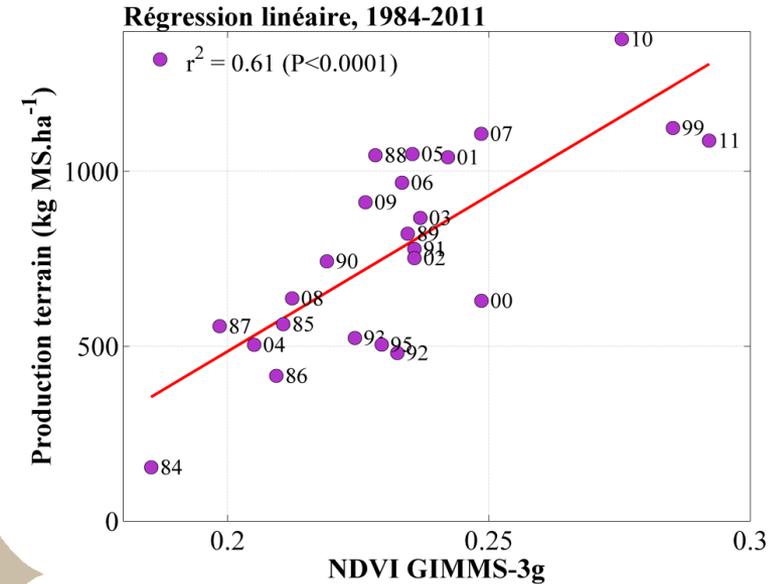
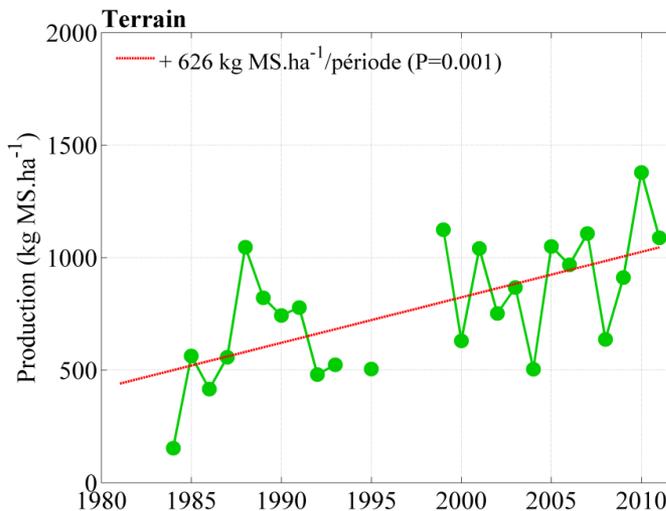
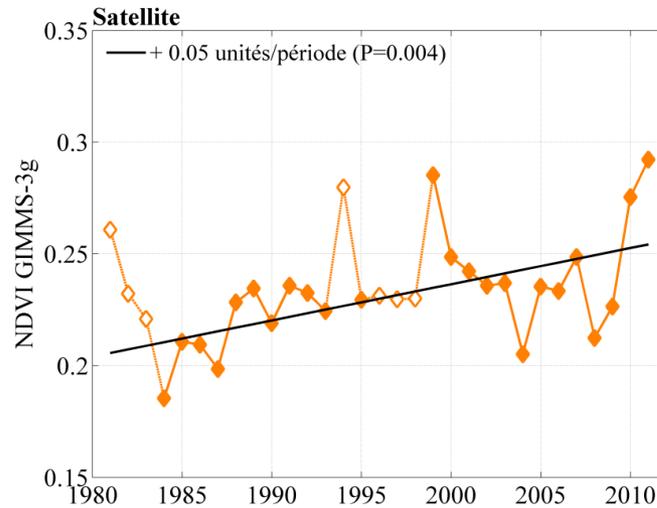
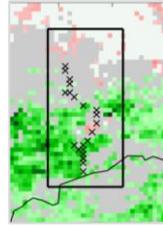
TENDANCES NDVI GIMMS-3G 1981-2011



▣ Reverdissement du Gourma

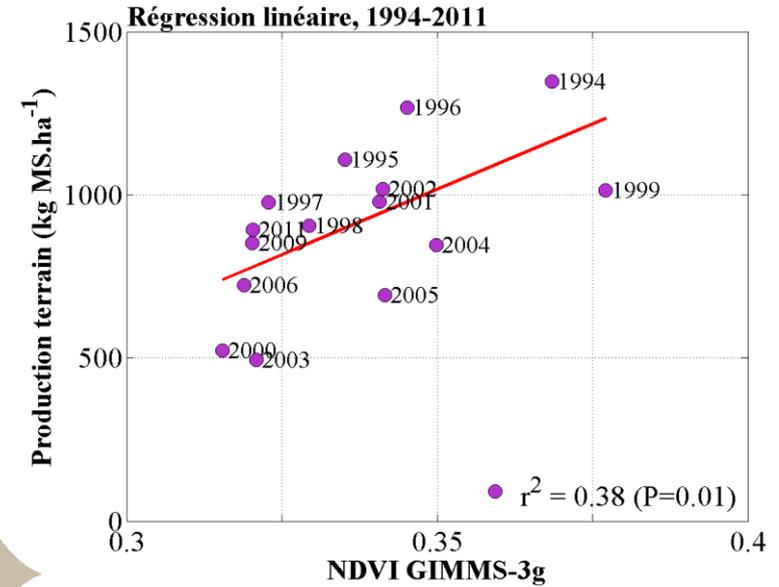
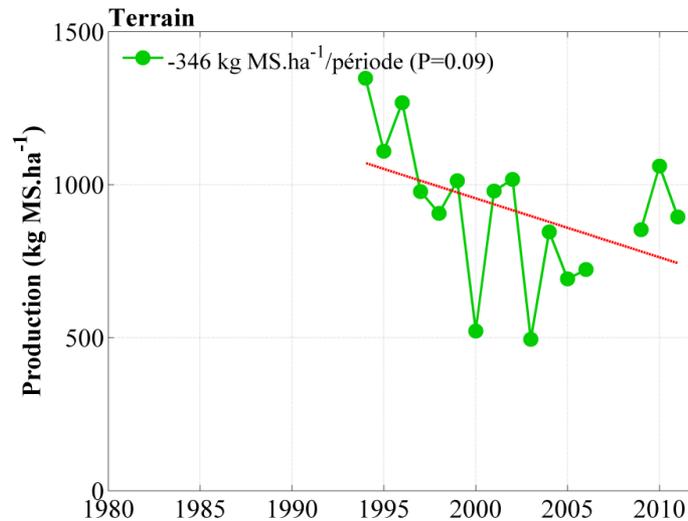
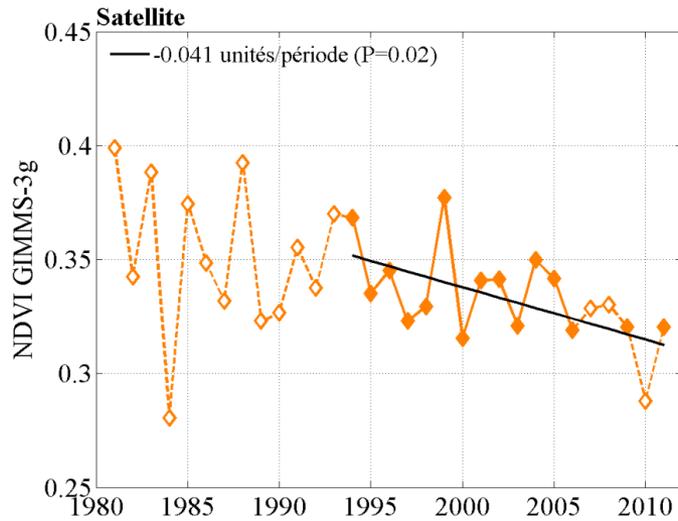
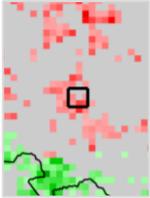
▣ Diminution du couvert végétal sur le Fakara

COMPARAISON AUX DONNÉES TERRAIN : GOURMA



- ▣ **Bon accord télédétection / terrain ($r^2=0.61$)**
- ▣ **Télédétection adaptée au suivi environnemental à long-terme**
- ▣ **Résilience des écosystèmes sahéniens à des évènements climatiques extrêmes (sécheresse 1983-84)**

COMPARAISON AUX DONNÉES TERRAIN : FAKARA



*2010 : donnée corrompue

- ☐ Cohérence télédétection/terrain
- ☐ Diminution du couvert et du NDVI sur 1994-2011

POINTS-CLÉS — QUELLE ÉVOLUTION DU COUVERT DEPUIS 30 ANS ?

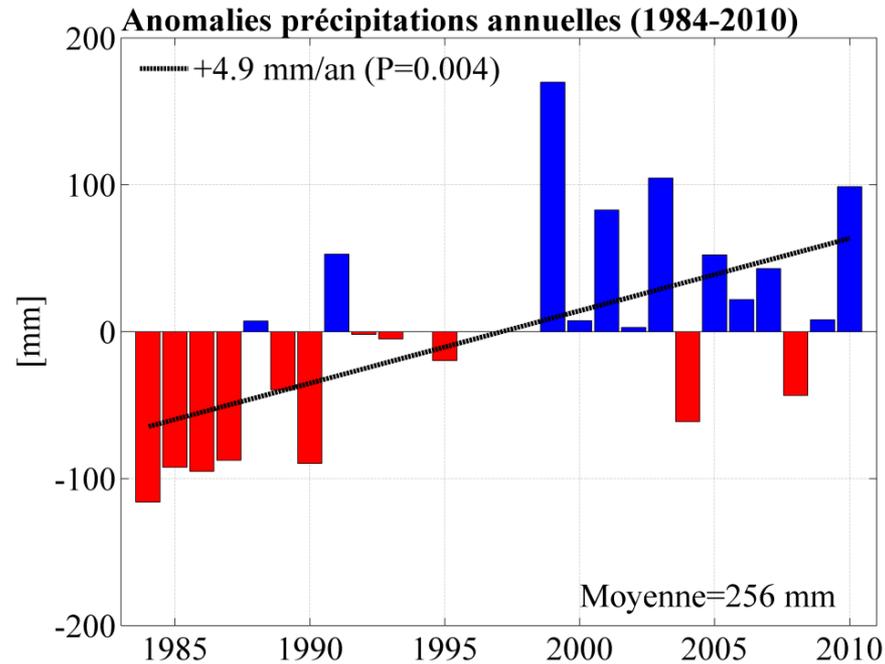
▣ Tendances au **reverdissement** sur la quasi-totalité de la bande sahélienne confirmées sur **l'ensemble de la période 1981-2011**

▣ Évolution du NDVI fortement reliée à la **dynamique de la strate herbacée**

▣ **Tendances opposées sur les 2 régions d'étude**

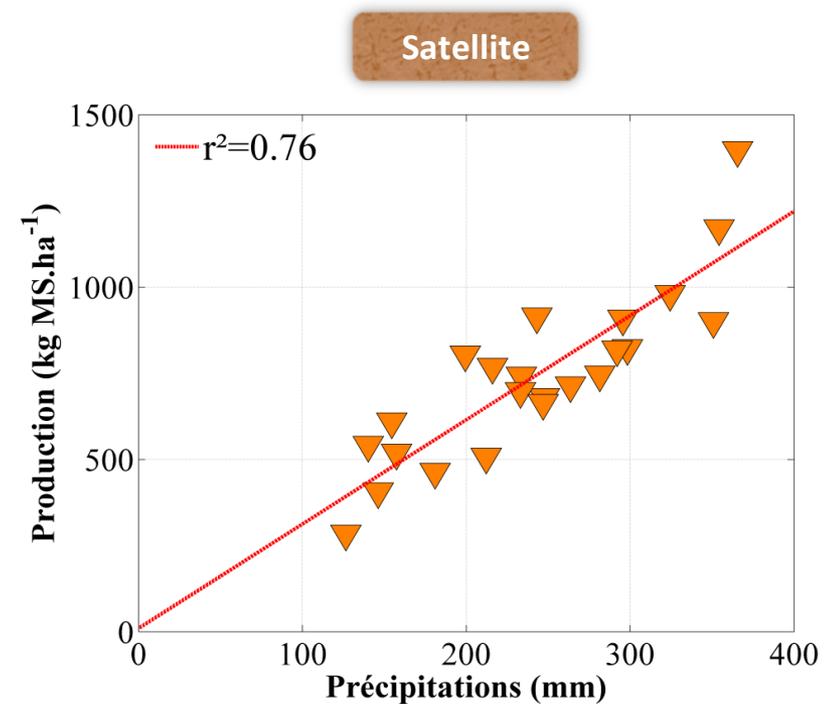
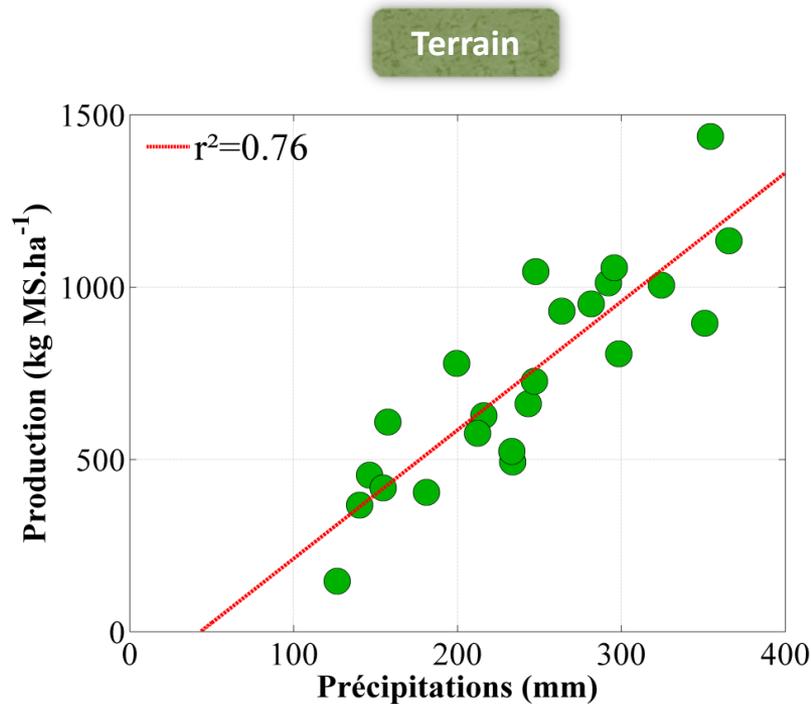
- Reverdissement clair du Gourma
- Diminution de la production au Fakara (milieu des années 1990)

TENDANCE DES PLUIES DU GOURMA

**LA REPRISE DES PLUIES EXPLIQUE-T-ELLE LE
REVERDISSEMENT DU GOURMA ?**

Données de pluie agrégées à l'échelle du Gourma (données AMMA-Catch) ; cumul annuel (juin à octobre)

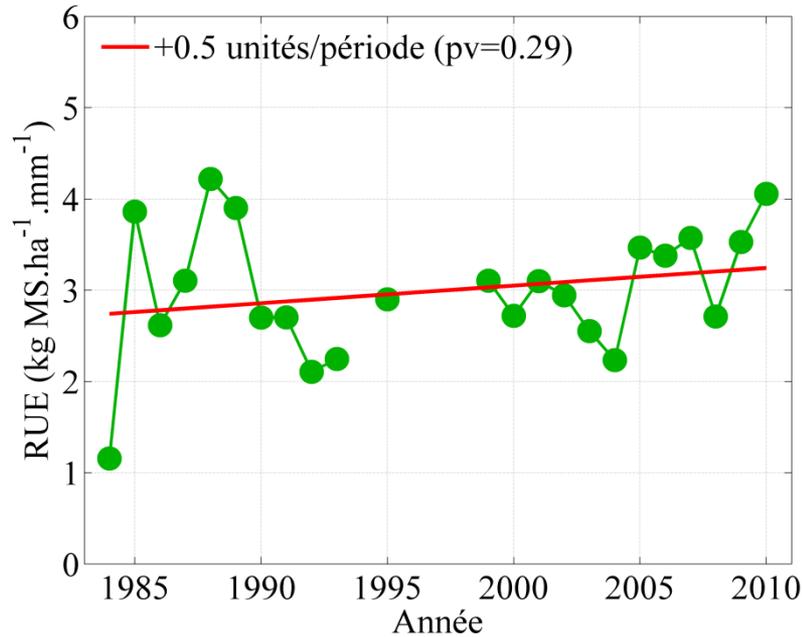
RELATION ENTRE PRODUCTION ET PRÉCIPITATIONS



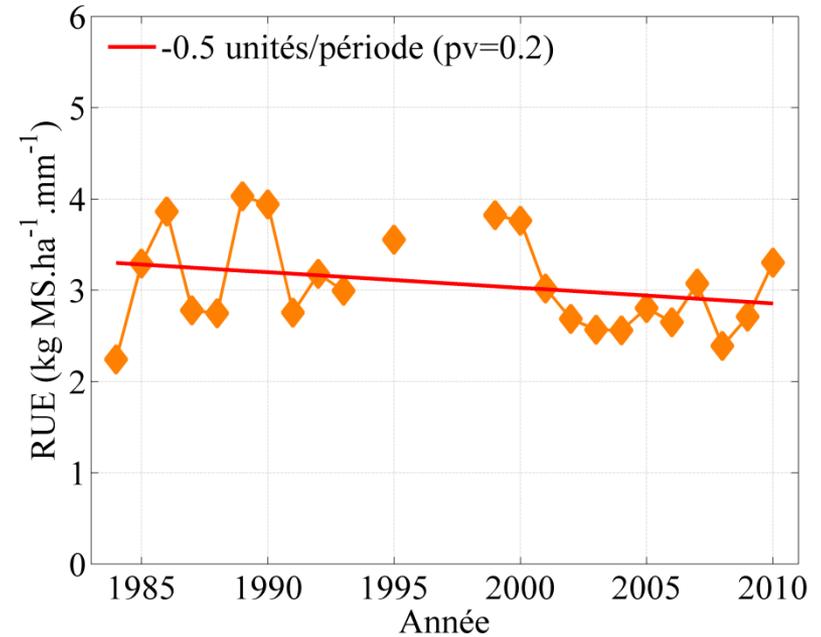
- ▣ **76% de la variabilité interannuelle** de la production herbacée (satellite ou données terrain) est expliquée par les précipitations
- ▣ Très bonne relation entre les **3 variables** (pluie, obs. terrain, NDVI)
- ▣ Renforce **confiance dans les archives NDVI GIMMS-3g**

TENDANCES TEMPORELLES DU RUE ? (RUE = PRODUCTION / PRECIPITATION)

Terrain

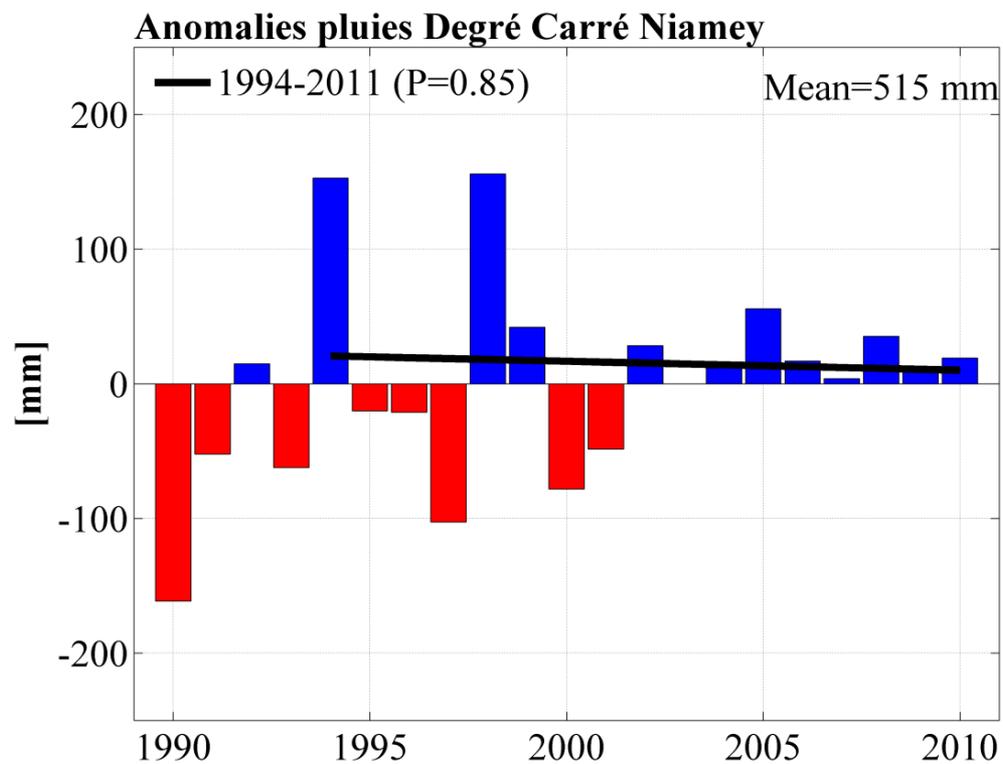


Satellite



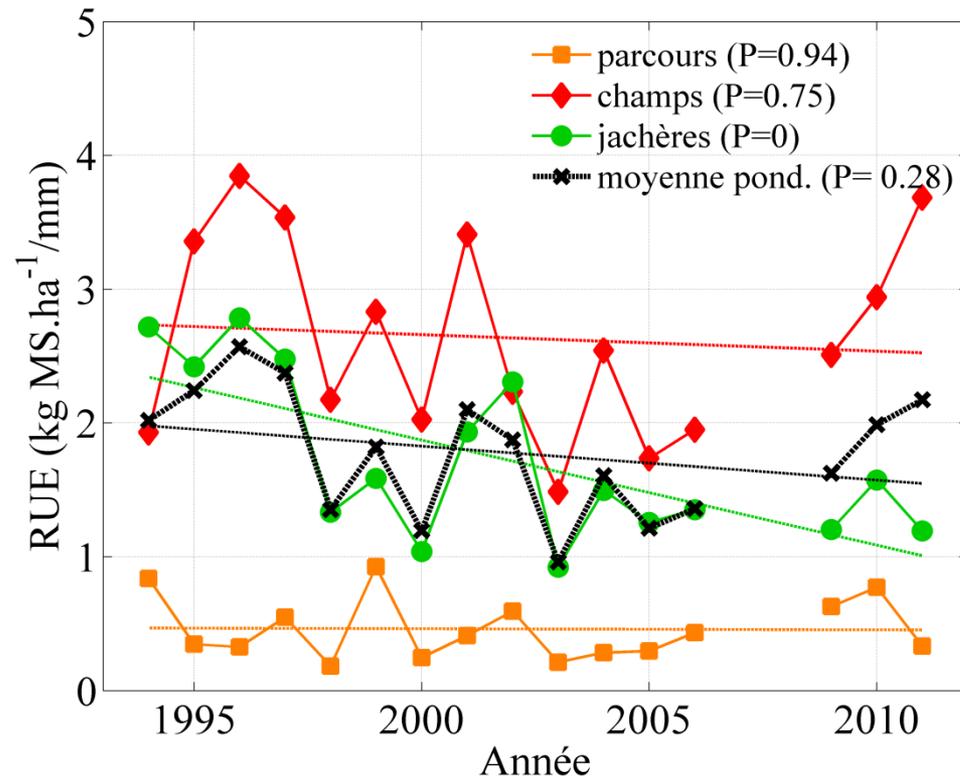
- ▣ Stabilité temporelle du RUE (terrain et satellite) sur la période
 - › **Pas de dégradation** des écosystèmes du Gourma
 - › **reverdissement expliqué par la reprise des précipitations**

ET SUR LE FAKARA ?

LES PRÉCIPITATIONS EXPLIQUENT-ELLES
LA DIMINUTION DE PRODUCTION OBSERVÉE ?

ÉVOLUTION DU RUE AU COURS DU TEMPS EN FONCTION DU TYPE D'OCC. DU SOL

Terrain



- ▣ Tendance significative uniquement pour **jachères** : **possible dégradation**
- ▣ Hypothèses : effet **changements d'occupation du sol** ?
 - › raccourcissement périodes de jachère
 - › diminution fertilité des sols
 - › augmentation pression de pâture...

POINTS-CLÉS — COMMENT INTERPRÉTER LES TENDANCES DU COUVERT ?

GOURMA

- ▣ Analyse du RUE : confirme **absence de dégradation**
- ▣ **Reverdissement expliqué par la reprise des précipitations**

FAKARA

- ▣ **Signal moins net** (paysage plus complexe à observer)
- ▣ **Possible dégradation des jachères**

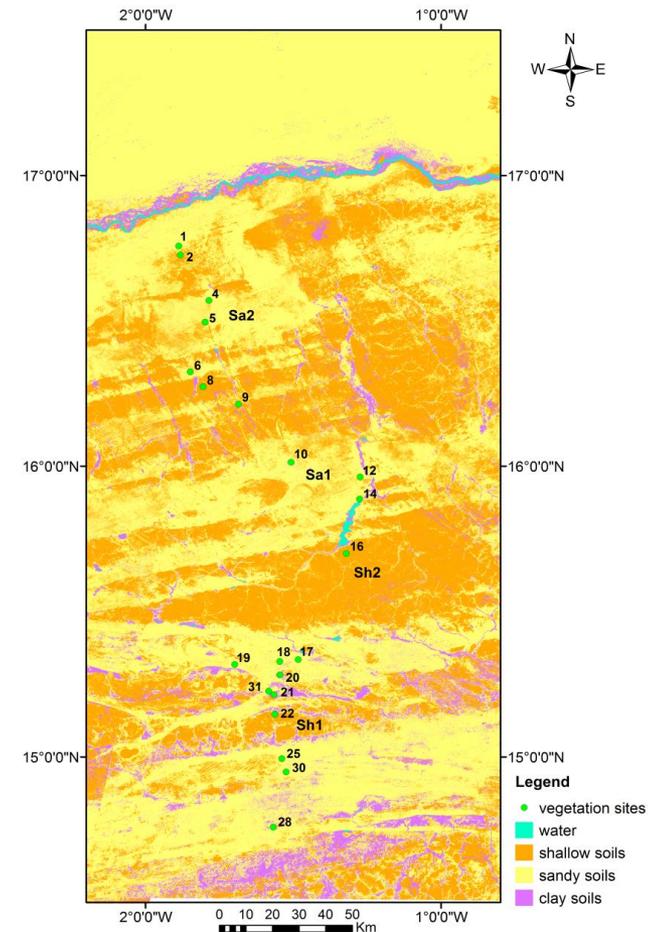
CEPENDANT, L'AUGMENTATION GÉNÉRALISÉE DES COEFFICIENTS DE RUISSELLEMENT AU SAHEL INDIQUE UNE DÉGRADATION DES ÉCOSYSTÈMES.

COMMENT RÉCONCILIER CELA AVEC LE REVERDISSEMENT ?

▣ **Hypothèse : dégradation d'une petite partie des sols superficiels de la région suite aux sécheresses**

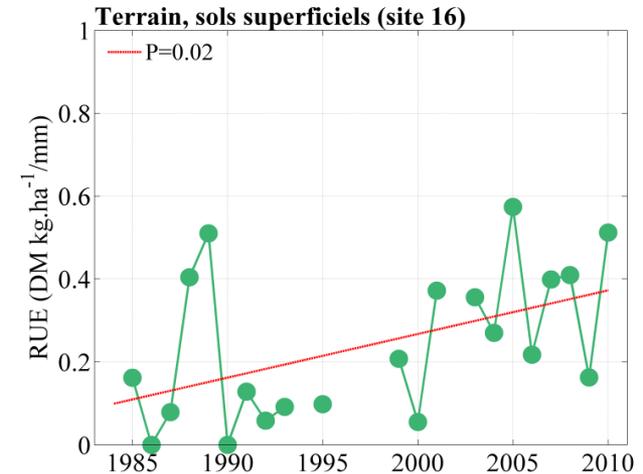
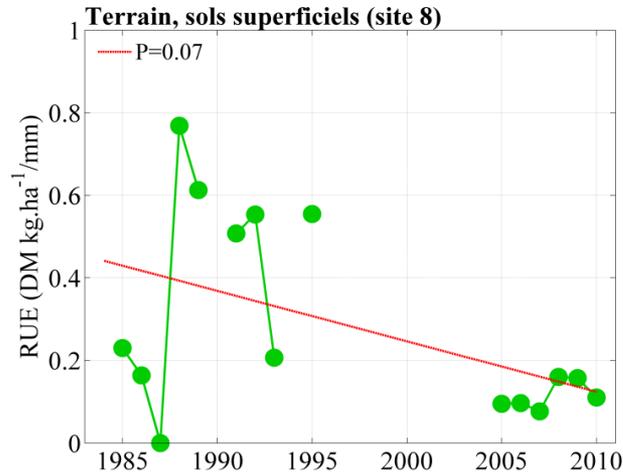
- › Augmentation de l'érosion
- › Augmentation coefficients de ruissellement
- › Diminution du couvert végétal

▣ **Observe-t-on une diminution du RUE sur ces zones ?**

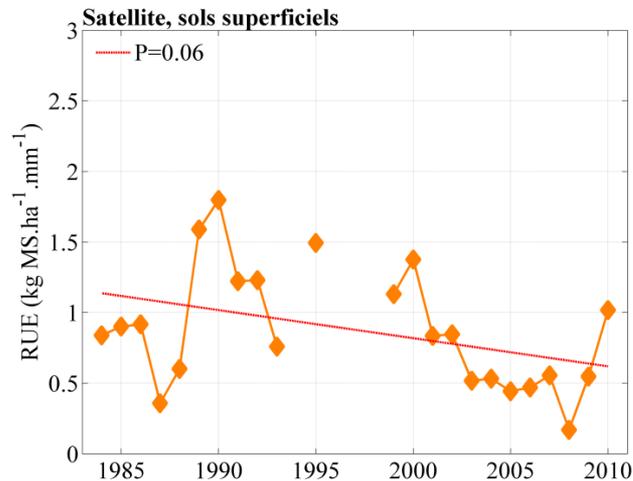


TENDANCES DU RUE

Terrain



Satellite



- ▣ **Terrain : évolutions contrastées**
 - › adaptations différentes après sécheresses ?
- ▣ **Satellite : diagnostic de dégradation**
 - › Zones difficiles à observer (petite portion du paysage ; pixels mixtes ; faible production)

- ▣ **Concerne petite partie du paysage**
- ▣ **Reverdissement du Gourma dû au surfaces sableuses, dominantes et résilientes**
- => réconciliation des 2 théories**

PRINCIPAUX RÉSULTATS

▣ **Désertification : sujet sensible**

- › nécessité de résultats tangibles et d'indicateurs de confiance

▣ **Apports de ces travaux à la question « désertification ou reverdissement ? » :**

- › archives satellitaires **interprétables** en termes de **production**
- › ... y compris dans les **tendances temporelles**
- ▣ **Reverdissement majoritaire sur la ceinture sahélienne sur les 30 dernières années**
- ▣ Tendances du NDVI liées à l'évolution du couvert herbacé

▣ **Même là où il y a reverdissement, il peut y avoir dégradation**

- › certains sols superficiels du Gourma
 - › dégradation observée **par endroits, à une échelle spatiale plus fine**
- => **réconcilie reverdissement et paradoxe hydrologique sahélien**

▣ **Fakara, exemple de diminution de la production**

- › Observée également par les deux sources d'observation
- › Possible dégradation des jachères (changements occupation du sol ?)



Merci !