



**www.cilss.bf** ■

Un autre Sahel est possible !

**Atelier régional d'échanges sur les contributions  
des secteurs de l'agriculture, de l'élevage  
et des forêts aux Contributions Prévues  
Déterminées au niveau National  
(CPDN) pour l'accord Paris Climat 2015  
Niamey, du 28 au 30 avril 2015**





# MODULE

« Impacts sur les ressources en eau et conséquences sur la mise en place des systèmes irrigués plus résilients au CC »  
(Agrhymet, P. BAZIE et A.ALI).





# SOMMAIRE

## ☞ INTRODUCTION

- ❖ Notions sur les ressources en eau
- ❖ Pressions sur les ressources en eau
- ❖ L'irrigation en Afrique

## ☞ RISQUES CLIMATIQUES ET GESTION DE L'EAU AGRICOLE (eaux de surface et souterraine)

- ❖ Les pénuries :
- ❖ Les excès
- ❖ L'avancée du front d'eau salée

## ☞ QUELQUES STRATEGIES D'ADAPTATION et inventaire des technologies développées au Niger et au Burkina

## ☞ Conclusion et recommandations





[www.cilss.bf](http://www.cilss.bf)

Un autre Sahel est possible !

# Constat

En agriculture il y a quatre paramètres fondamentaux à prendre en compte





[www.cilss.bf](http://www.cilss.bf) ■

Un autre Sahel est possible !

**Le sol**

**Le climat**

**La plante**

**Les ressources en eau**





Les ressources en eau = un des facteurs limitants dans l'atteinte de la SA



élément clé dans l'adaptation au CC



Ressources en eau ???





[www.cilss.bf](http://www.cilss.bf)

Un autre Sahel est possible !

# RESSOURCES EN EAU

- ❖ les eaux de pluie
- ❖ les eaux de surface
- ❖ et les eaux souterraines.



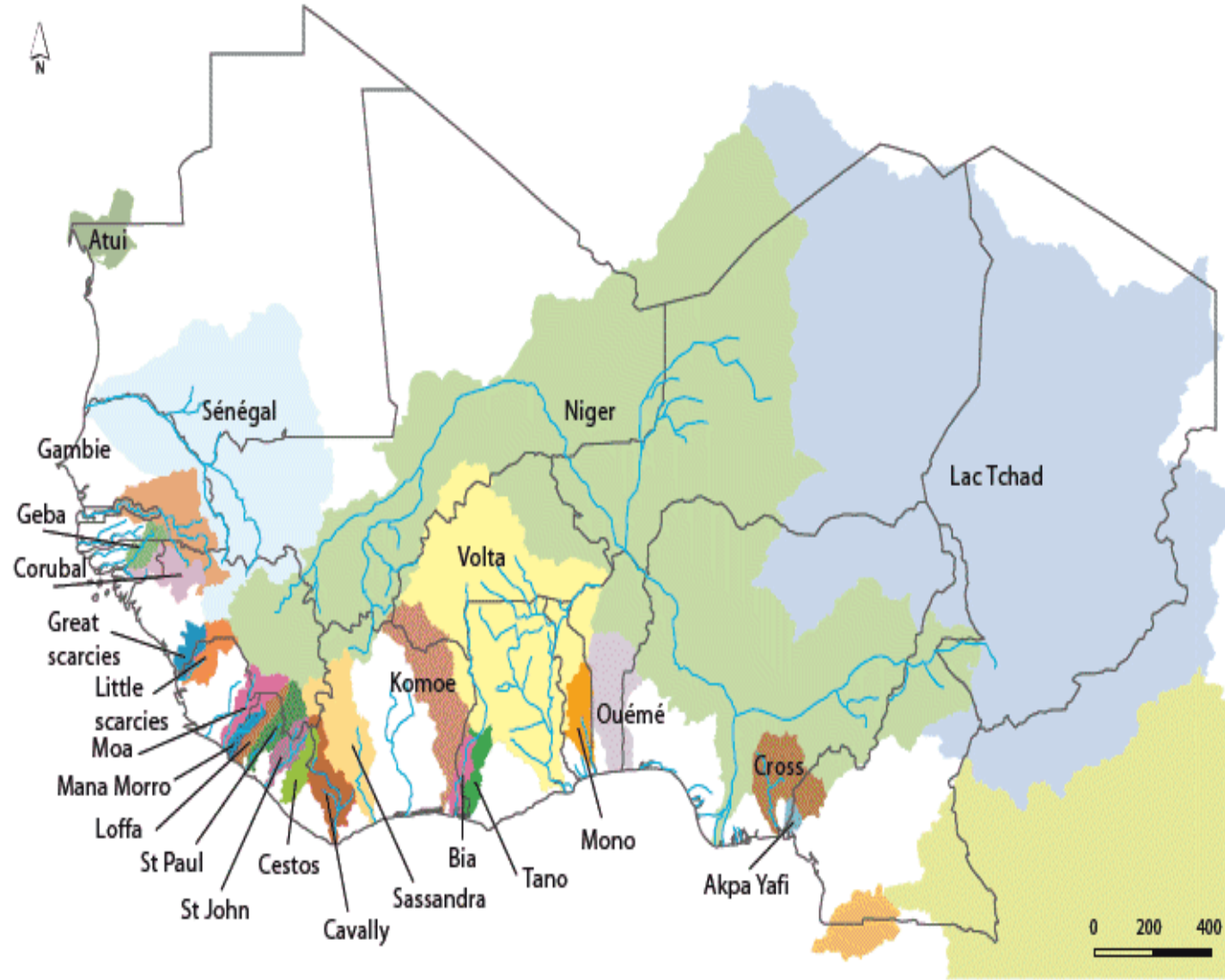


Le continent africain multiplie les interférences: 13 pays dépendent du bassin du Congo, 10 de celui du Nil, 11 Etats sont liés par le fleuve Niger, 9 par le Zambèze, et 6 par la Volta (ajouter pour le Sénégal)





# Cours d'eau transfrontaliers de l'Afrique de l'Ouest



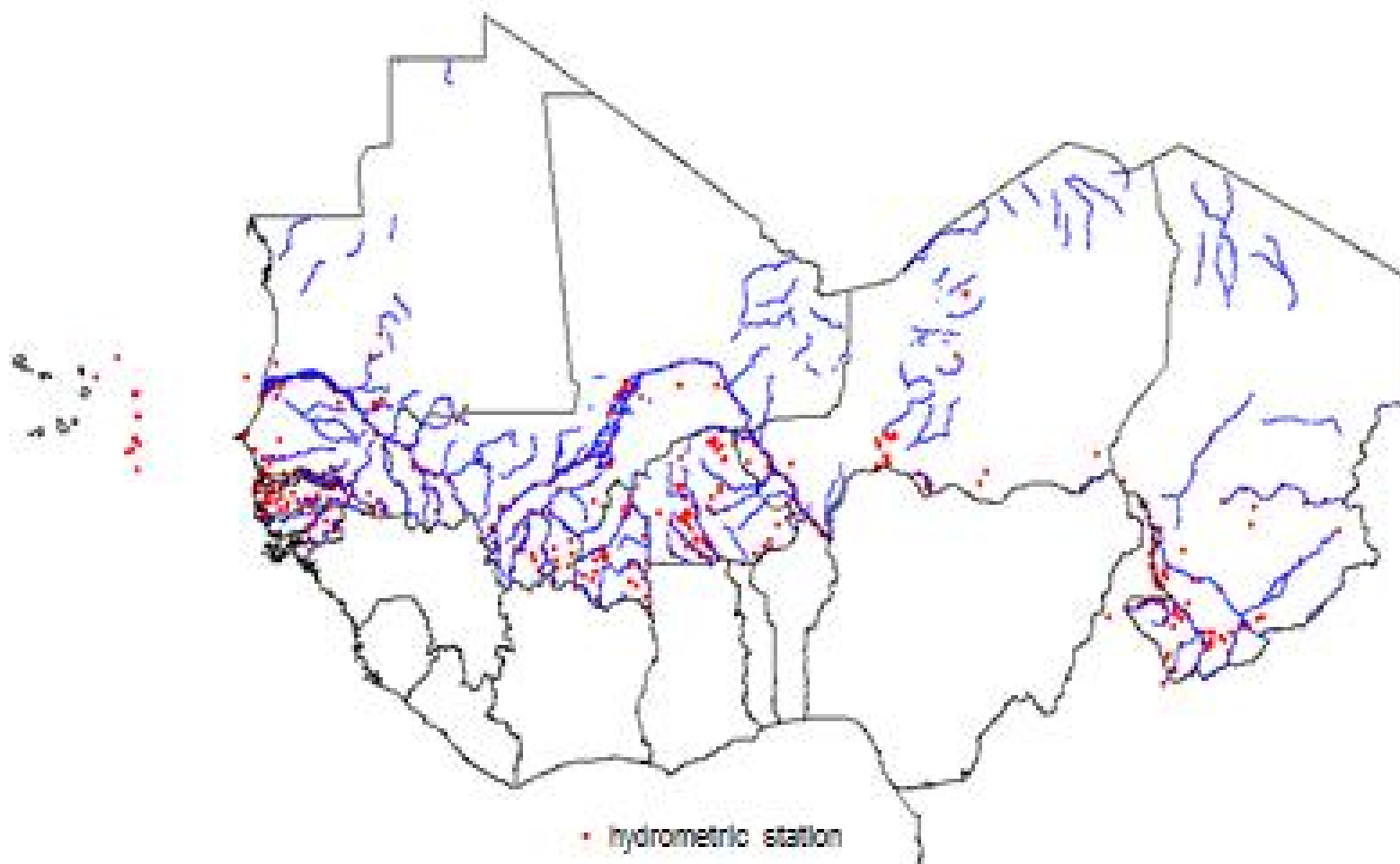
Source : ESRI, Global GIS, WHY MAP Réalisation : M. Niasse, C. Mbow (2006)

© Club du Sahel et de l'Afrique de l'Ouest / OCDE 2006



## Les stations hydrométriques (250)

### Bassin du Niger





## Les stations hydrométriques (suite)





Un autre Sahel est possible !

[www.cilss.bf](http://www.cilss.bf)

# Les eaux souterraines en Afrique de l'ouest

## 1. Les aquifères continus des bassins sédimentaires :

- \* Le bassin sédimentaire du lac Tchad (Niger, Nigéria, Tchad, Cameroun) ;
- \* Le bassin des Iullemeden (Niger, Nigéria, Mali Algérie, Bénin) ;
- \* Le bassin Sénégal-Mauritanien (Sénégal, Mauritanie, Gambie, Guinée Bissau) ;
- \* Le bassin de Taoudeni (Mauritanie, Algérie, Mali, Burkina Faso) ;
- \* le bassin de Mourzouk Djado (Niger, Algérie Libye, Tchad).





Un autre Sahel est possible !

[www.cilss.bf](http://www.cilss.bf)

# Les eaux souterraines en Afrique de l'ouest

## 2. Les aquifères alluviaux

- Les aquifères liés aux grands fleuves (Niger, Sénégal...)
- Formations alluviales des fonds de vallée (exemple les nappes des Dallols)

## 3. Les aquifères en zone de socle

## 4. Les aquifères côtiers

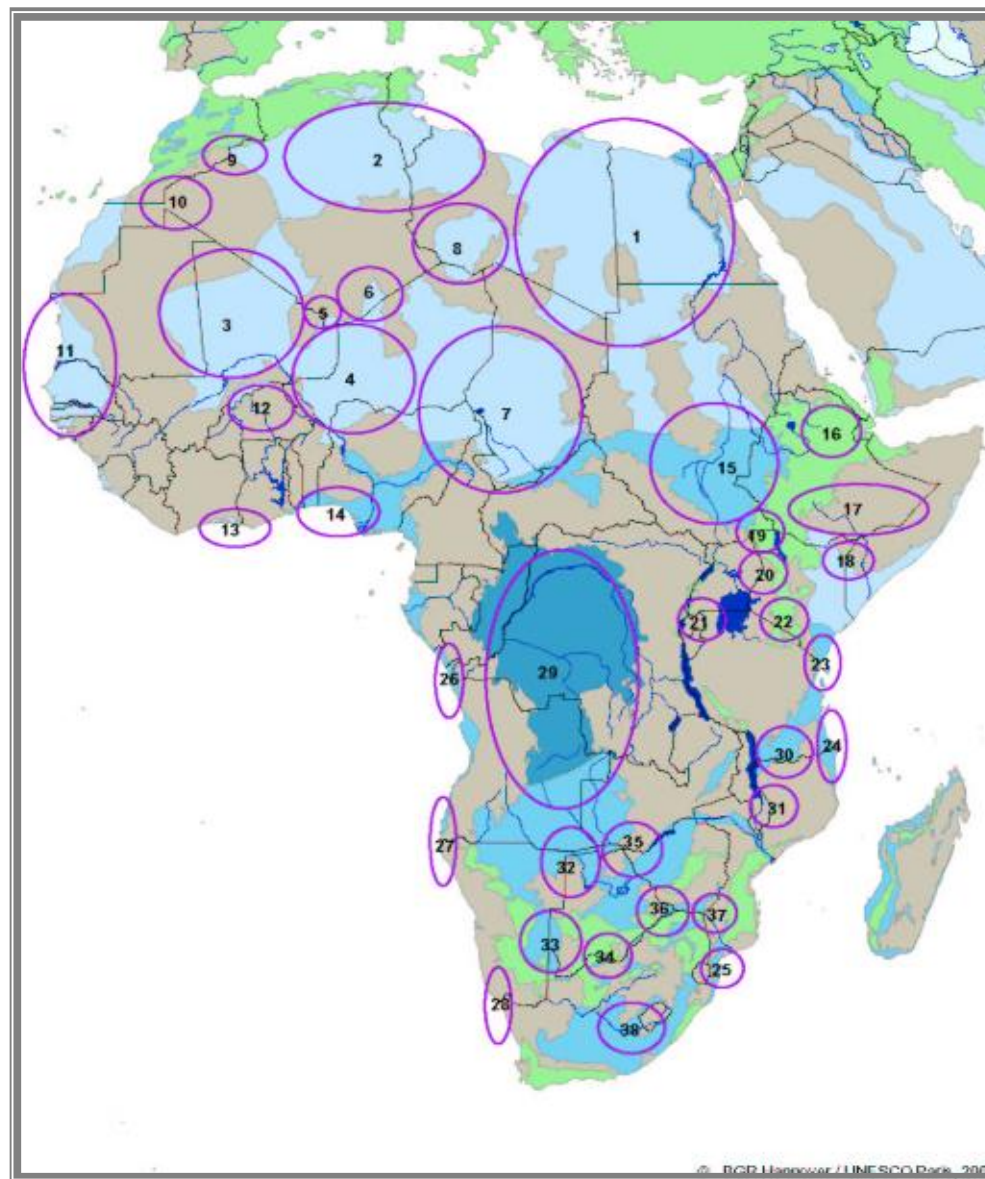




**w.cilss.bf** ■ Un autre Sahel est possible!

Outils du SAI  
Niamey,  
22-23/01/08

## AQUIFERES TRANSFRONTALIERS EN AFRIQUE



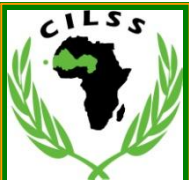


## CONCLUSION PARTIELLE

Les ressources en eau ne sont pas suffisamment valorisées pour sécuriser la production agricole et limiter la dépendance des cultures pluviales vis-à-vis des aléa climatiques

Effets : faible mobilisation des ressources (faible accès à l'eau agricole et potable)





Un autre Sahel est possible!

[www.cilss.bf](http://www.cilss.bf)

Causes :

Insuffisance des connaissances  
sur les RE

Faible niveau d'investissement

Faible engagement politique

Insuffisance d'expertise en maîtrise de  
l'eau







## Or : Pressions sur les ressources en eau

- *Croissance démographique*: augmentation de la demande en eau, des rejets d'eaux usées et de la pollution
- *Urbanisation*: migration rurale vers les villes multipliant le niveau des difficultés d'approvisionnement en eau et de traitement des eaux
- *Développement économique*: surtout dans les pays en développement où la demande pour les activités économiques est fortement croissante
- *Variabilité climatique et changement climatique* : des crues plus violentes et les sécheresses qui augmentent la vulnérabilité de la population





Un autre Sahel est possible !

[www.cilss.bf](http://www.cilss.bf)

## Conclusion partielle

### Il faut :

- ❖ mobiliser des investissements suffisants ;
- ❖ développer l'agriculture irriguée ;
- ❖ et soutenir le développement des institutions, le renforcement des capacités, la recherche, l'éducation et la gestion de l'information. Plus spécifiquement
  - ❖ prévenir et alerter de manière précoce les catastrophes liées à l'eau ;
  - ❖ faciliter l'adaptation au changement climatique à travers la gestion des ressources en eau, tout en améliorant la gestion des risques de catastrophes et les capacités de stockage de l'eau,



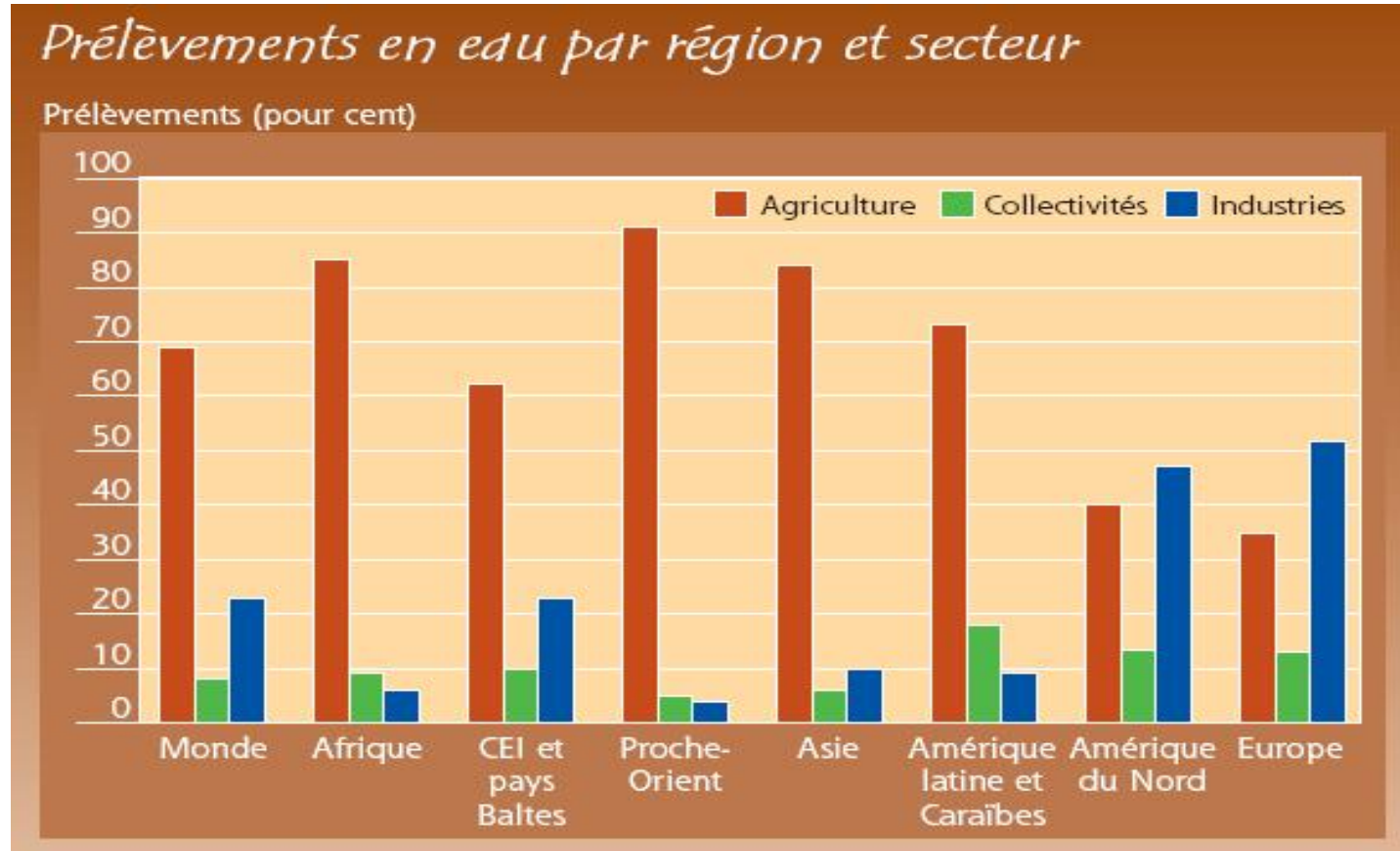


## Fonctions clés de la gestion de l'eau





# UTILISATION DE L'EAU EN AGRICULTURE





Un autre Sahel est possible !

[www.cilss.bf](http://www.cilss.bf)

# L'irrigation en Afrique

5 millions d'ha irrigués en Afrique Sub-saharienne, soit 3 % des terres cultivées

Et il faut :

- Nourrir les paysans des zones sèches
- Nourrir les villes
- Augmenter les revenus des ruraux

Un moyen :

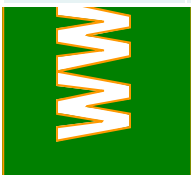
- Valoriser les ressources : eau, terres





# Le potentiel irrigable (Aquastat et profils Cilss)

Pays	Guinée e Bissau	RCI	Sierra Leone	Bénin	Burkin a	Sénégal	Mali	Tchad	Niger
Potenti el (ha)	306000	460000	750000	325000	233000	400000	2200000	330000	270000
Sup irriguée 2005 (ha)	79000	88000	155000	19500	46000	150000	566000	155000	85000
% du potenti el (ha)	26	19	19	6	20	40	30	46	32

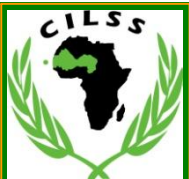




## Importance socio-économique des rivières (source :synthesis report writeshop 21-24 feb 2007)

- \* delta intérieur du Niger : 3 000 000 ha potentiellement irrigables
- \* moyenne vallée du Sénégal : 500 000 ha
- Plaine du Chari-Logone (Cameroun, Tchad) : 800 000 ha
- \* hadejia- Nguru (nord du Nigéria) : 400 000 ha





[www.cilss.bf](http://www.cilss.bf)

Un autre Sahel est possible !

# RISQUES CLIMATIQUES ET GESTION DE L'EAU AGRICOLE :

Quelques résultats issus du suivi des régimes  
hydrologiques







# Quel est l'intérêt de suivre l'évolution des hauteurs et des débits des cours d'eau ?

## ❖ A court terme et moyen terme

- Navigation
- Annonce de crue
- Qualité des eaux, pollution
- Gestion en temps réel des ouvrages hydrauliques

## ❖ A long terme

Connaissance de la variabilité prévisible du niveau du fleuve pour le calcul des normes hydrologiques, essentielles pour la construction des ouvrages hydrauliques, des routes, des ponts, des périmètres irrigués

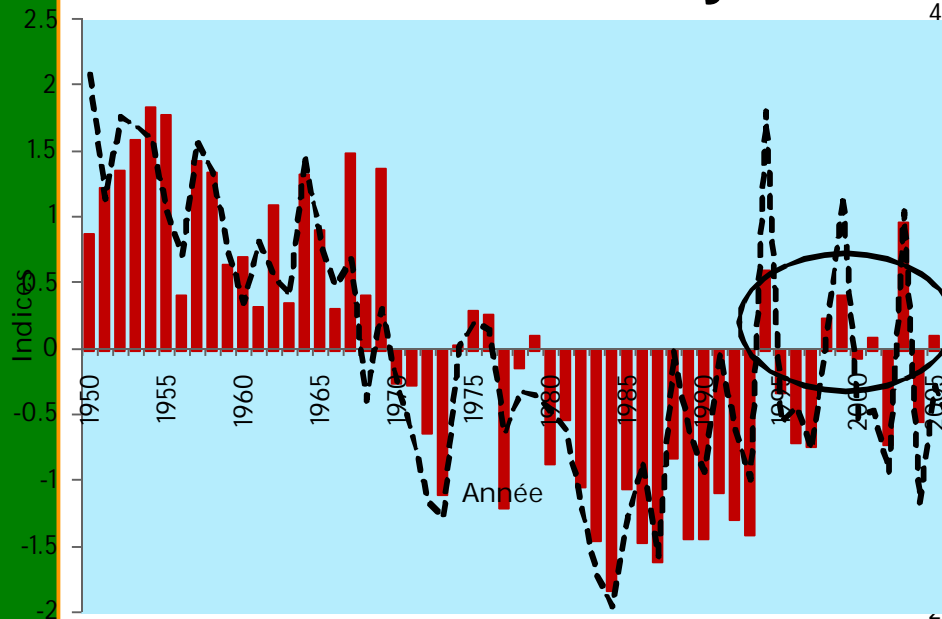




# Impacts de la pluviométrie sur les débits des fleuves et rivières : cas du fleuve Niger à Niamey et Kandadji

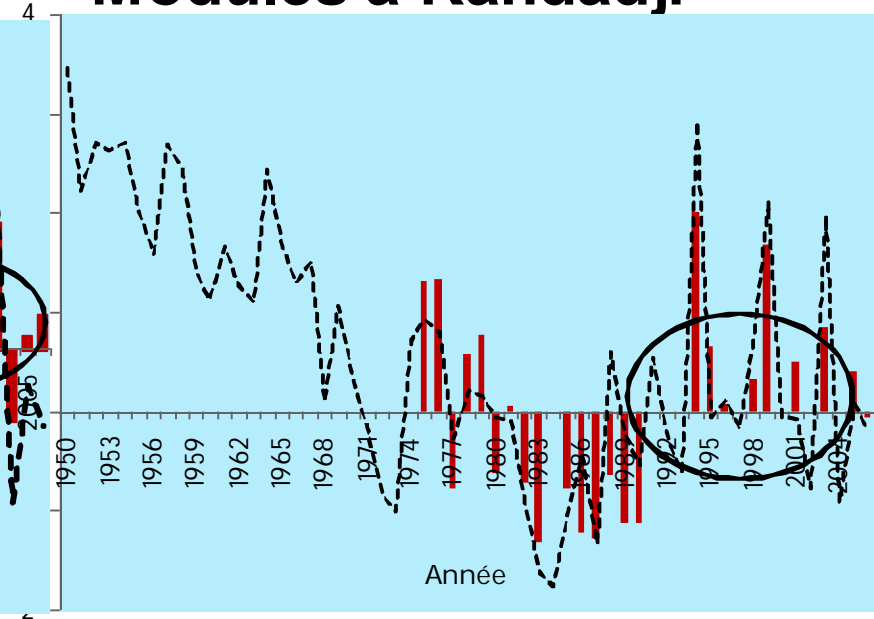
## 1. Variabilité inter-saisonnière des débits

### Modules à Niamey



- Baisse de 30% par rapport à 1950-1969
- Augmentation de 17% par rapport à 1970-1989

### Modules à Kandadji



- Augmentation de 20%;
- Co-évolution des indices de débit et de pluie

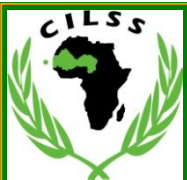




# Principaux constats

- ❖ baisse du débit à Niamey de 30%, alors que la baisse correspondante des pluies est de 16%. Résultat similaire à ceux obtenus par Olivry et al. (1998). L'impact du climat est donc, toujours plus important sur les débits que sur les pluies
- ❖ Augmentation de la valeur des débits maxima extrêmes (augmentation de 4% sur la crue millénale de la période 1970-1993/1950-1969). Cette augmentation est due à une forte variabilité entre les débits d'où l'augmentation des risques d'inondation pour la population de Niamey;
- ❖ Des débits d'étiages plus sévères en période de sécheresse : Réduction des surfaces irriguées (cas du delta intérieur du Niger : 30 000 km<sup>2</sup> en 1960 ; 5000 km<sup>2</sup> en 1980).





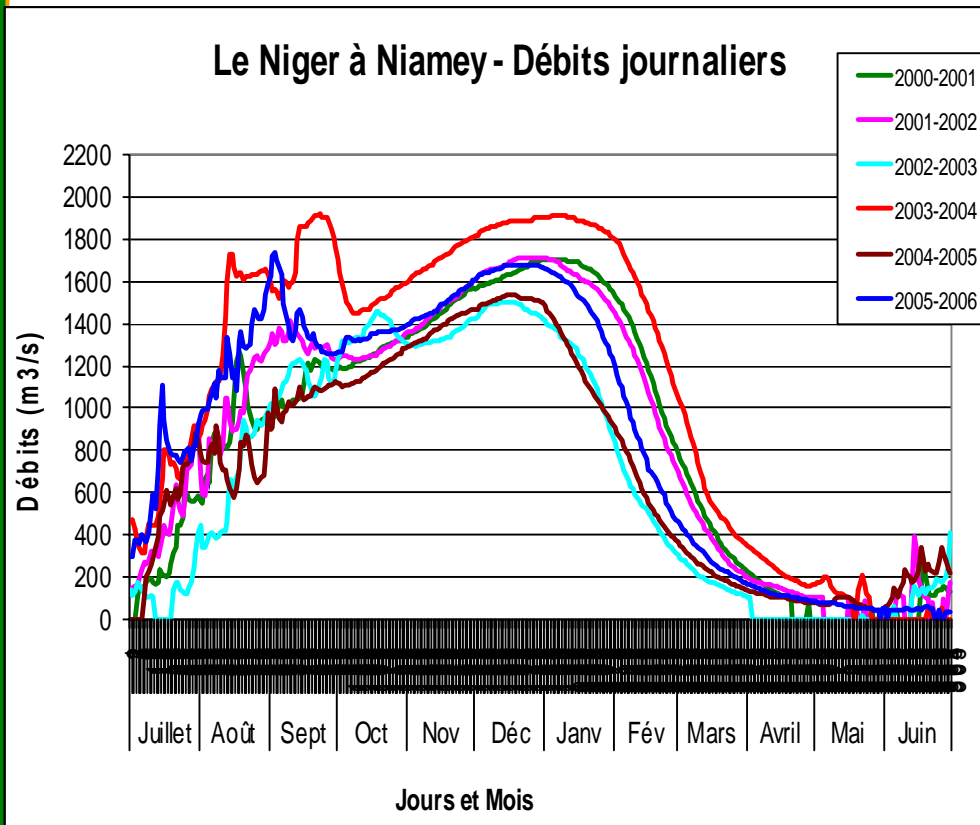
## Les crues

En Afrique de l'ouest et du centre il a été enregistré ces dernières années de fortes pluies ayant occasionné des inondations

### Quelques chiffres:

- ❖ En 2010, les inondations ont touché
  - ❖ 180 000 ha au Nigéria
  - ❖ 133 000 ha au Bénin
  - ❖ 108 000 ha au Tchad
  - ❖ 23 000 ha au Burkina
- 
- ❖ Il faut s'adapter à l'excès d'eau en adoptant des techniques d'irrigation qui contrôlent mieux la lame d'eau et en adaptant les calendriers culturaux





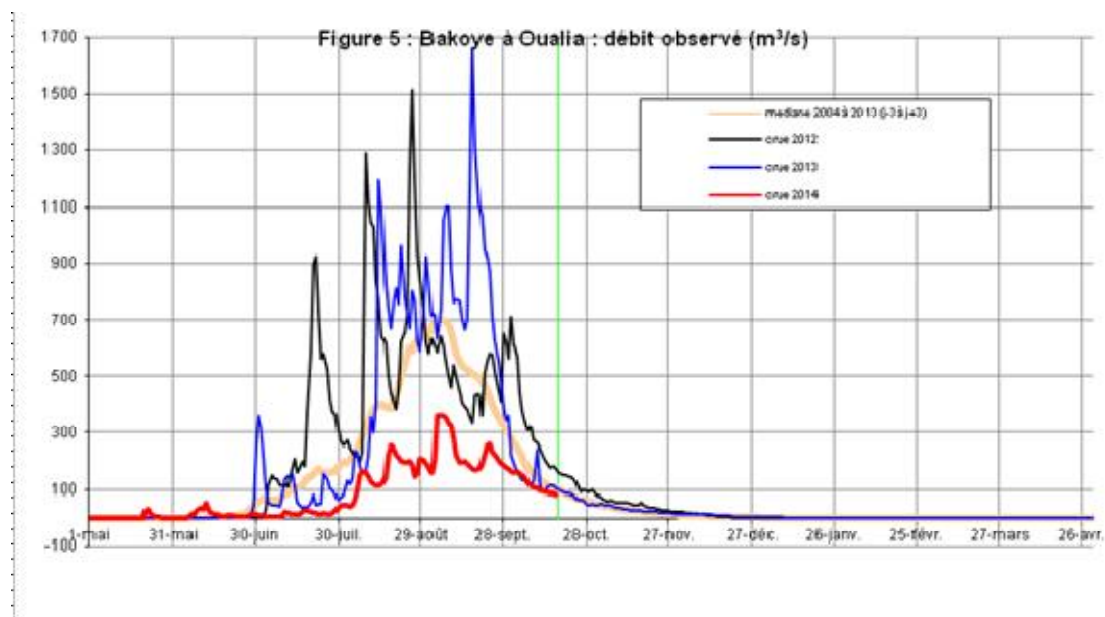
La superposition des hydrogrammes de six années montre que la crue locale évolue en dent de scie. Le pic (**1920m<sup>3</sup>/s**) pour l'année hydrologique 2003-2004 est légèrement supérieur à celui de la crue malienne (**1910m<sup>3</sup>/s**). Ce qui veut dire que c'est le phénomène inverse qui se produit ces dernières années

L'augmentation du ruissellement dans les sous bassins s'explique par la dégradation du couvert végétal et du sol (**tendance à la hausse des coefficients de ruissellement**) (Amani et Nguetora, 2002);





# Le Bakoye à Ouallia



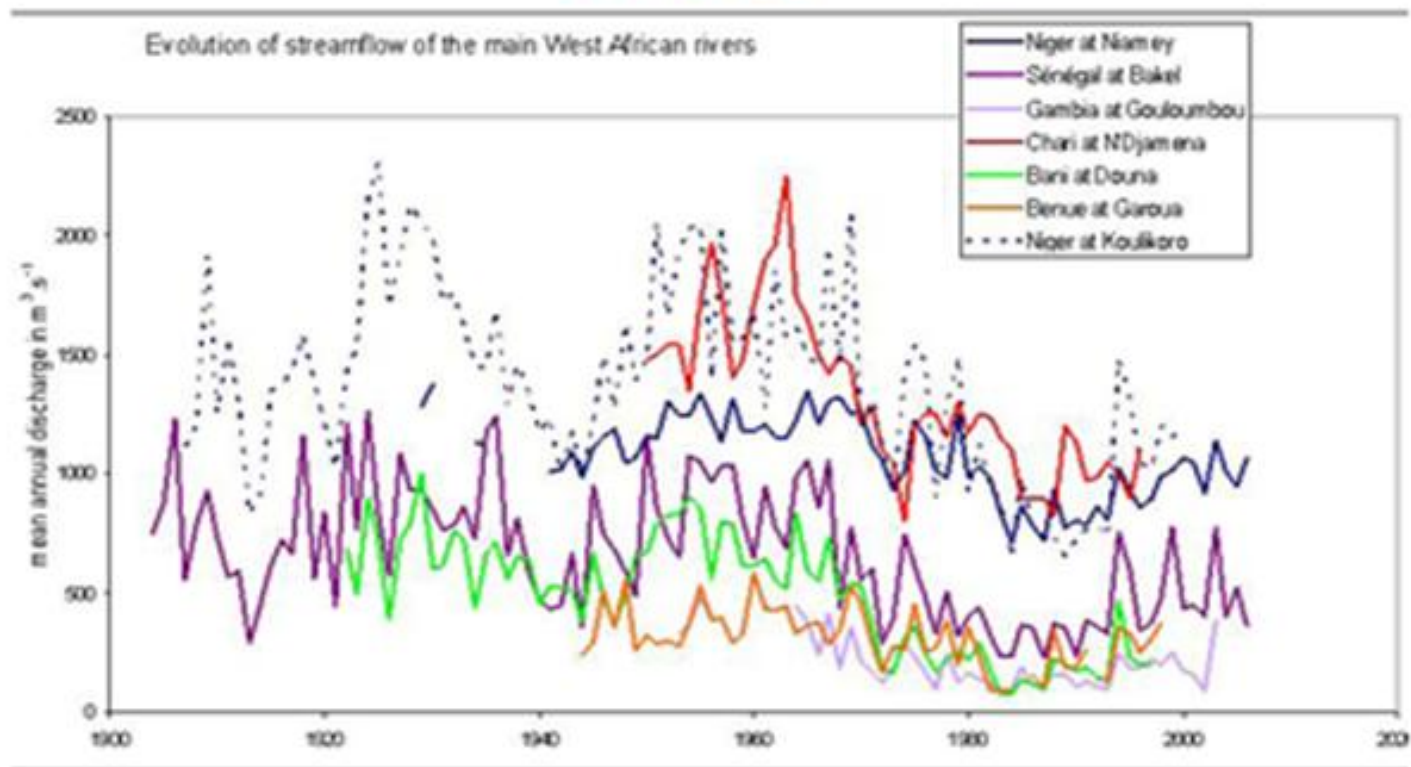
**Les volumes d'eau écoulés depuis le début de l'année hydrologique sont largement inférieurs à ceux de 2012 et 2013.**





Suite

## Débits des principaux fleuves en Afrique de l'Ouest



**Baisse généralisée du débit des grands bassins fluviaux, avec une légère pour les dernières années**





# Impact des cc sur les eaux souterraines

- ❖ Les effets de la variabilité du climat se manifestent rapidement dans les eaux de surface, mais ils sont souvent difficiles à observer dans les eaux souterraines du fait qu'ils y sont de différés.
- ❖ Par conséquent, il est difficile de détecter et de quantifier l'ampleur et le moment d'apparition des conséquences de la variabilité ou des changements climatiques sur les aquifères en raison du délai qui s'écoule entre les variations climatiques et la réaction des aquifères
- ❖ Les eaux souterraines sont touchées par sur le plan du processus d'alimentation (baisse de la recharge donc fluctuations du niveau des nappes libres), type d'interactions entre les eaux souterraines et les eaux de surface et changements dans l'utilisation de l'eau (l'irrigation par exemple).
- ❖ Les aquifères peu profonds réagissent plus à ces facteurs de stress que les aquifères plus profonds, qui tendent à être davantage isolés des conditions régnant à la surface.







Un autre Sahel est possible !

[www.cilss.bf](http://www.cilss.bf)

# Avancée du front d'eau salée

Montée du niveau des océans



Submersion et érosion côtière



Augmentation des surfaces inondables et de la salinité  
dans les estuaires et les nappes phréatiques côtières





## Avancée du front salé (suite)

Selon les spécialistes 2 cm de hausse par an suffirait à dévaster de vastes bandes de terre dans les zones côtières fragiles d'Afrique de l'ouest





[www.cilss.bf](http://www.cilss.bf) ■

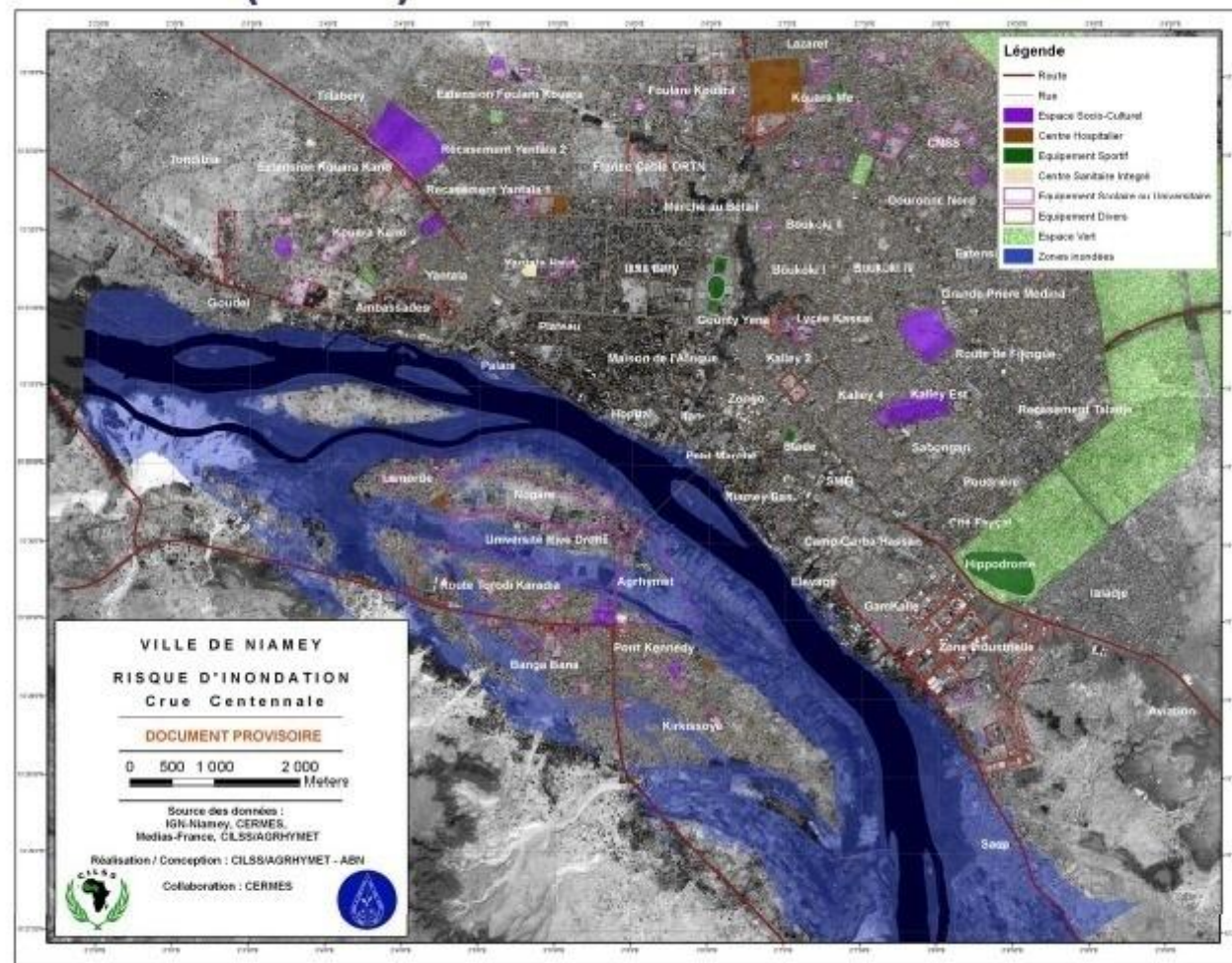
Un autre Sahel est possible !

# QUELQUES STRATEGIES D'ADAPTATION





# Cartographie des risques d'inondation dans la ville de Niamey/NIGER





## Prévisions hydrologiques

Mettre en place une chaîne d'outils de prévision multi-échelle dans le bassin.

Elle concerne aussi bien :

- ❖ la prévision des crues (journalier, décadaire, mensuel)
- ❖ prévision des étiages (journalier, décadaire, mensuel)
- ❖ Simulation & calage des débits aux exutoires des sous bassins (**Stade d'expérimentation**)





La diminution des débits :  
répercussions sur la durée de  
pompage

**Baisse de la HMT donc baisse  
des débits**

Des simulations de décalage  
des calendriers culturels sont  
donc nécessaires à l'image de  
l'exemple ci-dessous.

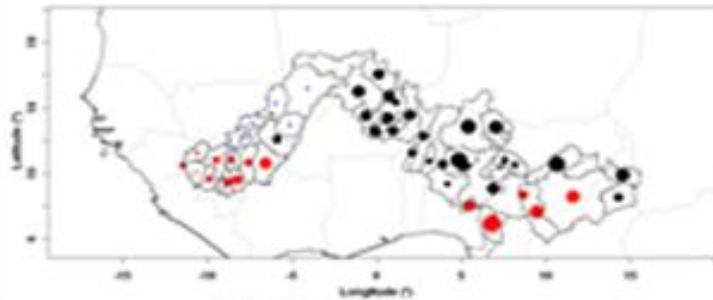




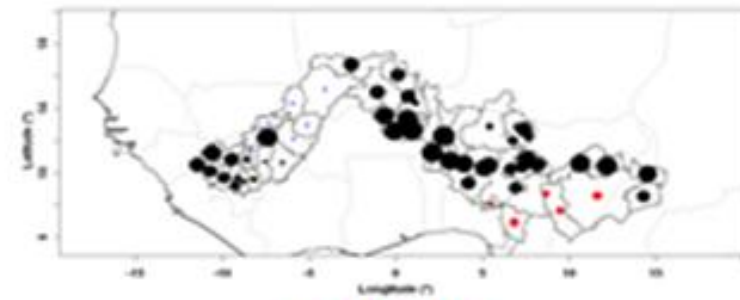
## Quelques résultats de simulation

**Scénarios de débits moyens dans le bassin du Niger à l'horizon 2030 pour différents modèles climatiques.**

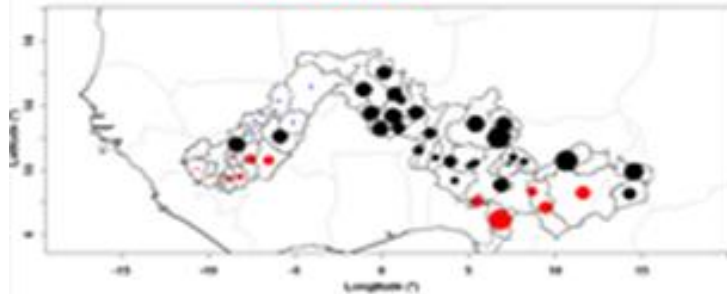
**CCMA A2**



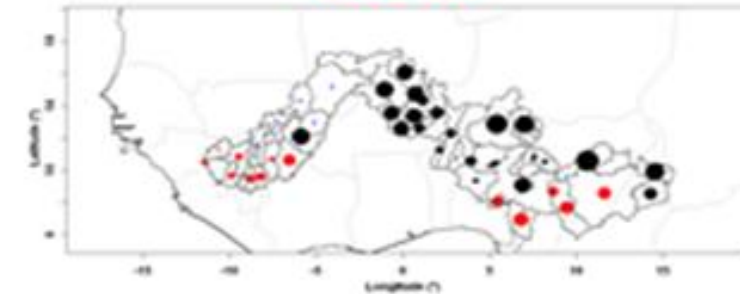
**UKMO A2**



**GISS A2**



**GFDL B1**



**Le rouge indique une diminution pour le sous-bassin <sup>11</sup>**





# Cas des bassins non jaugés

## 1. Problematique

- ❑ Beaucoup de bassins de drainage dans le monde sont non ou faiblement jaugés, et le problème est aggravé par les activités anthropiques qui entraînent des changements au niveau du climat et des terres.
- ❑ Cette situation est plus aigüe en Afrique où la plupart des bassins versants manquent de données de débits et le réseau hydrométrique existant se dégrade continuellement.
- ❑ Le bassin du fleuve Niger n'échappe pas à la dégradation générale de l'information hydrologique. Entre les années 80 et 90, les réseaux hydrométriques sont réduits à un minimum et leur suivi est quasiment abandonné dans certains pays.

## Prevision dans les Bassins non Jauges en Afrique de l'Ouest

### 2. Objectifs

L'objectif principal de l'étude est de prévoir les débits de plusieurs bassins non jaugés du bassin du Niger et d'apporter assistance au processus d'adaptation au changement climatique dans les secteurs de l'eau et de l'agriculture en Afrique de l'Ouest.

#### Objectifs spécifiques

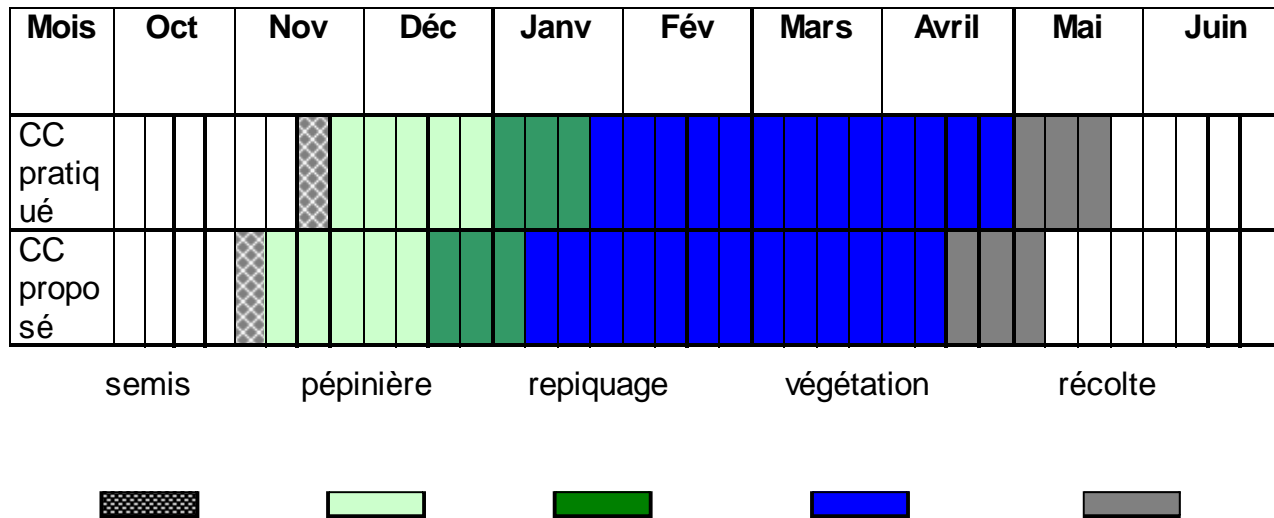
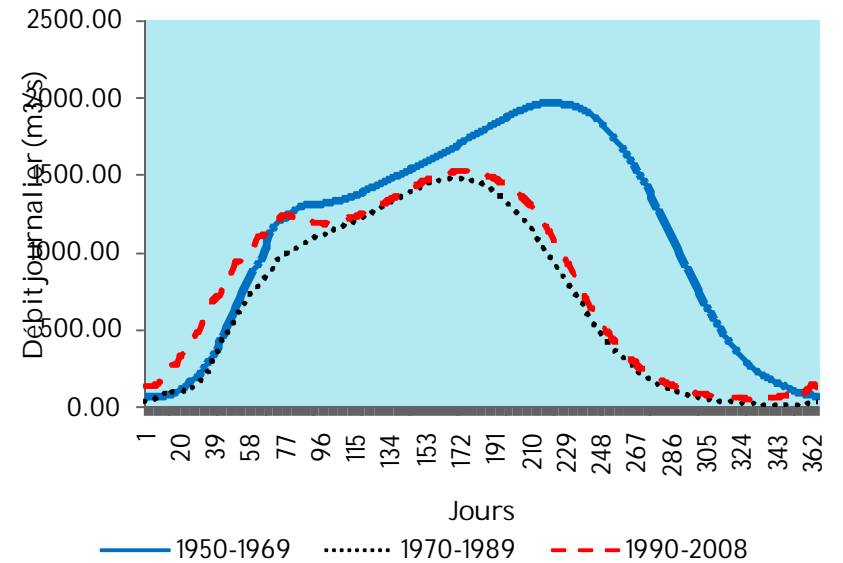
- ❑ Calibrer le modèle hydrologique SWAT sur un bassin de référence où les mesures de débits sont disponibles;
- ❑ Déterminer les paramètres du modèle les plus sensibles sur le bassin de référence et les transférer aux bassins non jaugés;
- ❑ Simuler les écoulements des bassins non jaugés au moyen du modèle calibré.







# Simulation décalage de 15 jours en saison sèche (périmètre de Saga, Niamey)



cc= calendrier culturel





## Adaptation des systèmes irrigués aux pics de crue

Grands périmètres: reprendre les normes des ouvrages de ceinture

- Bas fonds: contrôler mieux la lame d'eau: bas fond avec diguettes, drain central et micro barrage de régulation en amont
- Dans tous les cas, les systèmes avec un contrôle faible de la lame d'eau (irrigation de submersion...) ne sont plus adaptés avec les événements climatiques violents (manque ou trop d'eau)





## Eaux souterraines de faible profondeur et suivi de la dynamique des plans d'eau: cartographie des potentialités hydrauliques des bas-fonds et des cuirasses noyées

- ❖ Forages manuels ou motorisés à moindre coût et à faible profondeur : expérience de « enterprise work » au Burkina, Mali et Niger: des débits pouvant aller jusqu'à 20 m<sup>3</sup> par heure ont été obtenus dans la Kossi, à Ouahigouya, à Réo, à Sebah et autour de Ouaga
- ❖ Ces systèmes ont permis une extension des cultures maraichères
- ❖ On peut aussi développer des systèmes d'information sur la dynamique des plans d'eau pour les cultures de décrue: sorgho des contre saison au Tchad, en Mauritanie...





[www.cilss.bf](http://www.cilss.bf)

Un autre Sahel est possible !

# INVENTAIRE DES TECHNIQUES DEVELOPEES AU BURKINA ET AU NIGER





[www.cilss.bf](http://www.cilss.bf) ■ Un autre Sahel est possible !

## Forage manuel

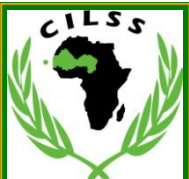




[www.cilss.bf](http://www.cilss.bf) ■ Un autre Sahel est possible!

## Moto tarière





[www.cilss.bf](http://www.cilss.bf) ■ Un autre Sahel est possible !

## POMPE A PEDALES ASPIRANTE REFOULANTE SIMPLE





[www.cilss.bf](http://www.cilss.bf) ■ Un autre Sahel est possible!

## Les forages artésiens (Bénin)





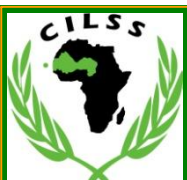


[www.cilss.bf](http://www.cilss.bf)

Un autre Sahel est possible!

## Parcelle de riziculture intensive au sud-Bénin (Alternative drying and wetting rice cropping system)





## STRATEGIES D'ADAPTATION/CC

Phénomène	Stratégies d'adaptation
Etiages	Calendrier cultural/eaux souterraine peu profondes
Inondations	Cartographie, prévisions, sensibilisation Adaptation des périmètres



## Conclusions et recommandations

- ❖ Promouvoir la collecte des données météorologiques, hydrologiques, socioéconomiques, environnementales, etc. ;
- ❖ Promouvoir la recherche ;
- ❖ Doter les établissements universitaires et instituts de recherche de moyens techniques et financiers et en développant la recherche dans le domaine de la modélisation des processus et de leurs impacts ainsi que pour une meilleure connaissance des ressources en eau;
- ❖ Intensifier les formations dans le domaine des ressources en eau.



A photograph of a wide, muddy river with a person standing in the water, overlaid with large green text. The text reads: "MERCI POUR VOTRE AIMABLE ATTENTION".

MERCI POUR VOTRE  
AIMABLE ATTENTION

*« Aucune science de la terre n'est mieux que  
l'hydrologie orientée vers les objectifs d'un  
monde meilleur » OMM, 1977.*