



## Conférence du 28 janvier 2021 Rotary Wezembeek-Kraainem

### La GIRE dans les PED

Jf Deliège, Professeur ULiège  
Directeur Aquapôle, ULiège  
Directeur Laboratoire PeGIRE  
Unité de Recherche FOCUS  
Département BEE (Biologie, Écologie, Évolution)  
Contact [JFDeliège@ulg.ac.be](mailto:JFDeliège@ulg.ac.be)  
+32 4 366 23 56  
+32 475 81 74 71



Réflexions

### La Gestion de l'Eau ... et de l'Assainissement

**Pour l'Accès à l'Eau Potable (pour tous)**

**Pour réduire les inégalités sociales**

**Pour la protection de l'Environnement**

**Pour assurer l'efficacité écologique**

...

**Pour Assurer le développement économique**

## Rapport mondial des nations unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2016 : L'Eau et l'Emploi

Préambule : Eau est essentielle pour l'économie au niveau National / Local  
Nécessaire dans tous les secteurs au maintien et à la création d'économie

½ Main d'œuvre mondiale travaille dans 8 secteurs industriels tributaires de l'Eau et des ressources naturelles

- Agriculture
- Sylviculture
- Pêche
- Énergie
- Exploitation des ressources naturelles
- Recyclage
- Construction
- Transport

- Institutions de régulation
- Administrations publiques
- Industries
- Énergie
- Commerce
- ...



3

## Rapport mondial des nations unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2016 : L'Eau et l'Emploi

La gestion durable de l'Eau (→ Moteur pour la croissance verte et le DD)  
L'infrastructure de l'Eau  
L'accès sûr, fiable et abordable à l'Eau ET aux services d'assainissement



Améliorent les conditions de vie  
Développent l'économie locale  
Mènent à la création d'un plus grand nombre d'emplois décents et à une meilleure inclusion sociale

Négliger les questions liées à l'Eau → effets préjudiciables sur

- L'économie
- Les moyens de subsistance et les populations
- Conséquences potentielles catastrophiques (et coûteuses)



Perte des acquis en matière de réduction de la pauvreté, création d'emplois et développement

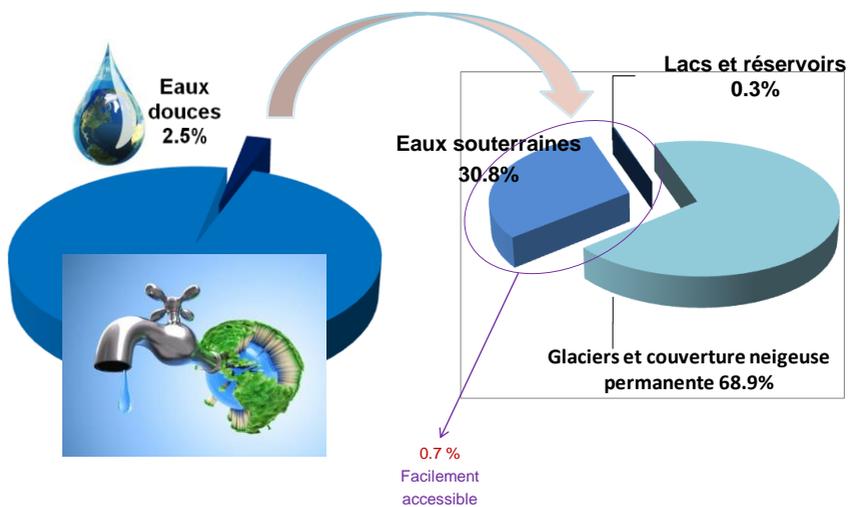


4

### La planète Bleue



### Un monde Salé



## De l'Eau pour tous ?

La ressource facilement accessible ne représente donc qu'environ **0.7%** du stock d'eau mondial → Soit 40.000 km<sup>3</sup>

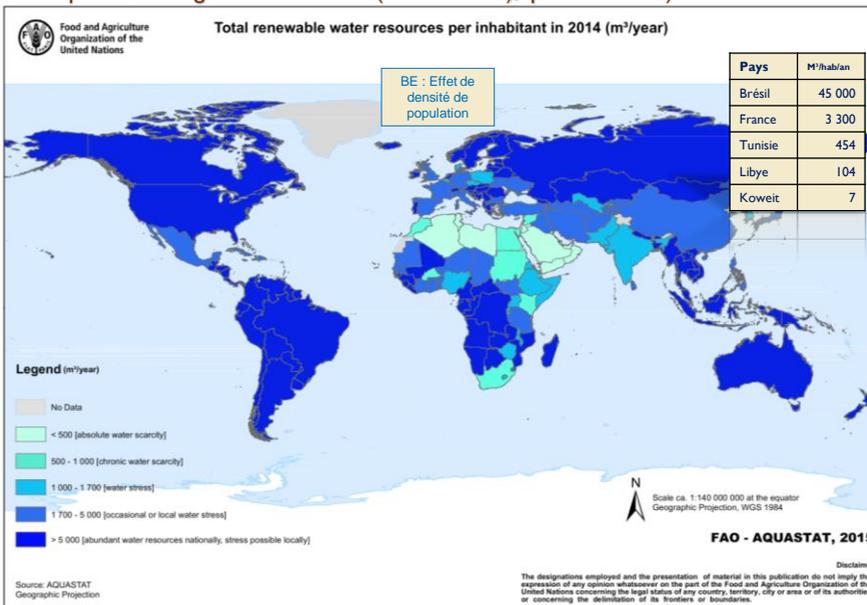


NB. Belgique    Disponibilité ~ 1760 m<sup>3</sup>/habitant/an  
                          Besoin domestique ~ 45 m<sup>3</sup>/hab/an

## Le dessous des cartes ! L'inégalité ...

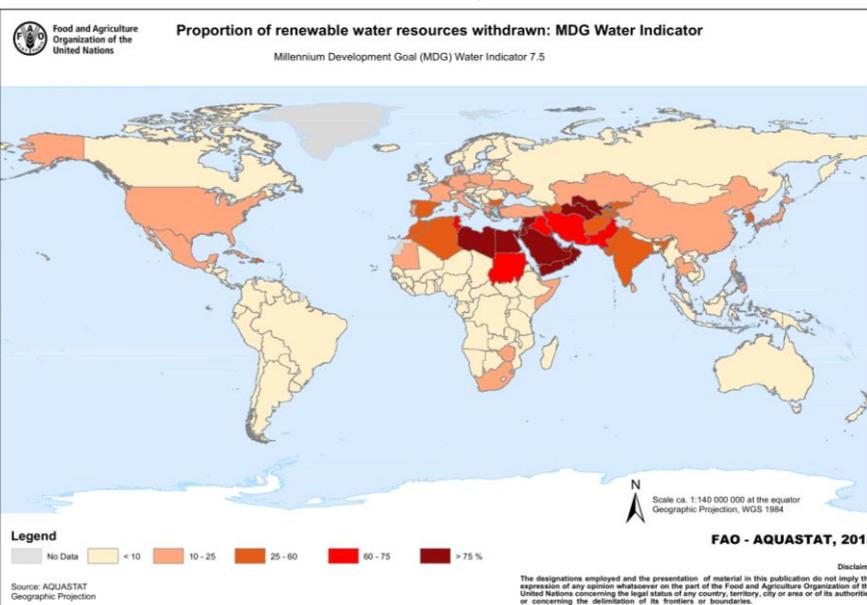


→ Disponibilité inégale en eau douce (renouvelable), par m<sup>3</sup>/hab/an

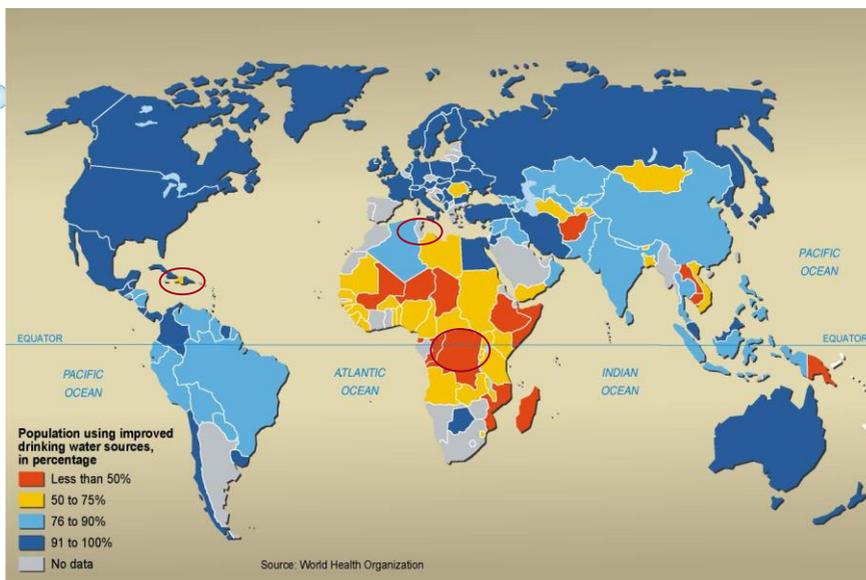


Indice de Falkenmark  
 « Water Barrier » à 500  
 « Water Barrier » à 200  
 INDICE DE FALKENMARK

% des ressources en eau renouvelables prélevées

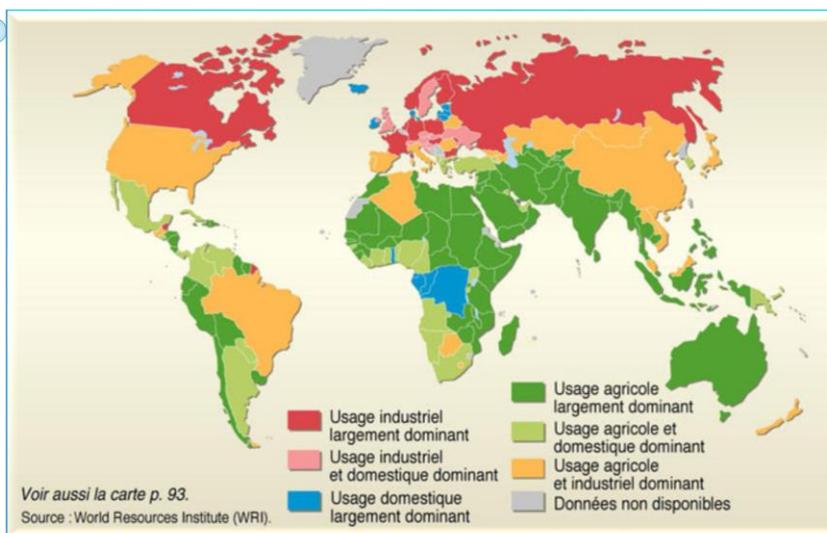


### Et l'Accès à l'Eau de Qualité ?



Tunisie : faible ressource / Très Bonne accessibilité 99% ! (Gestion à l'échelle nationale)  
 RDC : Ressource importante / mauvaise accessibilité (à l'échelle locale)  
 Haïti vs République Dominicaine

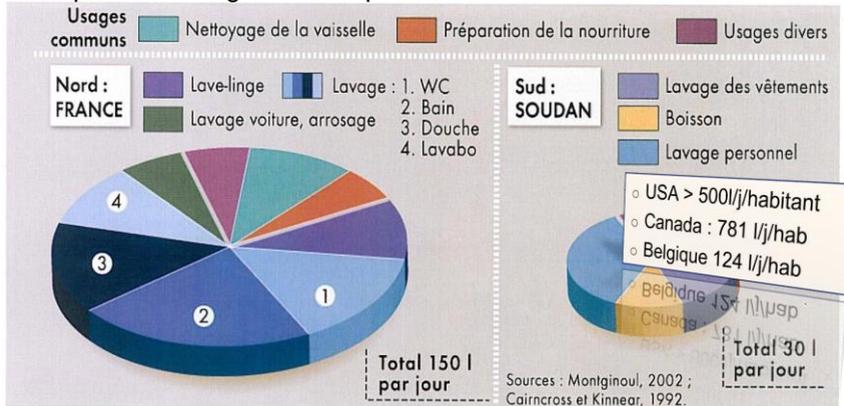
### Ressources Mondiales Usages de l'eau



NB. Effet lié à l'Hydroélectricité

## Ressources Mondiales Usages de l'eau

### Comparaison usage domestique: Nord de la France et Sud Soudan

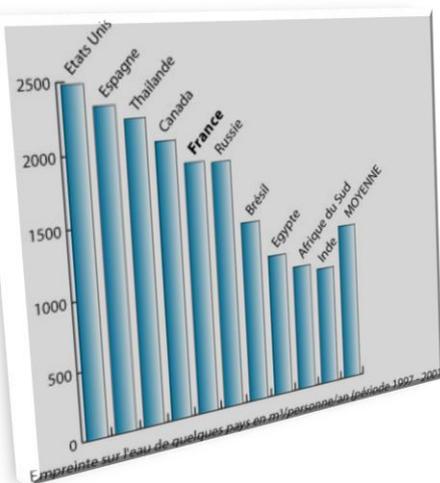


Source: Blanchon, D., Boissière, A., *Atlas mondial de l'eau*, Editions Autrement, 2009

- NB. WC Europe du Nord ~ 30% eau domestique  
 Tunisie : Hétérogénéité prononcée  
 tourisme 500 l/j/Touriste – rural qqes dizaines l/j/hab

## Ressources Mondiales Empreintes de l'eau

Volume d'eau nécessaire pour couvrir la production des biens et des services consommés par les habitants d'un pays

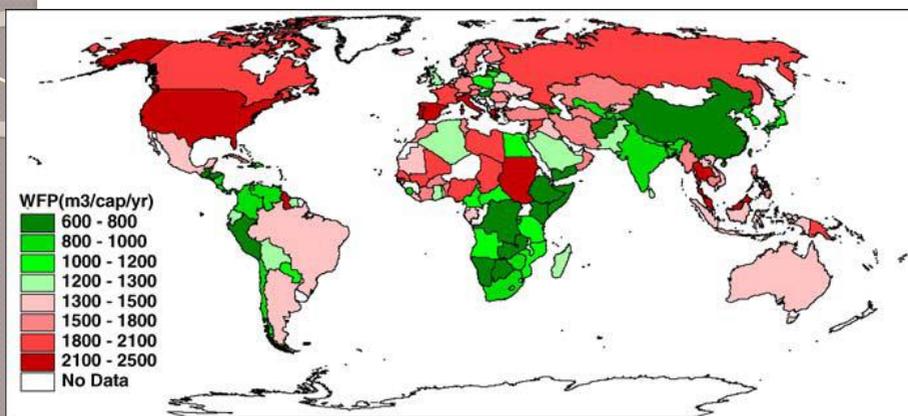


Source : Water footprint of nations, A.K.Chapagain et A.Y. Hoekstra, Unesco, 2004

- permet de calculer l'utilisation réelle d'un pays (son « empreinte sur l'eau »)
- total de la consommation domestique
  - + importations d'eau virtuelle
  - exportations d'eau virtuelle
- difficile à évaluer (doit-on compter l'eau virtuelle contenue dans du maïs importé servant à nourrir des vaches dont la viande sera exportée ?)

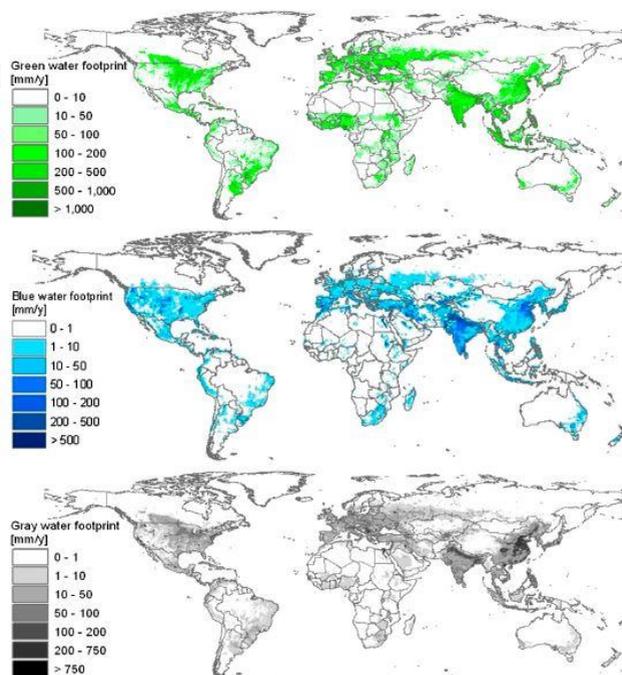
Produits	Eau Virtuelle
1kg Viande Boeuf	15340 l
T-Shirt en coton	4100 l
1 l Lait	1000 l
1 tasse Café (125 ml)	140 l

### Ressources Mondiales Empreintes de l'eau



Empreinte nationale moyenne par habitant  
 Vert = en dessous de la valeur moyenne globale  
 Rouge = au dessus

### Ressources Mondiales Eaux Bleue / Verte / Grise



Empreintes eau verte,  
 bleue et grise des  
 différents États durant  
 la période 1996-2005

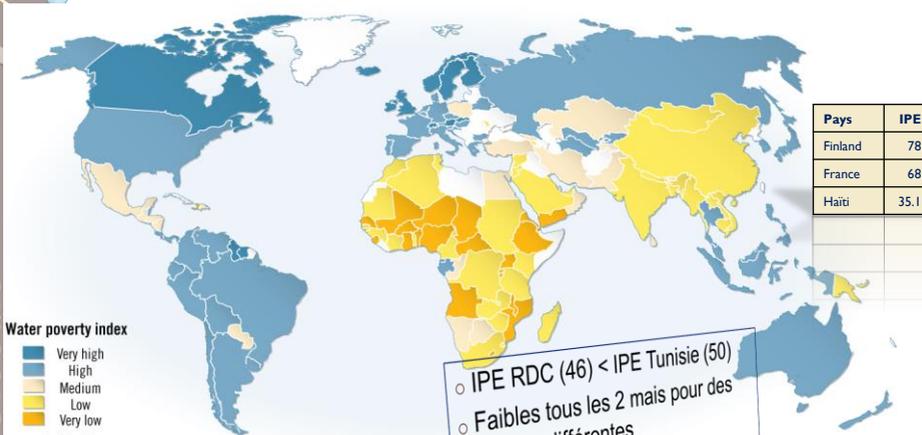
## Ressources Mondiales

### Indice de pauvreté en eau (Water Poverty Index, Lawrence et al. 2002)

- Développé en collaboration avec plus de 100 experts en eau
- Prend en compte **5** aspects (géophysiques, économiques et sociaux)
  - ✓ **Les ressources** : quantité d'eau de surface et souterraine qu'on peut prélever par habitant
  - ✓ **L'accès** : tient compte du temps et de la distance nécessaire pour pouvoir disposer d'une quantité suffisante d'eau salubre pour la consommation humaine, l'agriculture et l'industrie
  - ✓ **Les capacités** : examine avec quelle efficacité la communauté peut administrer l'eau. Cet aspect tient notamment compte des maladies hydriques et de la mortalité infantile
  - ✓ **Les usages**: examine les quantités d'eau utilisées  
 Aux niveaux domestique, industriel et agricole  
 → Cet aspect Pénalise les Gaspillages !
  - ✓ **L'environnement**
    - > Qualité de l'eau
    - > Stress sur la ressource (utilisation de pesticides, polluants industriels etc...)
    - > Capacité de gestion
    - > Information (disponibilité de plans de gestion, stratégies nationales...)
    - > Biodiversité

## Ressources Mondiales

### Indice de pauvreté en eau (Water Poverty Index, Lawrence et al. 2002)



**Water poverty index**

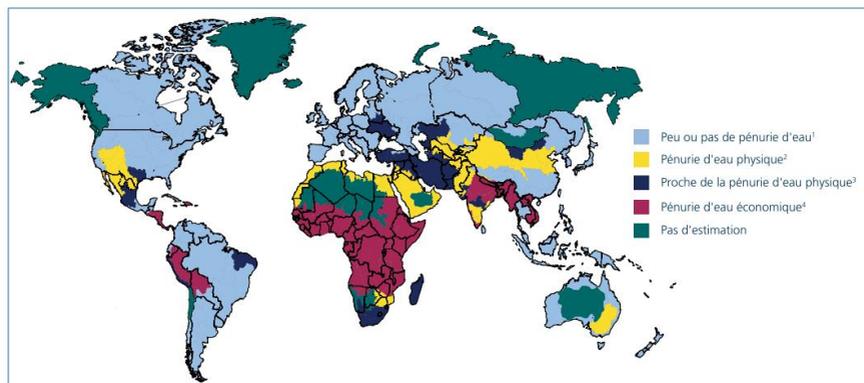
- Very high
- High
- Medium
- Low
- Very low
- No data

Source: World Resources Institute 2006

Importance de la gestion :  
 Rome 500 000 m<sup>3</sup>/j (500km pour 9 aqueducs)

○ IPE RDC (46) < IPE Tunisie (50)  
 ○ Faibles tous les 2 mais pour des raisons différentes  
 ○ IPE Belgique 60.8  
 ○ USA 32<sup>ème</sup> place (consommation)  
 ○ USA 35<sup>ème</sup> place (consommation)

### La quantité ... Pénurie d'eau physique et économique à l'échelle mondiale



- Peu ou pas de pénurie : ressource abondante p/r à l'utilisation (- 25%)
- Pénurie d'eau physique (utilisation > durabilité) >75% débit fluvial prélevé
- Proche de la pénurie d'eau physique (60% prélevé → avenir proche ?)
- Pénurie d'eau économique : Ressources humaines, institutionnelles et financières limitent l'accès à l'eau (même si ressources abondantes, malnutrition, maladies hydriques, espérance de vie ...)

### Gestion de l'Eau : Application

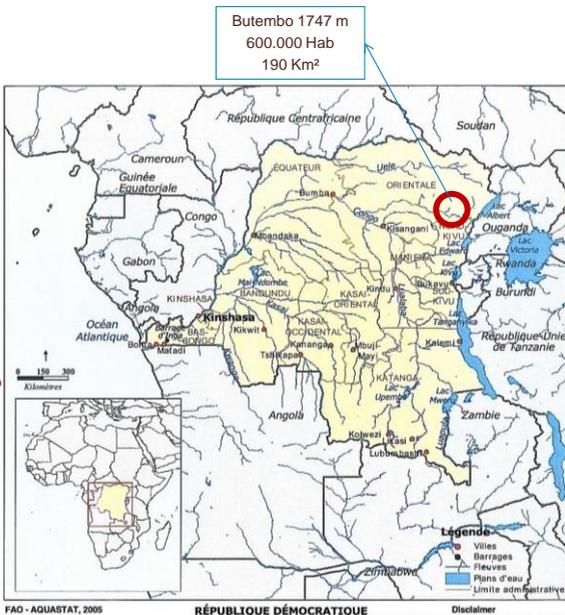
#### Exemples en République Démocratique du Congo

- au niveau local  
cas de Butembo
- au niveau du sous-bassin  
cas de la rivière Lukaya



## Gestion de l'Eau : RDC

- Superficie: 2.3 M km<sup>2</sup>  
76x la Belgique
- Population: environ 68 M habitants (27 hab/km<sup>2</sup>)
- Taux de croissance pop : 3,1%
- Accès à l'eau potable: 45%
- Accès des structures sanitaires de base: 45%
- Taux d'emploi : 4% (2001)
- **Espérance de vie : 44 ans**



## Gestion de l'Eau : RDC, Nord Kivu, Butembo



- ONG UNIVERSUD (de l'Ulg, financement DGCD : Dir. Gén. Coop. Be)
- Partenaire local: Consortium d'Agriculture Urbaine de Butembo (CAUB)
- Objectif: améliorer les conditions de vie des populations défavorisées
- 2 axes :
  - Lutter contre la malnutrition (petit élevage, diversification des cultures, spiruline)
  - **Améliorer l'accès à une eau de qualité** (Intervention de l'Aquapôle)



## Gestion de l'Eau : RDC, Nord Kivu, Butembo

Activités liées à l'amélioration de l'accès à une eau de qualité

### Réhabilitation et entretien des ouvrages

- Une dizaine de systèmes d'approvisionnement en eau
  - Bornes fontaines simples (source) #6
  - Réseaux d'adductions (distribution en plusieurs « points d'eau » à partir d'un captage) #2
  - Puit #1
- 6% de la populat° (36 000 personnes)



A

## Gestion de l'Eau : RDC, Nord Kivu, Butembo

Activités liées à l'amélioration de l'accès à une eau de qualité

### Mise en place de comités sources

- Par/pour la population
- Paiement d'une cotisation contre service
  - maintenance
  - traitement de potabilisation (chloration)
- Sans participation financière, cela ne marche pas

Conflits potentiels car changement des règles



Applications

Applications

## Gestion de l'Eau : RDC, Nord Kivu, Butembo

Activités liées à l'amélioration de l'accès à une eau de qualité

### Formation et sensibilisation

A la maintenance  
A la gestion  
A la potabilisation

Expliquer pourquoi il faut

- financer les services
- chlorer



problématique culturelle  
liée au traitement  
chimique de l'Eau



## Gestion de l'Eau : RDC, Nord Kivu, Butembo

### Film Butembo



Réalisation Congolaise  
Kid Mutuka  
Valérie Wambersy  
J.M. Godeau  
Ir Sahani Walere  
Septembre 2009

Problèmes sanitaires  
Difficulté au quotidien  
Distribution des rôles

Applications

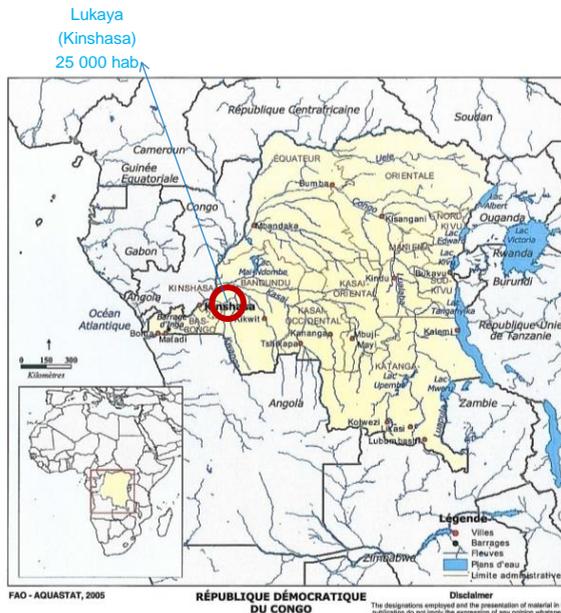
## Gestion de l'Eau : Application

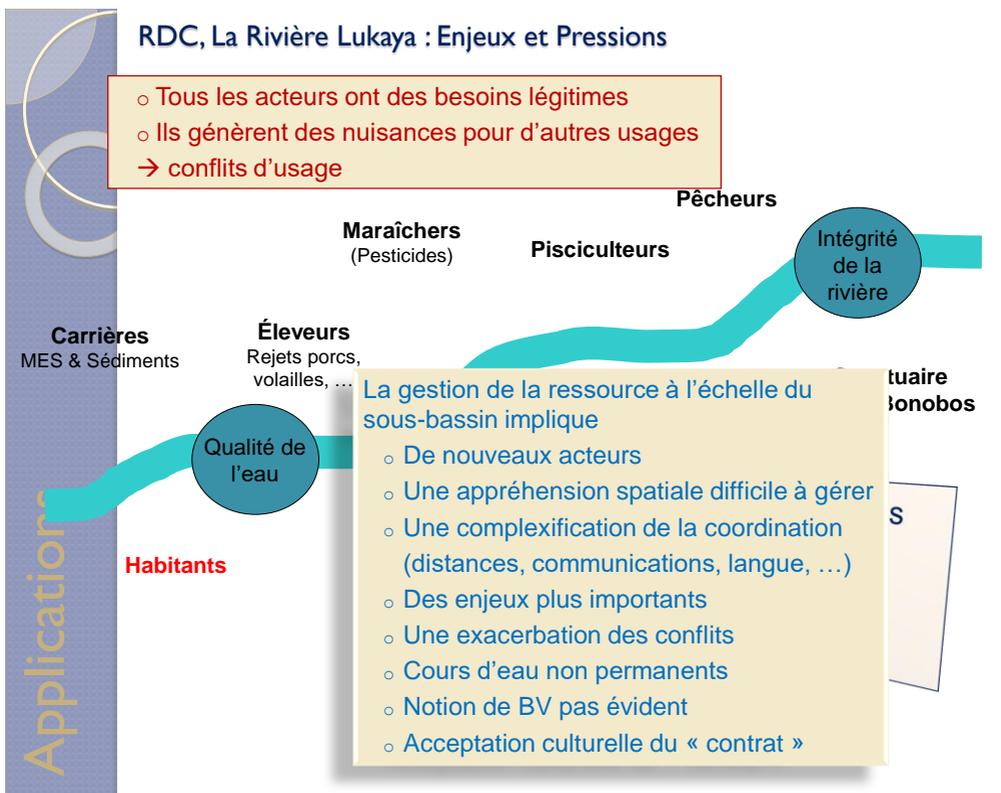
### Exemples en République Démocratique du Congo

- au niveau local  
cas de Butembo
- au niveau du sous-bassin  
cas de la rivière Lukaya

## Gestion de l'Eau : RDC

- Superficie: 2.3 M km<sup>2</sup>  
76x la Belgique
- Population: environ 68 M  
habitants (27 hab/km<sup>2</sup>)
- Taux de croissance pop :  
3,1%
- Accès à l'eau potable: 45%
- Accès des structures  
sanitaires de base: 45%
- Taux d'emploi : 4% (2001)
- Espérance de vie : 44 ans





Applications

## RDC, La Rivière Lukaya : Enjeux et Pressions

### Gestion de l'eau à l'échelle du sous bassin: approche participative



Chef coutumier (associé à un territoire, échelle locale) vs Administration (échelle nationale)

Applications

## RDC, La Rivière Lukaya : Enjeux et Pressions

### Gestion de l'eau à l'échelle du sous bassin: approche participative

#### Méthodologie du Contrat Rivière

Outil de gestion locale et participative de l'eau  
Protocole d'accord entre l'ensemble des acteurs publics et privés

Objectifs

- o Restauration
- o Protection
- o Valorisation des ressources en eau et des milieux aquatiques

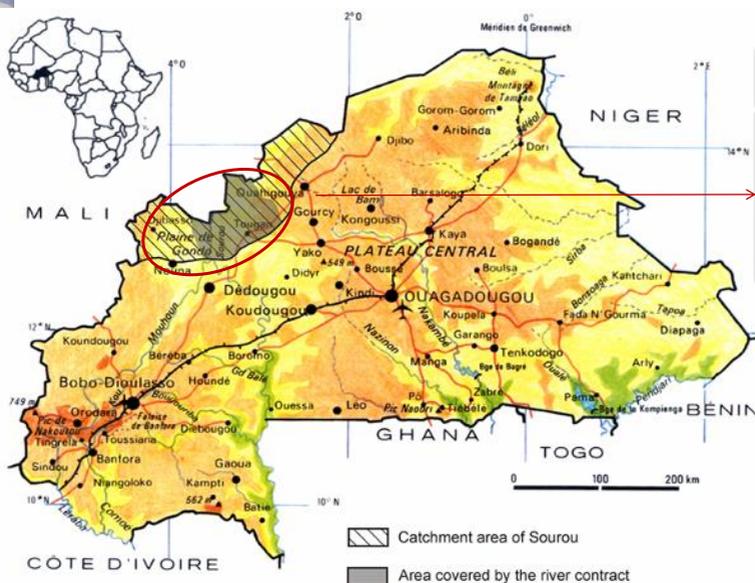
Moyens

- o Campagne d'information et de sensibilisation
- o Participation des **acteurs publics et privés concernés**

Inspirée des CR France et en Wallonie  
(18 CR, 80% de la Surf.)  
Appliquée au Burkina Faso (F. Rosillon, Ulg)

A Lukaya : en phase d'initialisation  
Application sur la rivière Sourou au Burkina Faso  
Outil pour la mise en œuvre du Plan d'Actions National de Gestion des Ressources en Eau (PAGIRE)

## Burkina Faso : Contrat Rivière



Similaire à la Lukaya

Sourou  
 16.223 km<sup>2</sup>  
 6% du BF  
 Frontière Mali  
 Affluent du Mouhoun

Applications

## Sourou

BV > 500 Km<sup>2</sup> → Sélection d'une fraction homogène du BV

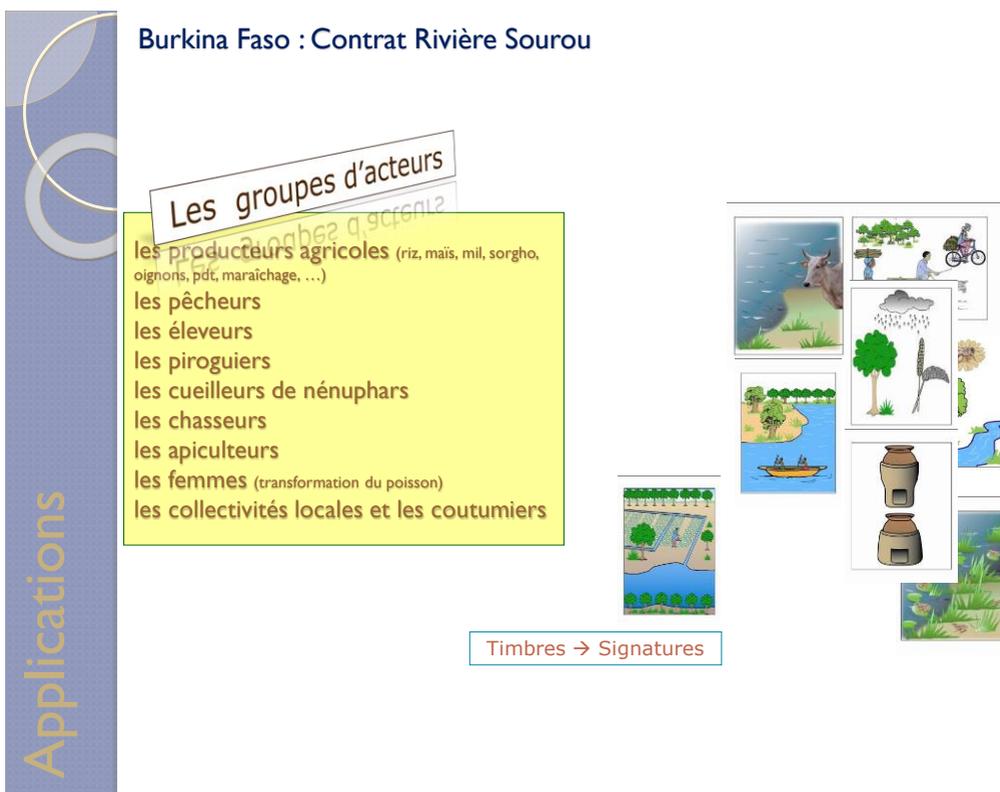
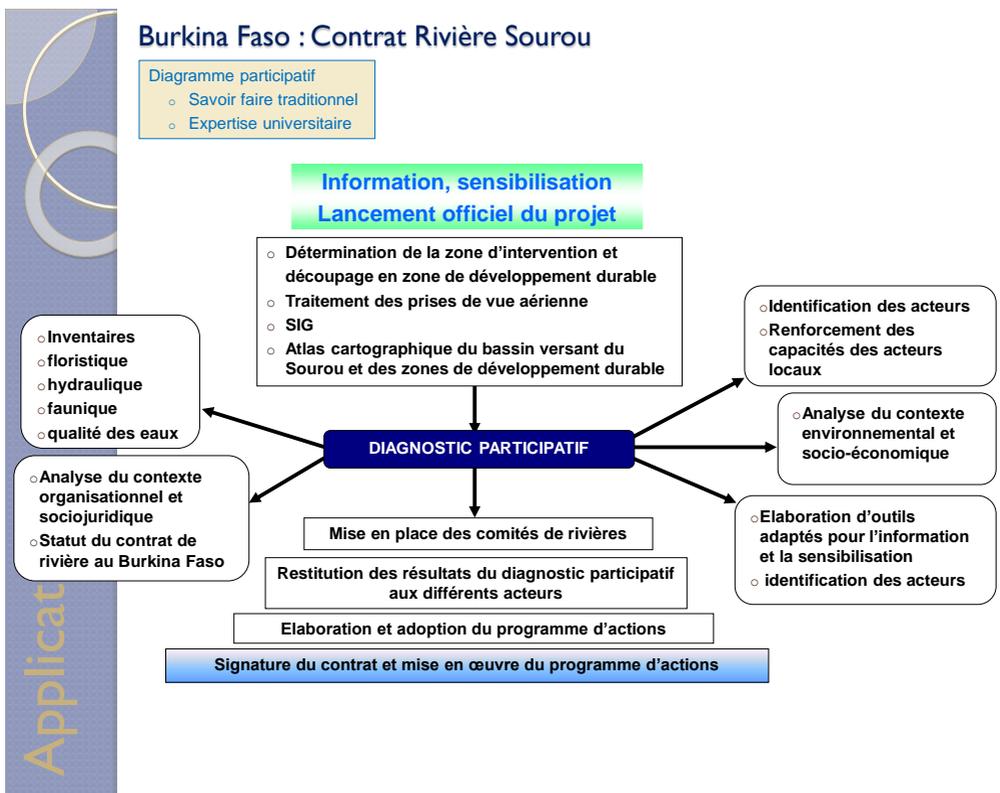


- ✓ Enjeux importants en terme d'approvisionnement en eau
- ✓ Vallée de production agricole : riz, pdt, oignons, tomates, haricots,...
- ✓ Présence de périmètres irrigués
- ✓ Volonté des populations locales de participer à ce projet
- ✓ ONG très actives

Rivière en danger ...  
 Si aucunes mesures prises, la rivière disparaît dans 15 à 20 ans

Constructions de vannes barrages  
 Montée des eaux & inondations de la forêt  
 Disparition des arbres  
 Sol nu → érosion → ensablement du lit  
 Rivière permanente → intermittente

Applications



## Burkina Faso : Contrat Rivière Sourou

Campagnes d'information et de sensibilisation



Rencontre entre les producteurs du village de KOUY et ADESKO  
(Association pour le dév't économique et social de Koné)



Installation officielle de 3  
comités de rivière



Logo

Logo

## Burkina Faso : Contrat Rivière Sourou

Un exemple de concertation (Décembre 2003)  
les pratiques de pêche dans le Sourou



Accord de coopération  
entre pêcheurs maliens  
et burkinabés



Applicatio

### Burkina Faso : Contrat Rivière Sourou Programme d'actions

Protection des sols en bordure de rivière par modification de l'OCC (fond de vallée)  
Zones de protection en vue de maintenir les formations ripicoles  
Lutte contre le feu de brousse (200 km de pare-feux)

**Résultats : 2 ans**

1. **Restauration formations ripicoles, protection des berges**
2. **Protection forêt galerie existante**
3. **Zone de greffage de Jujubiers (pommes du Sahel)**



Mise en place de zones protégées (1700 ha)

### Burkina Faso : Contrat Rivière Sourou

### Programme d'actions

Accès à l'eau potable

Réparation de 20 forages



POMPE BENAÏSSA  
PAR LA COPROCI  
PERIODE OCTOBRE 2011  
CONTRAT RIVIERE SOUROU  
FINANÇÉ PAR LE GOUVERNEMENT



## Gestion de l'Eau à l'échelle Globale

### Exemples en Tunisie

- au niveau National  
**Le Projet COPEAU**
- au niveau du District International  
**Modélisation de la Méjerda**

### Le projet COPEAU

#### Réseau de contrôle de la Pollution des Eaux en Tunisie



□ Population totale  
**10,25 millions**

□ Superficie totale  
**134.095 km<sup>2</sup>**

□ Ressources renouvelables  
totales en eau

- 4595 millions de m<sup>3</sup>/an
- soit 454 m<sup>3</sup>/hab/an

FAO-AQUASTAT, 2005

TUNISIE

Droit de responsabilité  
Les appellations employées dans cette publication et la  
présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de  
l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture aucune prise de position quant au statut juridique des  
pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs frontières, et qu'au  
trace de leurs frontières ou limites.

## Le projet COPEAU Réseau de contrôle de la Pollution des Eaux en Tunisie

**Promoteur :** Agence Nationale de Protection de l'Environnement (**ANPE**)  
**Partenaire :** Aquapôle - Université de Liège  
**Financement :** UE - LIFE Pays-Tiers 06TCY/TN000275 (790.563 €)  
**Durée :** 3 ans (janvier 2007- juin 2010)



### Objectifs : appui à l'ANPE pour

- ❑ La mise en place d'un réseau national de contrôle de la pollution des eaux
- ❑ Rédaction d'un manuel de procédures
- ❑ Echanges d'expériences avec le réseau de surveillance de la Rw
- ❑ Formations
- ❑ Acquisitions de 2 laboratoires mobiles et d'équipement d'analyses

Agence Nationale de Protection de l'environnement

<http://www.anpe.nat.tn>

Principales missions

- ❑ Lutte contre la pollution
- ❑ Contrôle et suivi des rejets
- ❑ Formation et éducation
- ❑ Etudes et recherches

45

## Le projet COPEAU Réseau de contrôle de la Pollution des Eaux en Tunisie

La gestion de la ressource à l'échelle nationale implique

- L'identification des structures administratives
- L'établissement d'un partenariat avec ces administrations

→ Une simplification de la coordination qui ressort de la responsabilité des pouvoirs nationaux (Ministères)

- Une politisation des conflits
- Des enjeux très importants
- Une vision stratégique
- Un temps de réponse important du système
- L'utilisation d'outil complexe à l'échelle synoptique

46

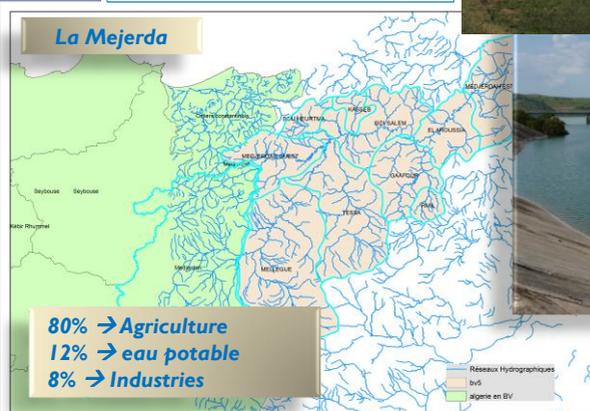
## Gestion de l'Eau à l'échelle Globale

### Exemples en Tunisie

- au niveau National  
Le Projet COPEAU
- au niveau du District  
International  
Modélisation de la Méjerda

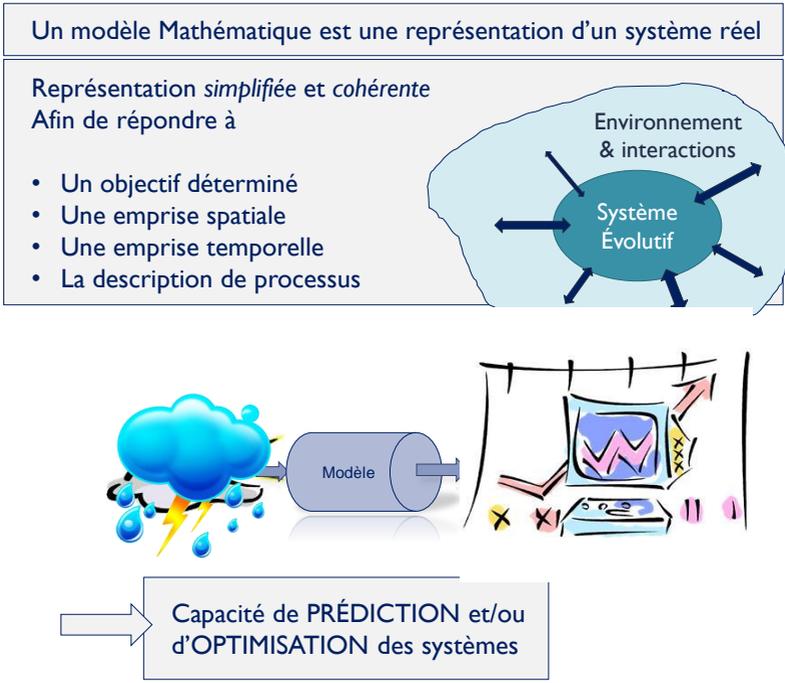
## Modélisation Transnationale de la Méjerda

- 24.000km<sup>2</sup> (1/3 en Algérie)
- 25% des ressources de la Tunisie (> 50% de la pop)
- 22 barrages
- Q de 0 → 10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>/sec



Applications

## Modélisation : Principes de Fonctionnement



Simulations

## Modélisation BV/Rivière Pégase Planification Et Gestion de l'ASSainissement des Eaux



### Objectifs

- Quantifier les relations « pressions-impacts »
- Calculer explicitement la relation entre Rejets et CC dans le milieu
- Aider dans les processus de prise de décision (DSS)
- Mieux comprendre le fonctionnement de l'hydrosystème
- Structurer les connaissances (y compris les « données d'entrée »)

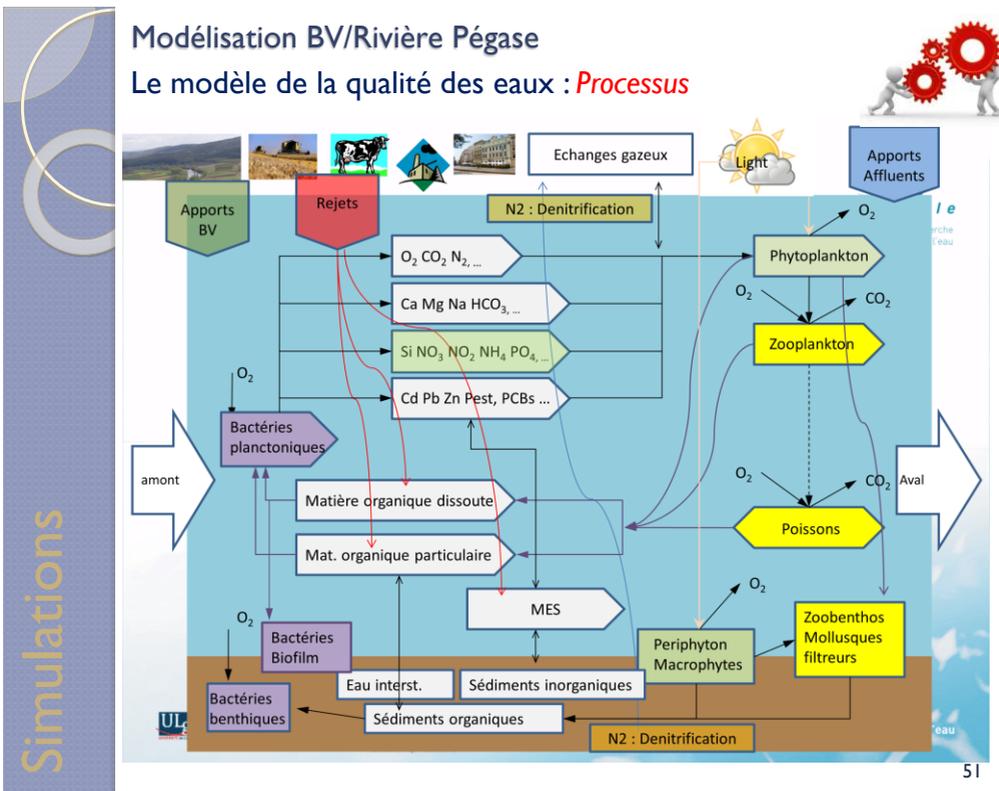
### Modèle de simulation de la qualité des eaux de surface (*Emprise*)

- bassins versants / rivières (→ le modèle « rivière » est « étendu » au BV)
- apports et rejets polluants (→ structuration des données)
- écosystème aquatique et qualité de l'eau (O<sub>2</sub>, C, N, P, ...)
- Modèle déterministe et physiquement basé (phytoplancton, bactéries, ...)

### Outil opérationnel d'aide à la décision pour

- l'assainissement et la dépollution
- la gestion de la qualité du milieu aquatique
- interactions permanentes avec les utilisateurs





### Modélisation BV/Rivière Pégase

#### Le modèle de la qualité des eaux : *Processus*

**Les processus**

- production primaire
- mortalité, respiration biomasses
- dégradation matière organique
- nitrification, dénitrification
- réaération

**Les variables**

- débits, vitesses, temps de transferts dans le réseau hydrographique
- températures de l'eau
- concentrations : MO, COD, COP, DCO, DBO, NH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, NKj, P<sub>tot</sub>, PO<sub>4</sub>, O<sub>2</sub> dissous (horaire), biomasses micropolluants (en développement)

**Les résultats**

- globalisation des résultats par rivière, par masse d'eau, par sous-bassin, ... : flux, bilans
- résultats longitudinaux, évolutions temporelles, cartes : calcul de valeurs statistiques (p90, ...), indices de qualité SEQ Eau

Simulations

## Modélisation BV/Rivière Pégase

### Données d'Entrée et Résultats

Simulations de validation
Flux de pollution / Bilans
Résultats par masse d'eau
Scenarios

Simulations

## Modélisation : Principes de Fonctionnement

### Exemples de Résultats

**Simulation de validation : concentrations en nitrates, azote et ammonium (sur la Meuse en 1996)**

**Application transnationale : DHI de la Meuse (F, B, Lux, D, NL)**

**Carte de qualité du réseau hydrographique : indice SEQ-Eau matières organiques (Bassin de la Loire)**

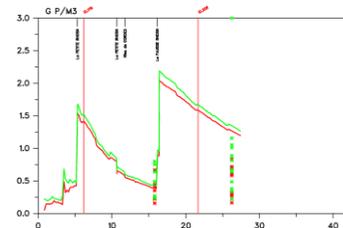
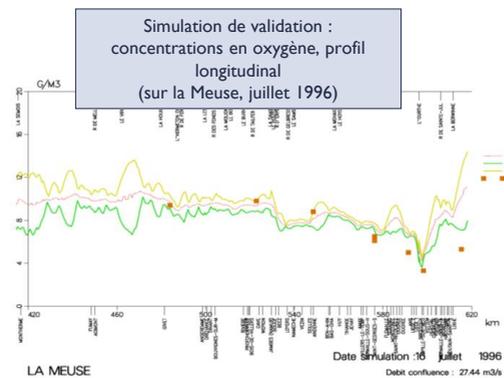
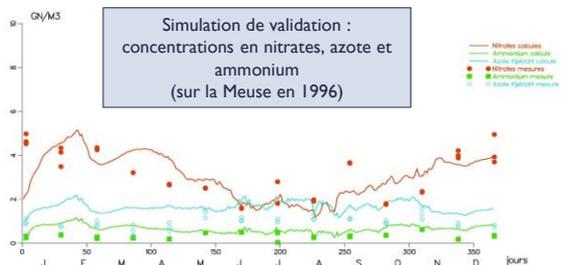
**Mise en œuvre de la DCE : indice SEQ-Eau nitrates (la Maine)**

**Simulation scénario 2015 : Indice < 60**  
**Situation actuelle (2002) => A RISQUE**

Théorie

## Modélisation BV/Rivière Pégase

### Résultats

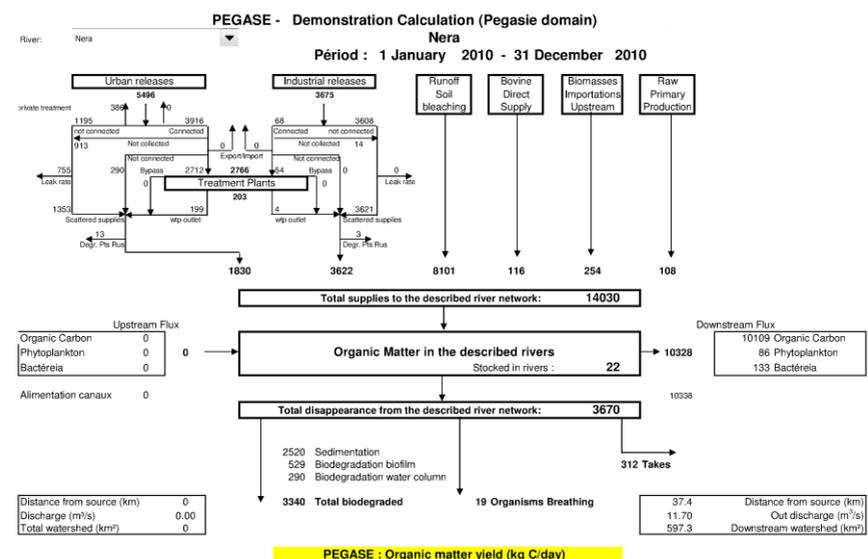


Simulation de validation : Phosphore, Longitudinal P90 valeurs calculées Valeurs mesurées (sur la Rhosne, 2009)

Théorie

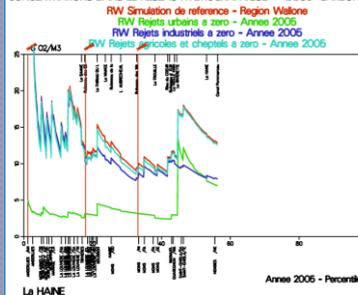
## Modélisation BV/Rivière Pégase

### Résultats Bilans ...



## Modélisation : Principes de Fonctionnement

CONCENTRATIONS DANS LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE "DBO5" CARBONE (CO2/M3)

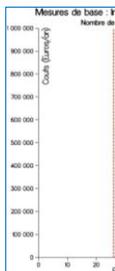


Mise à zéro des forces motrices

- ❑ Structuration de la connaissance et des bases de données
  - ❑ Représentation physiquement basée des processus
- Réalisation de scénarios prospectifs  
 → Élaboration de programmes d'actions  
 → Évaluation de l'incidence des pressions sur l'état du milieu  
 → Autorisation de rejets  
 → Études d'incidence  
 → Autorisation d'exploiter



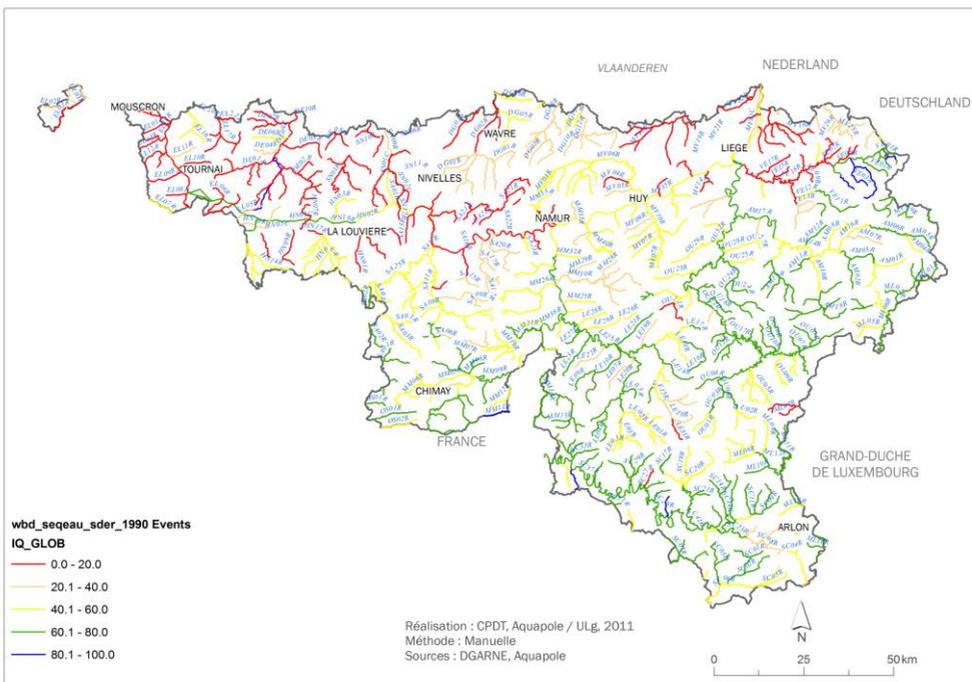
**Effets fédérateurs et structurants positifs**



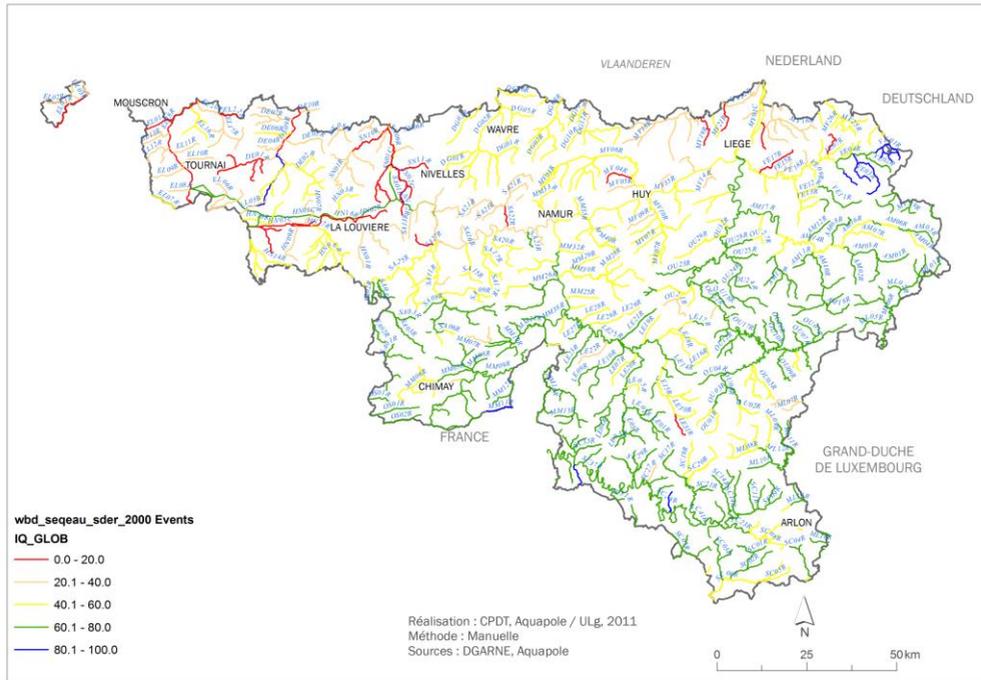
Analyse coûts/efficacité

Applications

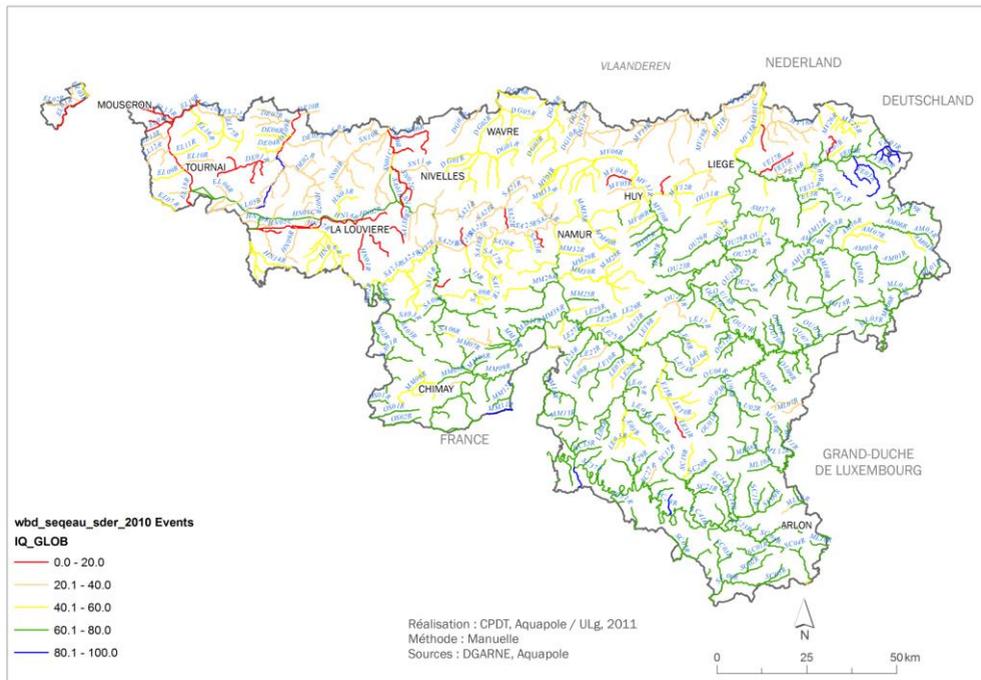
## PEGASE/DCE : simulation de scénarios – simulation 1990



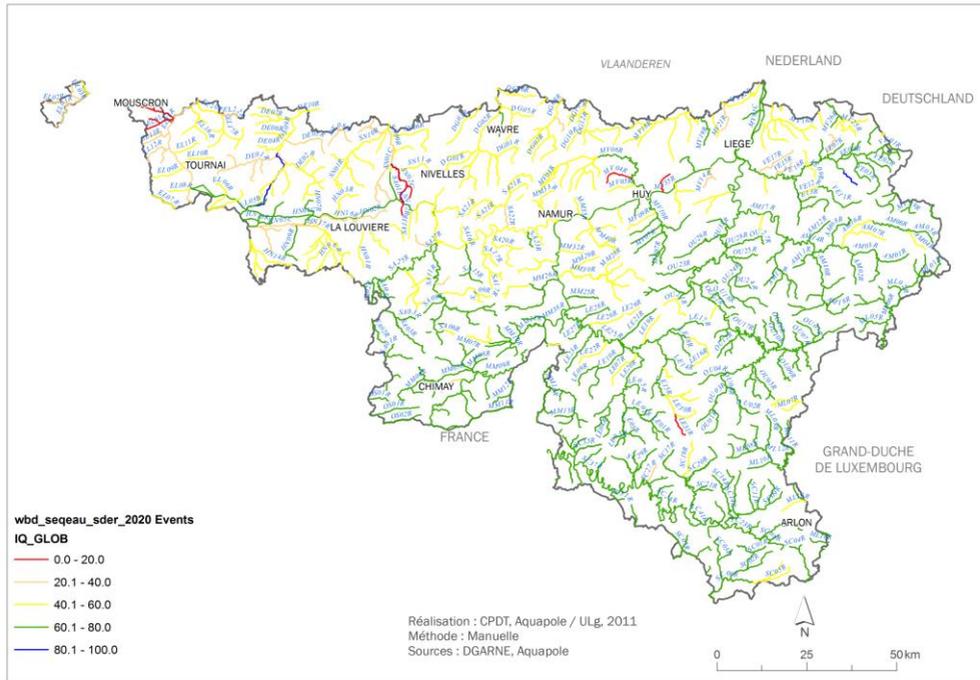
## PEGASE/DCE : simulation de scénarios – simulation 2000



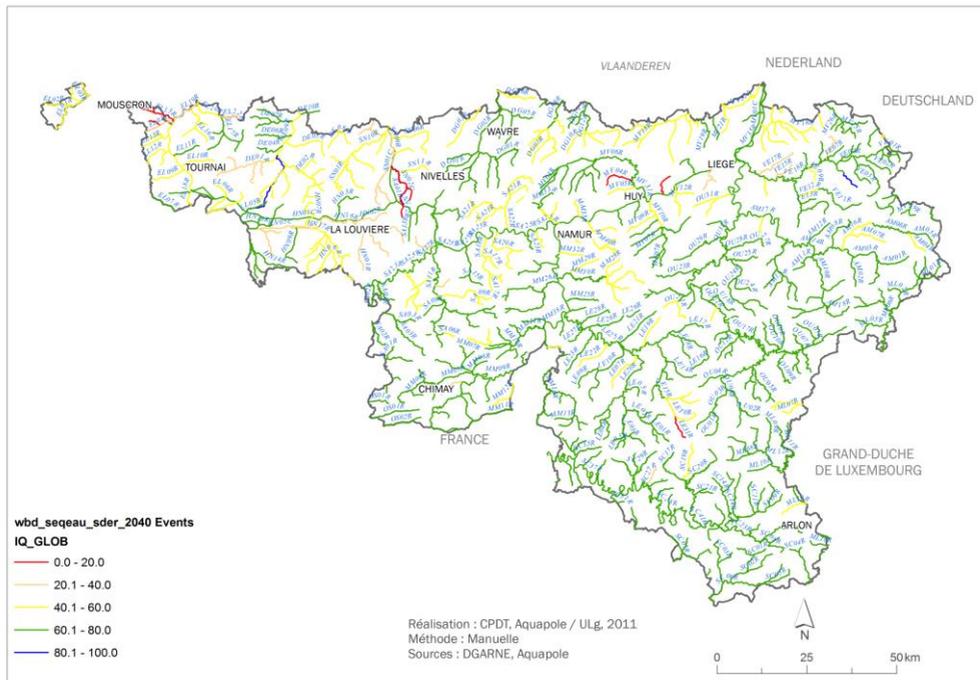
## PEGASE/DCE : simulation de scénarios – simulation 2010



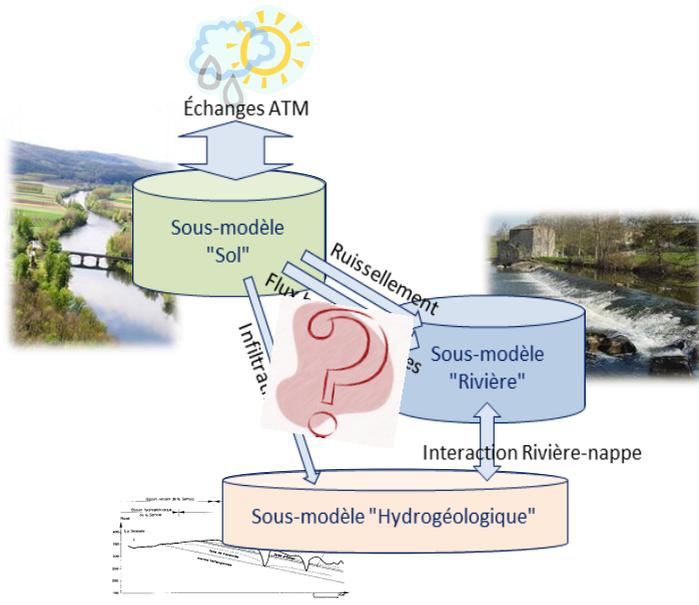
## PEGASE/DCE : simulation de scénarios – simulation 2020



## PEGASE/DCE : simulation de scénarios – simulation 2040



## Système Hydrologique Compartimenté



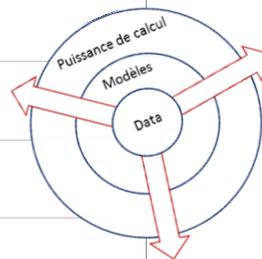
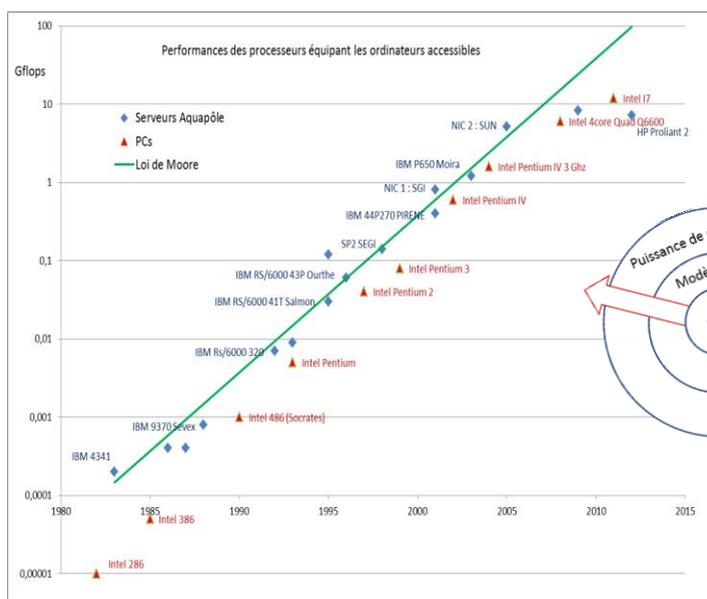
Comment Intégrer

≡ Comment faire communiquer les sous-modèles

63

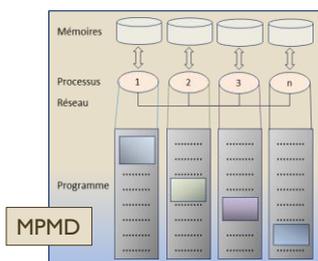
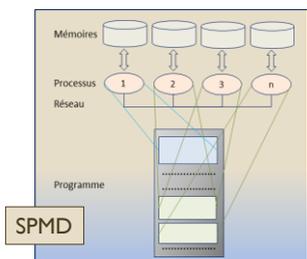
## Evolution Hardware

- Monoprocesseurs → multiprocesseurs
- Puissance de calcul **disponible** entre 1990 et 2010 augmente d'un facteur ~ 10,000
- Puissance actuelle ~10 Gflops/proc à ~100 Gflops tot (HP Proliant Moirab)

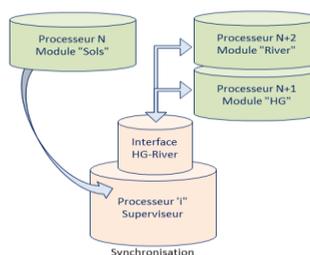


64

## Classification

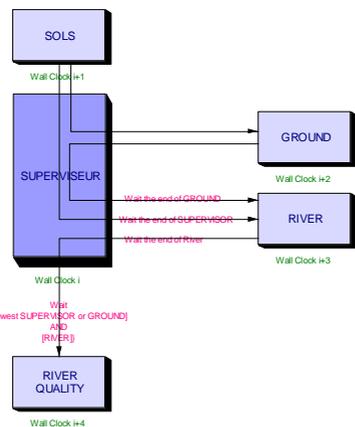


Multiprocesseurs SP2 SGI ...  
ou Monoprocasseur



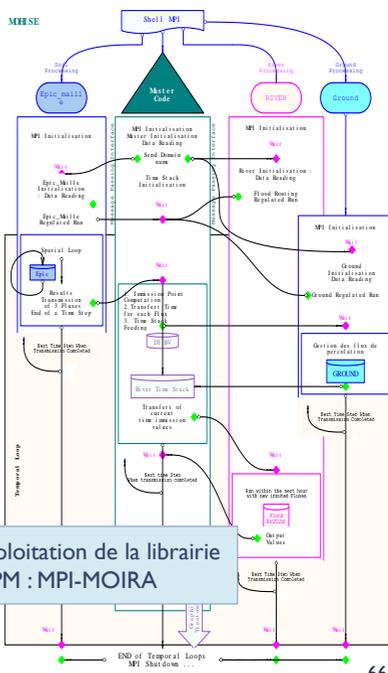
Chaque processus (ou partie de PGM) est exécuté sur sa BDD  
 Les variables du (des) PGM sont privées (résident dans mémoire locale de chaque proc.)  
**Une donnée est échangée entre 2 processus via un dialogue (type IPC)**

## Le Superviseur et la Synchronisation

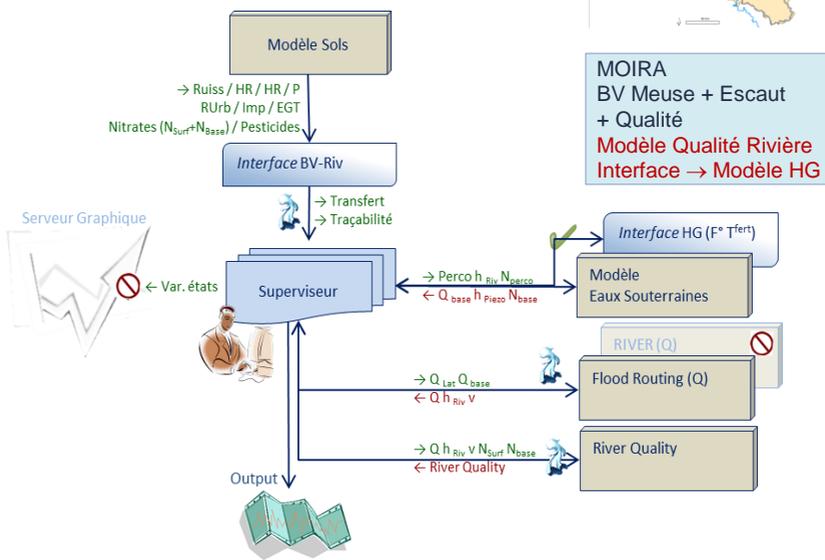


- Gérer les différences de temps d'exécution des modèles
  - Identifier et Orchestrer les envois/réceptions
- Imposer des Barrières de synchronisation

Exploitation de la librairie MPM : MPI-MOIRA



## Projet PIRENE (Modèle MOIRA) Modèle hydrologique intégré pour les ressources aquatiques

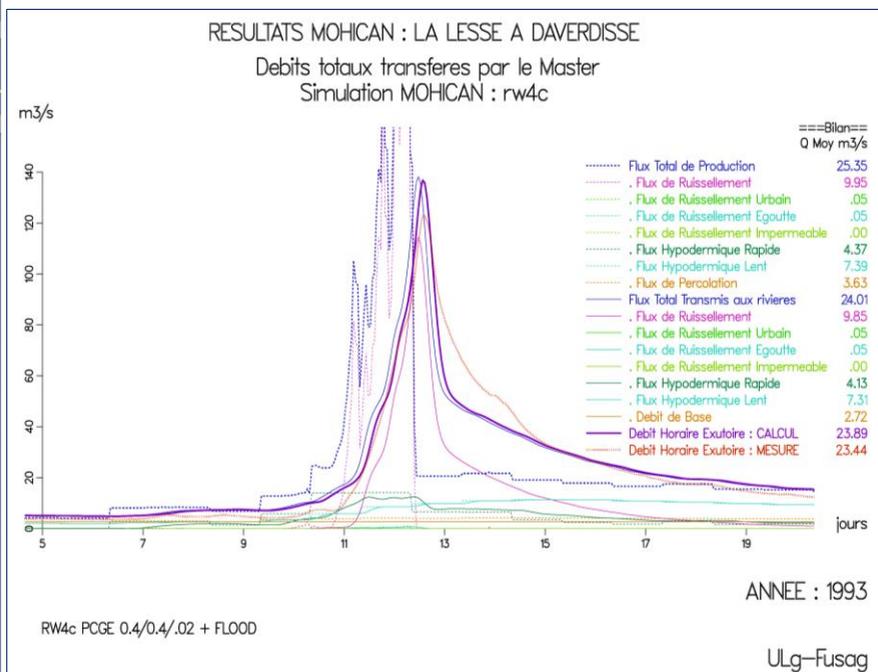


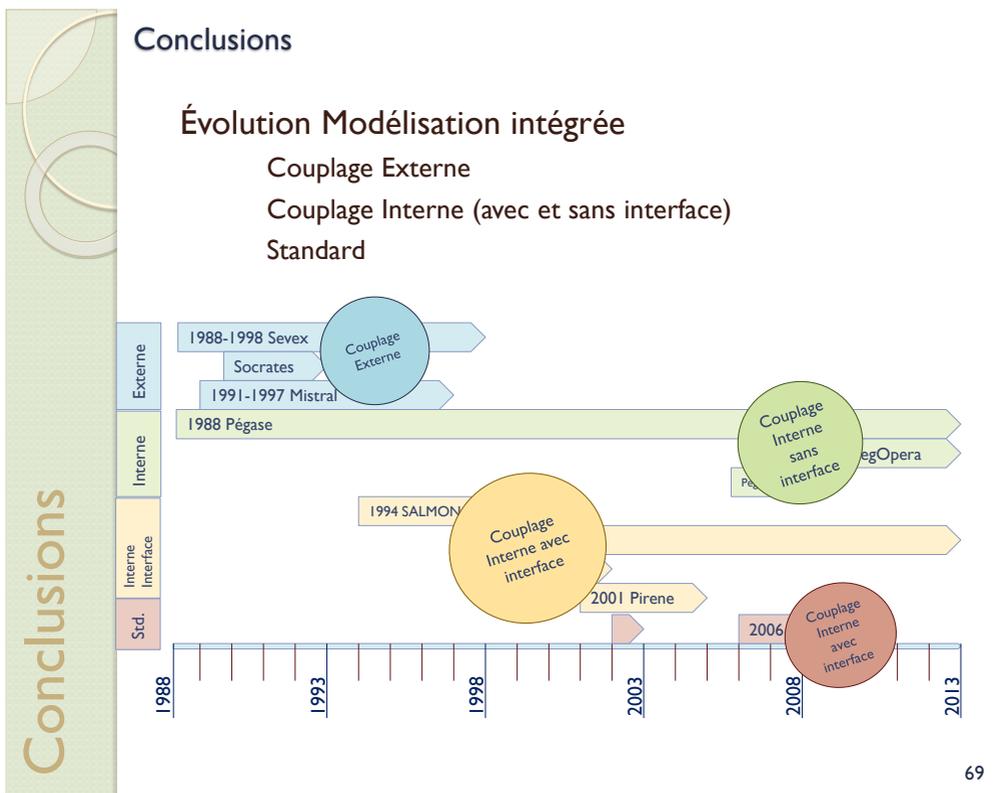
**MOIRA**  
 BV Meuse + Escaut  
 + Qualité  
 Modèle Qualité Rivière  
 Interface → Modèle HG

Ulg (HE-GEOMAC, FUSAG, CEME, HACH, HG-FPMS) ← Région wallonne

## Résultats : analyse des flux MOHICAN Interception des flux aux interfaces

Débits  
 Lesse à Daverdisse  
 Crues Janvier 1993





## Modélisation Transnationale de la Méjerda

### Etude de faisabilité de la modélisation Résultats préliminaires

- ❑ Données hydrographiques géo-référencées (réseau des rivières, contour des zones hydrographiques, modèle numérique de terrain, singularités anthropiques)
- ❑ Données d'activités et des pressions géo-référencées
- ❑ Données hydrométéorologiques
- ❑ Données de qualité

- ✓ La plupart des données requises sont disponibles et utilisables
- ✓ Singularités à prendre en compte (grands barrages, cours d'eau intermittents...) → développements spécifiques du modèle

Avec l'appui de WBI

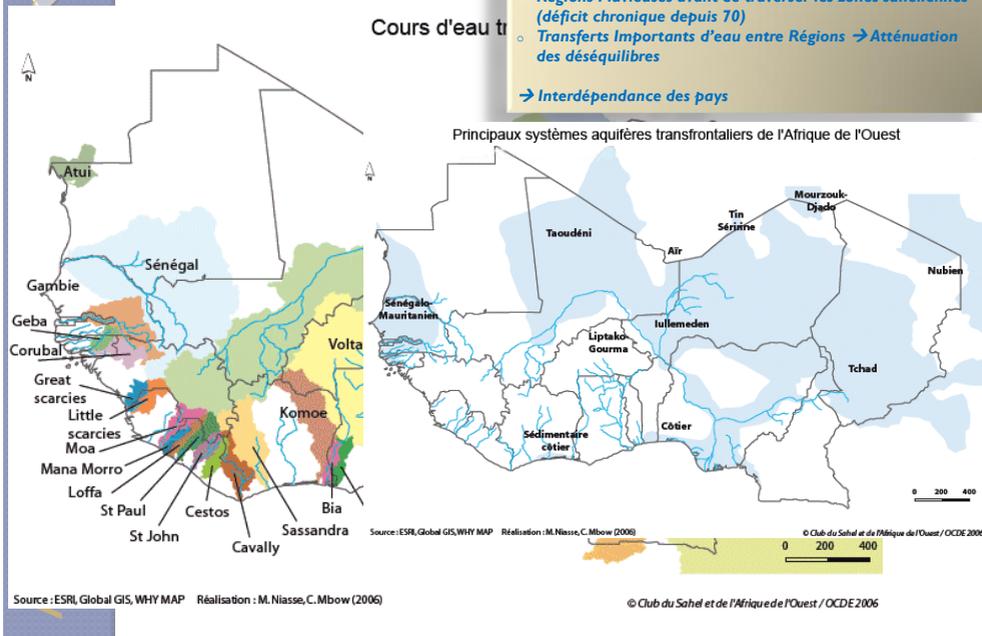
70

## La Gestion de l'eau à échelle internationale

Les BV Internationaux :  
 Cas de l'Afrique de l'Ouest

- o Cap Vert / Burkina Faso < Seuil de pauvreté (Norme Int de Rareté 1700 m<sup>3</sup>/l/ha)
- o Niger, Sénégal Gambie , réseau lac Tchad : Sources dans Régions Pluvieuses avant de traverser les zones sahéliennes (déficit chronique depuis 70)
- o Transferts Importants d'eau entre Régions → Atténuation des déséquilibres

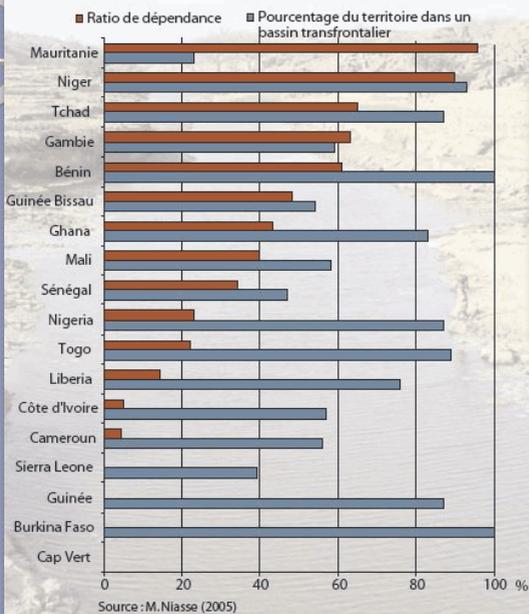
→ Interdépendance des pays



## La Gestion de l'eau à échelle internationale

Les BV Internationaux :  
 Cas de l'Afrique de l'Ouest

Bassins fluviaux : interdépendances et dépendances



Interdépendance des pays :  
 Ratio de dépendance = % de ressource en eau renouvelable produite à l'extérieur des frontières

Pas nécessairement de corrélation

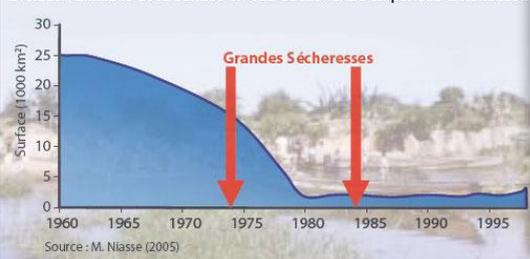
Car :

- ESU / ESO
- Stockage et Recharge (saison)
- Profondeurs des nappes
- Nappes profondes (plusieurs milliers de milliards de m<sup>3</sup>)
- Mais à 1000 ou 2000 m
- Ratio 75/117 (Agr/Urb/Ind)

## La Gestion de l'eau à échelle internationale

Les BV Internationaux :  
 Cas de l'Afrique de l'Ouest / Le lac Tchad

Evolution annuelle de la surface en eau du lac Tchad en période d'inondation

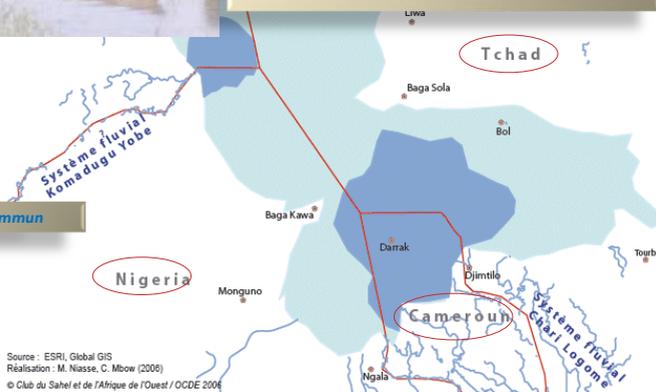


**Évolution temporelle Lac Tchad**  
 37,000 km<sup>2</sup> → 15,000 km<sup>2</sup> entre 50 et 90  
 Superficie inondée pdt 4 mois : 23,000 à 2000 km<sup>2</sup>  
 La population suit la migration du lac  
 30 villages de Nigériens vers le Cameroun (doté d'écoles  
 et de centres de santé gérés par le Niger) !

- Tensions politiques / Administratives
- Commission du Bassin du Lac Tchad (CBLT)
- Plainte auprès de la cours Int de Justice (1994)
- Arbitrage en faveur du Cameroun (2002)
- Le Niger se retire des territoires disputés

Applications

→ Multiplication de la gestion en commun



Source : ESRI, Global GIS  
 Réalisation : M. Niassé, C. Mbow (2006)  
 © Club du Sahel et de l'Afrique de l'Ouest / OCDE 2006

## La Gestion de l'eau à échelle internationale

Les BV Internationaux :  
 Cas de l'Afrique de l'Ouest

→ Multiplication de la gestion en commun

Pas de menace à moyen terme sur la disponibilité de l'eau  
 Difficultés techniques et financières  
 Pbm d'accès aux eaux souterraines (peu exploitées)  
 Pbm de variabilité + changement Climatique → baisse du régime des grands fleuves

Résumé ESO diminue  
 ESO Peu exploitée

Spectre de la pénurie → Préparation  
 Barrages, canaux d'irrigation, systèmes de transfert interbassins

Risque de désaccord et de tensions réelles  
 Jusqu'à présent Accord et coopération

Nécessité de mettre en place des observations objectives et scientifiques (bien comprendre quelles sont les mécanismes de prises d'eau et « tordre le cou aux idées reçues »)

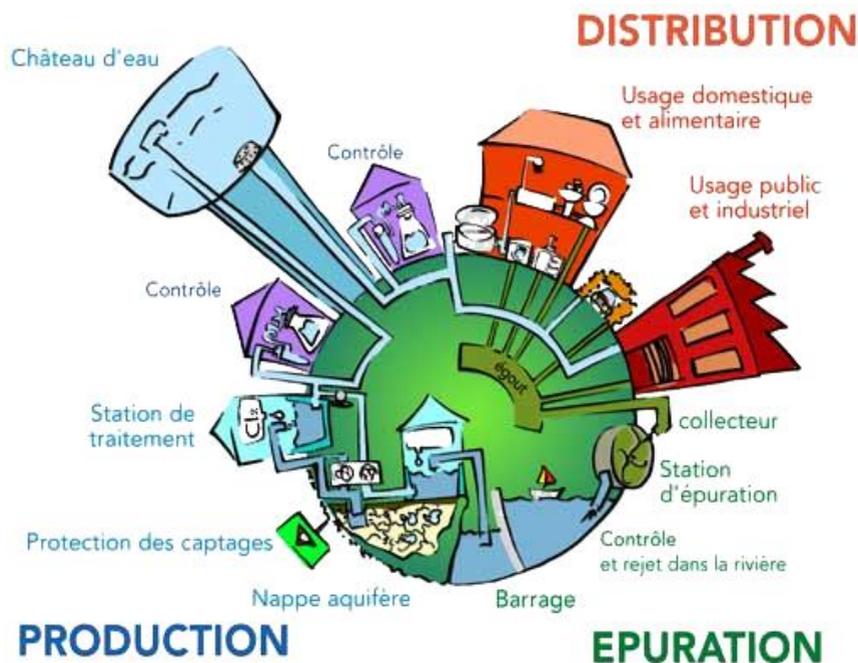
- Accord Bilatéraux inter-états (Vision commune)
- Agences Interbassins (Mises en œuvre des accords bilatéraux : Actions)

Applications

### Gestion de l'Eau à Différentes échelles

Echelles	<p>A toutes les échelles, d'un pays à l'autre</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Les problématiques peuvent varier fortement                             <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Accès vs quantité</li> <li>✓ Qualité vs quantité</li> <li>✓ ESU vs ESO (barrage, captage)</li> </ul> </li> <li>Leur appréhension sera différente (adaptation méthodologique)</li> </ul>	Internationale (Mejerda)
Critères		Gouvernements Commissions
Acteurs		< National
Moyens (coût)		Utile si coordonné)
Outil de modélisation		Années
Temps de réponse		Meilleur qu'au niveau National
Rôle des femmes	<p>Méthodologies permettant de gérer les conflits liés au partage de l'eau à toutes les échelles</p>	

### Rapport mondial des nations unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2016 : L'Eau et l'Emploi



## Rapport mondial des nations unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2016 : L'Eau et l'Emploi

### Emplois dans le secteur de l'Eau

- La **gestion** des ressources en eau (y compris la GIRE et la remise en état et l'assainissement des écosystèmes)
- La construction, l'utilisation et le maintien de l'**infrastructure** en eau
- La prestation de **services** liés à l'eau (y compris l'approvisionnement en eau, l'assainissement et la gestion des eaux usées)

1,35 M emplois (42% pop active mondiale, 2014) dépend **lourdement** de l'eau

1,15 M emplois (36% pop active mondiale, 2014) dépend **modérément** de l'eau

78% emplois (main d'œuvre mondiale dépend dir ou indir de l'Eau)

#### Lourdement :

- Quantité **significative d'eau** **INDISPENSABLE** à l'Activité/production
- Risque de **PERTE** d'Emplois si accès incertain (quantité et qualité)
- 95% du secteur agricole, 30% du secteur industriel et 10% du secteur des services

#### Modérément :

- Quantité **non significative d'eau** **INDISPENSABLE** à l'Activité/production
- Néanmoins composante essentielle à certains niveaux de la chaîne de production

#### Autres valeurs :

- Changements climatiques (+1° = +7% de la pop confrontée à 20% baisse de ressource)
- Augmentation population mondiale
- Tx prélèvement ESO +1%/an depuis 1980 !!



77

## Enjeux

Source : Erik Johansson, 2017



- Besoins Anthropiques
- L'accès à l'eau
- Protection écologique
- Gestion de la ressource (réserve, inondation, étiage, ...)
- Changements climatiques
- Développements économiques

Quelles priorités ?

Quelles priorités ?

## Maîtrise Technologique

- Recherche
- Innovation
- Partenariats (approche pluridisciplinaire)
- Rôle des Universités (exemple PeGIRE) !

Vision stratégique d'avenir (GIRE, Valorisation des Eaux, Économie circulaire, ...)

Source : Conseil de bassin de la rivière Etchemin, 2000-2017



### La GIRE par bassin versant

- Vision globale des usages
- Gestion coordonnée de l'eau
- Tient compte de l'ensemble des activités
- Optimisation du bien-être socio-économique
- Pérennité d'écosystèmes vitaux (préservation pour les générations futures)

Concerne l'approvisionnement en eau, le contrôle de la qualité de l'eau, la gestion des risques associés aux aspects quantitatifs de l'eau, le contrôle des sédiments, la préservation de la biodiversité ainsi que la préservation des habitats et des activités récréatives, ...

### Innovation et Économie circulaire

Baisse des ressources nécessite Exploit° ressources NON conventionnelle (recyclage eau de pluie, eaux usées, ruissellement urbain, ...)

Innovation technologique pour soutenir l'économie circulaire

- Maîtrise de l'Assainissement
- Contrôle et sécurité
- Identification et mise en œuvre de nouveaux usages (implications socio-éco, légales, ...)



## Rapport mondial des nations unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2016 : L'Eau et l'Emploi

Eau : Moteur de croissance

- Investissement dans des projets à petite échelle donnant accès à l'eau potable et à l'assainissement de base, en Afrique, pourrait avoir un **retour sur investissement** de près de 28,4 Milliards \$/an  
 Soit 5% du PIB du continent !
- Aux USA : 1 millions \$ investi dans les infrastructures traditionnelles (approvisionnement et assainissement) génère entre 10 à 20 emplois !  
 Or Bureau d'analyse économique du Ministère US du commerce démontre que :  
**1 emploi créé dans le domaine de l'eau** (et industrie du traitement des eaux usées) → **3,68 emplois indirects ds éco nationale**
- Amérique Latine : Si investissement de 1 milliard \$ dans le dév. De l'approv. Et/ou de l'assainissement se traduirait par 100,000 emplois !
- Passage à l'économie verte (dans laquelle l'eau joue un rôle central) sera générateur d'emploi [Agence Int. De l'Énergie Renouvelable estime que 7,7 millions de personnes sont déjà employées en 2014 dans ce secteur]



## Et pour l'Avenir ?

Baisse des ressources nécessite → Exploit° ressources NON conventionnelle (recyclage eau de pluie, eaux usées, ruissellement urbain, ...)

Renouvellement des cadres et des travailleurs (USA : entre 20 et 30% de la main d'œuvre partira d'ici 2020)

**Marché prometteur en termes d'emplois et de croissance :**

- Bangladesh, Bénin et Cambodge : plus de 20 millions de personnes devraient avoir accès à l'eau d'ici 2025 (6x le chiffre actuel) soit impact économique de 90 millions \$/an !
- Bangladesh, Indonésie, Pérou et Tanzanie : potentiel relatif aux services d'assainissement de 700 millions \$/an

De nombreux systèmes d'approvisionnement sont inefficaces (30% des prélèvements d'eau dans le monde se perdent en raison des fuites [Londres 25%, Norvège 32%]) → investissements nécessaires

Enfin : dans certains pays, l'irrigation est inexistante ou rudimentaire (→ faibles rendements agricoles) ! En Afrique : agriculture pluviale et moins de 10% des terres sont irriguées → freine le développement

## Rapport mondial des nations unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2016 : L'Eau et l'Emploi

... Secteurs par secteurs / Région par Région / Perspectives / ...

NB. Agriculture : premier secteur d'emploi en Afrique (> 60%) dont 50% de femmes

### L'agenda 2030 (objectif 6) pour le développement durable ...

**Reconnaissance du rôle clé de l'eau dans le monde du travail**

« L'eau et les emplois sont inextricablement liés, que cela soit au niveau économique, environnemental ou social »

- Investissement dans l'innocuité de l'eau → effets positifs sur la croissance économique
- Accès fiable à l'eau (et à l'assainissement) au domicile et au travail + un niveau d'hygiène approprié → Main d'œuvre en bonne santé, éduquée et productive





## La Gestion de l'eau à échelle internationale

Traité de coopérations et conflits liés aux ressources hydrographiques

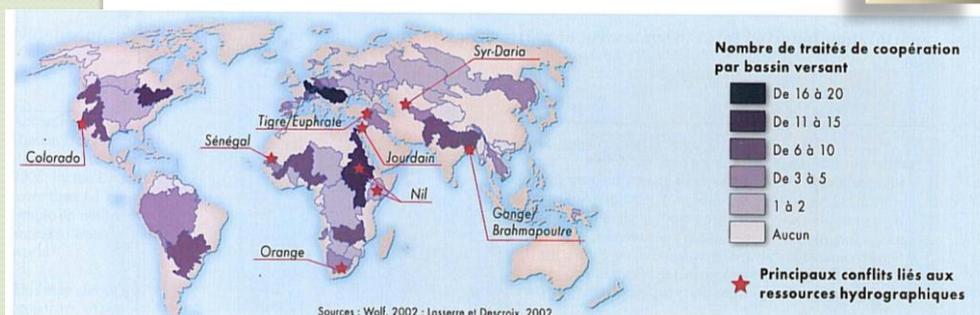
### Dans le monde : 263 BV (« rivière ») internationaux

Durant ces 50 dernières années

- 507 cas de litige dont 37 conflits violents
- 1228 cas de coopération dont 200 traités sur l'eau

Wolf, UNDP 2006

Meuse #5  
Danube #19



Source: Blanchon, D., Boissière, A., Atlas mondial de l'eau, Editions Autrement, 2009

## Les Projets Laboratoire PeGIRE (Aquapôle ULiège)

### # Doctorats / Coopération

- En cotutelle !
- Triangulation (ULiège / Académiques Sud / Administrations Locales) !
- Co-financement de la recherche dans les domaines

**Tunisie** : Cyanobactéries (Carthage), Bio-indicateurs (ANPE)

**Cameroun** : Hg BV Lom (Yaoundé)

**Maroc** : Métaux lourds (Oujda), ABH Tensift (Marrakech)

**RDC** : ASUREP (Enabel / UNIKIN, ERAIFT, ...)

**Algérie** : Qualité Oued (Béjaia)

**Corse** : Qualité des eaux et gestion intégrée (Corté)

**Bénin** : Gestion des Pluies et impacts CC

**Haiti** : Culture Spiruline

**Sénégal** : GIRE et CC

**Chili** : Cyanobactéries ...

+ Réseau : Luxembourg / Grèce / Italie / France / Bulgarie / Roumanie / Canada / Allemagne / ...

+ Mémorants / Formations (cours)

+ Spin-Off (GIRE / Logiciel Envt / Services / Réseau / ...)



Conclusions

*Parmi tout ce que j'ai appris en tant que dirigeant politique, il y a le rôle central de l'eau dans les domaines sociaux politiques et économiques de notre pays, de ce continent et du monde*  
N. Mandela 2002



Merci de votre attention