

MIDI DU GREEN OFFICE
ULIÈGE EN VISIOCONFÉRENCE
MERCREDI 29 MARS 2023



L'eau, une ressource précieuse :
« Quels défis pour une gestion durable ? »

Jf Delière, Pr, Dr, Ir
Directeur Aquapôle

Contact JfDeliere@uliege.be
Département BEE : Biologie,
Écologie et Évolution
Unité de Recherche FOCUS
Faculté des Sciences
Université de Liège

1

Pressions
Naturelles et
Anthropiques

Section 1 : Enjeux et échelles
Section 2 : Intrication & Vision
Holistique
Section 3 : Outils & Planification
Section 4 : Perspectives

Conclusions

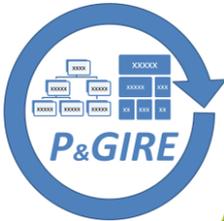
Gestion des
ressources et
résilience

2

2

Laboratoire PeGIRE

Faculté des **Sciences** ULiège
Département **BEE**
Biologie, Écologie, Évolution
Unité de Recherche **FOCUS**
(**F**reshwater and **O**ceanic
sciences **U**nit of re**S**earch)



Spécialisé dans l'étude

- ✓ De la **gestion des ressources en eau**
- ✓ De la **Modélisation Environnementale** et de la **qualité des écosystèmes**
- ✓ De la **dynamique des relations Pressions-Impacts**

3

3

Section 1 : Échelles et Enjeux

- ✓ Problématique Mondiale
- ✓ Environnement Européen
- ✓ Échelles régionales
- ✓ Les bassins versants



4

4

Ressources Mondiales

LA RESSOURCE ACCESSIBLE FACILEMENT NE REPRÉSENTE DONC QU'ENVIRON 0.7% DU STOCK D'EAU MONDIAL → 40.000 KM³ (10X10X400 KM³)



6500 m³/habitant/an
Soit une quantité suffisante pour couvrir les besoins humains et préserver les écosystèmes

Besoin Personnel (Boisson) ~ 1 m³/hab/an (2,7 l/j/hab)
Besoin domestique ~ 45 m³/hab/an (125 l/j/hab)

5

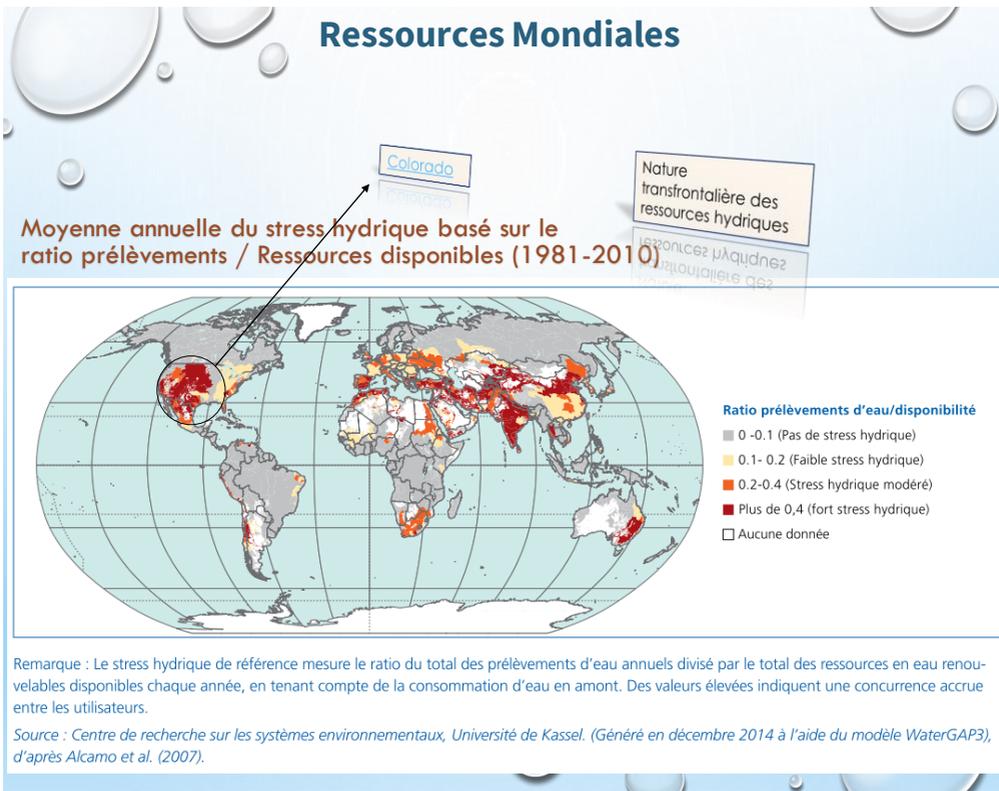
5



6

L'eau, une ressource précieuse : « Quels défis pour une gestion de l'eau ? »

Jf Delière, Faculté des Sciences, Département BEE, UR FOCUS, ULiège



7

Ressources Mondiales

Eau non potable : 1^{ère} cause de mortalité au monde !
 La moitié de la population mondiale n'a pas accès à une eau de qualité
 884 10⁶ personnes n'ont pas accès à l'eau

3,6 10⁶ morts/an ... Majorité d'enfants (3 10⁶ -15 ans)

- Diarrhées
- Choléra
- Paludisme
- Typhoïde
- Parasites
- ...

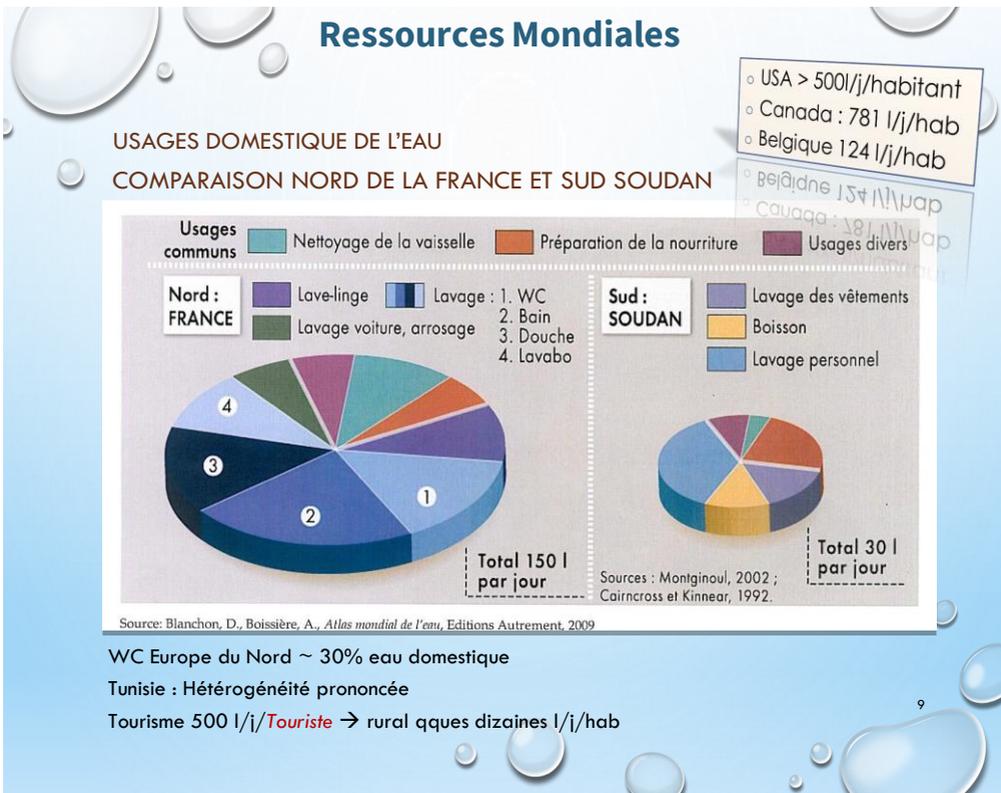
RDC : 15 % enfants n'atteignent pas l'âge de 1 an

M. Fontenoy
 2003 Atlantique (117j)
 St-P et M → Corogne (Es)
 2005 Pacifique (4-5 m)
 Pérou → Pol Fr.

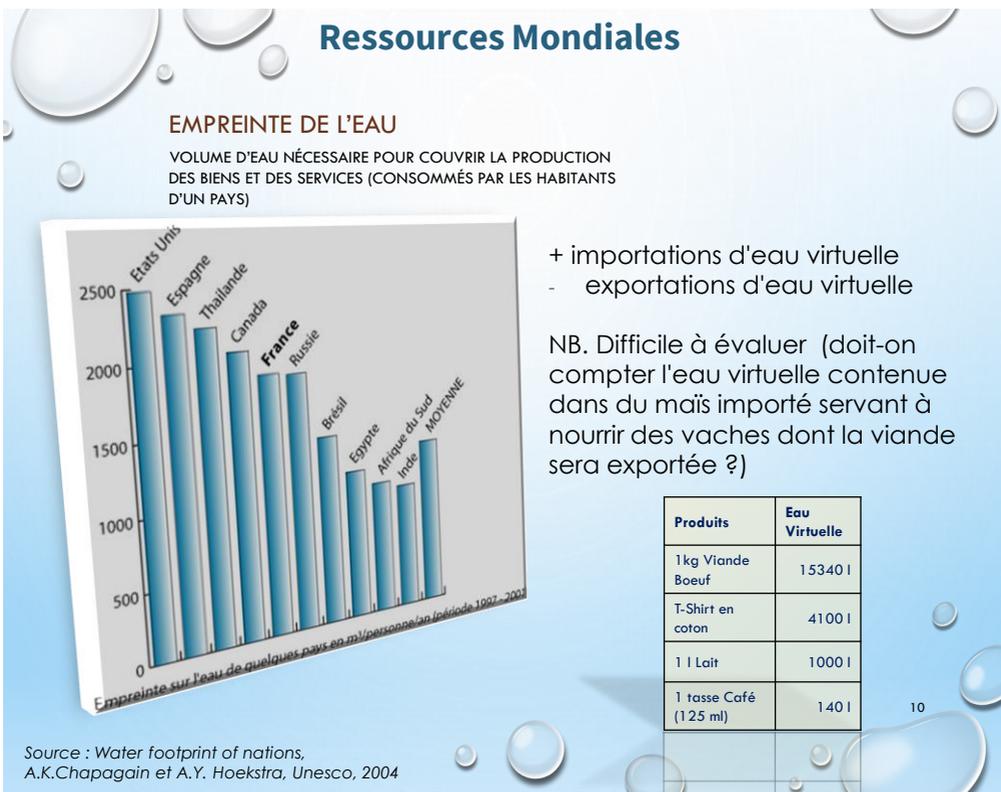




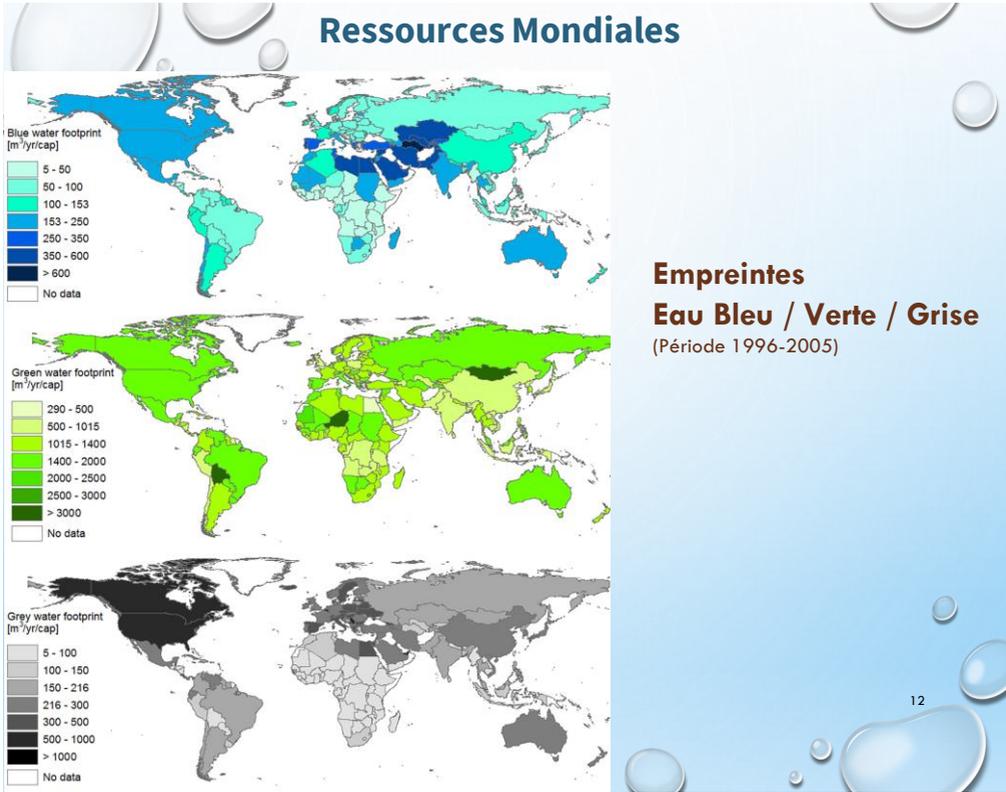

8



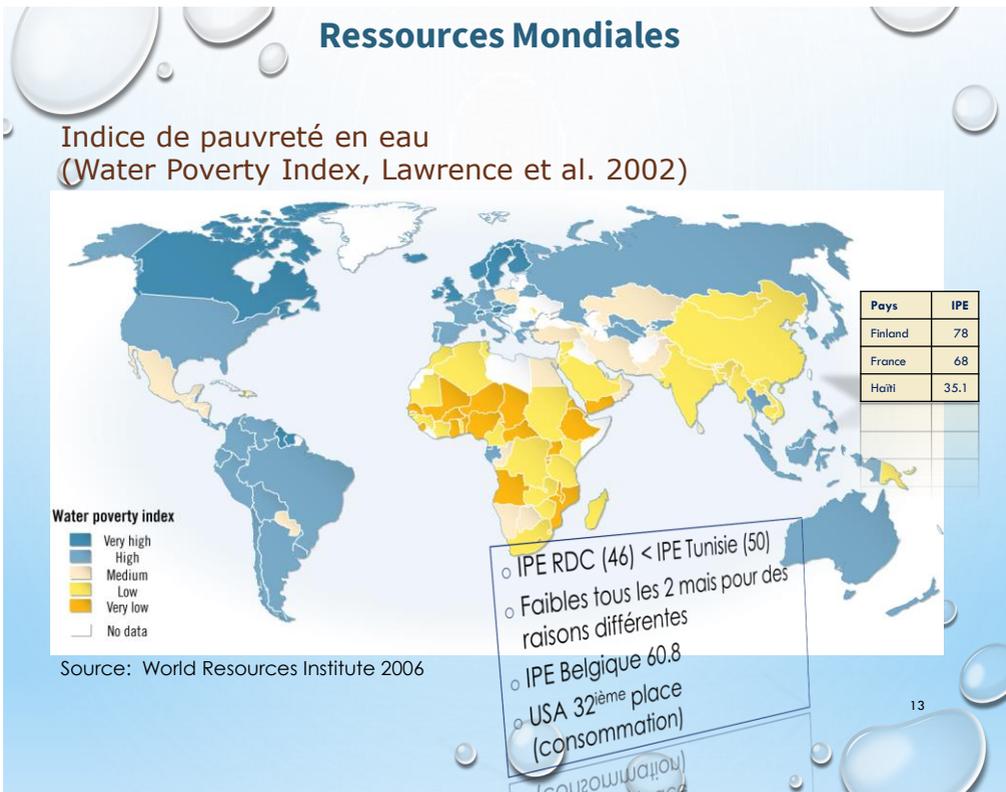
9



10



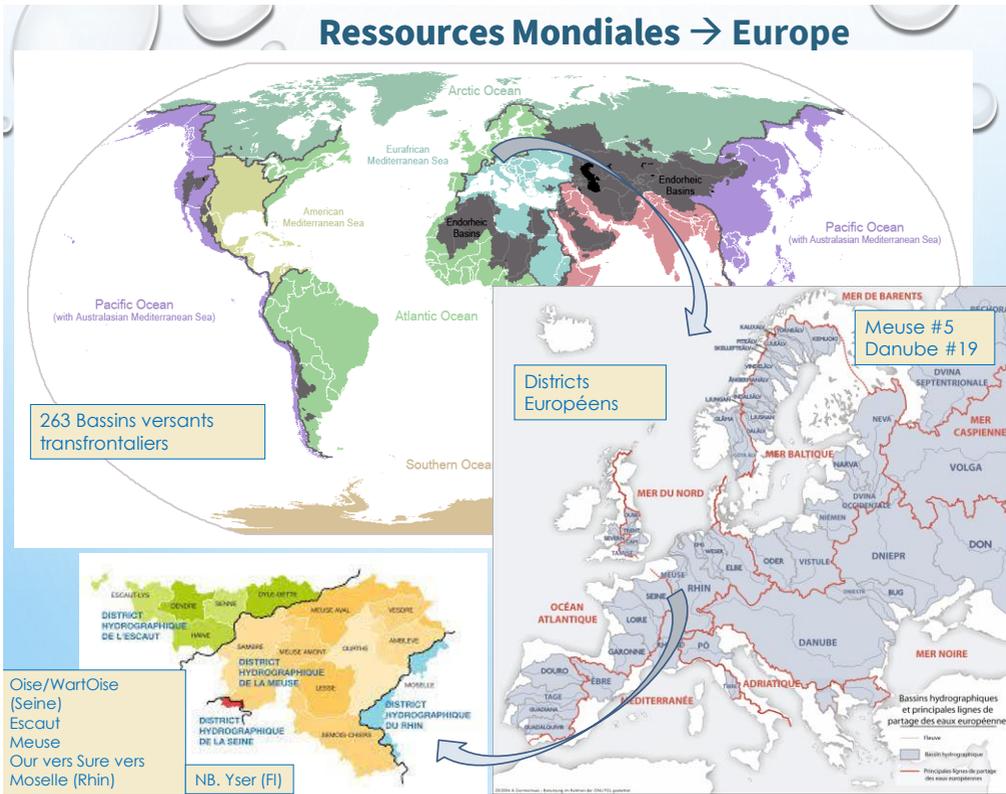
12



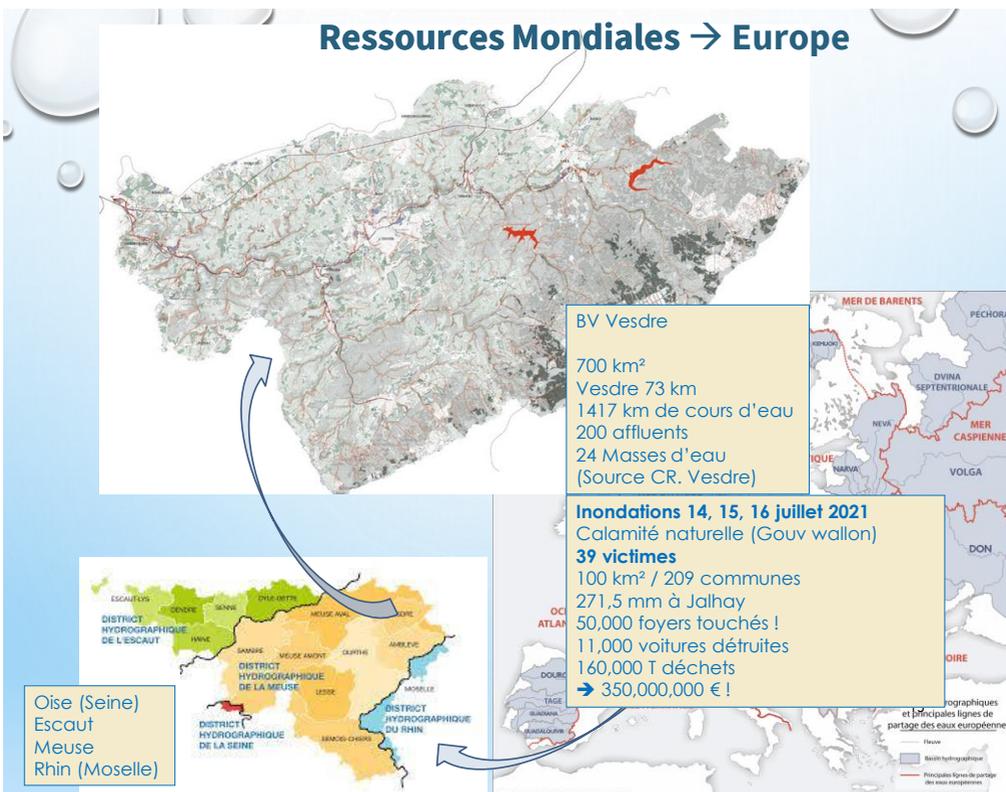
13

L'eau, une ressource précieuse : « Quels défis pour une gestion durable ? »

Jf Deliège, Faculté des Sciences, Département BEE, UR FOCUS, ULiège



14



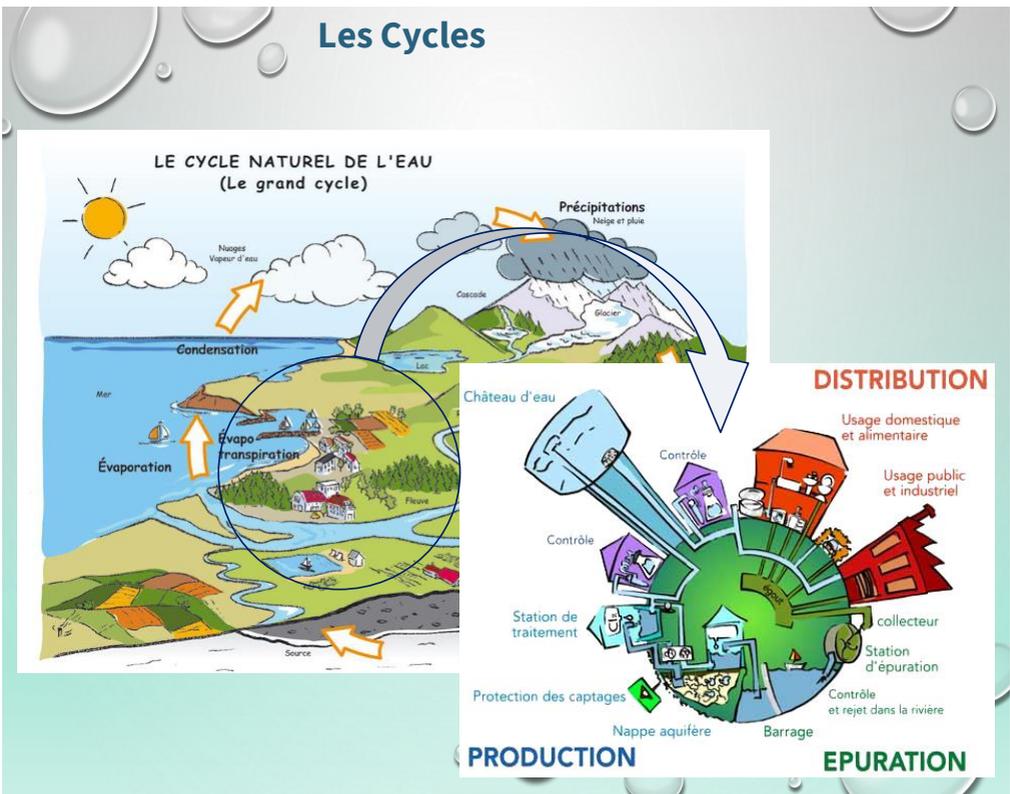
15

Section 2 : Intrication & Vision Holistique

Les compartiments et les (éco)systèmes
La nature des Pressions
Les intrications



16



17

Europe : La DCE 2000/60/CE

23 octobre 2000 :
 Pour tous les 27 Pays membres (/48 Territoires)
 Pour toutes ME (Unité Homogène) Rwall : 365 MESU et 34 MESO
 Atteinte du Bon état écologique

État chimique
 Il correspond au respect des quantités maximales (limites) de différents substances chimiques comme les nitrates (engrais utilisés en agriculture), les métaux lourds...

État biologique
 Il correspond à la présence ou à l'absence d'espèces caractéristiques et florissantes et prend la forme d'indices de qualité.

État écologique : critères physico-chimiques
 Il correspond au respect des normes de la réglementation pour certains paramètres de l'eau qui ont un impact sur la biologie, comme la mesure du pH (acidité), la température.

État du cours d'eau

État écologique : critères hydromorphologiques
 Il correspond aux caractéristiques physiques du cours d'eau qui affectent son régime, du fait du lit, de la vitesse d'écoulement, etc.

18

L'Intrication

Différents à différentes échelles

- Global [CC / GIEC]
- EU [DCE]
- District [CIM, CIE, ...]
- BV [Villes et Communes, Contrats rivières, ...]

Des Cycles (Naturels et Anthropiques)
Des Compartiments associés
 ESU / ESO / Zones Côtières /
 Zones humides / Lacs / Barrages / ...

Pressions Naturelles & Anthropiques :

- Quantité : Crues (e.g. 14-15 Juillet 2021), Inondations, Sécheresses, étiages, ...
- Qualité : Biologique, écologique, Physico-chimique, Morphologique ...
- Crises (« naturelles », rejets accidentels, ...)

Une Vision Holistique pour
La Gestion & Planification

→ Gestion & Planification

19

Section 3 : Outils de Gestion et Planification

Monitoring
Modèles
DSS

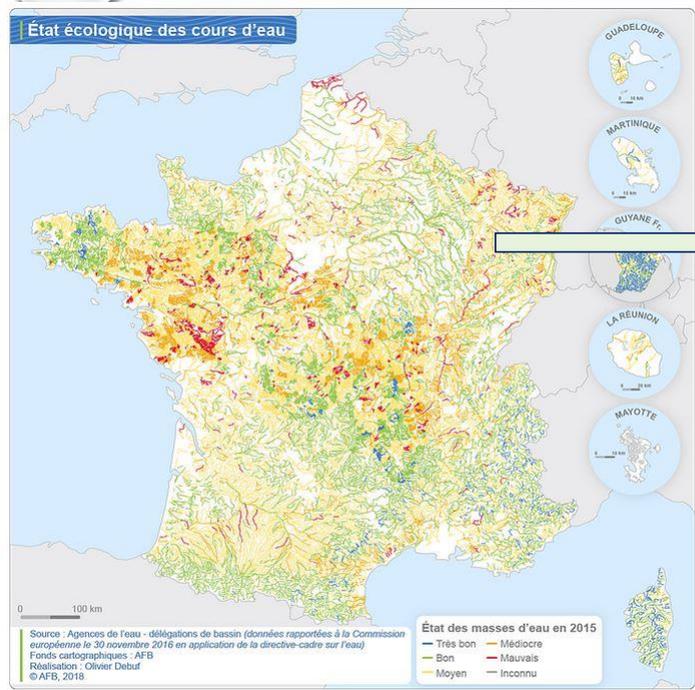
...



20

20

La qualité via des indicateurs ...



Outil de monitoring
complexe ...
Les indicateurs de
Qualité ...

Comment Anticiper ?

21

21

La Relation Pression – Impact ...

Établir la relation Pression/Impact à l'échelle du BV

P	Représenter le BV (+ Sources) Représenter l'écosystème
Model	Modélisation des processus : Hyd / Rejets / Qualité / ...
Qua	Qualité physico-chimique

Comment Développer
une réponse (Tools) ?

Opérationnel (pour les
stakeholders) ?

22

C'est quoi un Modèle ?

Méthodes

- ✓ Approche analytique (par fonction)
- ✓ Modélisation mathématique (Mécanistique, Statistique, ...)
- ✓ Modélisation intégrée

Capacité de PRÉDICTION et/ou
d'OPTIMISATION des systèmes

23

Pégase : Modélisation BV/Rivière



Les processus

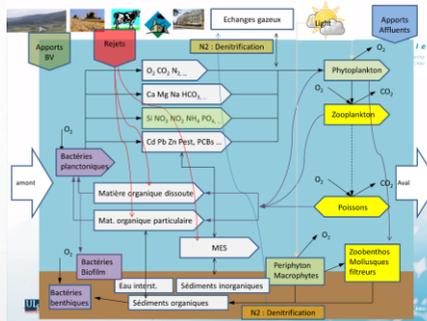
- production primaire
- mortalité, respiration biomasses
- dégradation matière organique
- nitrification, dénitrification
- réaération

Les variables

- débits, vitesses, temps de transferts dans le réseau hydrographique
- températures de l'eau
- concentrations : MO , COD , COP , DCO , DBO , NH_4 , NO_2 , NO_3 , NK_1 , P_{101} , PO_4 , O_2 dissous (horaire), biomasses, micropolluants (en développement)

Les résultats

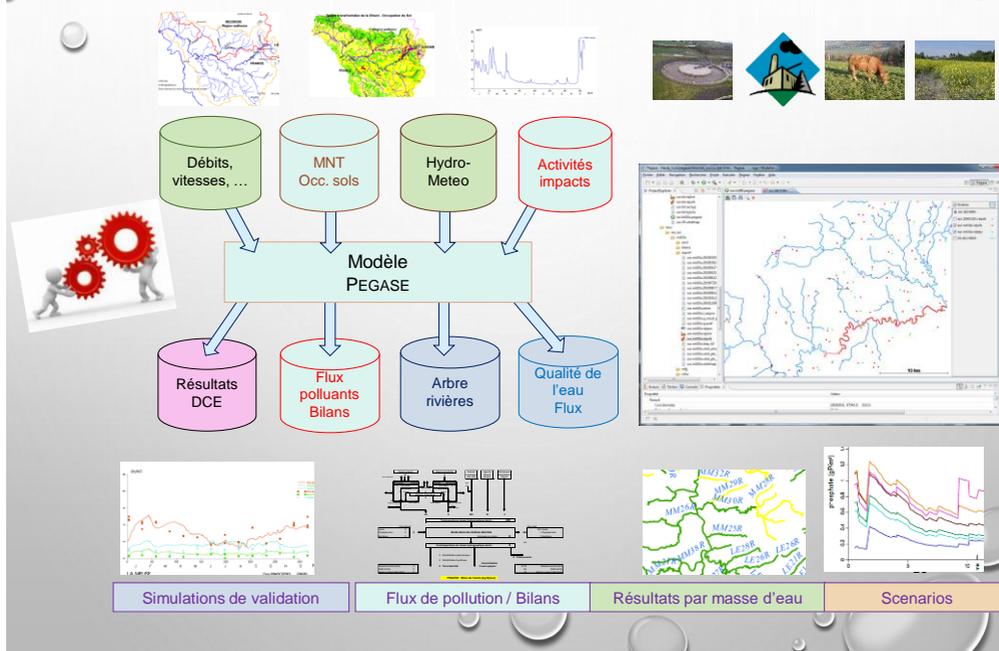
- globalisation des résultats par rivière, par masse d'eau, par sous-bassin, ... : flux, bilans
- résultats longitudinaux, évolutions temporelles, cartes : calcul de valeurs statistiques (p90, ...), indices de qualité SEQ Eau



25

Pégase : Modélisation BV/Rivière

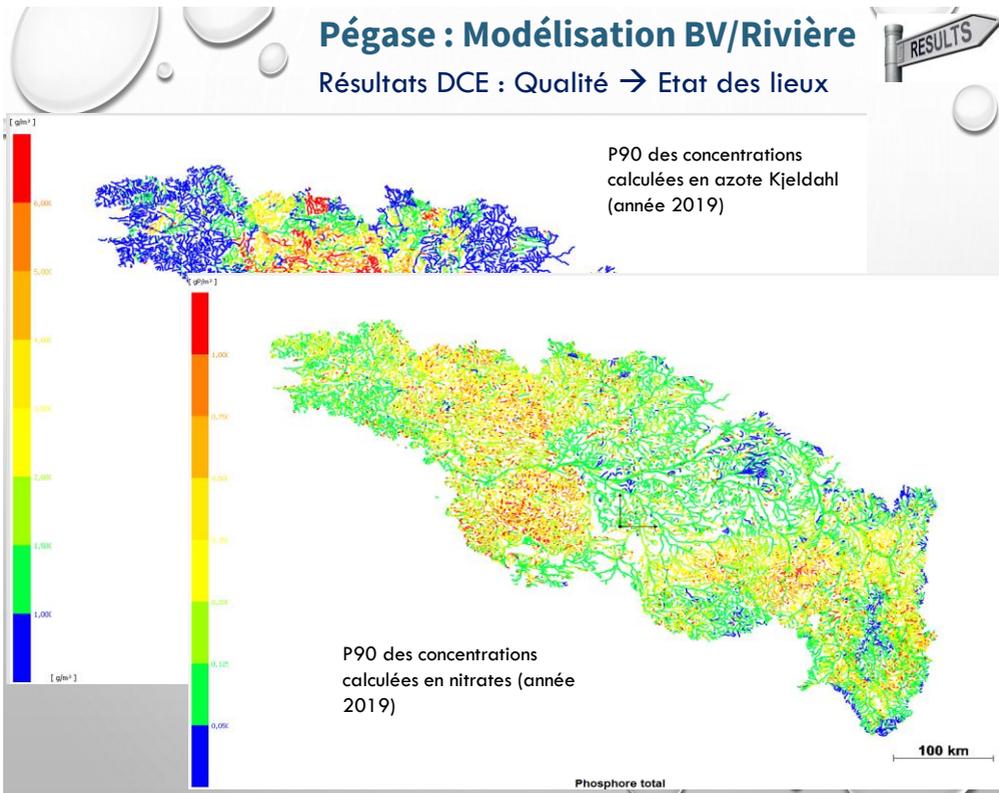
Données d'Entrée et Résultats



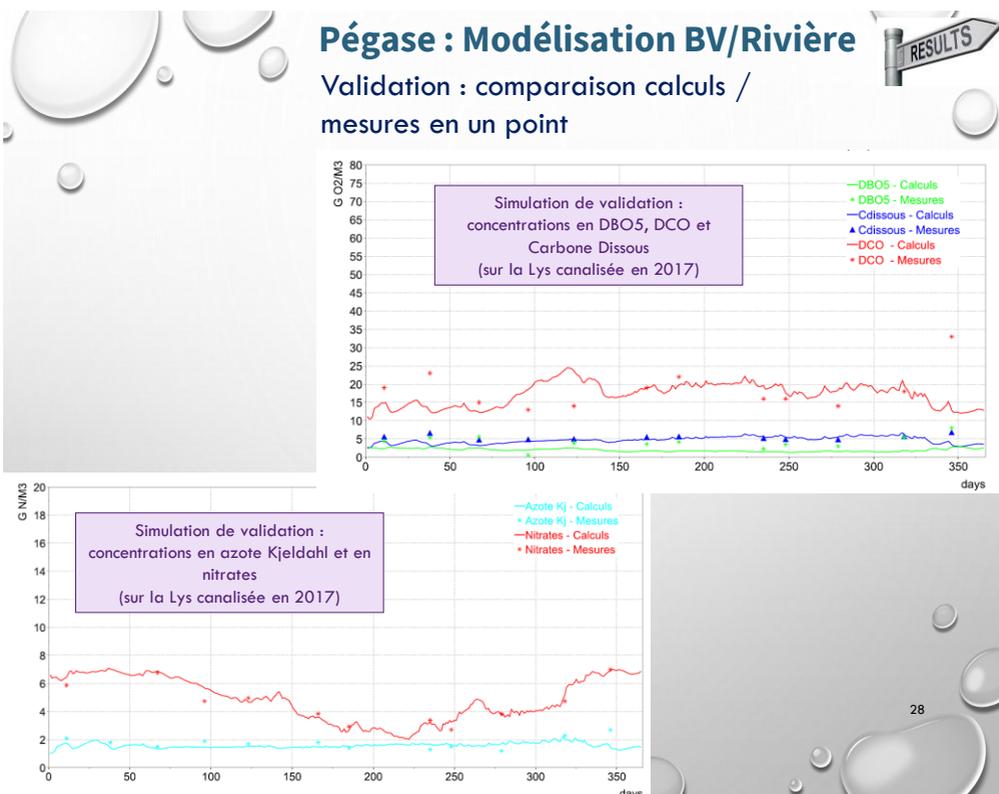
26

L'eau, une ressource précieuse : « Quels défis pour une gestion de l'eau ? »

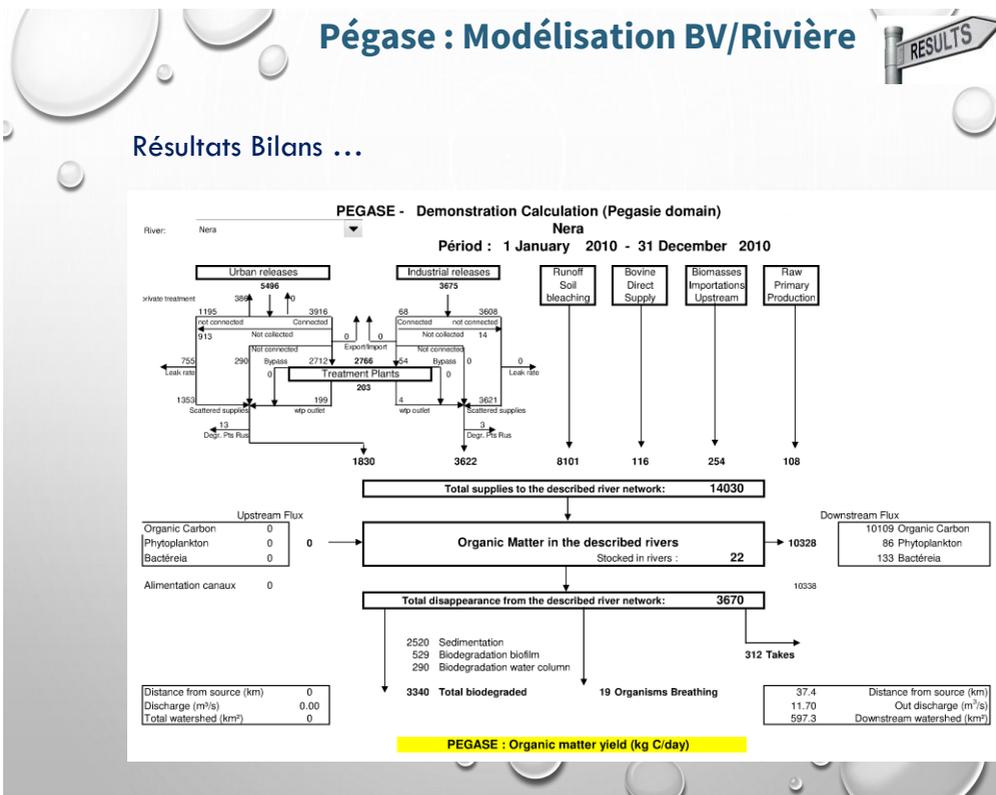
Jf Delière, Faculté des Sciences, Département BEE, UR FOCUS, ULiège



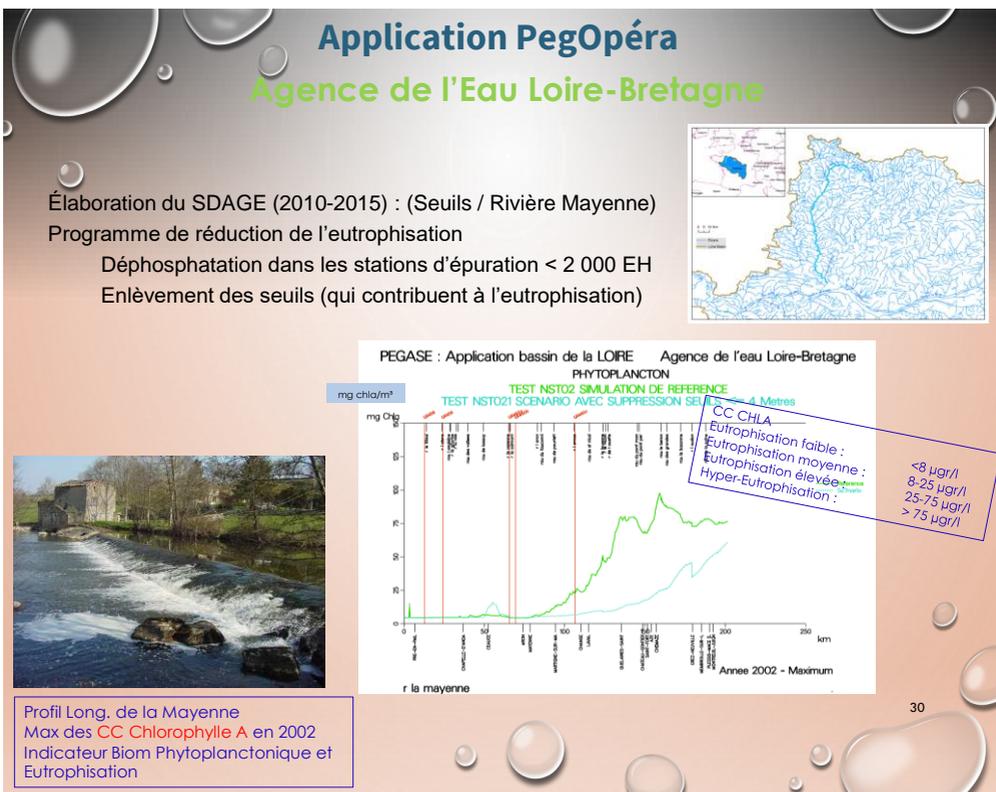
27



28



29



30

Application PegOpéra

Agence de l'Eau Loire-Bretagne

Utilisation de PegOpera à Loire-Bretagne (Seuils / rivière l'Oudon)

Conclusions

- Les simulations montrent que l'enlèvement des seuils peut être efficace
- Pas de changement imposé aux stations d'épuration < 2000 EH (en matière d'obligation de déphosphatation)
- Le débat est ouvert pour choisir la meilleure solution concernant les caractéristiques locales complètes du système « rivières »





mg Chl a/m³
FCU/ASC - Application bassin de la LOIRE Agence de l'eau Loire-Bretagne
PHYTOPLANKTON
TEST NIST02 SIMULATION DE REFERENCE
TEST NIST02 SCENARIO AVEC SUPPRESSION SEUILS <= 4 Metres

r l'oudon
Année 2002 - Maximum



Profil Long. de l'Oudon
Max des CC Chlorophylle A pour l'année 2002

31

Applications : TEREOS

A transborder Industrial Accident

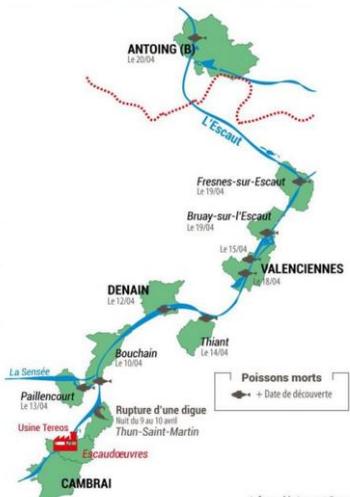
Nuit du 9 → 10 April 2020

Accident dû à la rupture de la digue d'un bassin de décantation de la sucrerie TEREOS

Rejet Massif de matière organique → pollution à grande échelle

- Chute de l'oxygène dissous (dans la colonne d'eau)
- Mortalité de poissons (100 tonnes sur l'Escaut)

Une pollution à grande échelle



Infographie Laurent Breye



32

Applications : TEREOS

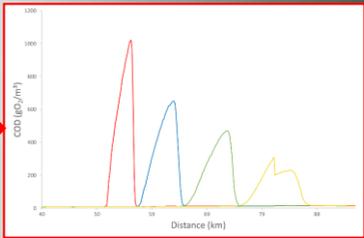
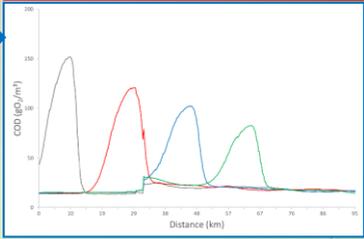
Matière organique dans l'Escaut

Superposition des concentrations en DCO calculées en France les 12, 14, 16 et 18 Avril 2020 à 11:30 AM
 DCO Max calculée le 12 Avril ~ 1000 gO₂/m³ (validé par une mesure)
 Progression régulière de la plume de dispersion ~ 5 km/j

Superposition des concentrations en DCO calculées en Belgique les 20, 22, 24 et 26 Avril 2020 à 11:30 AM
 Progression régulière de la plume de dispersion ~ 10 km/j

Diminution graduelle de la demande chimique en Oxygène grâce à :

- ✓ La dégradation de la matière organique
- ✓ La dilution par les effluent
- ✓ La dispersion longitudinale
- ✓ Les débits amonts

33

33

Applications : TEREOS

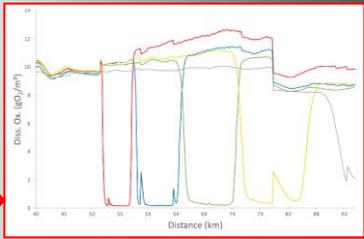
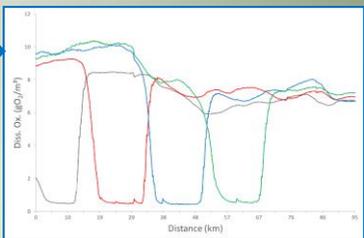
Oxygène Dissous

Consommation de l'oxygène dissous pour la dégradation de la matière organique → river anoxia for many hours

Superposition des concentrations en Oxygène dissous calculés en France les 12, 14, 16 et 18 Avril 2020 à 11:30 AM
 L'Oxygène dessous s'effondre le 10 Avril jusqu'à 1.23 mg/l

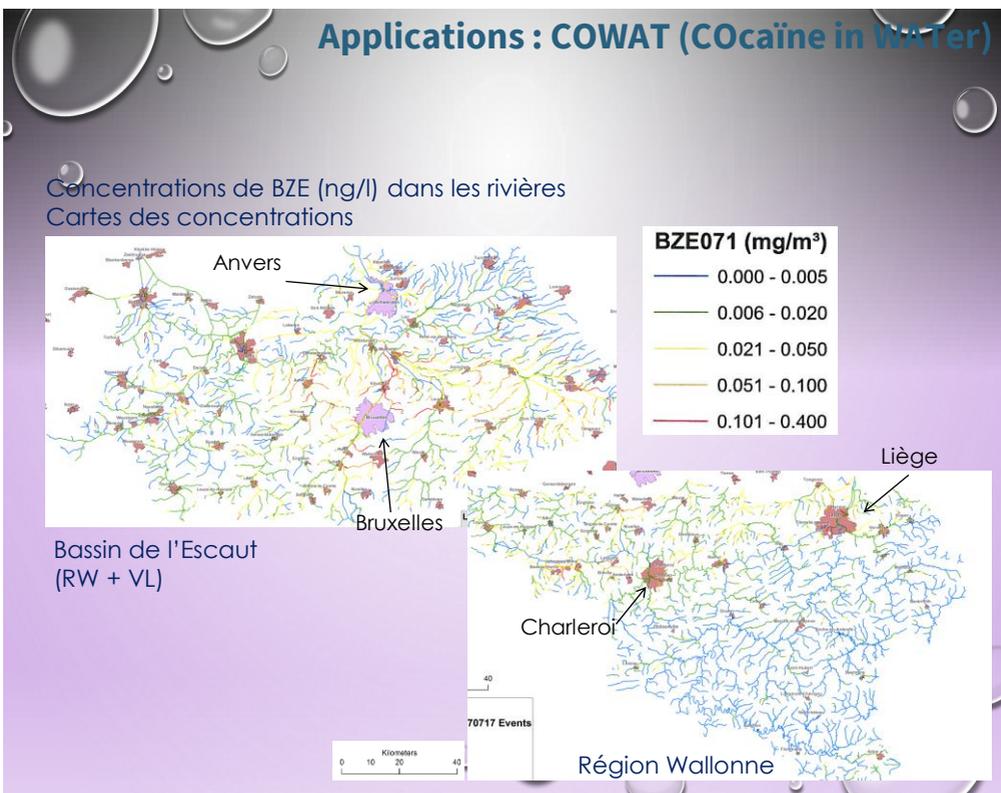
Superposition des concentrations en Oxygène dissous calculés en Belgique les 20, 22, 24 et 26 Avril 2020 à 11:30 AM

Représentation des processus aérobiques et anaérobiques considérant le cycle de la matière organique dans la colonne d'eau

34

34



35

Section 4 : Perspectives

La gestion résiliente des ressources en eaux



36

36

Les Enjeux Économiques

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

1/2 Main d'œuvre mondiale travaille dans 8 industries 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
- ...

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

37

Les Enjeux Économiques

La gestion durable de l'Eau (→ Moteur pour la croissance verte et le DD)
(NB. Remind Indice de Falkenmark)

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 subsistances et les populations
Conséquences potentielles catastrophiques et couteuses

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

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

38

Les Enjeux Économiques

Emplois dans le secteur de l'Eau

- La gestion des ressources en eau (y compris la GIRE et la remise en état et/ou 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 dépendent dir ou indir de l'Eau)

- 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







39

39

Les Enjeux Économiques

Innovation et ...
Recherche / Partenariats (approche pluridisciplinaire) / Réseaux / ...

→ **Développements économiques**





Vision stratégique d'avenir :
 Valorisation des Eaux, Économie circulaire, ressources alternatives, assainissement, gestion des flux, résilience, services écosystémiques, expertise, contrôle, sécurité, nouveaux usages, ...

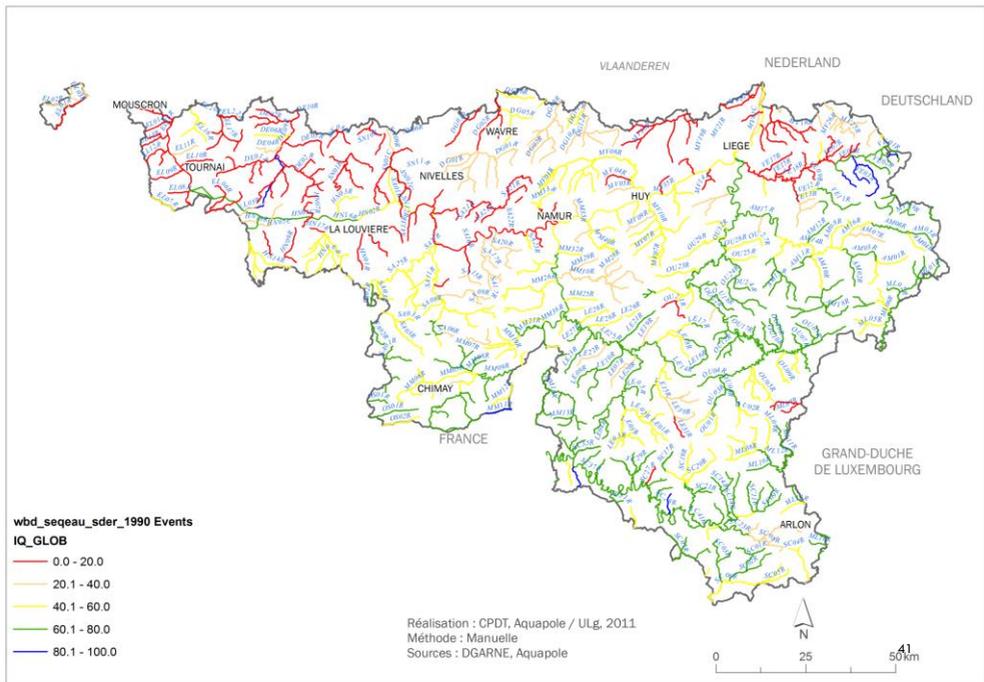
40

40

L'eau, une ressource précieuse : « Quels défis pour une gestion durable ? »

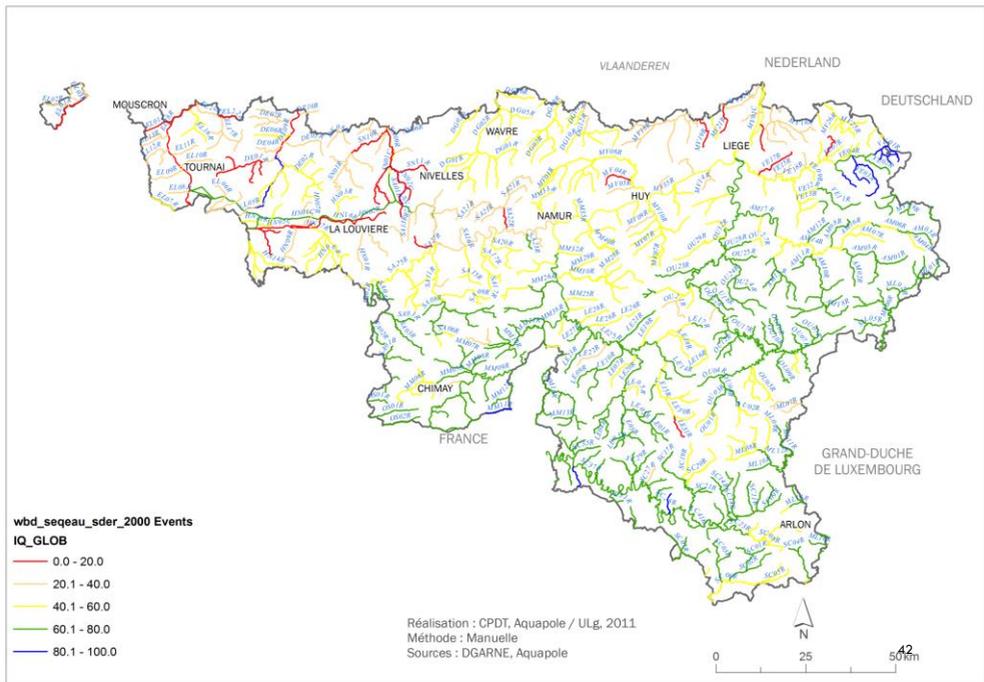
Jf Delière, Faculté des Sciences, Département BEE, UR FOCUS, ULiège

PEGASE/DCE : simulation de scénarios – simulation 1990



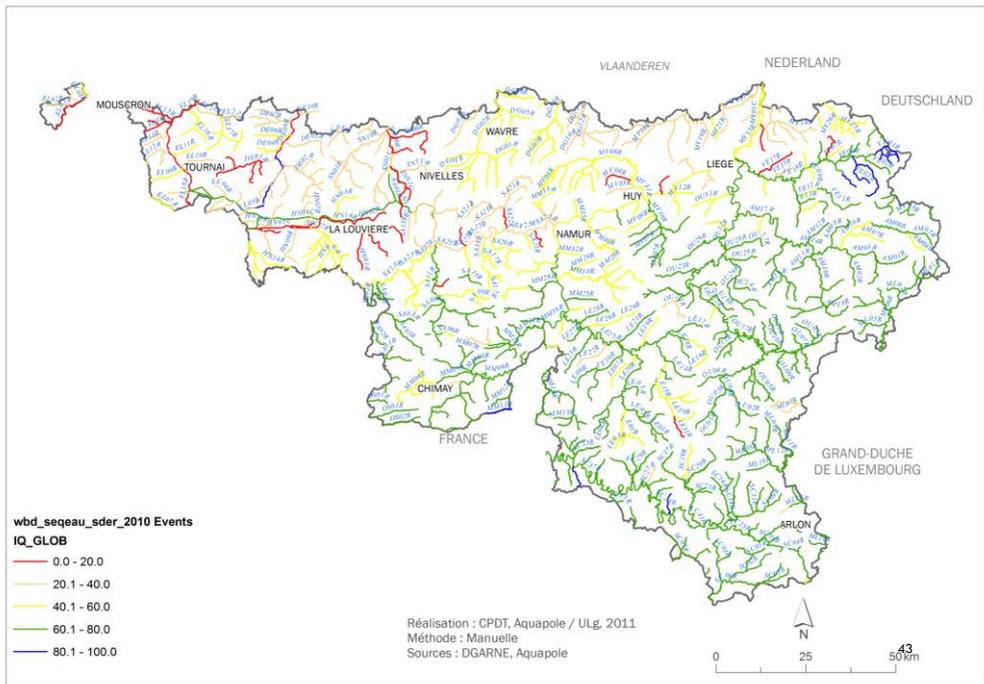
41

PEGASE/DCE : simulation de scénarios – simulation 2000



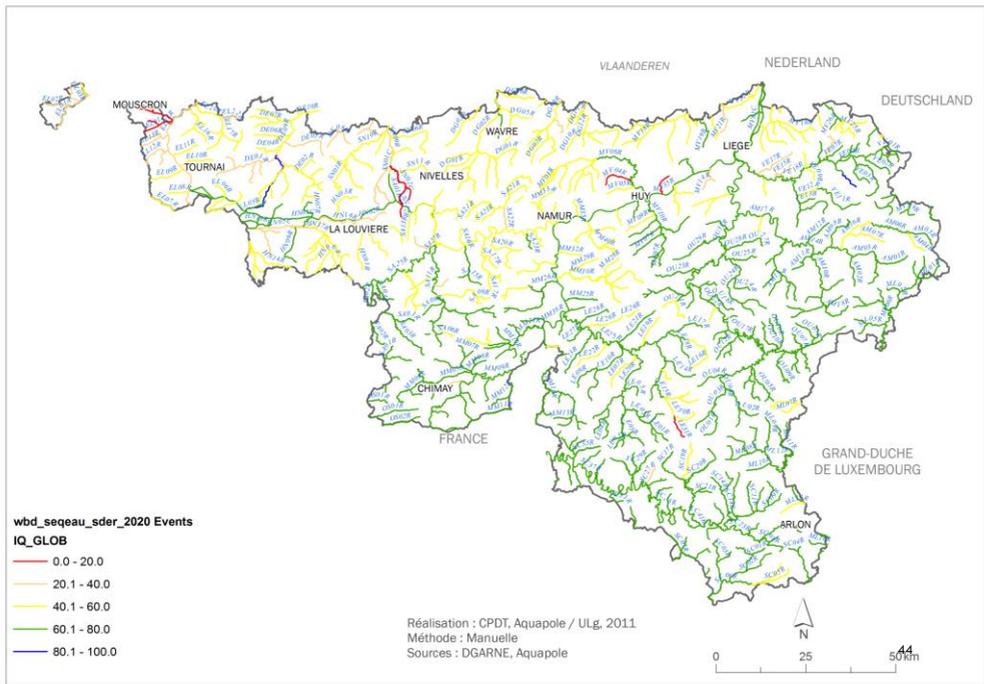
42

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



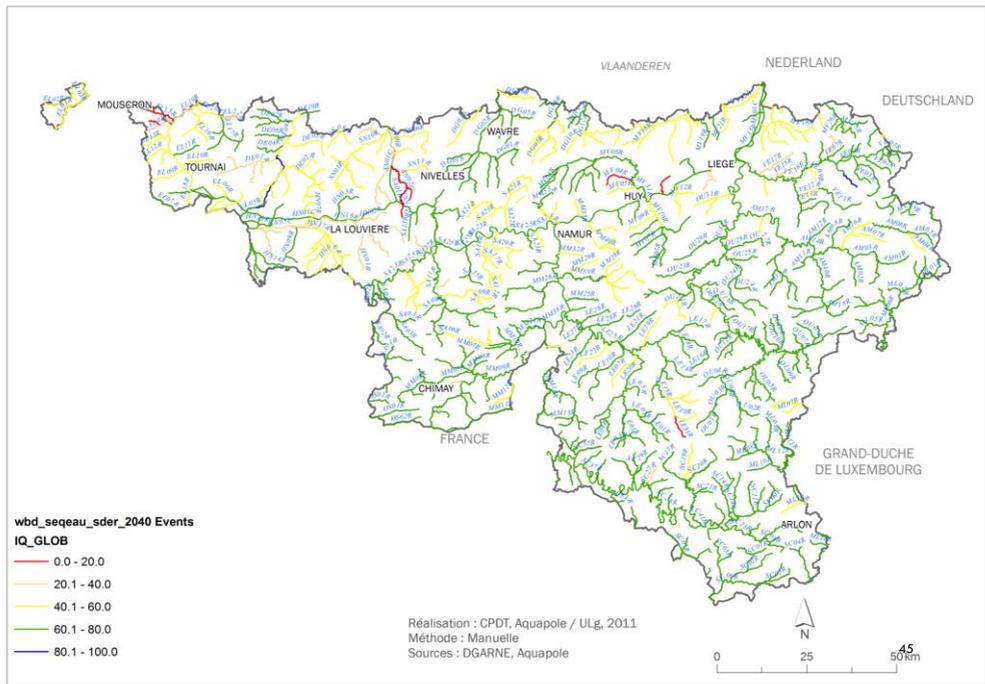
43

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



44

PEGASE/DCE : simulation de scénarios – simulation 2040



45

Améliorations futures Doctorats et Post-doctorats

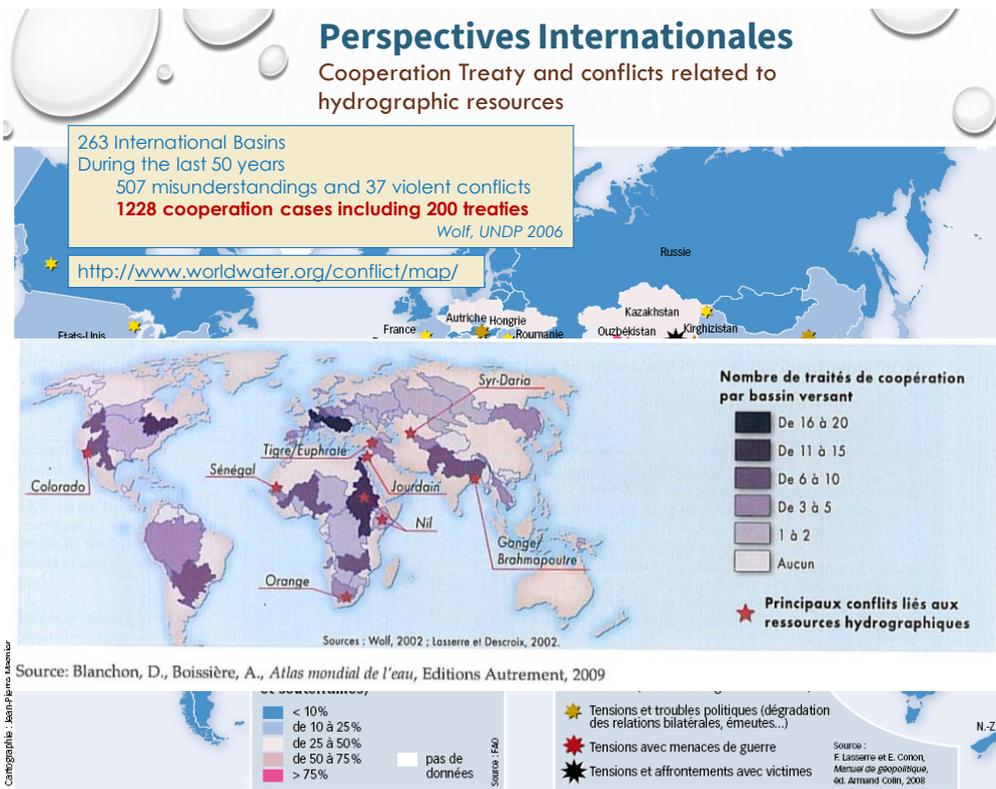
Couplage avec d'autres modèles
 Mercure et ses dérivés
 Métaux Lourds
 Sédimentations/remise en suspension/Adsorption/désorption/ ...
 Cyanobactéries → cyanotoxines
 Modèle de BioAccumulation
 Transferts radionucléides dans chaîne trophique
 Extension « générique » à n'importe quel μpolluant, métabolites
 (type résidus médicamenteux, ...), μpolluants émergents,

mg / m ³	Cu	Zn	Pb
Dissous	0.5 - 1.5	1 - 2.5	0.1 - 0.3
Sédiments	30 - 270	170 - 700	10 - 40

47

L'eau, une ressource précieuse : « Quels défis pour une gestion durable ? »

Jf Deliège, Faculté des Sciences, Département BEE, UR FOCUS, ULiège



48

L'Intrication

Différents à différentes échelles

- Global [CC / GIEC]
- EU [DCE]
- District [CIM, CIE, ...]
- BV [Villes et Communes, Contrats rivières, ...]

Des Cycles (Naturels et Anthropiques)
Des Compartiments associés
ESU / ESO / Zones Côtières /
Zones humides / Lacs / Barrages / ...

Pressions Naturelles & Anthropiques :

- Quantité : Crues (e.g. 14-15 Juillet 2021), Inondations, Sécheresses, étiages, ...
- Qualité : Biologique, écologique, Physico-chimique, Morphologique ...
- Crises (« naturelles », rejets accidentels, ...)

→ **Gestion & Planification**

49