

MATÉRIELS DE FORMATION DU GCE ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ ET DES MESURES D'ADAPTATION

CHAPITRE 6 Ressources en eau



Objectifs et attentes du chapitre

- Le lecteur doit, après avoir lu cette présentation, conjointement avec le livret qui lui est associé :
 - a) Comprendre les **répercussions hydrologiques potentielles** du changement climatique sur les ressources en eau, ainsi que la façon d'évaluer ces effets ;
 - b) Être capable d'**identifier les différents acteurs** engagés dans le secteur de l'eau et leur influence potentielle sur le secteur et la planification hydrologiques ;
 - c) Avoir acquis une vue d'ensemble des **méthodes, outils et données** nécessaires à la conduite d'une évaluation d'impact ;
 - d) Avoir acquis une connaissance des différentes **possibilités d'adaptation** disponibles pour les ressources en eau ;
 - e) Bien connaître les **différents intrants et extrants** du modèle WEAP (Évaluation et planification des ressources en eau) à l'aide d'une hypothèse de bassin hydrographique, et savoir comment utiliser ces extrants dans les évaluations d'impact.



Exposé

- Les conséquences hydrologiques du changement climatique sur les ressources en eau
- Facteurs et effets potentiels
- Exigences relatives aux méthodes, outils et données nécessaires pour évaluer la vulnérabilité des ressources en eau
- Réponses d'adaptation par systèmes et secteurs



Évaluations V&A efficaces

- Questions d'ordre général :
 - a) Sur quoi l'évaluation essaie-t-elle d'influer ?
 - b) Comment l'interface science/politique peut-elle être plus efficace ?
 - c) Comment les participants peuvent-ils apporter une plus grande contribution au processus ?
- Problèmes d'ordre général :
 - a) Les participants apportent des objectifs/une expertise différents
 - b) Ces différences mènent souvent à des dissensions/opinions divergentes.



Évaluations V&A efficaces (suite)

- Questions d'ordre général :
 - a) Sur quoi l'évaluation essaie-t-elle d'influer ?
 - b) Comment l'interface science/politique peut-elle être plus efficace ?
 - c) Comment les participants peuvent-ils apporter une plus grande contribution au processus ?
 - Problèmes d'ordre général :
 - a) Les participants apportent des objectifs/expertise différents
 - b) Ces différences mènent souvent à des dissensions/opinions divergentes.
-



Évaluations V&A efficaces (suite)

- Pour être utile, le processus d'évaluation requiert :
 - a) Pertinence
 - b) Crédibilité
 - c) Légitimité
 - d) Participation cohérente
- Il s'agit d'un processus pluridisciplinaire :
 - a) Un outil est souvent nécessaire au processus d'évaluation
 - b) Cet outil est habituellement un modèle ou une suite de modèles
 - c) Ces modèles servent d'interface
 - d) Cette interface constitue une passerelle d'échanges entre les scientifiques et les responsables politiques.



Répercussions hydrologiques du changement climatique

- Quantité de précipitations :
 - a) Augmentation globale moyenne
 - b) Différences régionales marquées
- Fréquence et intensité des précipitations :
 - a) Moins fréquentes, plus intenses (Trenberth et autres, 2003)
- Évaporation et transpiration :
 - a) Augmentation totale de l'évaporation ;
 - b) Difficultés régionales dues aux interactions entre les plantes et l'atmosphère.

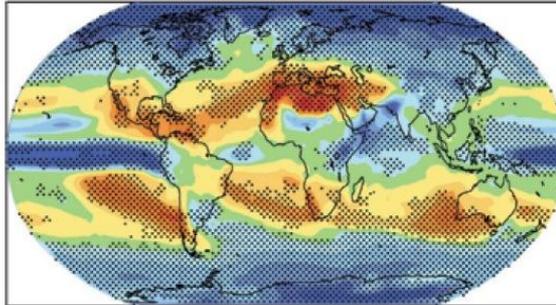


- Évolution du ruissellement
 - a) En dépit de la hausse globale des précipitations zones de baisse significative du ruissellement
- Zones côtières :
 - a) Infiltration d'eau salée dans les aquifères côtiers
 - b) Marées de tempête graves
- Qualité de l'eau :
 - a) Des flux plus faibles peuvent entraîner des concentrations en agents polluants.
 - b) Des flux plus élevés peuvent entraîner un lessivage et un transport de sédiments plus importants.

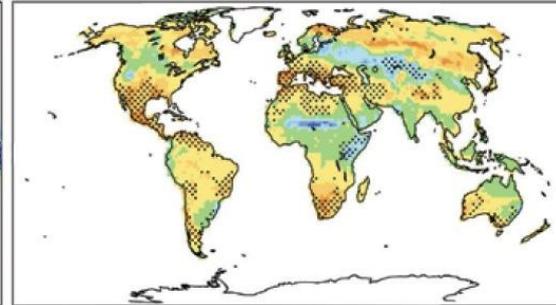


Répercussions hydrologiques du changement climatique (suite)

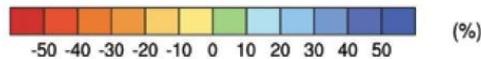
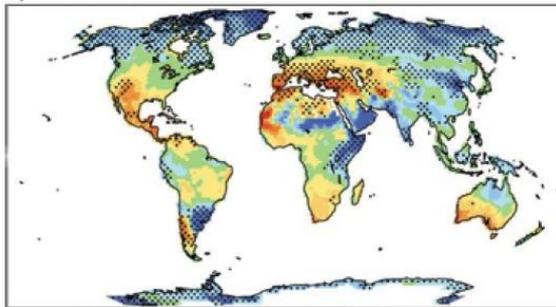
a) Précipitation



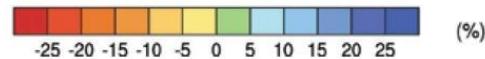
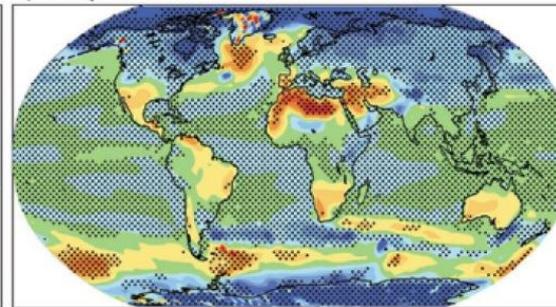
b) Soil moisture



c) Runoff



d) Evaporation



Le modèle-quinze signifie des changements dans (a) les précipitations, (b) teneur en humidité du sol (%), (c) ruissellement (%), et (d) évaporation (%).

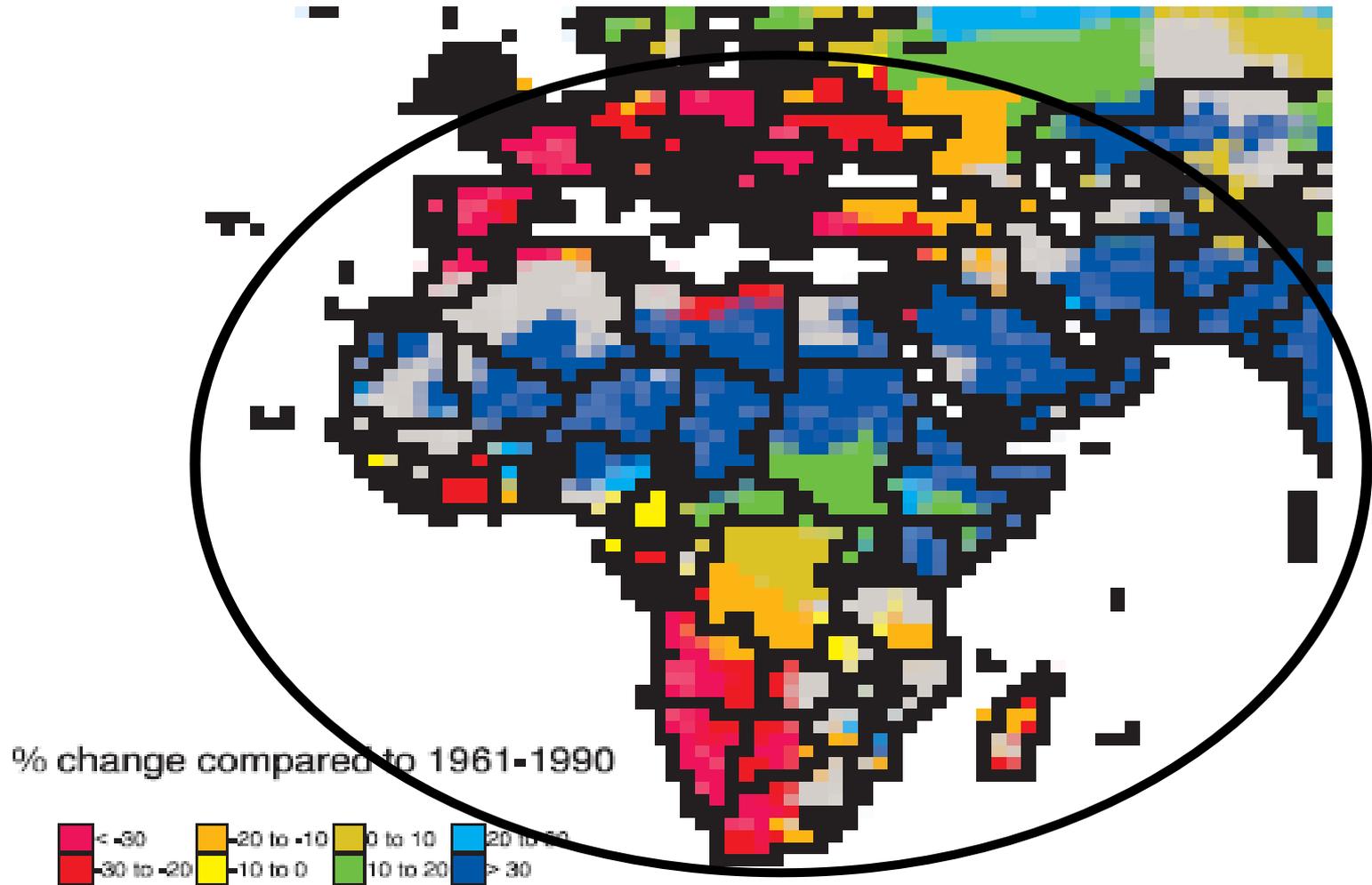
Pour indiquer la cohérence du signe de changement, les régions en pointillés sont celles dont au moins 80 % des modèles confirment le signe de changement moyen. Les changements sont les moyennes annuelles du scénario du SRES A1B pour la période 2080-2099 relative à 1980-1999. Les changements

de l'humidité des sols et du ruissellement sont indiqués pour des points géographiques dont les données ont été validées par au moins dix modèles.

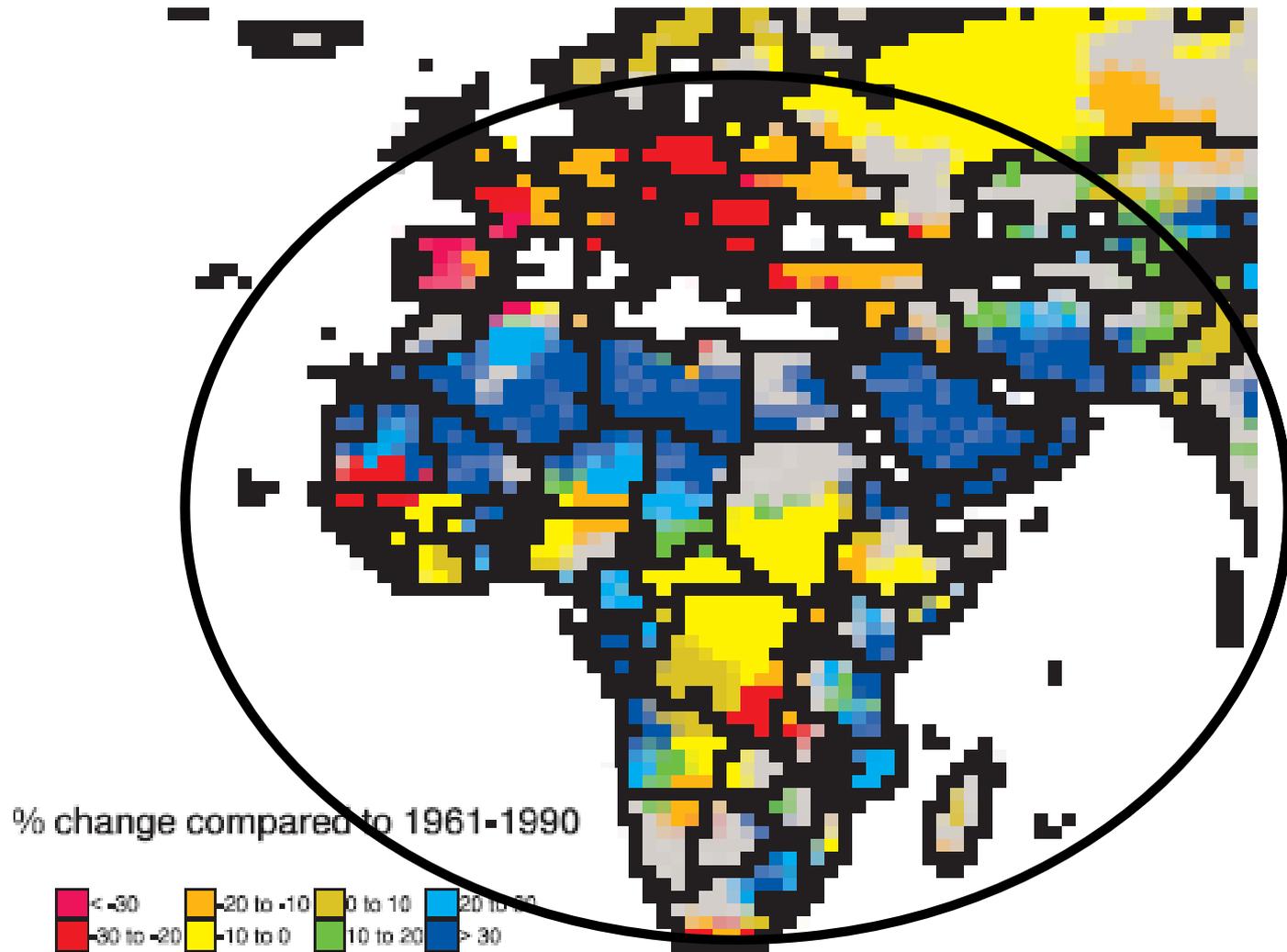
Source : Bates et autres (2008)



Exemple de l'Afrique – ECHAM4/OPYC



Exemple de l'Afrique – GFDLR30



Impacts : Humidité des sols

- Diminutions dans les régions subtropicales et méditerranéennes
- Augmentations dans les régions de l'Afrique de l'Est, d'Asie Centrale et d'autres régions subissant de fortes précipitations
- Baisses se produisant également dans les régions septentrionales, où la couverture neigeuse diminue.



Impacts : Ruissellement et écoulement fluvial

- Variation régionale significative du ruissellement et de l'écoulement fluvial :
 - a) Ruissellement réduit dans le Sud de l'Europe
 - b) Ruissellement plus important en Asie du Sud-Est
 - c) Augmentation du courant des cours d'eau dans les régions septentrionales
 - d) Les écoulements fluviaux tendent à diminuer dans le Moyen-Orient, l'Europe et l'Amérique centrale.



Impacts : Zones côtières

- Augmentation des crues et des inondations côtières provoquant la salinisation des eaux souterraines et des estuaires
- Changements de période et de volume du ruissellement d'eau douce affectant la salinité et la disponibilité des sédiments et des éléments nutritifs
- Possibilité que les changements de la qualité de l'eau résultent de l'augmentation du niveau de la mer provoquée par les opérations d'évacuation des eaux pluviales et usées dans les zones côtières.



Impacts : Qualité de l'eau

- Des températures de l'eau plus élevées pourraient exacerber de nombreuses formes de pollution
- Des changements dans les crues et les sécheresses peuvent affecter la qualité de l'eau au niveau des sédiments, des éléments nutritifs, du carbone organique dissous, des agents pathogènes, des pesticides et des sels minéraux
- Il est prévu que l'augmentation du niveau de la mer augmente les zones de salinisation des eaux souterraines et des estuaires.



Impacts : Eau souterraine

- Variabilité de l'eau de surface directement liée à la variabilité de l'eau souterraine dans les aquifères non confinées
- L'augmentation des prélèvements dus à la croissance démographique et à la diminution de la disponibilité des eaux de surface vont vraisemblablement entraîner une baisse des eaux souterraines.



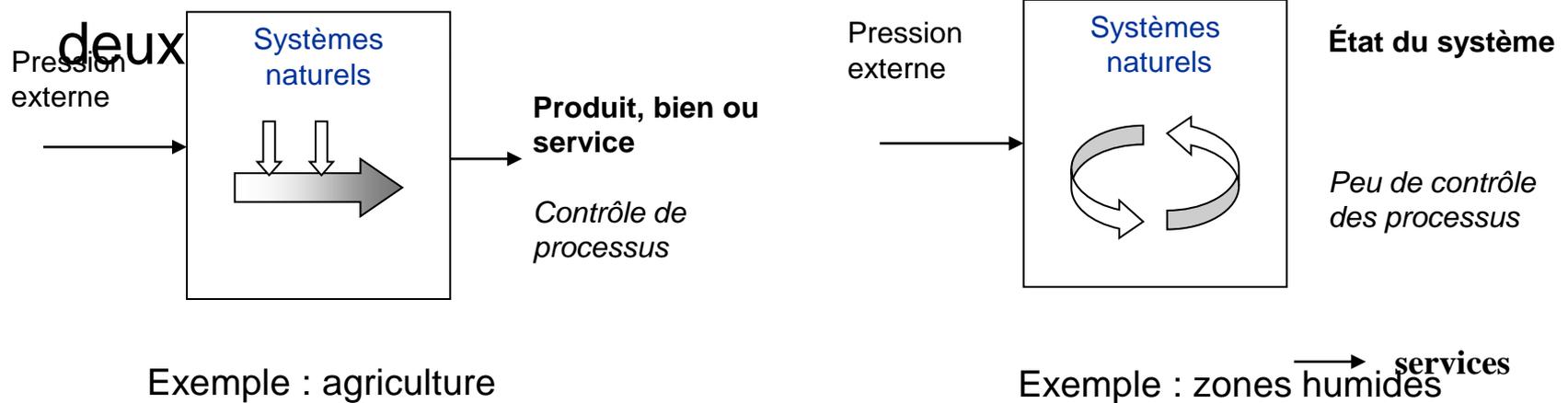
Impacts : Demande, alimentation en eau et assainissement

- Il est probable que le changement climatique aggrave les problèmes que rencontrent les services liés à l'eau, notamment l'alimentation, la demande et la gestion.



Ressources en eau – Un secteur essentiel de la V&A

- Elles revêtent une grande importance pour les systèmes naturels et gérés.
- Les activités humaines influencent les

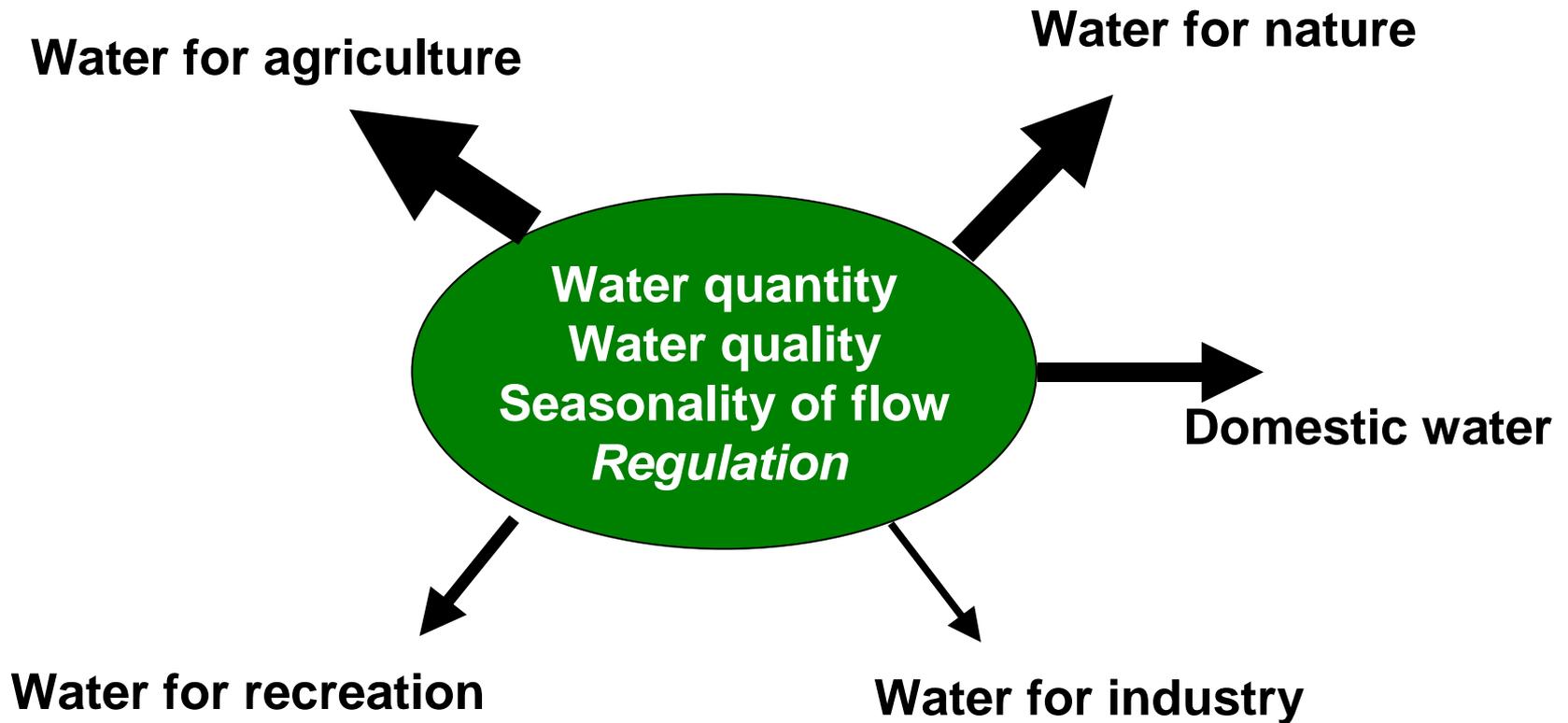


Quels problèmes essayons-nous de résoudre ?

- Planification de l'eau (quotidienne, hebdomadaire, mensuelle, annuelle)
 - a) Locale et régionale
 - b) Municipale et industrielle
 - c) Écosystèmes
 - d) Stockage de rétention
 - e) Concurrence de la demande
 - Fonctionnement des infrastructures et des systèmes hydrauliques (chaque jour et plusieurs fois par jour) :
 - a) Fonctionnement des barrages et des réservoirs
 - b) Contrôle des canaux
 - c) Optimisation de la production hydroélectrique
 - d) Crues et inondation des zones inondables
-



Le paysage des « compromis » de l'eau dans le secteur des ressources en eau



Les ressources en eau du point de vue des services

- Il ne s'agit pas d'une simple évaluation du ruissellement ou de l'écoulement des eaux pluviales
- C'est également une évaluation des effets potentiels du réchauffement global sur les biens et services fournis par les systèmes d'eau potable.



Services de l'écosystème de l'eau potable

Exploitable ; Utilisation directe ;
Utilisation indirecte

	Har-vest. biota	Water for ag., urban, indust.	Recreation, aesth. beauty	Trans-port	Power gener.	Regen. of soil fertility	Nutr. cycl-ing	Flood/drought mitig.	Water purifi-cation	Ero-sion control	Habitat / biodi-versity
Upper Rivers	√	√	√		√		√	√		√	√
Lower Rivers	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
Delta	√	√	√	√		√	√	√	√	√	√
Bay	√	√	√	√		√	√		√		√



Situation idéale en matière d'eau

- Quantité appropriée
- Coordination de sa disponibilité appropriée
- Qualité appropriée

**Comment agir pour obtenir
cette situation idéale ?**



Résumé des effets du changement climatique sur les ressources en eau

Climate change	Bio-physical impact	Socio-economic impact
Sea level rise and salt-water intrusion	Salinization of water lenses Less fresh water available	<ul style="list-style-type: none"> • Domestic consumption • Sanitation and health could be compromised at community and household levels • Water suppliers (costs for augmentation) • Farmers and those in agro-forestry have to augment supplies and/or change farming strategies
Reduced average rainfall	Less fresh-water available Drought	<ul style="list-style-type: none"> • Reduced aquifer recharge rates • Crop and biodiversity loss • Water rationing for certain uses • Investment in cisterns and reservoirs
Increased evapotranspiration rates		<ul style="list-style-type: none"> • Reduced yields and volume of crops and forest cover
Increased rainfall intensity	Run-off and soil erosion Flooding	<ul style="list-style-type: none"> • Reduction in crop production • Increased habitat conditions for disease vector production • Sedimentation of water bodies • Blocked storm water wells



Inadéquation entre l'offre et la demande en eau

- Caractéristiques de l'inadéquation :
 - a) Quantité appropriée
 - b) Coordination de sa disponibilité appropriée
 - c) Qualité appropriée
 - d) Prix raisonnable
 - Quels seraient les effets de cette inadéquation sur :
 - a) L'environnement
 - b) L'économie
 - c) La société
 - Problèmes relatifs à l'adaptation :
 - a) Quelles sont les mesures les plus efficaces pour réduire l'inadéquation ?
-



Réponses d'adaptation par systèmes et secteurs

- Sécurité agricole et alimentaire, utilisation des terres et foresterie
- Santé humaine
- Alimentation en eau et assainissement
- Installations et infrastructures
- Économie : assurance, tourisme, industrie, transport
- Genre.



Adaptation des ressources en eau dans le secteur agricole

- Adoption de variétés/espèces plus résistantes aux variations de températures et à la sécheresse
- Modification des techniques d'irrigation
- Adoption de technologies efficaces de « récolte » de l'eau et de conservation de l'humidité des sols
- Modification des calendriers des récoltes, par ex., calendrier ou emplacement des cultures
- Mise en œuvre de prévisions climatiques saisonnières.



Adaptation des ressources en eau dans le secteur de la santé

- La malnutrition et le manque d'eau pourraient être les deux conséquences majeures du changement climatique
- Les évaluations de l'impact sur la santé révèlent souvent les opportunités d'intégrer les effets sur la santé des stratégies d'adaptation dans le secteur de l'eau, comme celles de l'alimentation en eau et de l'assainissement.



Adaptation de l'alimentation en eau et de l'assainissement

- Constructions de nouveaux réservoirs de rétention
- Utilisation de sources d'eau alternatives, telles que l'eau souterraine ou le dessalement de l'eau
- Récolte de l'eau de pluie et réutilisation contrôlée
- Utilisation de systèmes décentralisés.



Adaptation des installations et des infrastructures

- Les réponses d'adaptation sont vraisemblablement très coûteuses dans les zones construites. L'adaptation devrait être soigneusement prise en compte dans le contexte de :
 - a) Colonies implantées dans des zones à hauts risques, telles que les zones côtières et fluviales, en raison des dégâts causés par les inondations et les tempêtes, et de la dégradation causées par les intrusions d'eau salée.
 - b) Colonies implantées dont l'économie est intimement liée à une activité tributaire de l'eau et sensible au climat, telle que l'agriculture irriguée ou les activités touristiques liées à l'eau.



Exemples d'adaptation - Alimentation en eau

- Construction/modification de l'**infrastructure physique** :
 - a) Revêtements de canaux
 - b) Conduits fermés au lieu de canaux ouverts
 - c) Intégration de réservoirs séparés dans un système unique
 - d) Réservoirs/Centrale hydroélectrique/Systèmes d'approvisionnement
 - e) Élévation des murs de barrage
 - f) Augmentation de la taille des canaux
 - g) Élimination des sédiments des réservoirs pour accroître la capacité de stockage
 - h) Transferts d'eau entre bassins.



- Gestion **adaptative** des systèmes d'alimentation en eau existants :
 - a) Changer les règles d'exploitation
 - b) Utiliser une surface commune/alimentation en eau souterraine
 - c) Intégrer physiquement un système de réservoirs
 - d) Coordonner la fourniture/demande.



Adaptation de l'alimentation en eau - Politique, conservation, technologie

- Domestique :
 - a) Réutilisation municipale et domestique
 - b) Réparation des fuites
 - c) Collecte de l'eau de pluie à d'autres fins que la consommation
 - d) Appareils à débit réduit
 - e) Systèmes d'alimentation doubles (eau potable et non potable)
 - Agriculture :
 - a) Programme et efficacité de l'irrigation
 - b) Revêtement des canaux, conduits fermés
 - c) Réutilisation des eaux de drainage, utilisation des eaux usées
 - d) Cultures irriguées par de l'eau à valeur élevée/de manière économique
 - e) Systèmes d'irrigation au goutte à goutte, économiques, de précision
 - f) Cultures résistantes au sel pouvant être irriguées avec des eaux de drainage.
-



Adaptation de l'alimentation en eau - Politique, conservation, technologie

- Industrie :
 - a) Réutilisation et recyclage de l'eau
 - b) Cycle fermé et/ou refroidissement d'air
 - c) Turbines hydroélectriques plus efficaces
 - d) Bassins de refroidissement, tours humides et tours sèches
- Énergie (puissance hydraulique) :
 - a) Réutilisation de réservoirs
 - b) Cogénération (utilisation rentable de la chaleur perdue)
 - c) Réservoirs supplémentaires et centrales hydroélectriques
 - d) Adduction basse de l'énergie hydraulique du cours d'eau
 - e) Transferts vers d'autres activités menés par le marché/prix
 - f) Utilisation du prix de l'eau pour permuter l'utilisation de l'eau entre différents secteurs.



Approche de résolution des problèmes d'eau

1. Diagnostiquer :
 - i. Identifier le point d'entrée
 - ii. Identifier l'agence principale
 - iii. Analyse des parties prenantes
 - iv. Établir un comité de coordination et de facilitation
 - v. Analyse de la situation : Sociale, notamment genre et pauvreté, économique et environnementale, notamment l'approche de l'écosystème.

2. Avoir une vision de l'avenir :
 - i. Arbre d'analyse de problèmes : Cause et effet du problème à la racine
 - ii. Arbre d'analyse objectif : La cause principale est traduite en objectif de la stratégie Identifier le point d'entrée.



Approche de résolution des problèmes d'eau

3. Établissement d'une stratégie :

i. Élaboration d'un scénario :

- Une sélection de choix d'élaboration possibles : Identification de cadre ; identification de contenu ; préparation de la stratégie.

4. Planification :

i. Préparation du plan :

- Plan d'action et budget
- Matrice de responsabilité
- Programmation
- Indicateurs et cibles de suivi



Approche de résolution des problèmes d'eau

5. Mise en œuvre :
 - i. Préparation de plans de travail, de budgets, d'administration générale et de gestion financière
 - ii. Développement de capacité
 - iii. Renforcement institutionnel
 - iv. Renforcer l'environnement favorable : Recalibrer la politique et les instruments légaux de gestion des ressources en eau
 - v. Collecte de données.

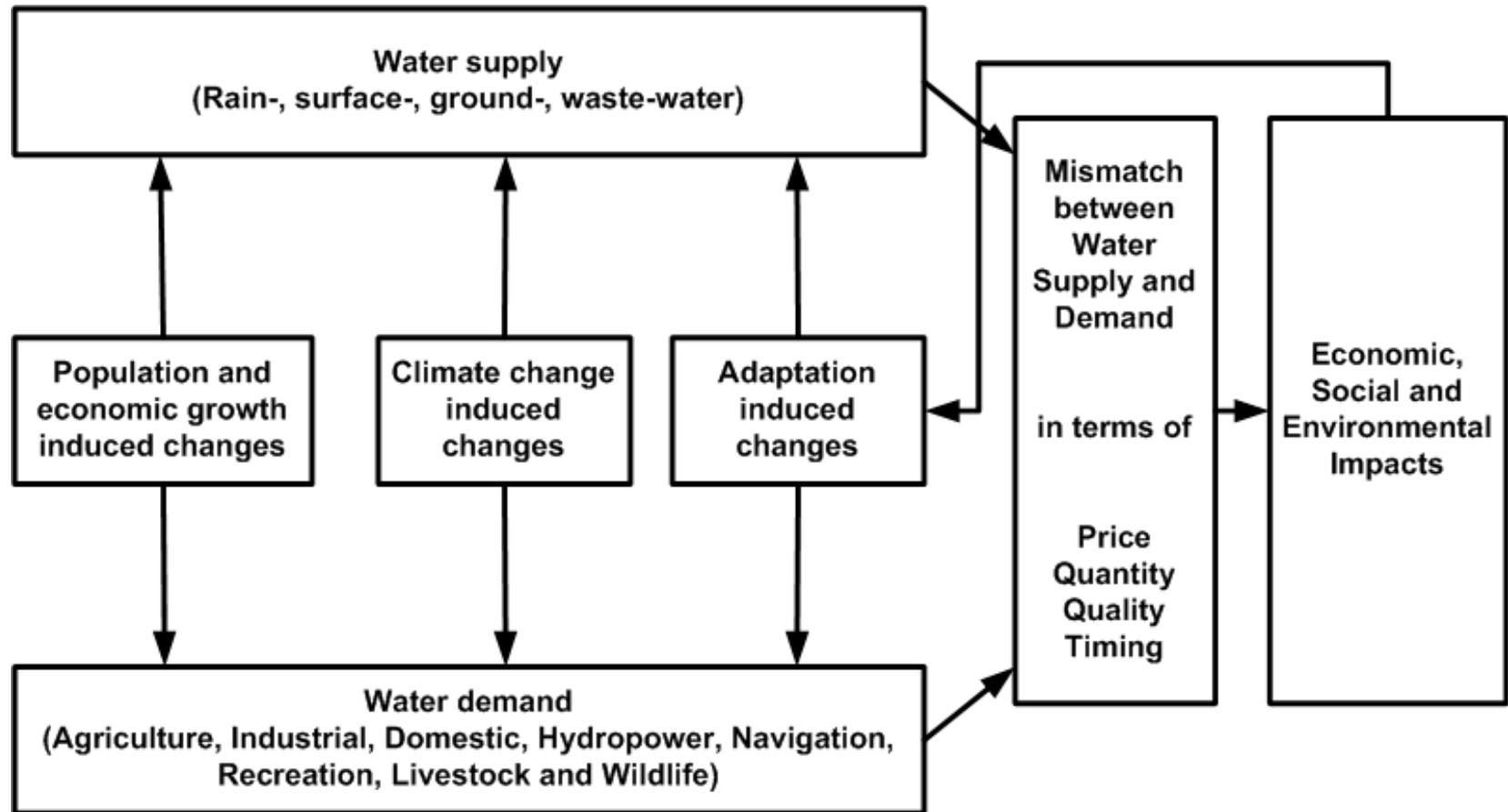
6. Suivi et évaluation (S&E) et documentation :
 - i. S&E à l'aide d'indicateurs
 - ii. Documentation relative aux enseignements tirés et aux bonnes pratiques.



MÉTHODES, OUTILS ET EXIGENCES RELATIVES AUX DONNÉES



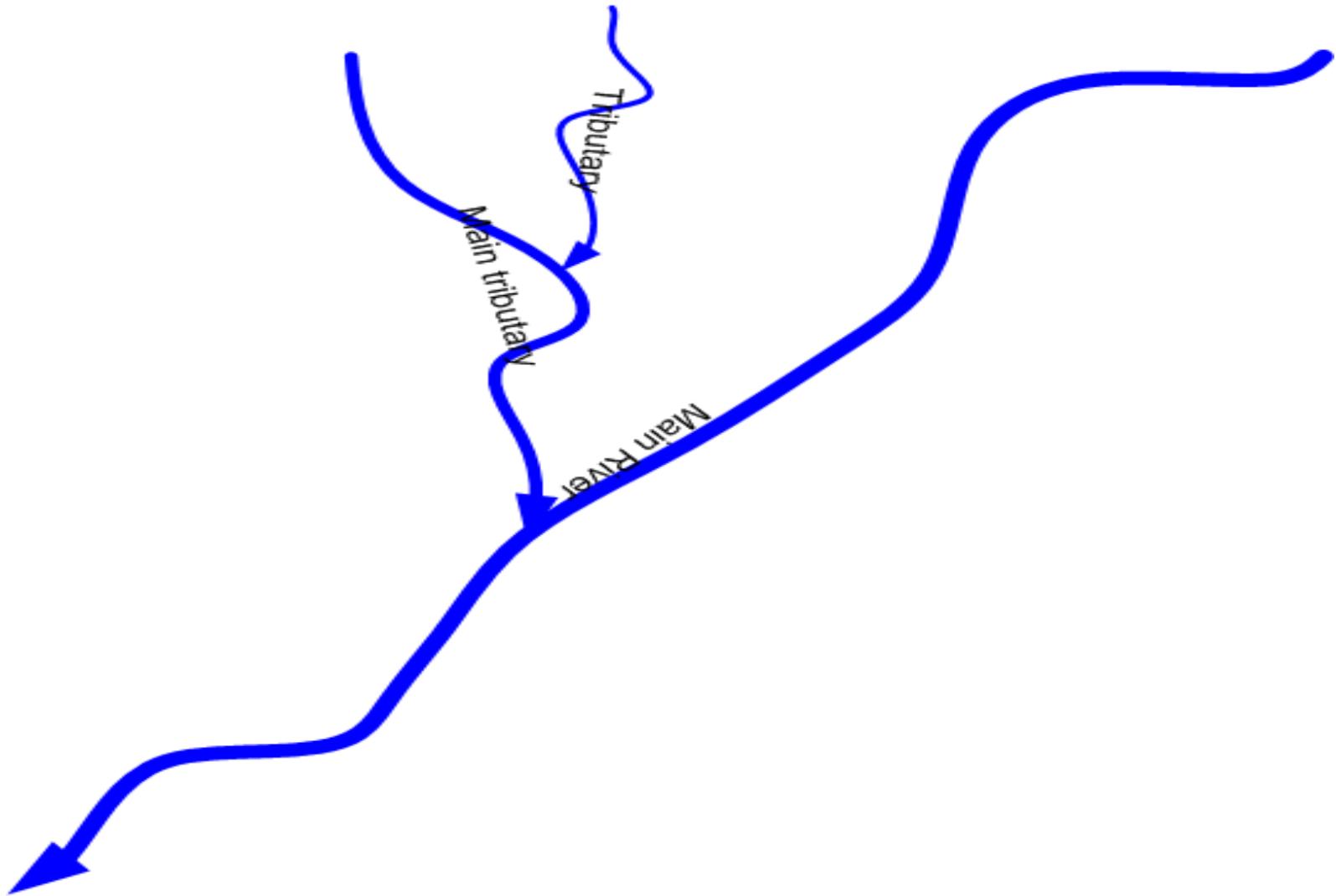
Éléments clés de l'analyse



Quels responsables politiques, de planification, investisseurs, responsables de mise en œuvre, consommateurs d'eau, acteurs concernés, chercheurs et sociétés civiles doivent être impliqués ?



Le système fluvial

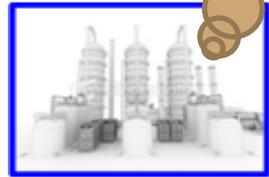


Fleuves, bassins hydrographiques et aquifères

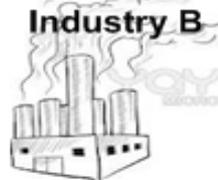


Problèmes relatifs aux secteurs de l'utilisation de l'eau

Quelle la situation actuelle de l'offre et de la demande en eau ?



City B



Industry B



Agriculture B

Comment le développement socioéconomique peut-il influencer l'offre et la demande en eau ?

Loisirs

Navigation

Hydropower

Comment le changement climatique peut-il influencer l'offre et la demande en eau ?



Agriculture A



Industry A

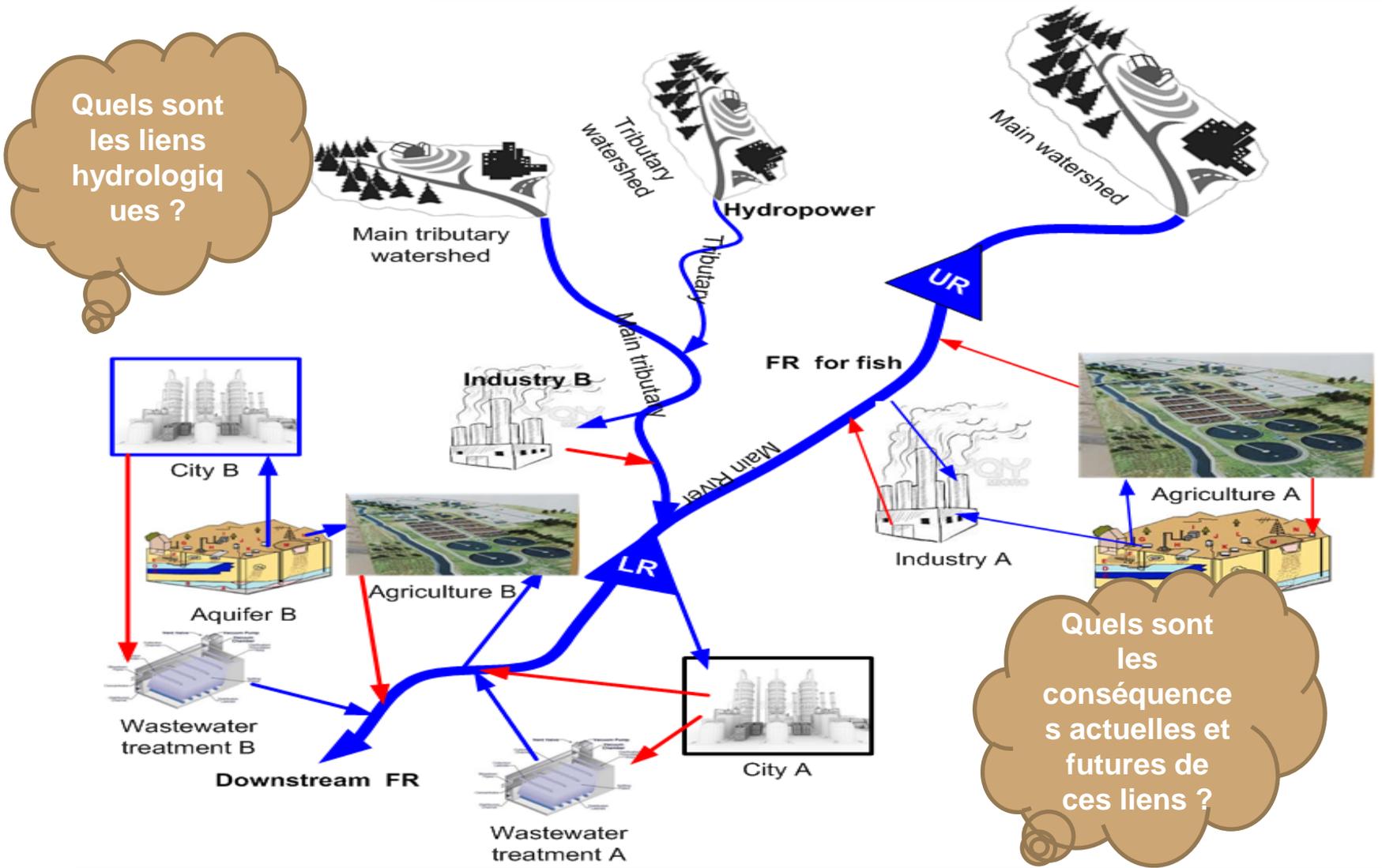
Pêche

Comment le développement socioéconomique et celui du changement climatique peuvent-ils influencer l'offre et la demande en eau ?



City A

Problèmes relatifs au lien entre l'offre et la demande



Outils des études de V&A des ressources en eau

- Modèles hydrologiques (processus physiques) :
 - a) Simulation de processus hydrologique de bassin hydrographique
 - b) Exemples – équilibre en eau, précipitations – simulation de ruissellement et de lac, modèles de qualité des cours d'eau
- Modèles de ressources en eau (physiques et gestion) :
 - a) Simulation de l'offre/de la demande actuelle et future du système
 - b) Règles et politiques de fonctionnement
 - c) Impacts écologiques
 - d) Production hydroélectrique
 - e) Systèmes d'aide à la décision (SAD) pour l'interaction politique.

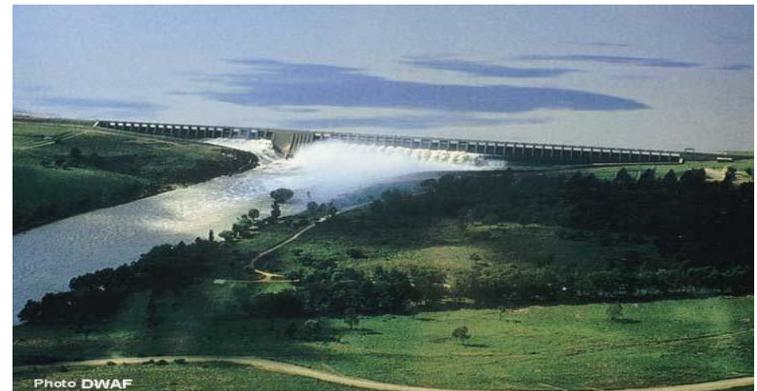


- Modèles économiques :
 - a) Macroéconomiques :
 - Différents secteurs économiques
 - Équilibre général – tous les marchés sont équilibrés
 - b) Niveau sectoriel :
 - Marché unique ou marchés très proches (par ex., l'agriculture)
 - c) Au niveau de l'entreprise
 - Modèle au niveau d'une exploitation agricole (approche de programmation linéaire)
 - Microsimulation
-



Outils à utiliser pour l'évaluation : Modèles relatifs à l'eau références

- Planification
 - a) WEAP21 (hydrologie également)
 - b) Aquarius
 - c) SWAT
 - d) IRAS (simulation interactive fluviale et aquifère)
 - e) RIBASIM
 - f) MIKE 21 et BASIN.



- Opérationnel et hydraulique :

- HEC

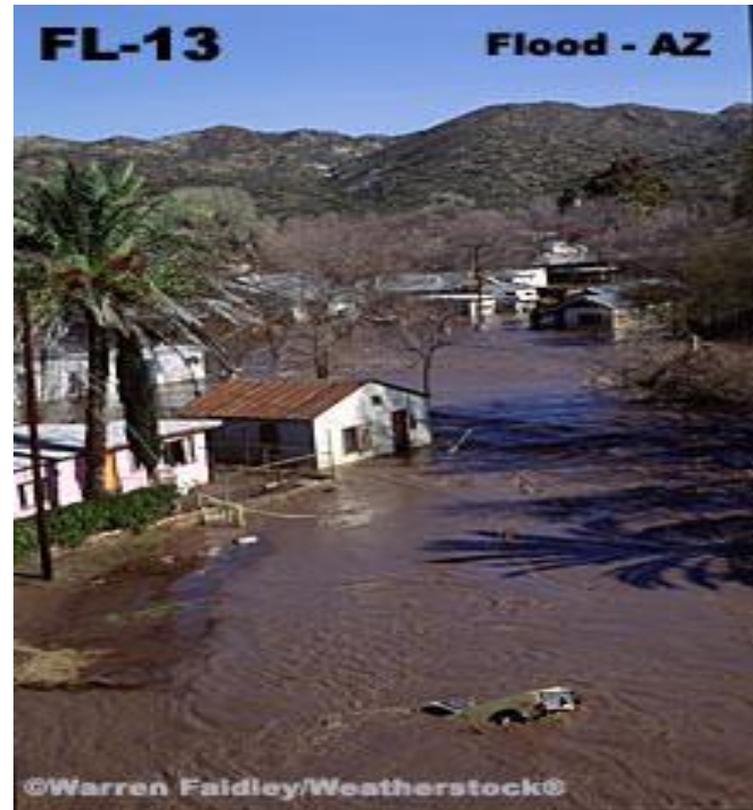
- a) HEC-HMS – ruissellement pluvial par événement (fournit des données à HEC-RAS pour effectuer une « cartographie » en une dimension des inondations)
- b) HEC-RAS – flux transitoires et permanents en une dimension
- c) HEC-ResSim – modélisation du fonctionnement des réservoirs

- WaterWare

- RiverWare

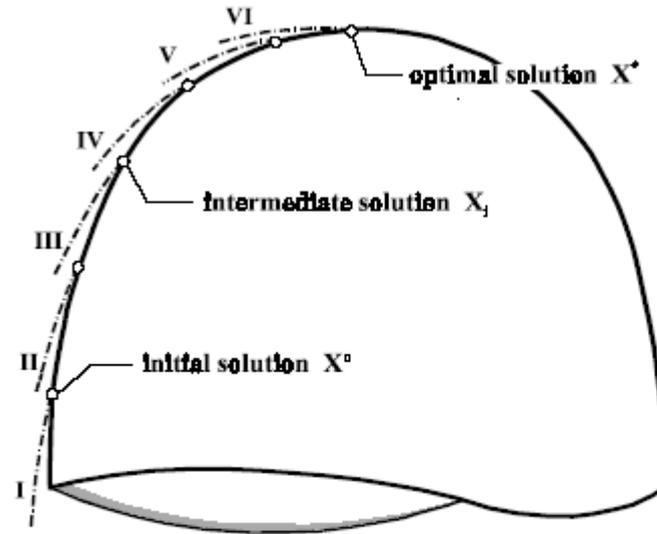
- MIKE11

- Delft3d.



- Sélection des modèles intéressants (déployés sur PC ; documentation exhaustive ; facilité d'utilisation) :
 - a) WEAP21
 - b) SWAT
 - c) Suite HEC
 - d) Aquarius

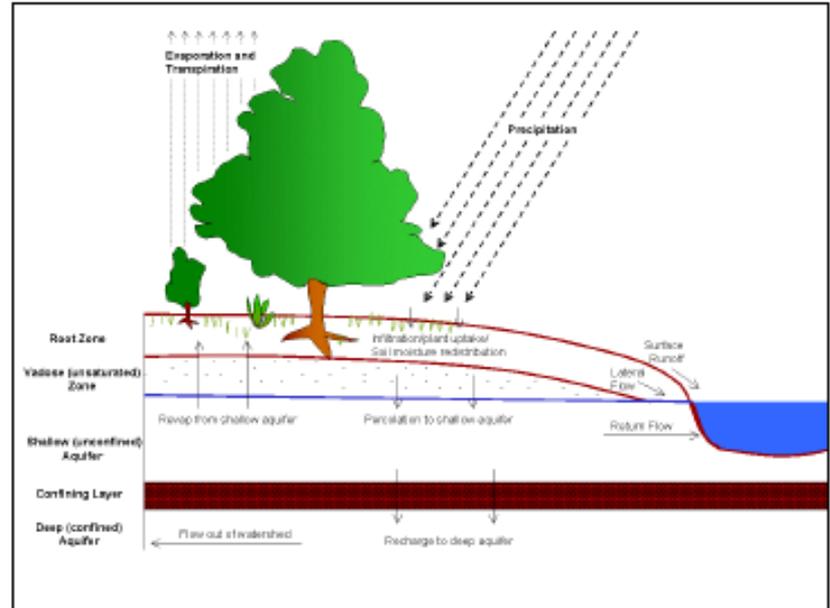
- Avantage d'**AQUARIS** :
Critère d'efficacité économique qui nécessite la réattribution des écoulements fluviaux jusqu'à ce que le rendement marginal net de toutes les utilisations de l'eau soit identique
- Ne peut pas être fonction des caractéristiques climatiques.



Sequential maximization of a concave objective function by Sequential Quadratic Programming (SQP) (Diaz and Fontane 1989).

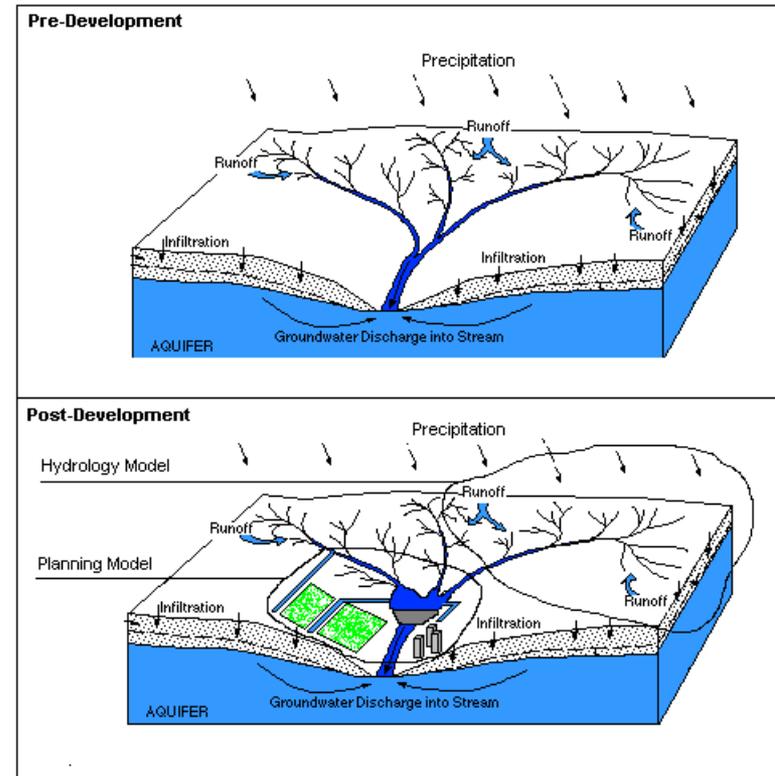
Décisions de gestion à l'aide du modèle SWAT sur les rendements de l'eau, des sédiments, des éléments nutritifs et des pesticides avec une précision raisonnable sur les bassins fluviaux non jaugés. Éléments constitutifs complexes de la qualité de l'eau.

- Précipitations – ruissellement, cheminement des rivières sur un chemin de pas quotidien.



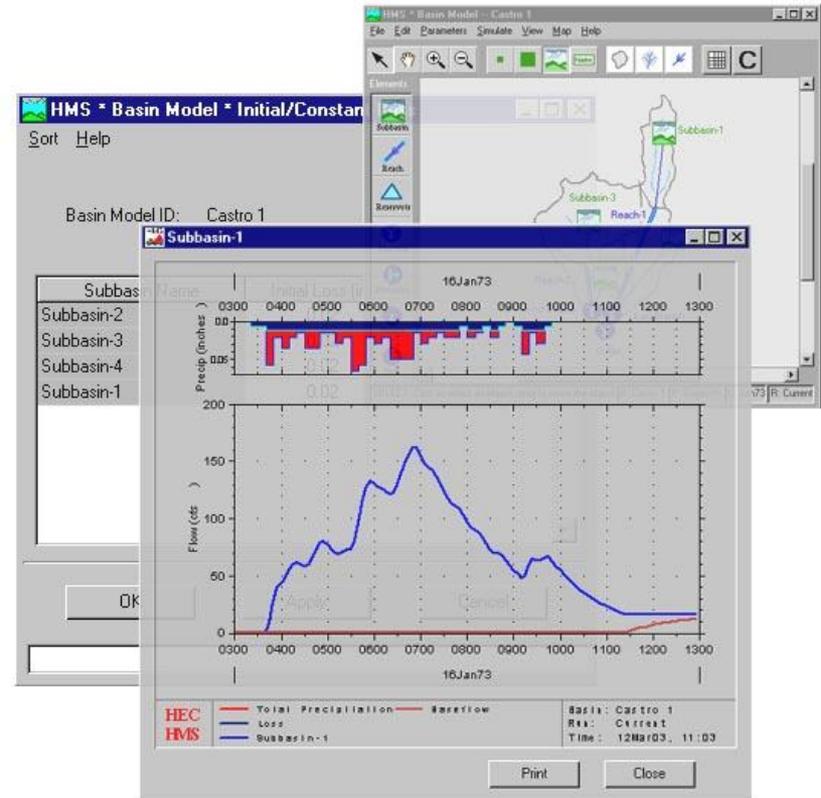
Avantages de **WEAP21** :
intégration transparente
des processus
hydrologiques des
bassins d'alimentation à
la gestion des ressources
en eau.

- Peut être dirigé par le climat.



Modèle physique de gestion hydraulique

- **HEC-HMS** : simulation hydrologique des précipitations fondée sur les événements, à l'échelle du bassin hydrographique – processus de ruissellement.
 - a) Précipitations infraquotidiennes – processus de ruissellement de petits bassins d'alimentation.



Présentation de WEAP21

- Hydrologie et planification
- Exemples et exercices de planification (distribution de l'eau)
- Ajout de l'hydrologie au modèle
- Interface utilisateur
- Échelle
- Exigences relatives aux données et aux ressources
- Calibrage et validation
- Résultats
- Scénarios
- Octroi de licence et enregistrement

The screenshot shows the WEAP21 software interface for the 'Weeping River Basin'. It features a tree view on the left for data organization, a central data entry table, and a bottom chart showing 'Annual Activity Level' from 1998 to 2008. Callouts provide instructions on using the View bar, editing data in the tree, creating scenarios, and viewing data in a graph or table.

Use the View bar to switch between your analysis and its results.

Data are organized in a tree structure that you edit by right-clicking here.

You can create multiple scenarios and use this box to switch between them.

Enter or edit your data by typing it here.

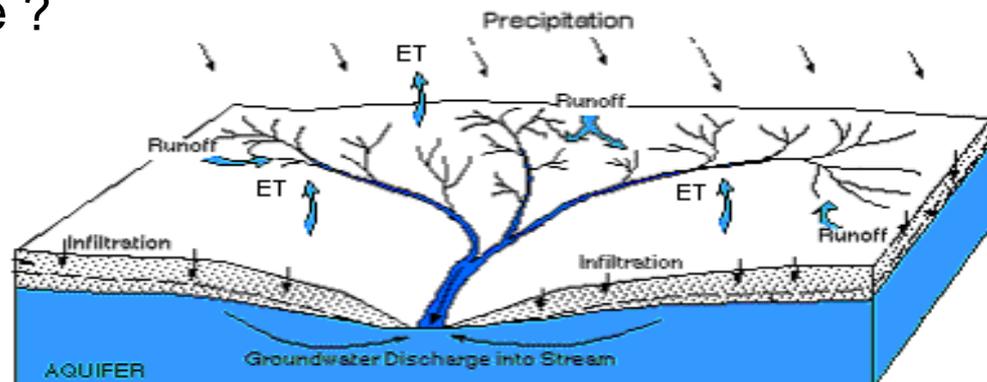
Your data are shown here as either a graph or a table.

Demand Site	1998	1999-2008	Scale	Unit
South City	375	Grow(1.2%)	Million	person
West City	1,125	Grow(1.2%)	Million	person
Industry North	100	Inter(202,400)	Million	
Industry East	1	Grow(Adj)/Driver(GDP,0.25)		
Agriculture North	1575	Grow(Adj)/Driver(Soil Environment Expansion,0.25)	Thousand	ha
Agriculture West				N/A



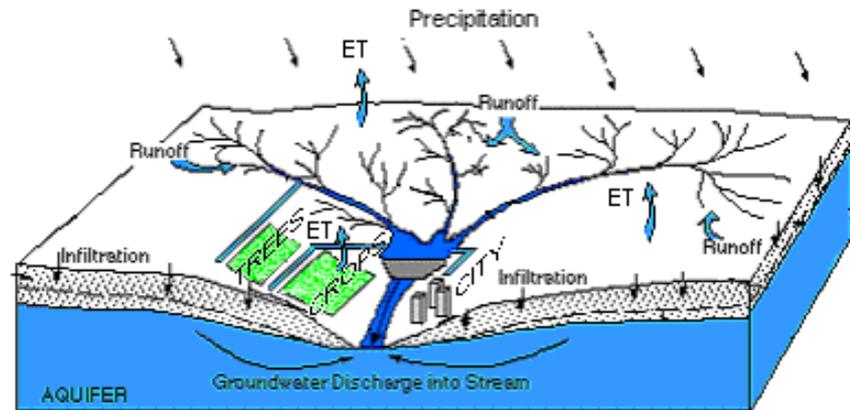
Modèle hydrologique

- Questions importantes :
 - a) Comment les précipitations sur un bassin hydrographique se traduisent-elles en flux dans une rivière ?
 - b) Quelles trajectoires l'eau suit-elle lorsqu'elle parcourt un bassin hydrographique ?
 - c) Comment le mouvement le long de ces trajectoires impacte-t-il la magnitude, le rythme, la durée et la fréquence des débits d'une rivière ?

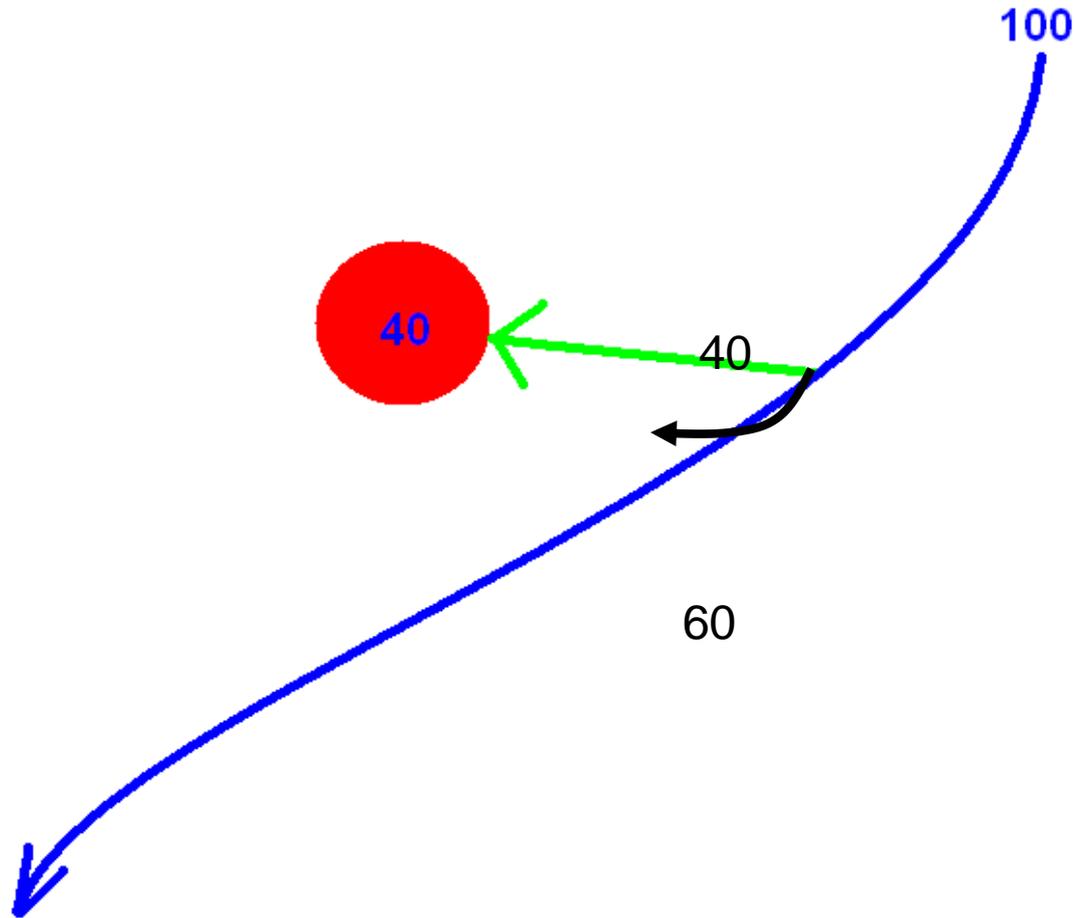


Modèle de planification

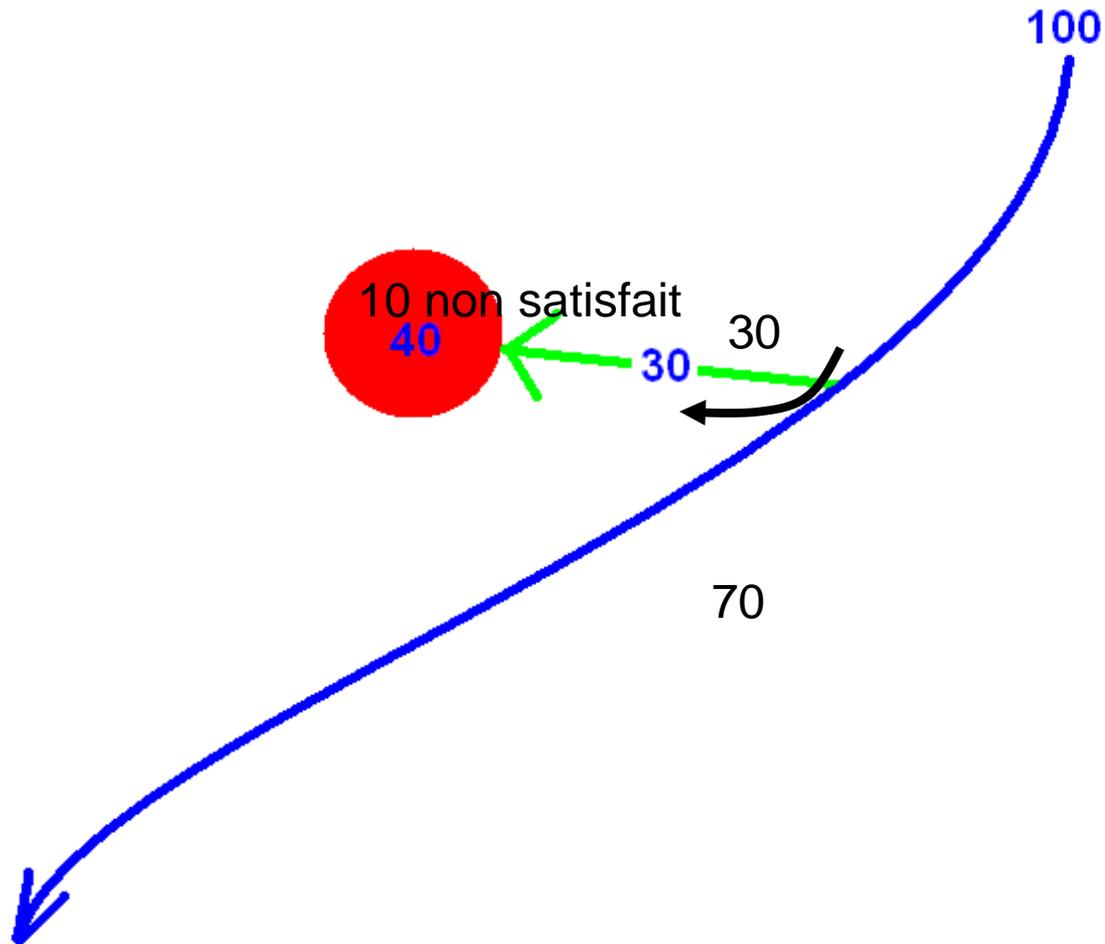
- Questions importantes :
 - a) Comment l'eau doit-elle être répartie entre diverses utilisations en période de pénurie ?
 - b) Comment ces opérations peuvent-elles être utilisées dans le but protéger des services fournis par une rivière ?
 - c) Comment l'infrastructure du système (par ex., les barrages, les travaux de déviation) peut-elle fonctionner dans le but d'atteindre une rentabilité maximale ?
 - d) Comment les allocations, les opérations, et les contraintes d'exploitation vont-elles changer si de nouvelles stratégies de gestion sont intégrées aux système ?



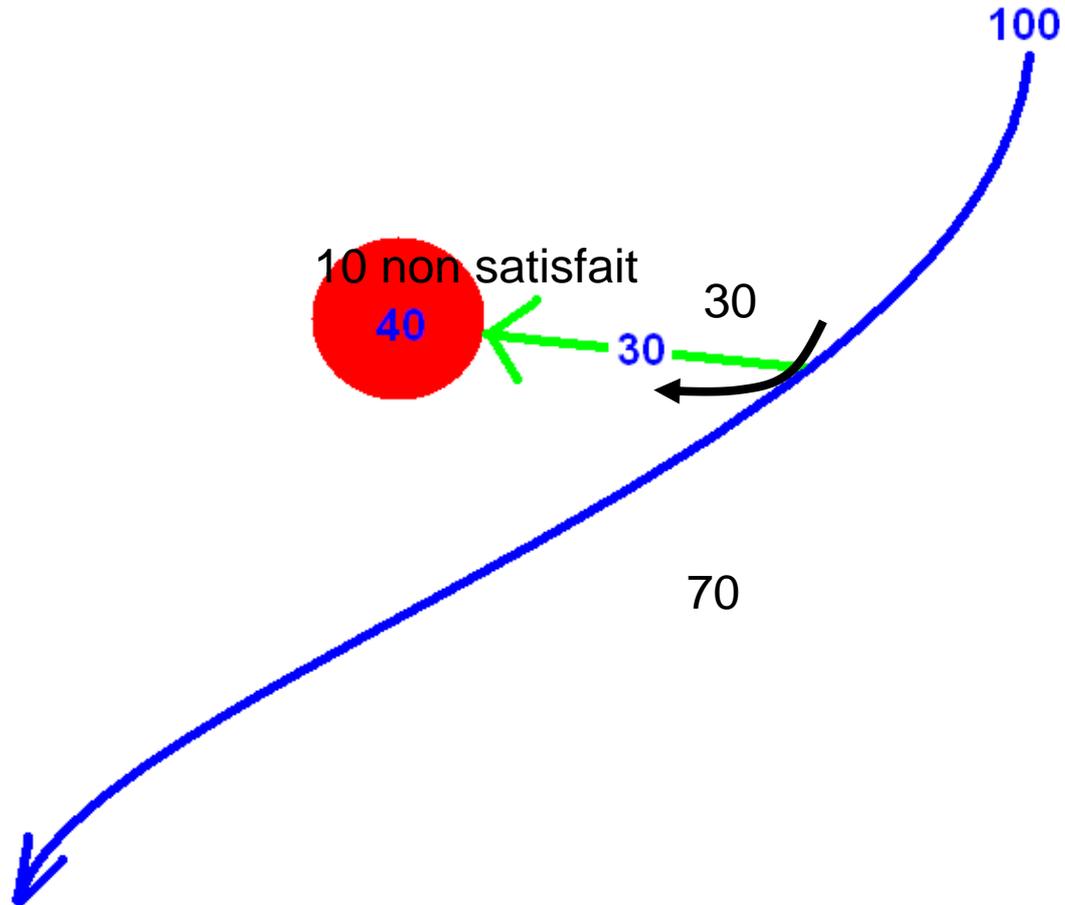
Un système simple avec le modèle WEAP21



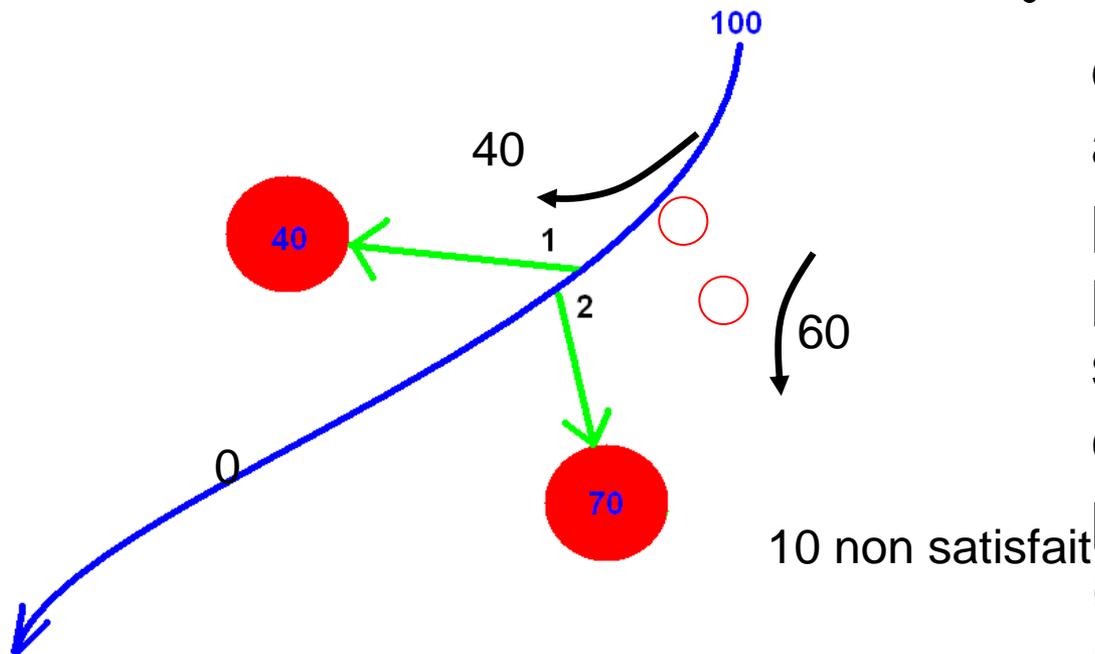
Un contrainte d'infrastructure



Une contrainte réglementaire

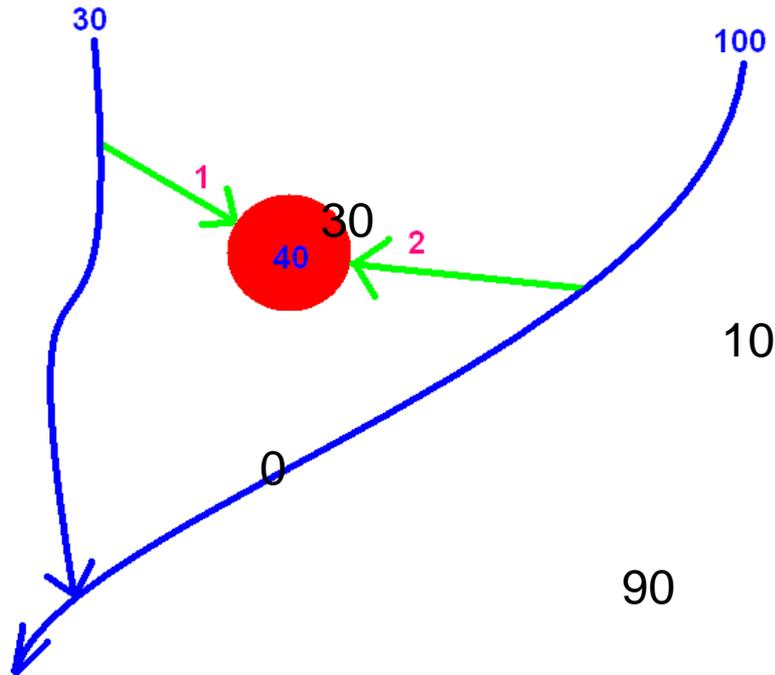


Priorités différentes



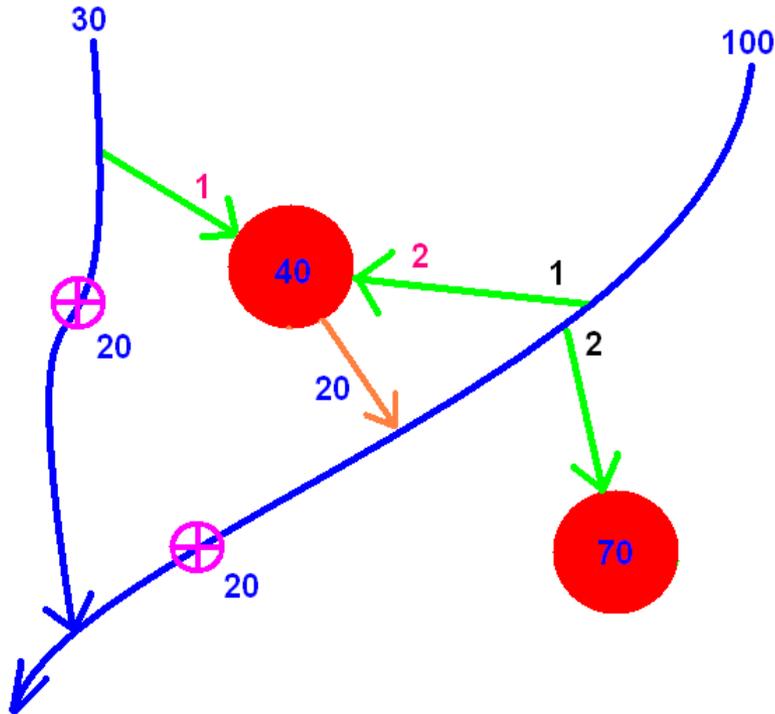
- Par exemple, la demande de gros agriculteurs (70 unités) peut représenter une priorité 1 dans un scénario, alors que celle de petits propriétaires (40 unités) peuvent représenter une priorité 1 dans un autre.

Préférences différentes



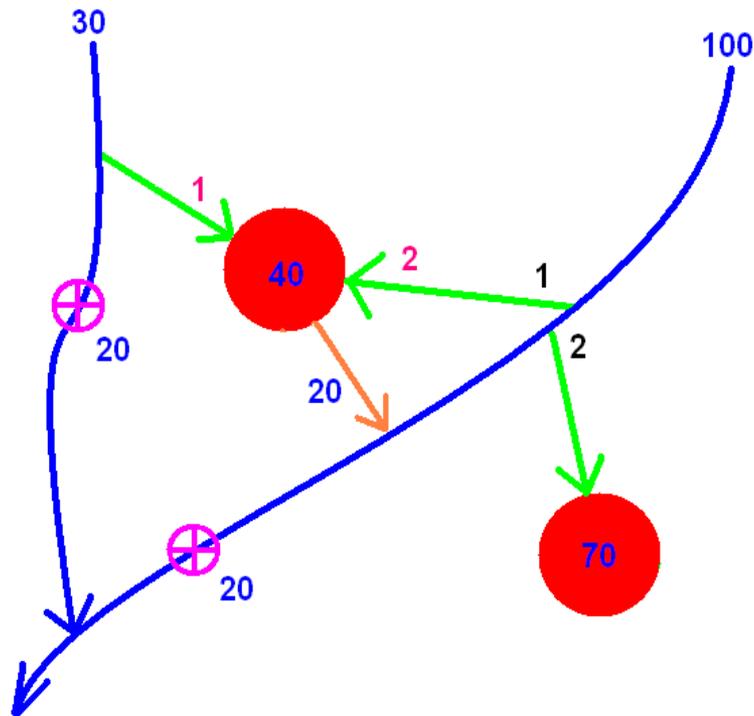
- Par exemple, un opérateur de système d'irrigation par pivot central va peut-être préférer prendre de l'eau à un affluent, en raison des coûts de pompages moins élevés.

Exemple



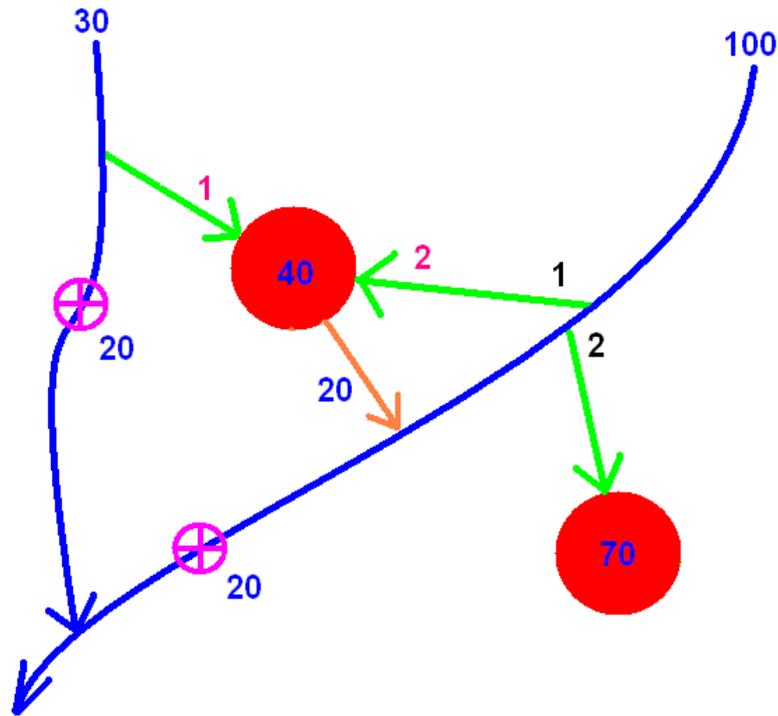
- Combien d'eau ce site ayant 70 unités de demande va-t-il recevoir ?

Exemple (suite)



- Combien d'eau va circuler dans le passage entre la déviation de priorité 2 et l'écoulement restitué de priorité 1 ?

Exemple (suite)



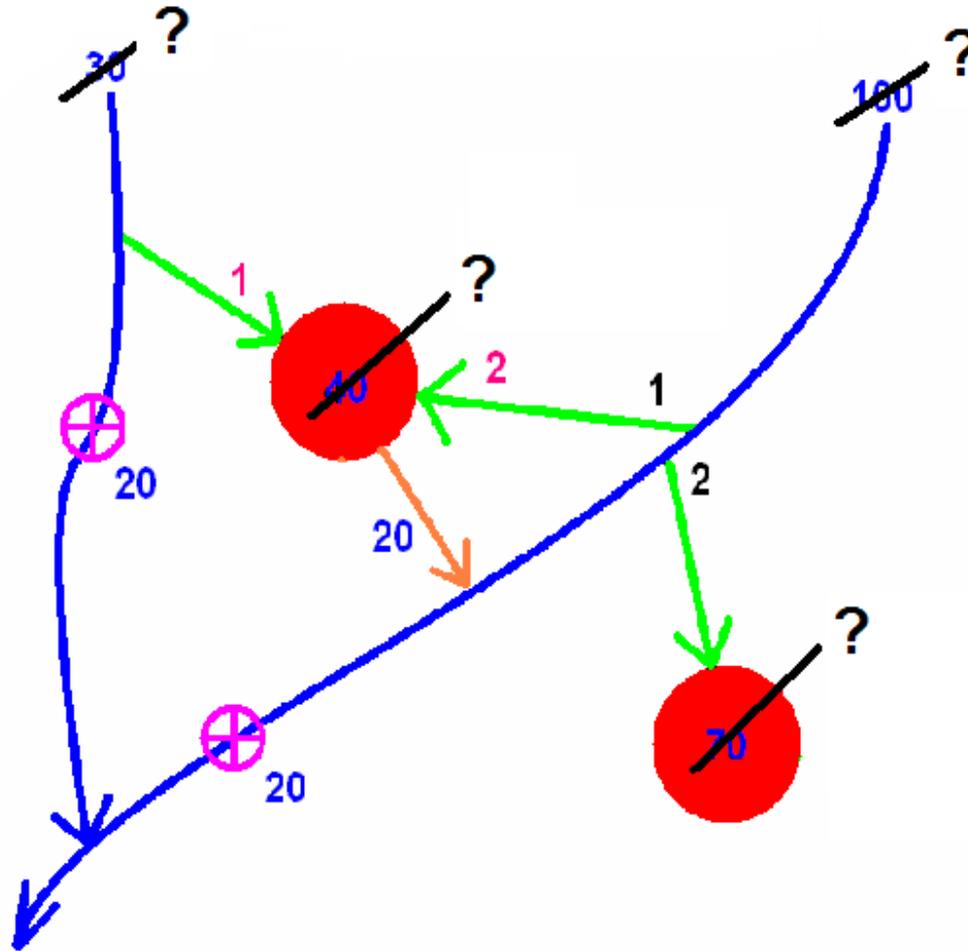
- Que peut-on faire pour s'assurer que ce passage ne s'assèche pas ?

Que pouvons-nous supposer ?

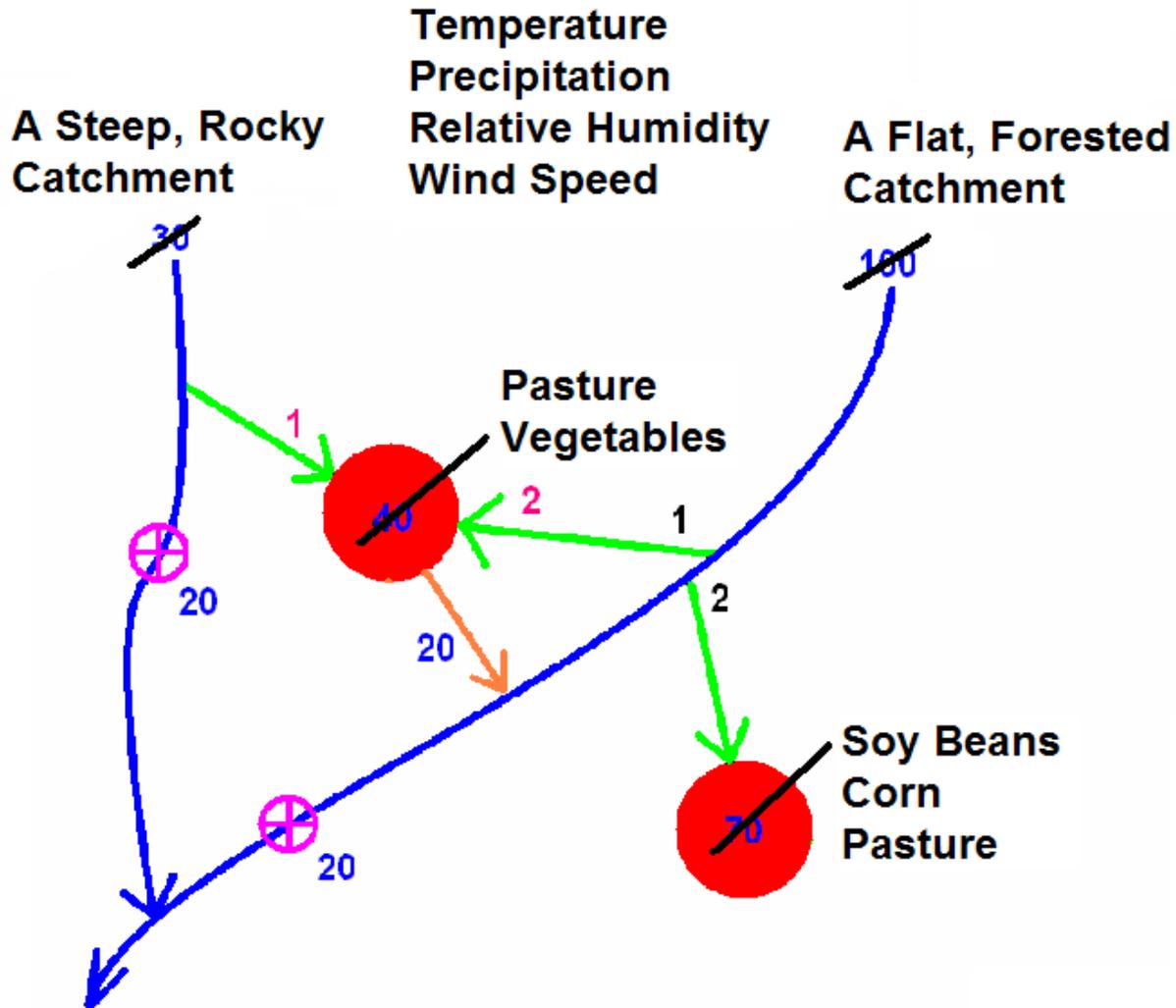
- On connaît la **quantité** du débit de l'eau à la **source** de chaque rivière.
- L'eau pénètre dans la rivière et s'en écoule en aval.
- On connaît avec certitude les demandes en eau.
- En gros, on sait que ce système a été sorti de son contexte **hydrologique**.



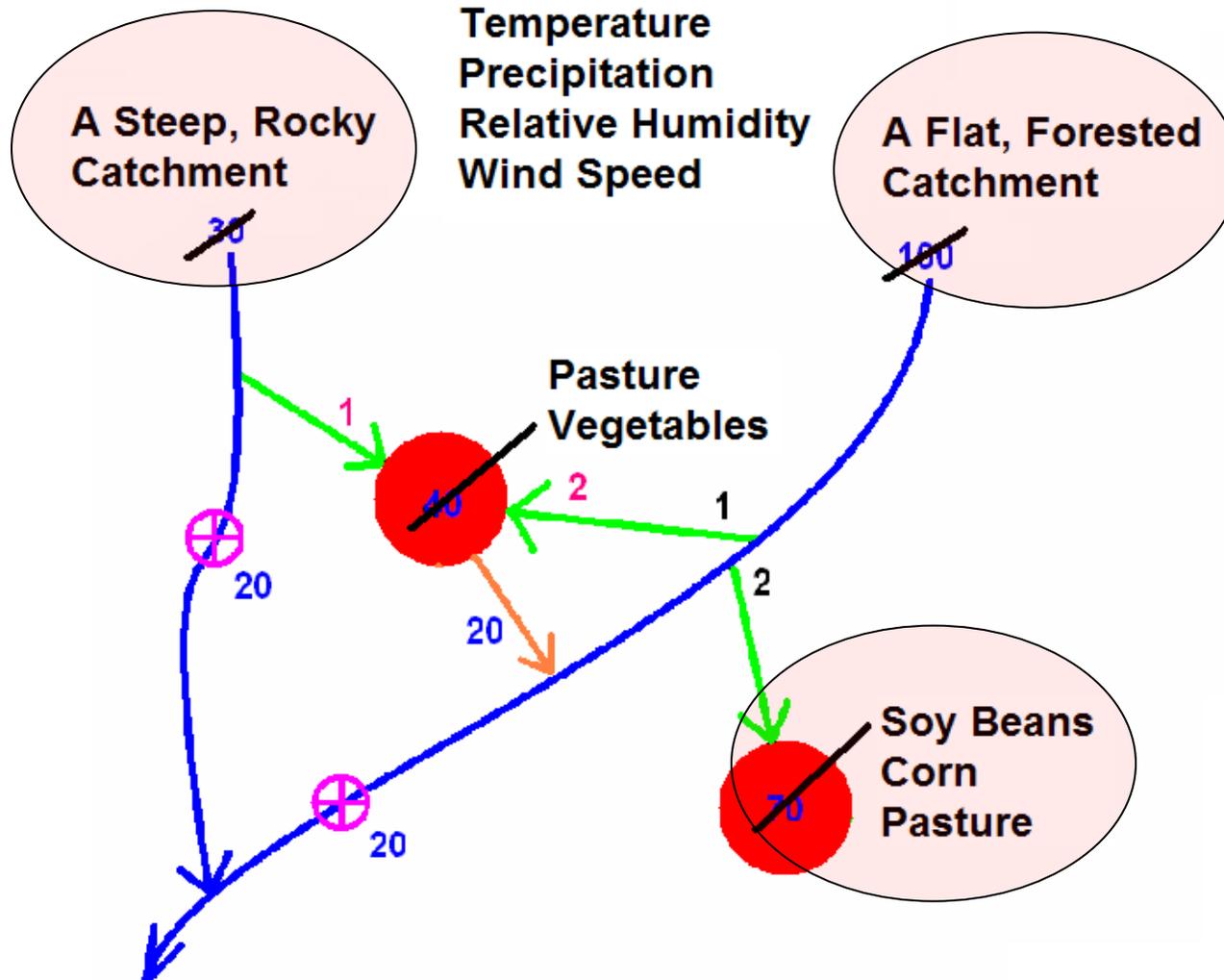
Que savons-nous à présent ?



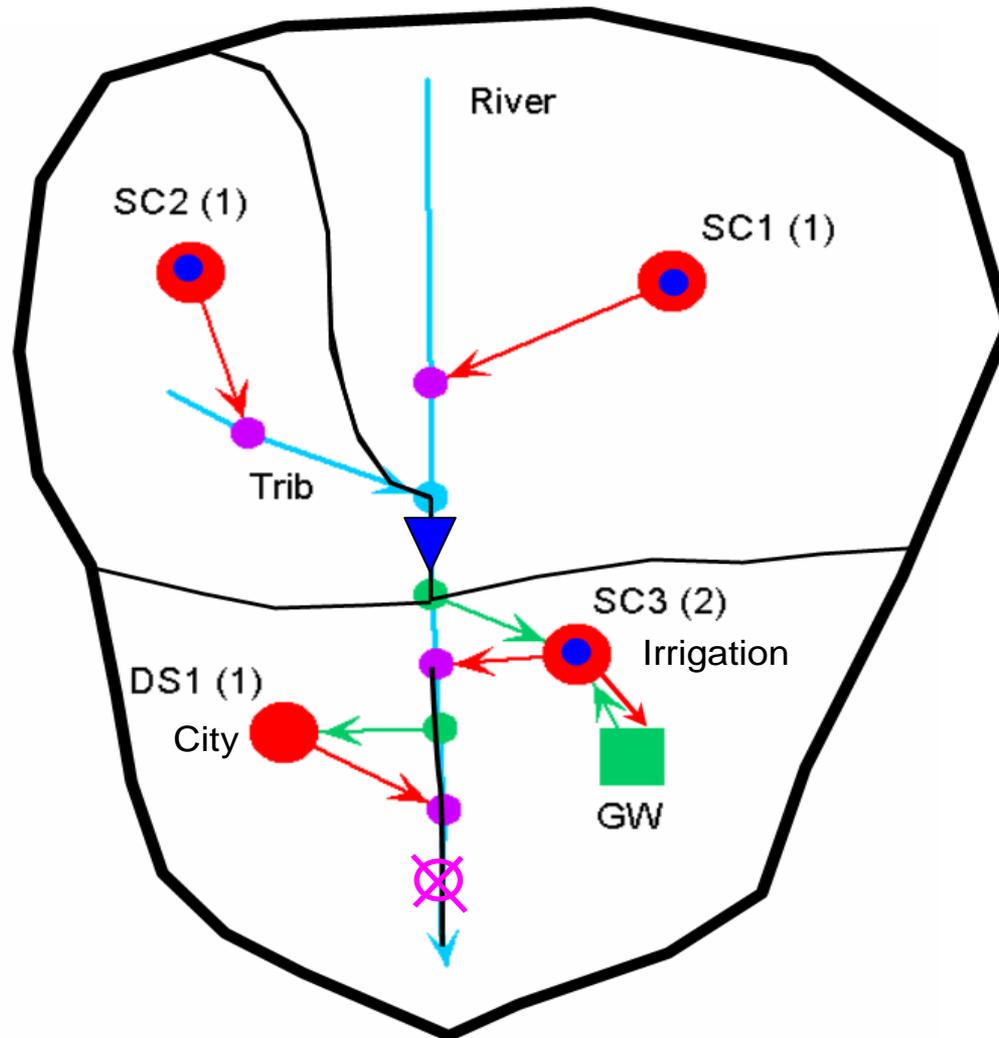
Ajout de l'hydrologie



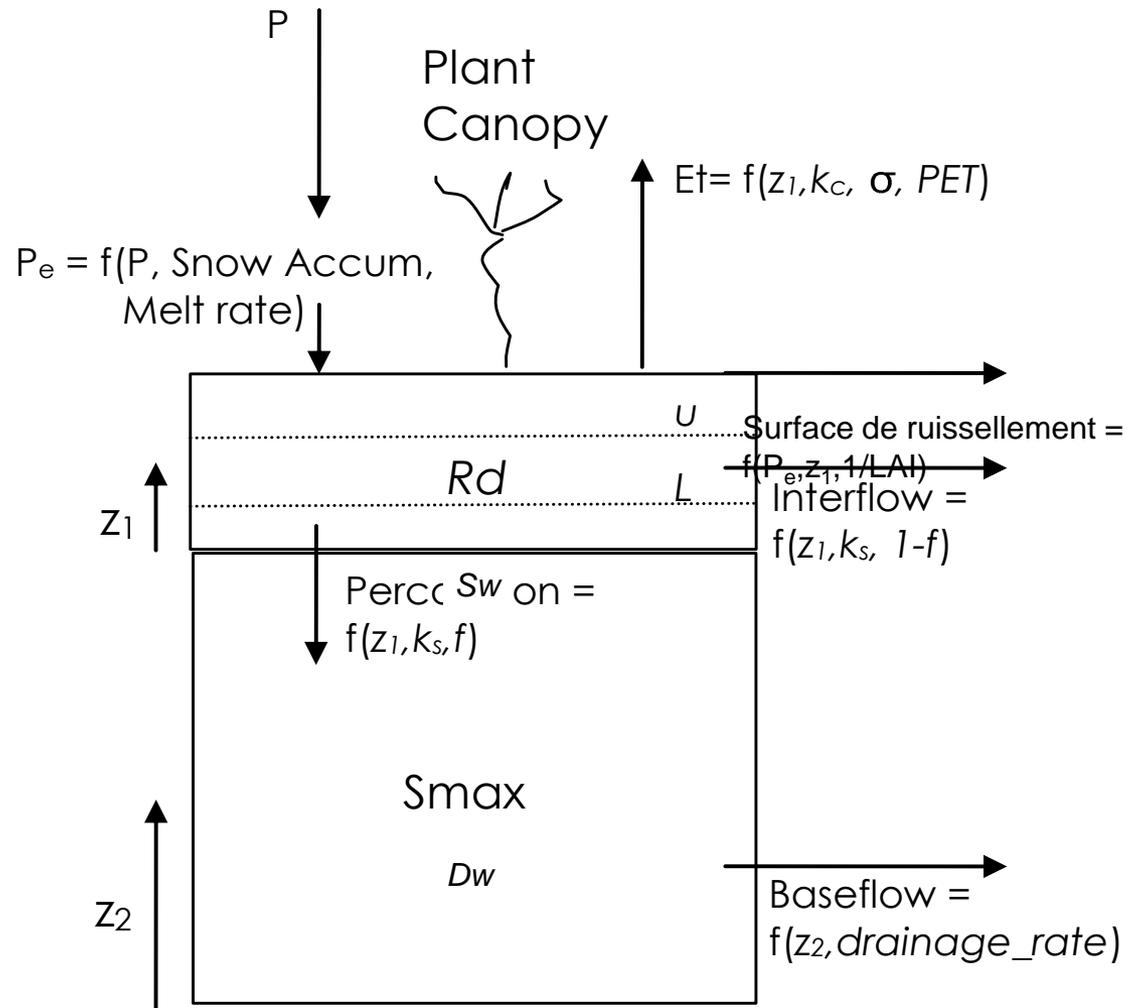
Et voici l'interface climatique



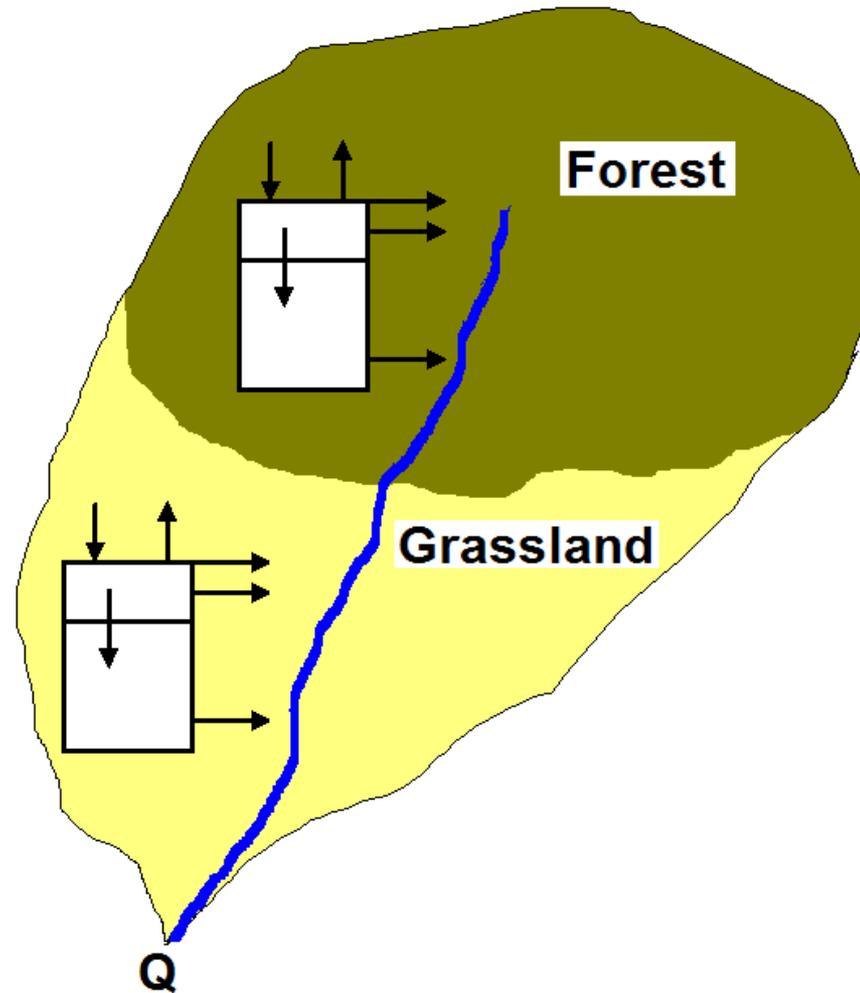
Cadre analytique de gestion intégrée de l'hydrologie/l'eau dans WEAP21



Le module hydrologique à deux seaux de WEAP



Un modèle 2 seaux par catégorie de terrain

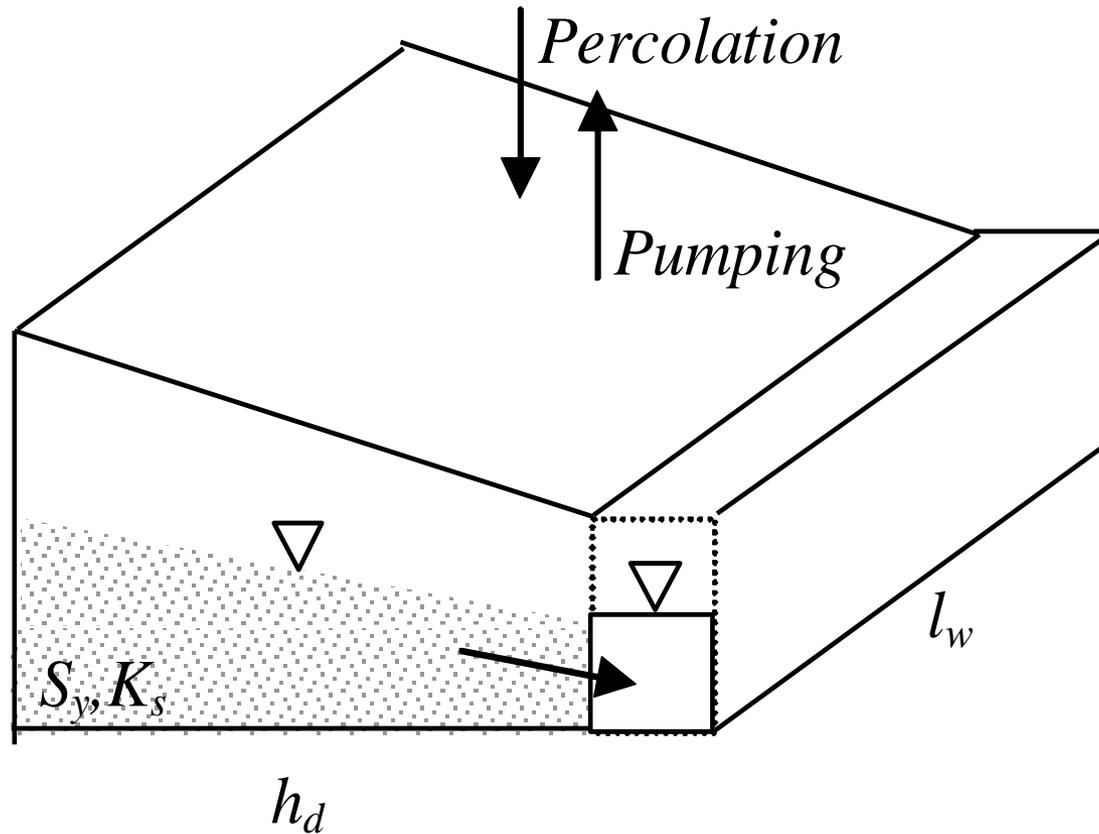


Quelques commentaires

- Le nombre de paramètres du modèle est assez limité et il est au moins lié aux caractéristiques biophysiques du bassin hydrographique.
- La routine d'irrigation inclut une notion implicite d'efficacité de niveau d'irrigation des terres.
- La perte par infiltration ne peut que passer du seau inférieur vers la rivière, et non pas dans l'autre sens.



Ce dernier point mène à une représentation stylisée des eaux souterraines



Quelques commentaires

- La géométrie des aquifères en question est représentative, et non absolue.
- On considère que l'étape du ruisseau est invariante dans ce module.
- Bien que la « surface libre de la nappe » puisse fluctuer, elle ignore toutes les fluctuations locales.



L'interface utilisateur graphique WEAP21

Use the View bar to switch between your data and its results.

Use the function bar to switch between new a...

GIS layers can be added here.

Your can zoom your schematic in or out by sliding the bar here.

Industry North

- General Info
- Edit Data**
 - Annual Activity Level
 - Annual Water Use Rate**
 - Monthly Variation
 - Loss Rate
 - Reuse Rate
 - DSM Savings
 - DSM Cost
 - Capital Costs
 - Variable Operating Costs
 - Fixed Operating Costs
 - Variable Revenue
 - Fixed Revenue
 - Demand Priority
 - Method
 - Pollution Activity Level
 - BOD Intensity
 - BOD Concentration
- View Results
- Move Label
- Delete

Industry North (2)

Agriculture North (3)

North Reservoir

Central Reservoir

South City (1)

Industry (2)

WEAP: Weaping River Basin

Area Edit View Schematic General Help

Schematic

- River
- Diversion
- Reservoir
- Groundwater
- Other Supply
- Demand Site
- Catchment
- Runoff/Infiltration
- Transmission Link
- Wastewater Treatment Plant
- Return Flow
- Run of River Hydro
- Flow Requirement
- Streamflow Gauge

Data

Results

Overview

Notes

Area: Weaping River Basin Schematic View Registered to: Jack Sieber, Talus Institute

Langues :
Interface
seulement
Anglais
Français
Chinois
Espagnol



L'interface utilisateur graphique WEAP21

Use the View bar to switch between your analysis and its results.

Data are organized in a tree structure that you edit by right-clicking here.

You can create multiple scenarios and use this box to switch between them.

Enter or edit your data by typing it here.

Your data are shown here as either a graph or a table.

The screenshot displays the WEAP21 software interface for the Weaping River Basin. The interface is divided into several sections:

- Left Panel (View Bar):** Contains icons for Schematic, Data, Results, Overviews, and Notes.
- Tree Structure:** A hierarchical list of data elements including Key Assumptions, Demand Sites (South City, West City, Industry North, Industry East, Agriculture North, Agriculture West), Hydrology, Supply and Resources, Environment, and Other Assumptions.
- Table:** A table titled 'Annual level of activity driving demand, such as agricultural area, population using water for domestic purposes, or industrial output.' It shows data for 1998 and 1999-2008 for various demand sites.
- Chart:** A stacked bar chart titled 'Annual Activity Level' showing the total activity level from 1998 to 2008, broken down by demand site (West City and South City).

Demand Site	1998	1999-2008	Scale	Unit
South City	3.75	Growth(3%)	Million	person
West City	2.025	Growth(2.5%)	Million	person
Industry North	100	Interp(2020,400)	Million	
Industry East	1	Growth(Aa(Key/Drivers/GDP,0.25))		
Agriculture North	157.5	Growth(Aa(Key/Drivers/Built Environment Expansion,-0.25))	Thousand	ha
Agriculture West				N/A

Year	South City (Million person)	West City (Million person)	Total (Million person)
1998	3.75	2.025	5.775
1999	3.8625	2.07375	5.93625
2000	3.97875	2.1225	6.10125
2001	4.095	2.17125	6.26625
2002	4.21125	2.22075	6.43125
2003	4.3275	2.27025	6.59625
2004	4.44375	2.31975	6.76125
2005	4.56	2.36925	6.92625
2006	4.67625	2.41875	7.09125
2007	4.7925	2.46825	7.25625
2008	4.90875	2.51775	7.42125



Échelle temporelle et spatiale de WEAP

- Intervalle de temps : quotidien, hebdomadaire, mensuel, etc.
- Pas de routage, car toutes les demandes sont satisfaites au cours de l'intervalle de temps actuel.
- Intervalle de temps au moins aussi long que le temps de séjour de la période du débit le plus bas.
- De plus grands bassins hydrographiques nécessitent de plus grands intervalles de temps (par ex., un mois).
- Des bassins hydrographiques plus petits peuvent demander des intervalles de temps plus courts (par ex., 1 jour, 5 jours, 10 jours).



Quelques idées relative à la taille de captage

- Petite : $< 100 \text{ km}^2$
- Moyenne : 100 à 1 000 km^2
- Grande : 1 000 à 10 000 km^2
- Très grande : 10 000 à 100 000 km^2



Exigences relatives aux données

- L'approvisionnement requis (débit fluvial donné en tant que séries temporelles fixes) :
 - a) Données de séries temporelles des débits fluviaux (débits de tête).
 - b) Réseau fluvial (connectivité)
- Approvisionnement alternatif via hydrologie physique (les bassins hydrographiques génèrent du débit fluvial) :
 - a) Attributs des bassins hydrographiques
 - Zone, couverture terrestre . .
 - b) Climat
 - Précipitations, température, vitesse du vent et humidité relative.



- Données relatives au besoin en eau d'irrigation :
 - a) Demande municipale et industrielle :
 - Regroupée par secteur (production, tourisme, etc.)
 - Dégrouper par population (par ex., utilisation/habitant, utilisation/groupe socioéconomique).
 - b) Demandes agricoles :
 - Regroupées par zone (nombre d'hectares, utilisation annuelle de l'eau/hectare)
 - Dégrouper par besoins en eau de cultures
 - c) Demandes de l'écosystème (dans les exigences relatives à l'écoulement fluvial).



Ressources de données d'exemples

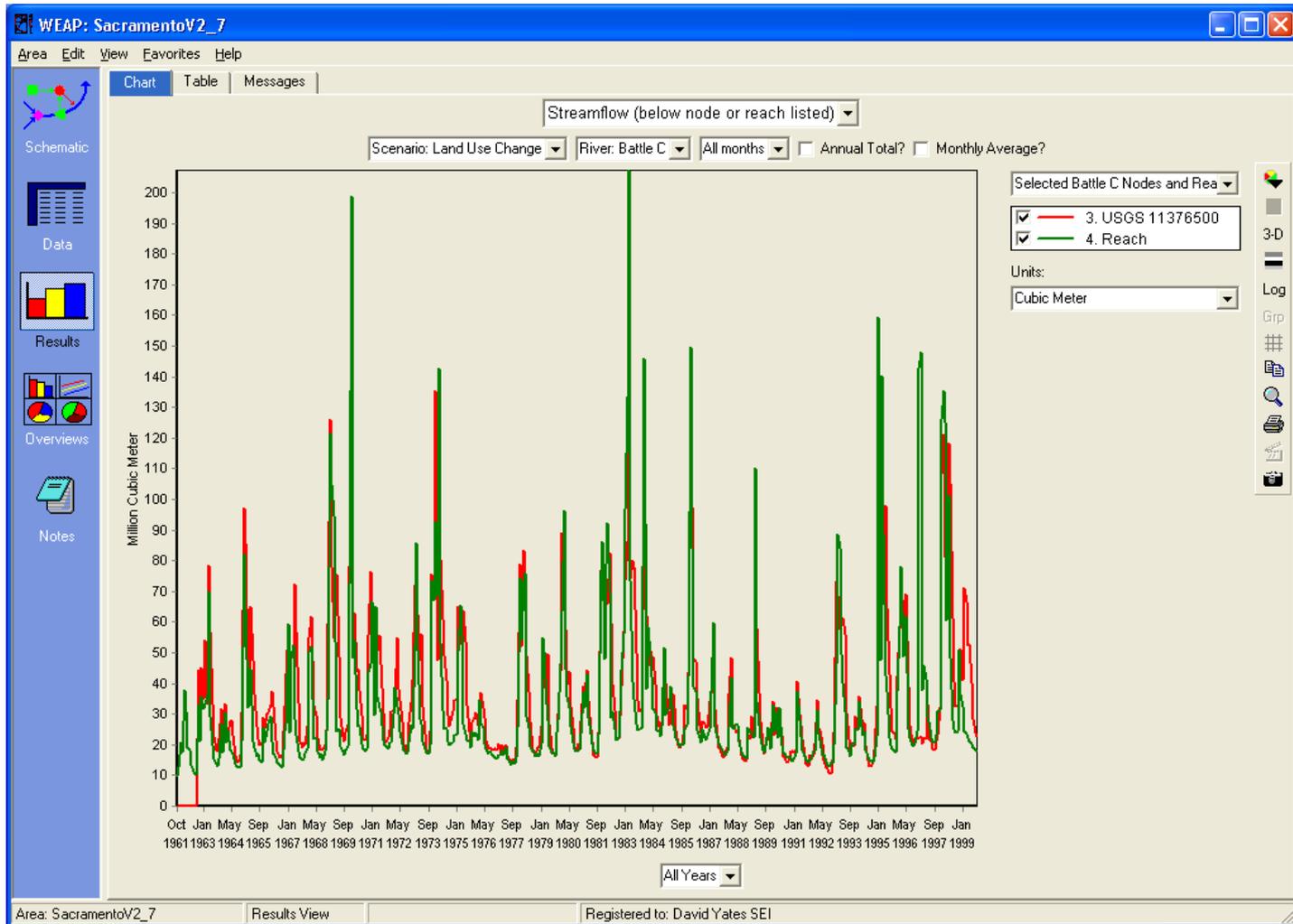
- AQUASTAT (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture) :
<<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm>>
- Statistiques de l'eau de l'ONU :
<<http://www.unwater.org/statistics.html>>
- Centre de ressources international d'hydrologie (NASA) :
<<http://ghrc.msfc.nasa.gov/>>
- Centre de données international sur le ruissellement (NASA) :
<http://www.bafg.de/GRDC/EN/Home/homepage_node.html>



- Critères d'évaluation du modèle :
 - a) Débits le long des principaux cours d'eau et affluents
 - b) Stockage de rétention et de libération
 - c) Déviations de cours d'eau à partir d'autres bassins
 - d) Demande et approvisionnement en eau destinée à l'agriculture
 - e) Demandes et approvisionnements en eau municipales et industrielles
 - f) Tendances et niveau de stockage d'eau souterraine

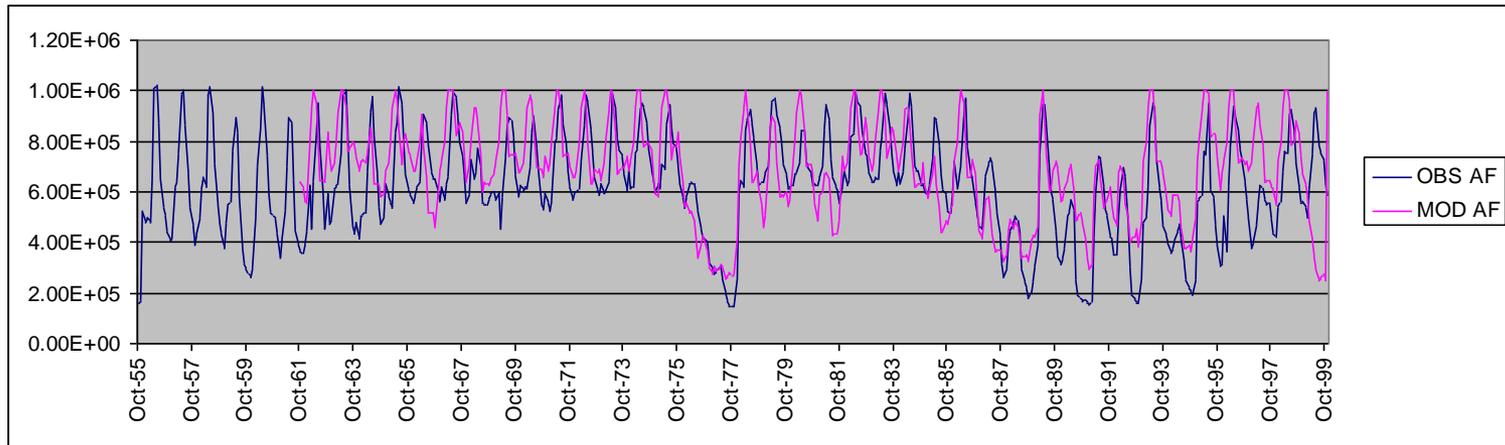


Modélisation de l'écoulement fluvial

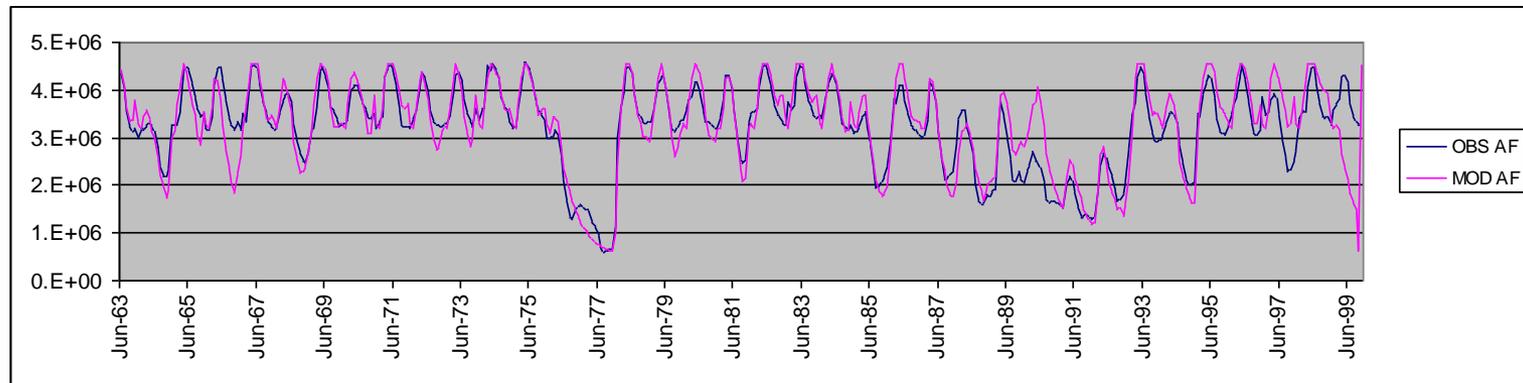


Stockage de rétention

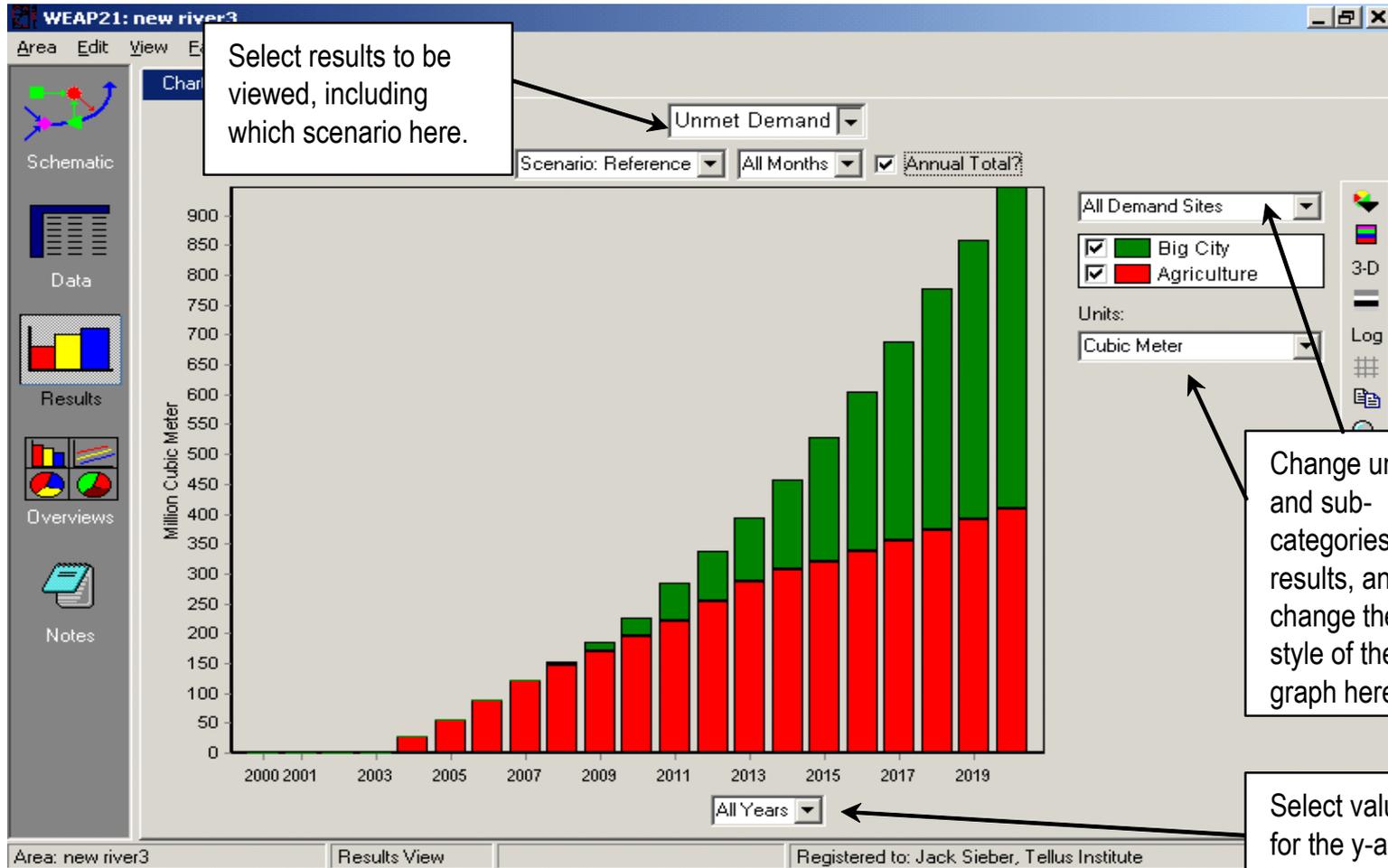
FOLSOM



SHASTA



Au vu des résultats



Change units and sub-categories of results, and change the style of the graph here.

Select values for the y-axis here.



- L'éditeur de scénario s'adapte immédiatement aux analyses de scénario, par exemple :
 - a) Scénarios de changement climatique et hypothèses
 - b) Hypothèses sur les demandes futures
 - c) Hypothèses sur le développement futur du bassin hydrographique

Obtenir une licence de WEAP

- Accédez au site <www.weap21.org>, puis enregistrez une nouvelle licence (gratuite pour le gouvernement, les universités, et les organismes à but non lucratif dans les pays en développement)
- Enregistrez WEAP dans le menu Aide, puis sélectionnez « Enregistrer WEAP ».



Réponses d'adaptation par systèmes et secteurs

- Sécurité agricole et alimentaire, utilisation des terres et foresterie
- Santé humaine
- Alimentation en eau et assainissement
- Installations et infrastructures
- Économie : assurance, tourisme, industrie, transport
- Genre.



- Adoption de variétés/espèces plus résistantes aux variations de températures et à la sécheresse
- Modification des techniques d'irrigation
- Adoption de technologies efficaces de « récolte » de l'eau et de conservation de l'humidité des sols
- Modification des calendriers de récoltes, par ex., calendrier ou emplacement des cultures
- Mise en œuvre de prévisions climatiques saisonnières.



Adaptation des ressources en eau dans le secteur de la santé

- La malnutrition et le manque d'eau pourraient être les deux conséquences majeures du changement climatique
- Les évaluations de l'impact sur la santé révèlent souvent les opportunités d'intégrer les effets sur la santé des stratégies d'adaptation dans le secteur de l'eau, comme celles de l'alimentation en eau et de l'assainissement.



Adaptation de l'alimentation en eau et de l'assainissement

- Constructions de nouveaux stockages de rétention
- Utilisation de sources d'eau alternatives, telles que l'eau souterraine ou le dessalement
- Récolte de l'eau de pluie et réutilisation contrôlée
- Utilisation de systèmes décentralisés.



Adaptation des ressources en eau dans les installations et les infrastructures

- Les réponses d'adaptation sont vraisemblablement très coûteuses dans les zones construites. L'adaptation doit être soigneusement prise en compte dans un contexte de :
 - a) Colonies implantées dans des zones à hauts risques, telles que les zones côtières et fluviales, en raison des dégâts causés par les inondations et les tempêtes, et de la dégradation causées par les marées salines.
 - b) Colonies implantées dont l'économie est intimement liée à une activité tributaire de l'eau et sensible au climat, telle que l'agriculture irriguée ou les activités touristiques liées à l'eau.



Exemples d'adaptation – Alimentation en eau

- Construction/Modification de l'**infrastructure physique** :
 - a) Revêtements de canaux
 - b) Conduits fermés au lieu de canaux ouverts
 - c) Intégration de réservoirs séparés dans un système unique
 - d) Bassins/Centrales hydroélectriques/Systèmes d'approvisionnement
 - e) Élévation des murs de barrage
 - f) Augmentation de la taille des canaux
 - g) Élimination des sédiments des réservoirs pour accroître la capacité de stockage
 - h) Échanges d'eau entre bassins



- Gestion **adaptative** des systèmes d'alimentation en eau existants :
 - a) Changer les règles d'exploitation
 - b) Utiliser une surface commune/alimentation en eau souterraine
 - c) Intégrer physiquement un système de réservoirs
 - d) Coordonner l'approvisionnement/la demande.



Exemples d'adaptation – Alimentation en eau (suite)

- Politique, conservation, efficacité, et technologie
 - a) Domestique :
 - Réutilisation municipale et domestique
 - Réparation des fuites
 - Collecte de l'eau de pluie à d'autres fins que la consommation
 - Appareils à débit réduit
 - Systèmes d'alimentation doubles (eau potable et non potable)
 - b) Agriculture :
 - Programme et efficacité de l'irrigation
 - Revêtement des canaux, conduits fermés
 - Réutilisation des eaux de drainage, utilisation des eaux usées
 - Cultures irriguées par de l'eau à valeur élevée/de manière économique
 - Systèmes d'irrigation au goutte à goutte, économiques, de précision
 - Cultures résistantes au sel pouvant être irriguées avec des eaux de drainage.
-



Exemples d'adaptation – Alimentation en eau (suite)

- Politique, conservation, efficacité, et technologie (suite)
 - a) Industrie :
 - Réutilisation et recyclage de l'eau
 - Cycle fermé et/ou refroidissement d'air
 - Turbines hydroélectriques plus efficaces
 - Bassins de refroidissement, tours humides et tours sèches
 - b) Énergie (puissance hydraulique) :
 - Réutilisation de réservoirs
 - Cogénération (utilisation rentable de la chaleur perdue)
 - Réservoirs supplémentaires et centrales hydroélectriques
 - Adduction basse de l'énergie hydraulique du cours d'eau
 - Transferts vers d'autres activités menés par le marché/prix
 - Utilisation du prix de l'eau pour permuter l'utilisation de l'eau entre différents secteurs.



EXEMPLE RÉGIONAUX



LES CARAÏBES

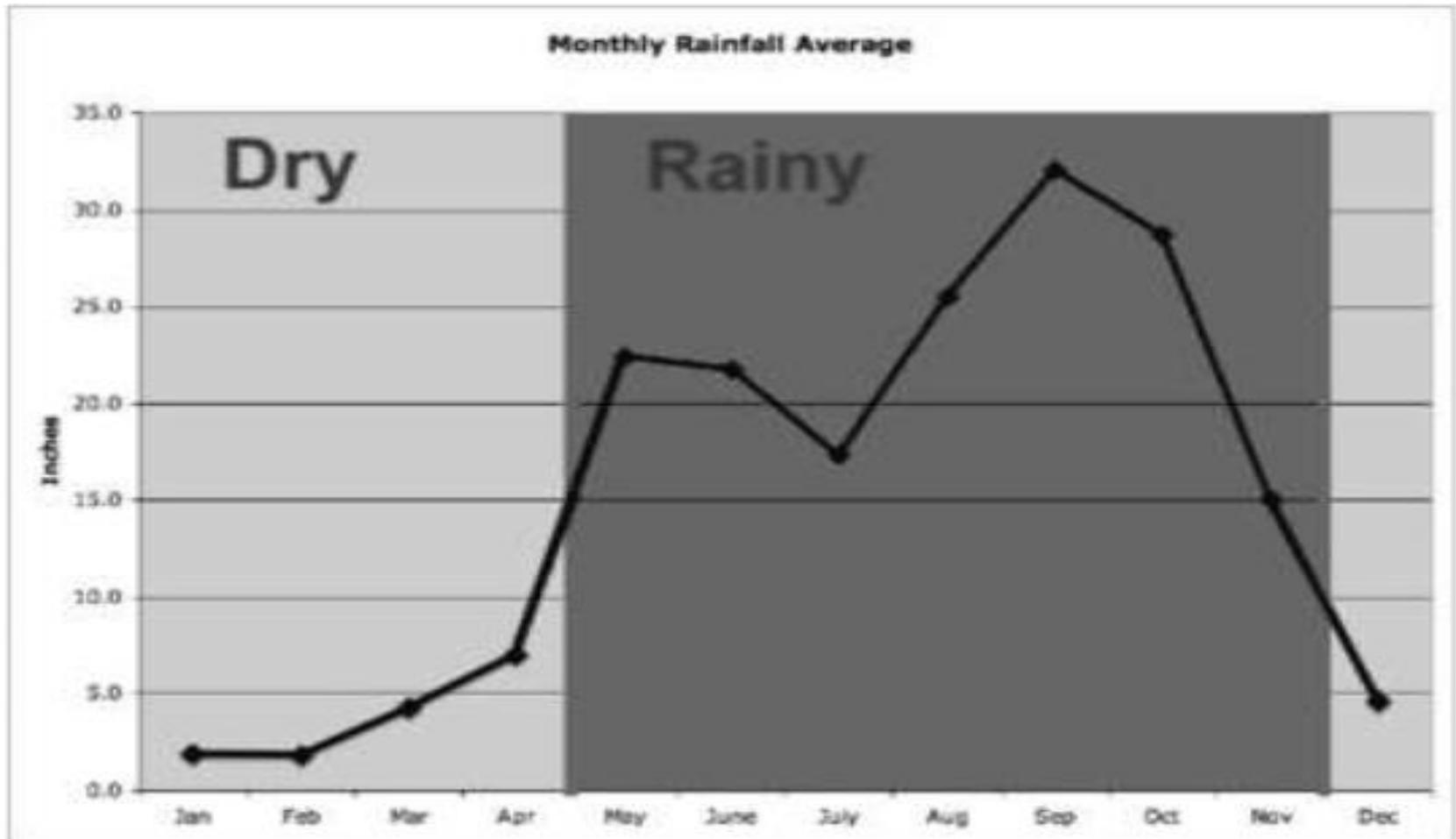


Vulnérabilité du changement climatique

Country	Water source	Agriculture - usage	Climate Change vulnerability
Jamaica	Groundwater resources (84%) primarily from limestone aquifers Surface water (16%) 92% to (agriculture, tourism, domestic, industrial)	Irrigation (75% - 2000)	Drought Saline intrusion (coastal aquifers) – storms and sea level rise
Dominica	Surface water (rivers)	Rain fed (very little irrigation)	Turbidity – storms, drought
Antigua	Desalination (75% dry season vs 60% wet season) Groundwater, (20% dry season vs 15% wet season) Surface water (5% dry season vs 25% wet season)	Irrigation from surface water (20% of withdrawals)	Sea levels (water table high)



Précipitations mensuelles moyennes aux Caraïbes



Exemples de variabilité des précipitations

Island	Rainy Season, Annual Rainfall mean (or range)	Percentage of Rain Occurring in Summer Rainy Season
Antigua and Barbuda	May–November	50%
Barbados	June–November	
Belize	May–November (1500-3800 mm/year- depending on location. The south is wetter)	60%
Dominica	June–November	
Jamaica	May–November (1270-5080mm/annum – Northeast and northwest are the wettest. Southern coastal fringes are driest)	Up to 70%
Grenada	June–December (750-1400mm/year)	About 75%



Incidences des récentes sécheresses dans des états sélectionnées des Caraïbes

Country	Date	Impact
Guyana	2009/2010	Up to 35% of rice fields left uncultivated. US\$1.3 million spent to operate irrigation pumps (US\$16,000/day). About 150 acres irrigated with salt water in desperation. In 2010 alone over 100,000 acres experienced water stress prompting government investment of over US\$30 million
Trinidad	Jan–May 1987	Over 10,000 acres of natural forest burned resulting in severe crop losses at a mean of US\$500,000/year
Dominica	2010	Banana export fell 43% below normal
St Vincent & Grenadines	2010	Crop production reduced to 20% of normal
Antigua and Barbuda	2010	Loss of 25% of onion crop, 30% of tomato crop estimated at 250,000 kg
Jamaica	1996 and 1998	Severe loss of sugar crop, caused government US\$100 million in compensation
	1999–2000	Rainfall fell to 25% of mean resulting in crop losses of over US\$6 million.



Modification prévue des précipitations dans les Caraïbes

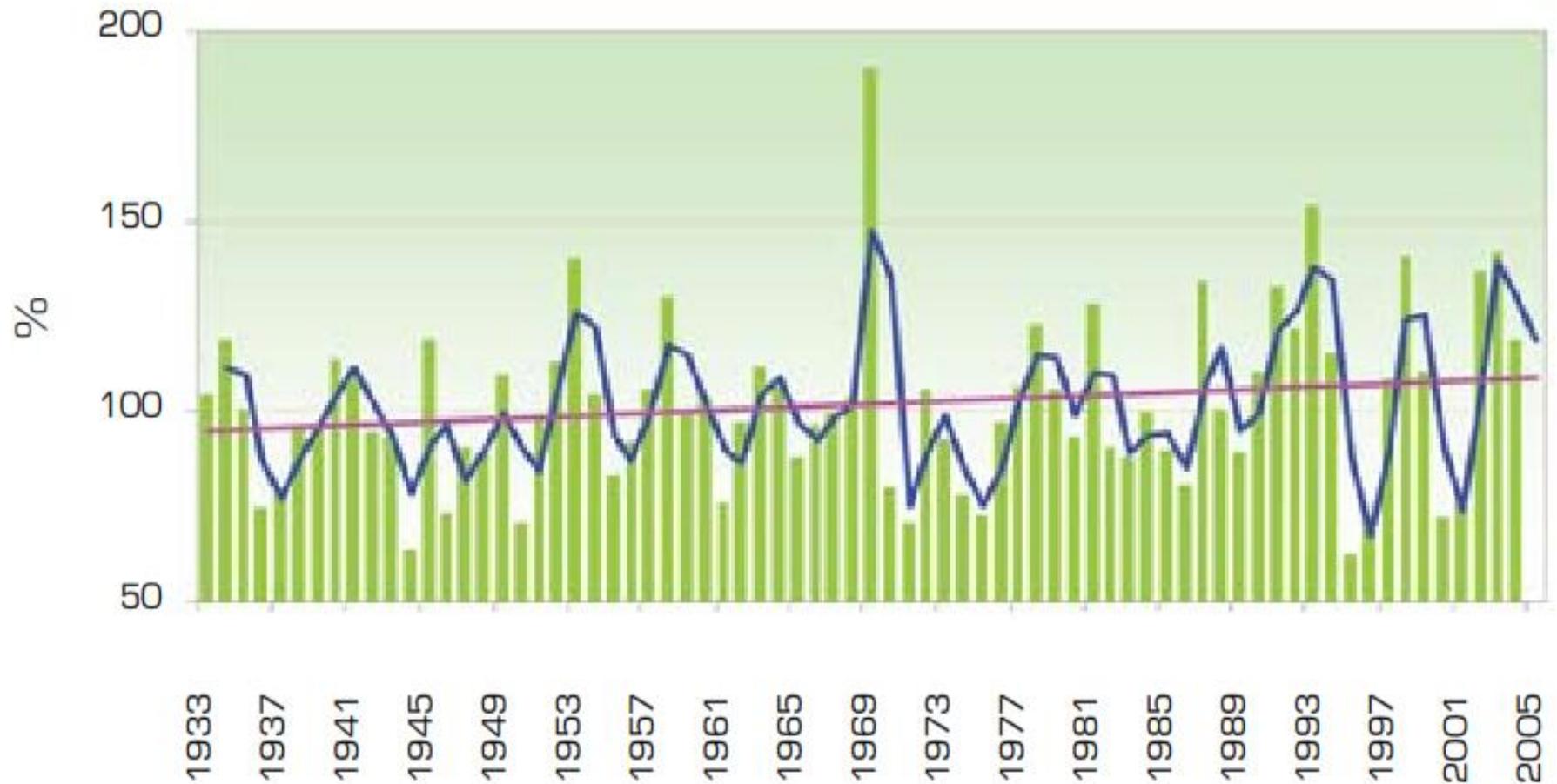
Countries			Projected changes by the 2030s			Projected changes by the 2060s		
			Precipitation					
			Change in mm month ⁻¹			Change in mm month ⁻¹		
			Min	Median	Max	Min	Median	Max
Antigua and Barbuda	Annual	A2	-8	-2	7	-12	-3	8
		B1	-9	-1	4	-15	-1	6
	SON	A2	-17	0	31	-27	-4	22
		B1	-9	2	11	-20	-2	15
	% total	A2	****	****	****	-13	-1	9
		B1	****	****	****	-19	0	5
Barbados	Annual	A2	-22	-8	9	-32	-9	15
		B1	-23	-3	20	-29	-2	6
	SON	A2	-25	-6	25	-38	-9	16
		B1	-27	-2	27	-35	0	13
	% total	A2	****	****	****	-8	0	4
		B1	****	****	****	-7	0	11
Belize	Annual	A2	-22	-7	13	-47	-12	10
		B1	-21	-3	15	-40	-5	13
	ASO	A2	-68	-2	54	-34	0	60
		B1	-34	-2	50	-51	-3	28
	% total	A2	****	****	****	-15	0	6



EUROPE DE L'EST



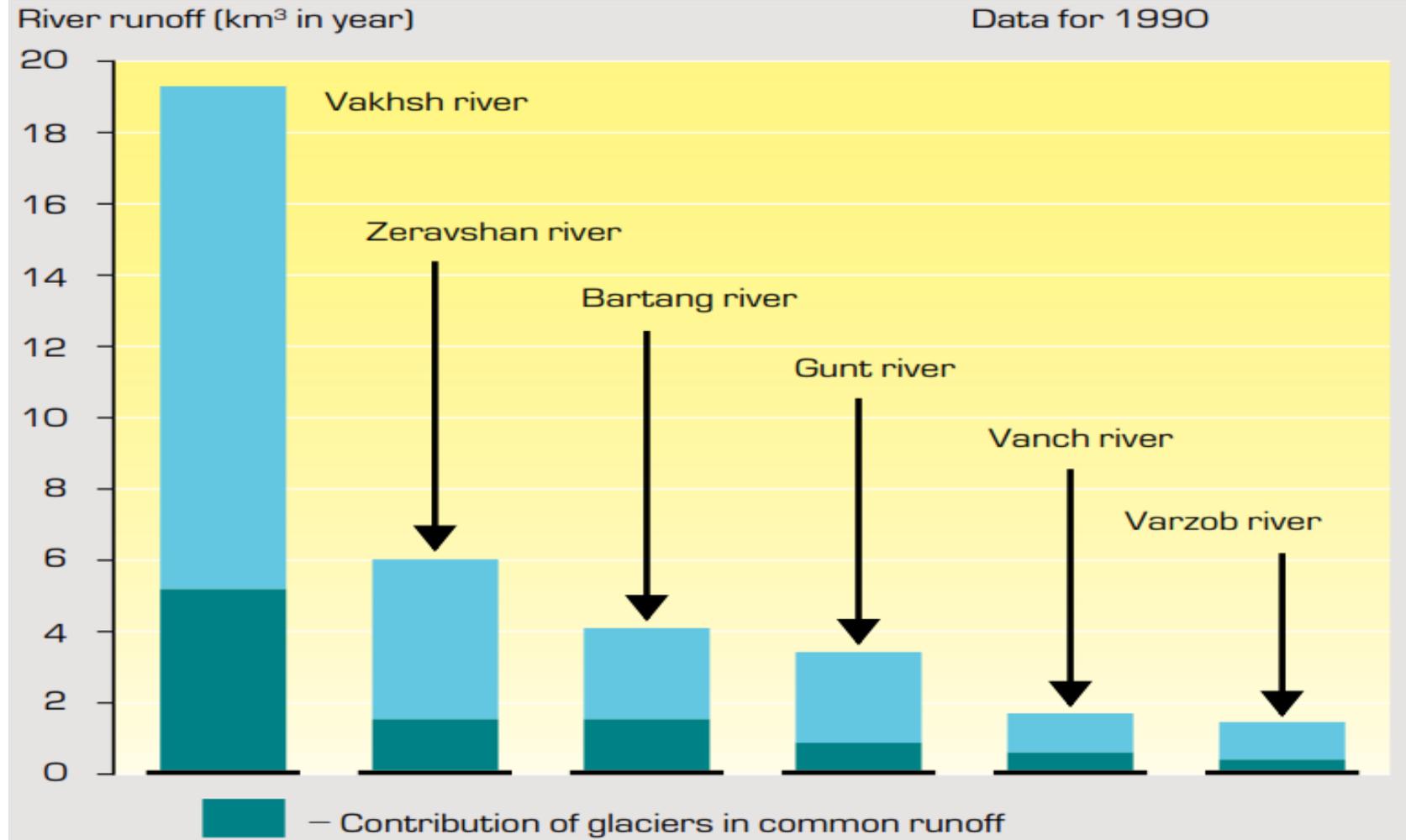
Changements des précipitations annuelles en Ouzbékistan



Source : Banque de Développement Eurasienne. 2009 : L'impact des changements climatiques sur les ressources en eau de l'Asie centrale



Contribution des glaciers aux ruissellements majeurs des rivières



Source : Banque de Développement Eurasienne. 2009 : L'impact des changements climatiques sur les ressources en eau de l'Asie centrale



Défis relatifs au déclin du débit fluvial à Amou-Daria

Hydrogramme du fleuve Amou-Daria (Panji) inférieur à Nukus



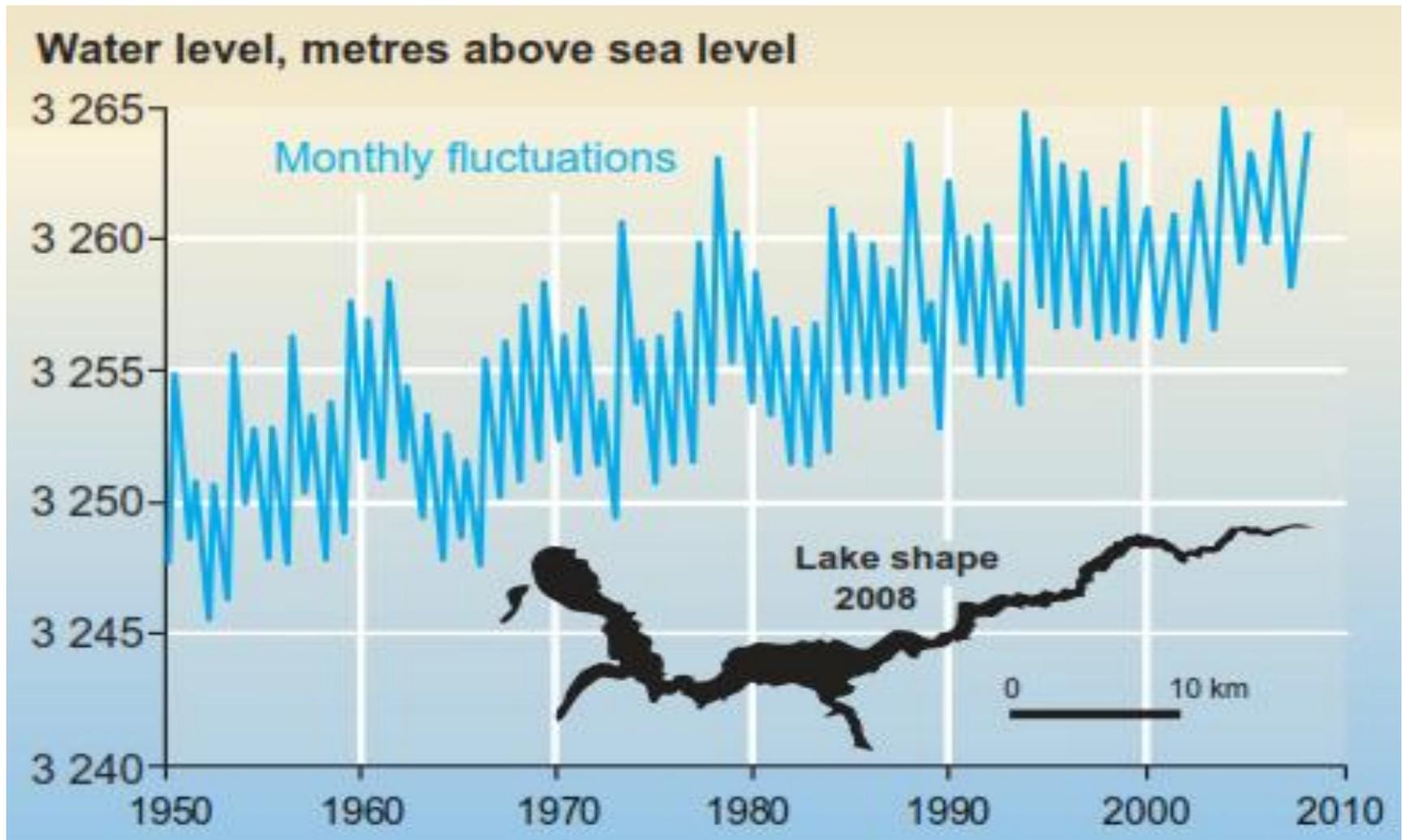
Hydrogramme du fleuve Amou-Daria (Panji) inférieur à Nukus



Source : PNUE (Programme des Nations Unies pour l'environnement) 2011 : Environnement et sécurité dans le bassin d'Amou-Daria



Fluctuations du niveau du fleuve Sarez



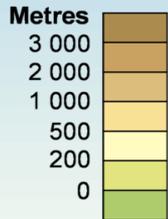
Source : Seconde communication nationale du Tadjikistan, 2008



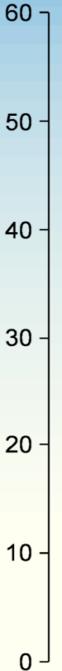
Défi de la gestion des eaux transfrontières

Water withdrawal and availability in the Aral Sea basin

-  **Flow generation:** water available in the country from rainfall and glacier melt
-  **Water abstraction:** withdrawal from surface water sources (rivers, canals and lakes)



km³ per year



Source: Diagnostic Report on Water Resources in Central Asia, ICWC 2000.

THE MAP DOES NOT IMPLY THE EXPRESSION OF ANY OPINION ON THE PART OF THE AGENCIES CONCERNING THE LEGAL STATUS OF ANY COUNTRY, TERRITORY, CITY OR AREA OF ITS AUTHORITY, OR DELINEATION OF ITS FRONTIERS AND BOUNDARIES.

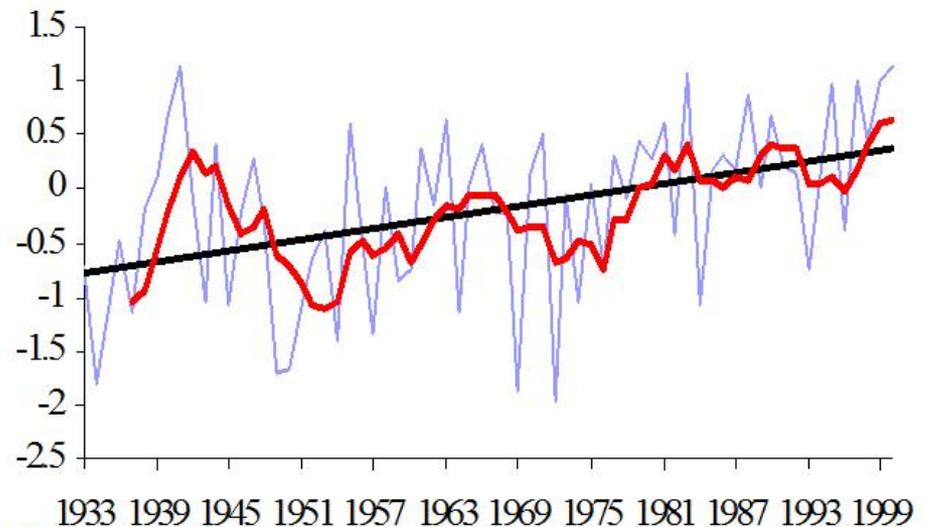
MAP BY VIKTOR NOVIKOV AND PHILIPPE REKACEWICZ - UNEP/GRID-ARENDA - APRIL 2005

Source : UNEP/GRID ARENDAL, avril 2005



Changements de température en Ouzbékistan

An air temperature rise will intensify the process of ice degradation and ice reserve reduction in mountain rivers



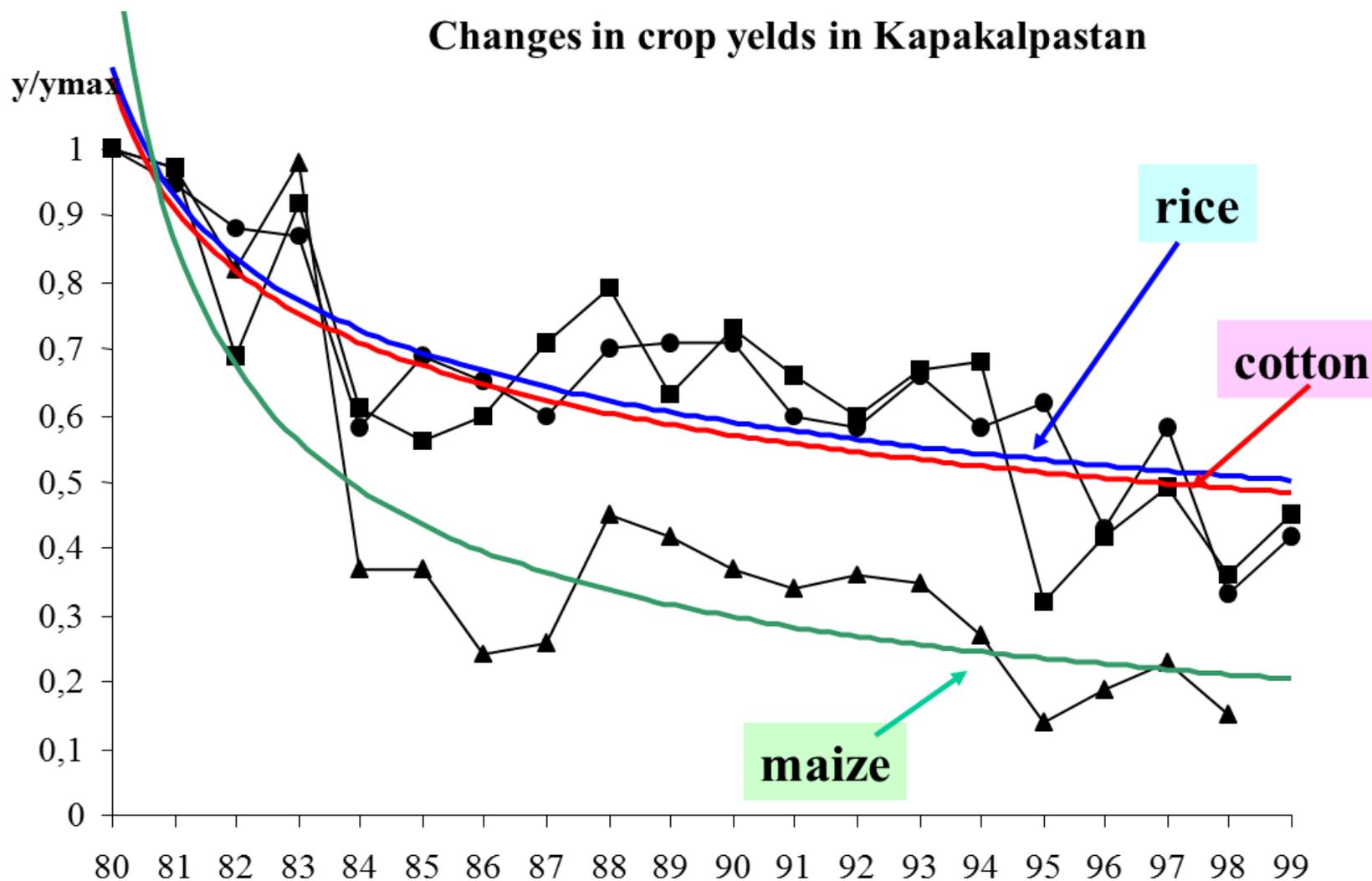
**Observation data for 1968-1998 shows that the Abramov Glacier has lost 21 m of its mass in water equivalent (18% of mass)
To 2020 is expected to lose additional 17% of its ice**



Modifications des rendement des cultures au Kapakalpastan

Changes in crop yields in Kapakalpastan

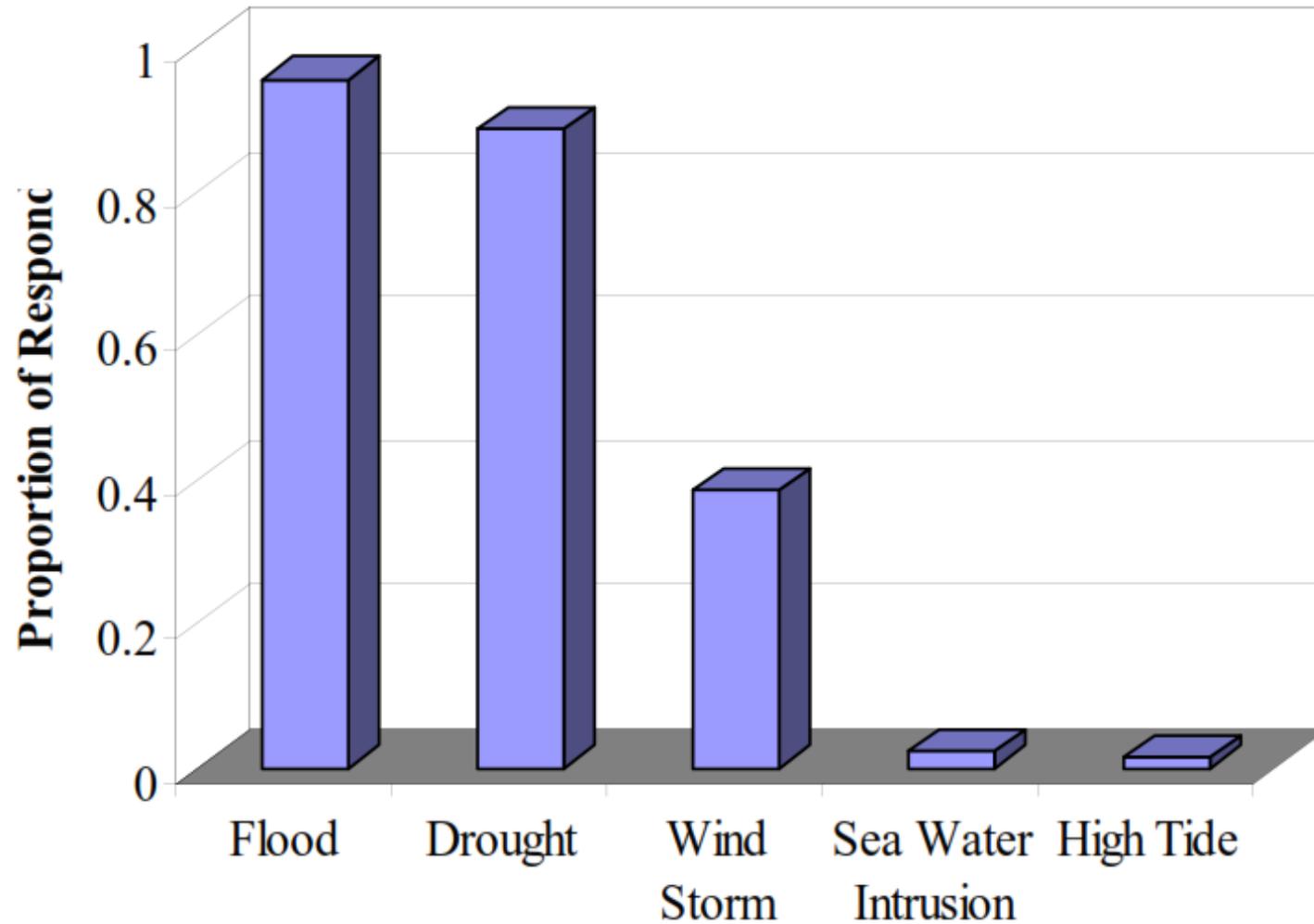
Ratio of yield in a certain year to maximum yield



ASIE



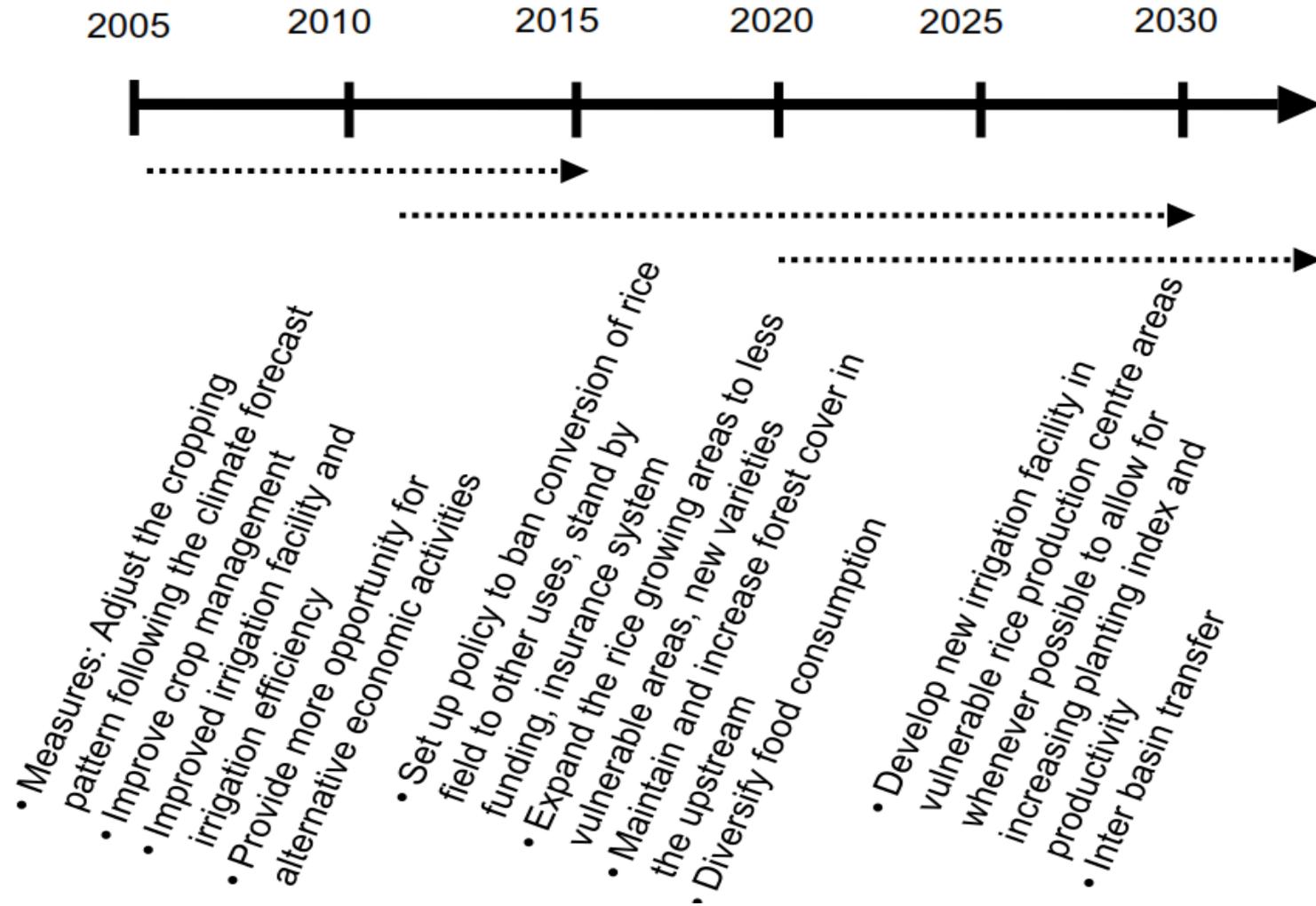
Dangers naturels affectant les défenseurs du Cambodge



Source : C.C. Thou (2009) :



Planification du plan d'horizon pour l'adaptation au Cambodge



Source : C.C. Thou (2009) : Impact des changements climatiques sur le milieu aquatique et les options d'adaptation au Cambodge

