PN-ACJ-695
106223

Atelier sur le changement de climat en Afrique de l'Ouest et Centrale

West and Central Africa Regional Climate Change Workshop

25-27 juillet 2000
Dakar, Sénégal

Table des Matières

Willy Makundi
- Inventaire national des gaz de serre et directives du panel intergouvernemental pour le changement de climat (IPCC) pour les secteurs agricole et forestier
- Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Greg Kiker
- Introduction aux évaluations de la vulnérabilité et de l'adaptation en agriculture
- Introduction à la modélisation des cultures pour le changement de climat
- Lier les résultats de la V&A pour les integréer dans les plans nationaux d'action

Sandra Guill
- US Country Studies Program

Brian Hurd
- Directives et méthodes pour developper les scénarios de changement de climat
- Le développement de scenarios de base pour évaluer les changements des impacts sur l'agriculture
- Pourquoi devons-nous évaluer et nous adapter au changement de climat ?

Alyssa Holt
- Qu'est-ce que c'est, le système "WEAP?"
- Système d'évaluation et de planification des ressources en eau
- Vulnérabilité et adaptation au changement de climat : les ressources en eau
- Questionnaire d'adaptation

Biographies

Table of Contents

Willy Makundi

- National GHG Inventory: IPCC Guidelines for Forestry and Agricultural Sectors
- Land-Use Change and Forestry

Greg Kiker

- Introduction to Vulnerability and Adaptation Assessments for Agriculture
- Introduction to Crop Modeling for Climate Change
- Linking V&A Results for Integration into National Action Plans

Sandra Guill

- US Country Studies Program

Brian Hurd

- Guidance and Methods for Developing Climate Change Scenarios
- Developing Baseline Scenarios for Assessing Changes in Agricultural Impacts
- Overview of the Need for Climate Change Adaptation and Assessment

Alyssa Holt

- What is WEAP?
- Water Evalution and Planning System
- Vulnerability and Adaptation to Climate Change: Water Scenarios
- Adaptation Questionnaire

Biographies

WILLY MAKUNDI
Lawrence Berkeley National Laboratory

Inventaire national des gaz de serre et Directives du panel intergouvernemental pour le changement de climat (IPCC) pour les secteurs agricole et forestier

Willy R. Makundi
Laboratoire national Lawrence, Berkeley

Atelier international sur le changement de climat
USAID: Dakar, Sénégal
25-27 juillet 2000

BERKELEY LAB
Ernest Orlando Lawrence
Berkeley National Laboratory

Inventaires des gaz de serre - directives de l'IPCC
Secteurs agricole et forestier

Objectif: estimation du flux annuel de gaz de serre provenant d'activités présentes et passées

Secteurs couverts:

- **Changement d'utilisation de la terre et foresterie**
- **Agriculture**
  - **Brûlage recommandé des savanes**
  - **Brûlage des résidus de l'agriculture dans les champs**

Sections révisées dans les directives de 1996

- **Système de classification des forêts**
- **Densité de la biomasse des forêts tropicales**
- **Nouvelle méthode d'estimation des émissions de carbone du sol**

WILLY MAKUNDI
Lawrence Berkeley National Laboratory

Inventaires des gaz de serre - directives de l'IPCC
Secteurs agricole et forestier

Objectif: estimation du flux annuel de gaz de serre provenant d'activités présentes et passées

Secteurs couverts:

- **Changement d'utilisation de la terre et foresterie**
- **Agriculture**
  - **Brûlage recommandé des savanes**
  - **Brûlage des résidus de l'agriculture dans les champs**

Sections révisées dans les directives de 1996

- **Système de classification des forêts**
- **Densité de la biomasse des forêts tropicales**
- **Nouvelle méthode d'estimation des émissions de carbone du sol**

Changement d'utilisation de la terre et foresterie
Introduction

- **Méthode simple:**

- **Gaz et sources:**

- **(1) CO_2**
  - **Provenant de changements dans les forêts et autres réserves de biomasse ligneuse**
  - **Conversion de forêts et de pâturages**
  - **Abandon de terres exploitées**
- **(2) CH_4, CO, N_2O, NO_x**
  - **Brûlage sur place de forêts et de terres boisées défrichées**

- **Désavantages**
  - **La classification de l'utilisation des terres repose sur les activités humaines les plus récentes**
  - **Ignore la biomasse sous la surface du sol**

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Introduction

- **Eléments spécifiques à noter:**
  - **Les émissions de CO_2 provenant d'une biomasse non ligneuse produite de façon non durable et utilisée comme combustible sont incluses dans la présente section sur le changement d'utilisation de la terre et de la foresterie**
  - **Les émissions sans CO_2 de tous les combustibles biologiques sont traitées dans le secteur énergie**
  - **Les émissions de CO_2 provenant de la biomasse ligneuse et non ligneuse utilisée comme combustible sont traitées dans le secteur énergie, mais ne sont pas incluses dans le total des émissions de l'énergie**

WILLY MAKUNDI
Lawrence Berkeley National Laboratory

Inventaires des gaz de serre - directives de l'IPCC
Secteurs agricole et forestier

Objectif: estimation du flux annuel de gaz de serre provenant d'activités présentes et passées

Secteurs couverts:

- **Changement d'utilisation de la terre et foresterie**
- **Agriculture**
  - **Brûlage recommandé des savanes**
  - **Brûlage des résidus de l'agriculture dans les champs**

Sections révisées dans les directives de 1996

- **Système de classification des forêts**
- **Densité de la biomasse des forêts tropicales**
- **Nouvelle méthode d'estimation des émissions de carbone du sol**

Inventaires des gaz de serre - directives de l'IPCC
Secteurs agricole et forestier

Objectif: estimation du flux annuel de gaz de serre provenant d'activités présentes et passées

Secteurs couverts:

- **Changement d'utilisation de la terre et foresterie**
- **Agriculture**
  - **Brûlage recommandé des savanes**
  - **Brûlage des résidus de l'agriculture dans les champs**

Sections révisées dans les directives de 1996

- **Système de classification des forêts**
- **Densité de la biomasse des forêts tropicales**
- **Nouvelle méthode d'estimation des émissions de carbone du sol**

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Introduction

- **Eléments spécifiques à noter:**
  - **Les émissions de CO_2 provenant d'une biomasse non ligneuse produite de façon non durable et utilisée comme combustible sont incluses dans la présente section sur le changement d'utilisation de la terre et de la foresterie**
  - **Les émissions sans CO_2 de tous les combustibles biologiques sont traitées dans le secteur énergie**
  - **Les émissions de CO_2 provenant de la biomasse ligneuse et non ligneuse utilisée comme combustible sont traitées dans le secteur énergie, mais ne sont pas incluses dans le total des émissions de l'énergie**

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Flux de CO_2 provenant de changements dans les forêts et autres réserves de biomasse ligneuse

Données d'entrée et coefficients

(i) Forêts et écosystèmes de terres boisées

- **Superficie avec le type de forêt/végétation considéré (ha)**
- **Taux de croissance annuel de la biomasse pour chaque type (t matière sèche (ms)/ha/an)**
- **Teneur en carbone de la biomasse sèche (par défaut 0,5tC/t ms)**

(ii) Plantation d'arbres

- **Nombre d'arbres plantés par exemple en agro-foresterie**
- **Taux de croissance annuel de la biomasse (t ms/1000 arbres)**
- **Teneur en carbone de la biomasse sèche (par défaut 0,5 tC/t ms)**

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Flux de CO_2 provenant de changements dans les forêts et autres réserves de biomasse ligneuse

Données d'entrée et coefficients

(i) Forêts et écosystèmes de terres boisées

- **Superficie avec le type de forêt/végétation considéré (ha)**
- **Taux de croissance annuel de la biomasse pour chaque type (t matière sèche (ms)/ha/an)**
- **Teneur en carbone de la biomasse sèche (par défaut 0,5tC/t ms)**

(ii) Plantation d'arbres

- **Nombre d'arbres plantés par exemple en agro-foresterie**
- **Taux de croissance annuel de la biomasse (t ms/1000 arbres)**
- **Teneur en carbone de la biomasse sèche (par défaut 0,5 tC/t ms)**

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Flux de CO_2 provenant de changements dans les forêts et autres réserves de biomasse ligneuse

- **Buts: calculer les flux net de CO_2 dus aux changements dans les réserves de biomasse à la suite de:**
  - **l'afforestation et le reboisement**
  - **la coupe du bois d'oeuvre et la récolte du bois de feu**
  - **autres types de plantations d'arbres, par exemple l'agro-foresterie et les arbres urbains**
- **Hypothèses de base:**
  - **la biomasse enlevée se décompose ou s'oxyde au cours de la même année**
  - **pas de changements associés au carbone dans le sol**

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Flux de CO_2 provenant de changements dans les forêts et autres réserves de biomasse ligneuse

Etapes principales

- **1. Estimer la fixation annuelle de carbone de la biomasse dans la gestion des forêts, la croissance de la plantation, la plantation d'arbres, etc.**

- **2. Estimer le dégagement annuel de carbone provenant de l'exploitation du bois d'oeuvre et de la consommation de bois de feu**

- **3. Soustraire le carbone dégagé du carbone fixé (1 - 2) et convertir en CO_2 (multiplier par 11/3)**

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Flux de CO_2 provenant de changements dans les forêts et autres réserves de biomasse ligneuse

Données d'entrée et coefficients

(i) Forêts et écosystèmes de terres boisées

- **Superficie avec le type de forêt/végétation considéré (ha)**
- **Taux de croissance annuel de la biomasse pour chaque type (t matière sèche (ms)/ha/an)**
- **Teneur en carbone de la biomasse sèche (par défaut 0,5tC/t ms)**

(ii) Plantation d'arbres

- **Nombre d'arbres plantés par exemple en agro-foresterie**
- **Taux de croissance annuel de la biomasse (t ms/1000 arbres)**
- **Teneur en carbone de la biomasse sèche (par défaut 0,5 tC/t ms)**

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Flux de CO_2 provenant de changements dans les forêts et autres réserves de biomasse ligneuse

Entrée des données et des coefficients

(iii) Coupe du bois d'oeuvre et récolte de la biomasse selon le type

- **récolte annuelle de rondins (m^3)**
- **facteur d'expansion de la biomasse**
- **consommation du bois de feu (t ms/an)**
- **autres exportation de biomasse ligneuse (t ms/an)**
- **biomasse prélevée lors de l'éclaircissement de la forêt et brûlée hors-site (t ms/an) - 1ère étape dans la section de l'éclaircissement**
- **teneur en carbone de la biomasse (par défaut 0,5 tC/t ms)**

12

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Flux de CO_2 provenant de changements dans les forêts et autres réserves de biomasse ligneuse

Entrée de données et de coefficients

(iv) Conversion de la biomasse/facteurs d'expansion - pour utilisation avec les données de récolte de la biomasse

par défaut:	**Forêts intactes**	**1,75**
	Forêts exploitées	**1,90**
	Forêts non productives	**2,00**

(v) Convertir les volumes (m^3) en biomasse sèche (t ms)

par défaut:	**densité de la biomasse**	**0,5 t ms/m3**

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Flux de CO_2 provenant de changements dans les forêts et autres réserves de biomasse ligneuse

Calcul des flux de carbone

- 1. Absorption annuelle du carbone dans la biomasse (tC/an

  - $U = \Sigma\ [(AP_f \times GP_f \times CP_f) + (T_f \times GT_f \times CT_f)]$
  - où:
    - » AP = superficie des plantations et des forêts exploitées (ha)
    - » GP = taux de croissance annuelle de la biomasse des forêts (t ms/ha/an)
    - » CP = teneur en carbone des forêts (tC/t ms)
    - » T = nombre d'arbres non contigus plantés (milliers)
    - » GT = taux de croissance annuelle des arbres (t ms/arbres (milliers)/an
    - » CT = teneur en carbone des arbres plantés (tC/t ms)
    - » f = type de végétation

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Flux de CO_2 provenant de changements dans les forêts et autres réserves de biomasse ligneuse

Calcul des flux de carbone

2. Dégagement annuel de carbone dans la biomasse (tC/an)

- $R = \Sigma \{[(RW_f \times EF_f) + FW_f + OW_f - FC_f] \times CT_f\}$
- où:
  - » RW = récolte de rondins (m^3/an)
  - » EF = facteur de conversion/expansion de la biomasse (t ms/m^3)
  - » FW = consommation annuelle de bois de feu (t ms/an)
  - » OW = autre utilisation du bois (t ms/an)
  - » FC = bois enlevé lors de l'éclaircissement de la forêt et brûlé hors-site (t ms/an) - tiré des calculs de conversions de la forêt
  - » C = Teneur en carbone de la biomasse récoltée (cT/t ms)
  - » f = type de végétation

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Flux de CO_2 provenant de changements dans les forêts et autres réserves de biomasse ligneuse

Calcul des flux de carbone

3. Flux annuel net de CO_2 provenant de changements dans la forêt et autres réserves de biomasse ligneuse (tCO_2/an)

$$(U - R) \times 11/3$$

où:

U = absorption annuelle du carbone dans la biomasse (tC/an)
R = dégagement annuel de carbone par la biomasse (tC/an)

Remarque: les signes de l'absorption (+) et des émissions (-) ont été intervertis dans les formulaires de rapports de l'IPCC dans le volume I

16

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Flux de CO_2 provenant de la conversion des forêts et des pâturages naturels

Conversion des forêts et des pâturages naturels

- **Objectifs: estimation des émissions de CO_2 provenant du brûlage et de la décomposition de la biomasse, et de sols qui ont lieu lorsque les forêts et les pâturages naturels sont convertis en terres agricoles, pâturages aménagés et autres utilisations.**

- **Hypothèse par défaut: pas de changement dans la biomasse au dessus du sol entre les terres à pâturages naturels et la conversion des terres (cultures, pâturages aménagés, etc.)**

- **Permet d'inclure les pertes de carbone du sol (dans les directives révisées de 1996, le carbone du sol a été transféré dans une nouvelle section)**

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Flux de CO_2 provenant de la conversion des forêts et des pâturages naturels

Etapes principales:

- **1. Calcul des émissions nettes de carbone du brûlage de la biomasse à la surface du sol sur place et hors-site**
  - **des émissions rapides ont lieu dans l'année de l'éclaircissement**
  - **utilise une moyenne de 3 ans pour le taux de conversion**

- **2. Calcul des émissions nettes de carbone provenant de la décomposition de la biomasse à la surface du sol**
  - **émissions retardées pendant 10 ans**

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Flux de CO_2 provenant de la conversion des forêts et des pâturages naturels

Etapes principales:

- **3. Calculer les émissions nettes de carbone du sol**
  - **émissions retardées pendant 25 ans**
  - **facultatif pour les régions tropicales (pas de valeur par défaut)**

- **4. Ajouter 1 à 3 et convertir le carbone dégagé en CO_2**

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Flux de CO_2 provenant de la conversion des forêts et des pâturages naturels

Données et facteurs d'émissions nécessaires

- **Superficie moyenne convertie, dans l'année de l'inventaire, en moyennes de 10 et 25 ans (ha/an)**
- **Densité de la biomasse au-dessus du sol avant la conversion (t ms/ha)**
- **Densité de la biomasse au-dessus du sol après la conversion (t ms/ha)**
- **Fractions de la biomasse brûlée sur place, hors-site et laissée pour se décomposer, par exemple 0,45, 0,40 et 0,15 respectivement**

20

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Flux de CO_2 provenant de la conversion des forêts et des pâturages naturels

Données et facteurs d'émissions nécessaires

- **fraction de la biomasse oxydée (sur place et hors-site)**
- **teneur en carbone de la biomasse sur place et hors-site (valeur par défaut 0,5 tC/t ms pour la biomasse ligneuse et 0,45 pour la biomasse non ligneuse)**
- **carbone du sol par unité de superficie de forêt ou de pâturage naturel (tC/ha)**
- **fraction du carbone du sol dégagé (valeur par défaut pour la forêt tempérée et boréale et les pâturages naturels 0,5/25 ans)**

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Flux de CO_2 provenant de la conversion des forêts et des pâturages naturels

Calculs

1a. Total carbone dégagé par le brûlage sur place de la biomasse (tC/an):

» $C_{on} = \Sigma[A_f \times (BB_f - BA_f) \times Fbn_f \times Fon_f \times C_f$

où:

Con = carbone dégagé provenant du brûlage de la biomasse sur place

A = superficie éclaircie chaque année (ha/an)

BB = densité de la biomasse avant conversion (t ms/ha)

BA = densité de la biomasse après conversion (t ms/ha)

Fbn = fraction de la biomasse brûlée sur place

Fon = fraction de la biomasse oxydée sur place

C = teneur en carbone (tC/t ms)

f = type de forêt ou pâturage naturel

22

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Flux de CO_2 provenant de la conversion des forêts et des pâturages naturels

Calculs

1b. Total carbone dégagé par le brûlage hors-site de la biomasse (tC/an):

$$C_{of} = \Sigma[A_f \times (BB_f - BA_f) \times Fbn_f \times Fof_f \times C_f$$

où:

- **Cof = carbone dégagé en brûlant la biomasse sur place**
- **A = superficie éclaircie chaque année (ha/an)**
- **BB = densité de la biomasse avant conversion (t ms/ha)**
- **BA = densité de la biomasse après conversion (t ms/ha)**
- **Fbf = fraction de la biomasse brûlée hors-site**
- **Fof = fraction de la biomasse oxydée hors-site**
- **C = teneur en carbone (tC/t ms); f = type de forêt ou pâturage naturel**

1c. Total carbone dégagé de 1a et 1b

$$CB = C_{on} + C_{of}$$

23

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Flux de CO_2 provenant de la conversion des forêts et des pâturages naturels

Calculs

2. Total carbone dégagé par la décomposition de la biomasse à la surface du sol (tC/an):

$$CD = \Sigma[A_{10f} \times (BB_f - BA_f) \times FD_f \times C_f]$$

où:

CD = carbone dégagé de la décomposition de la biomasse sur place

A_{10f} = moyenne de 10 ans de la superficie convertie chaque année (ha/an)

BB = densité de la biomasse avant conversion (t ms/ha)

BA = densité de la biomasse après conversion (t ms/ha)

FD = fraction de la biomasse laissée pour se décomposer

C = teneur en carbone (tC/t ms)

f = type de forêt ou pâturage naturel

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Flux de CO_2 provenant de la conversion des forêts et des pâturages naturels

Calculs

Facultatif pour les pays tropicaux

3. Total carbone dégagé du sol par suite de la conversion (tC/an)

$$CS = \Sigma[A_{25f} \times FR_f \times SC_f]$$

où:

CS = carbone dégagé du sol perturbé

A_{25f} = moyenne sur 25 ans de la superficie convertie chaque année (ha/an)

FR = fraction du carbone du sol dégagé sur une période de 25 ans

SC = teneur en carbone (tC/t ms) avant conversion

f = type de forêt ou de pâturage naturel

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Flux de CO_2 provenant de la conversion des forêts et des pâturages naturels

Calculs

4. Total CO_2 dégagé suite à la conversion des forêts et des pâturages naturels (tCO_2/an)

$$TCO_2 = (CB + CD + CS) \times 11/3$$

où:

TCO_2 = Total CO_2 dégagé de la conversion des forêts et des pâturages naturels

CB = Total carbone dégagé pendant le brûlage de la biomasse (étape 1c)

CD = Total carbone dégagé pendant la décomposition de la biomasse (étape 2)

CS = Total carbone du sol dégagé par suite de la conversion (étape 3)

26

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Flux de gaz de serre autres que le CO_2 provenant de la conversion des forêts et des pâturages naturels

Emissions autres que CO_2 provenant du brûlage sur place des forêts et terres boisées éclaircies

- **Objectif: estimation des émissions de CH_4, CO, N_2O et NO_x**

- **Base: utiliser le total carbone dégagé du brûlage sur place pour estimer les gaz de serre autres que le CO_2 (Les émissions hors-site sont traitées dans les directives du secteur énergie)**

- **Etapes:**
  - **Estimer la quantité totale d'azote dégagé**
  - **Estimer les émissions annuelles de composés gazeux en traces du carbone et de l'azote**

27

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Flux de gaz de serre autres que le CO_2 provenant de la conversion des forêts et des pâturages naturels

Calculs

- carbone dégagé annuel provenant de brûlage sur place lié à l'éclaircissage de la forêt (tC/an)
- ratio N/C de biomasse brûlée (par exemple 0,01 N/C)
- ratio d'émission de carbone CH_4 par rapport au carbone CO_2 dégagé par le brûlage de la biomasse
- ratio d'émission de carbone CO par rapport au carbone CO_2 dégagé par le brûlage de la biomasse
- ratio d'émission de l'azote $N_{2)}$ par rapport à N dégagé par le brûlage de la biomasse
- ratio d'émission de l'azote NO_x par rapport à N dégagé par le brûlage de la biomasse

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Flux de gaz de serre autres que le CO_2 provenant de la conversion des forêts et des pâturages naturels

Calculs

- **1. Total annuel d'azote dégagé (t N/an) = COn x NC**

où:

- **Con = total carbone annuel dégagé par suite du brûlage sur place (étape 1c de la conversion des forêts et des pâturages naturels)**
- **NC = ratio N/C (valeur par défaut: 0,01)**

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Flux de gaz de serre autres que le CO_2 provenant de la conversion des forêts et des pâturages naturels

Calculs

- **2a Emissions de gaz en traces**

  - CH_4 (t/yr) = COn x ER_{CH4} x 16/12

  - CO (t/yr) = COn x ER_{CO} x 28/12

  où:

  COn = total carbone dégagé du brûlage sur place (étape 1c de la conversion des forêts et des pâturages naturels)

  ER = ratio d'émission

30

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Flux de gaz de serre autres que le CO_2 provenant de la conversion des forêts et des pâturages naturels

Calculs

- **2b Emissions de gaz en traces**

  - N_2O (t/an) = N x ER_{N2O} x 44/28

  - NO_x (t/an) = COn x ER_{NOx} x 46/14

  où:

  N = total de l'azote dégagé par an
  ER = ratio d'émission

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Absorption de CO_2 après l'abandon de terres exploitées

Abandon des terres et reprise de la croissance naturelle

- **Objectif: estimation de l'absorption de CO_2 dans la biomasse et les sols par la reprise de croissance sur des terres agricoles et pastorales abandonnées.**

- **Remarques importantes:**
  - **Ne couvre pas les terres où la croissance ne reprend pas ou qui se dégradent après abandon, sauf là où c'est justifié.**
  - **Utilise des données historiques sur 20 ans, et 21 à 100 ans avec la date actuelle si les données existent.**

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Absorption de CO_2 après l'abandon de terres exploitées

- **Etapes principales**
  - **1. Estimer l'absorption de carbone par la biomasse sur les terres abandonnées au cours des 20 dernières années**
  - **2. Estimer l'absorption de carbone par le sol des terres abandonnées au cours des 20 dernières années**

  (si les données le permettent, étapes 3 et 4)
  - **estimer l'absorption de carbone par la biomasse sur les terres abandonnées au cours des 21 à 100 dernières années**
  - **estimer l'absorption de carbone par le sol des terres abandonnées au cours des 21 à 100 années avant l'année de l'inventaire**
  - **ajouter 1 à 4 pour estimer le total du carbone absorbé et convertir en CO_2**

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Flux de CO_2 provenant de changements dans les forêts et autres réserves de biomasse ligneuse

Calcul des flux de carbone

- 1. Absorption annuelle du carbone dans la biomasse (tC/an

  - $U = \Sigma\ [(AP_f \times GP_f \times CP_f) + (T_f \times GT_f \times CT_f)]$
  - où:
    - » AP = superficie des plantations et des forêts exploitées (ha)
    - » GP = taux de croissance annuelle de la biomasse des forêts (t ms/ha/an)
    - » CP = teneur en carbone des forêts (tC/t ms)
    - » T = nombre d'arbres non contigus plantés (milliers)
    - » GT = taux de croissance annuelle des arbres (t ms/arbres (milliers)/an
    - » CT = teneur en carbone des arbres plantés (tC/t ms)
    - » f = type de végétation

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Flux de CO_2 provenant de changements dans les forêts et autres réserves de biomasse ligneuse

Calcul des flux de carbone

3. Flux annuel net de CO_2 provenant de changements dans la forêt et autres réserves de biomasse ligneuse (tCO_2/an)

$$(U - R) \times 11/3$$

où:

U = absorption annuelle du carbone dans la biomasse (tC/an)
R = dégagement annuel de carbone par la biomasse (tC/an)

Remarque: les signes de l'absorption (+) et des émissions (-) ont été intervertis dans les formulaires de rapports de l'IPCC dans le volume I

16

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Flux de CO_2 provenant de la conversion des forêts et des pâturages naturels

Conversion des forêts et des pâturages naturels

- **Objectifs: estimation des émissions de CO_2 provenant du brûlage et de la décomposition de la biomasse, et de sols qui ont lieu lorsque les forêts et les pâturages naturels sont convertis en terres agricoles, pâturages aménagés et autres utilisations.**

- **Hypothèse par défaut: pas de changement dans la biomasse au dessus du sol entre les terres à pâturages naturels et la conversion des terres (cultures, pâturages aménagés, etc.)**

- **Permet d'inclure les pertes de carbone du sol (dans les directives révisées de 1996, le carbone du sol a été transféré dans une nouvelle section)**

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Flux de CO_2 provenant de la conversion des forêts et des pâturages naturels

Etapes principales:

- **1. Calcul des émissions nettes de carbone du brûlage de la biomasse à la surface du sol sur place et hors-site**
  - **des émissions rapides ont lieu dans l'année de l'éclaircissement**
  - **utilise une moyenne de 3 ans pour le taux de conversion**

- **2. Calcul des émissions nettes de carbone provenant de la décomposition de la biomasse à la surface du sol**
  - **émissions retardées pendant 10 ans**

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Flux de CO_2 provenant de la conversion des forêts et des pâturages naturels

Etapes principales:

- **3. Calculer les émissions nettes de carbone du sol**
  - **émissions retardées pendant 25 ans**
  - **facultatif pour les régions tropicales (pas de valeur par défaut)**

- **4. Ajouter 1 à 3 et convertir le carbone dégagé en CO_2**

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Flux de CO_2 provenant de la conversion des forêts et des pâturages naturels

Données et facteurs d'émissions nécessaires

- **fraction de la biomasse oxydée (sur place et hors-site)**
- **teneur en carbone de la biomasse sur place et hors-site (valeur par défaut 0,5 tC/t ms pour la biomasse ligneuse et 0,45 pour la biomasse non ligneuse)**
- **carbone du sol par unité de superficie de forêt ou de pâturage naturel (tC/ha)**
- **fraction du carbone du sol dégagé (valeur par défaut pour la forêt tempérée et boréale et les pâturages naturels 0,5/25 ans)**

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Flux de CO_2 provenant de la conversion des forêts et des pâturages naturels

Calculs

1a. Total carbone dégagé par le brûlage sur place de la biomasse (tC/an):

» $C_{on} = \Sigma[A_f \times (BB_f - BA_f) \times Fbn_f \times Fon_f \times C_f$

où:

Con = carbone dégagé provenant du brûlage de la biomasse sur place

A = superficie éclaircie chaque année (ha/an)

BB = densité de la biomasse avant conversion (t ms/ha)

BA = densité de la biomasse après conversion (t ms/ha)

Fbn = fraction de la biomasse brûlée sur place

Fon = fraction de la biomasse oxydée sur place

C = teneur en carbone (tC/t ms)

f = type de forêt ou pâturage naturel

22

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Flux de CO_2 provenant de la conversion des forêts et des pâturages naturels

Calculs

2. Total carbone dégagé par la décomposition de la biomasse à la surface du sol (tC/an):

$$CD = \Sigma[A_{10f} \times (BB_f - BA_f) \times FD_f \times C_f]$$

où:

CD = carbone dégagé de la décomposition de la biomasse sur place

A_{10f} = moyenne de 10 ans de la superficie convertie chaque année (ha/an)

BB = densité de la biomasse avant conversion (t ms/ha)

BA = densité de la biomasse après conversion (t ms/ha)

FD = fraction de la biomasse laissée pour se décomposer

C = teneur en carbone (tC/t ms)

f = type de forêt ou pâturage naturel

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Flux de CO_2 provenant de la conversion des forêts et des pâturages naturels

Calculs

4. Total CO_2 dégagé suite à la conversion des forêts et des pâturages naturels (tCO_2/an)

$$TCO_2 = (CB + CD + CS) \times 11/3$$

où:

TCO_2 = Total CO_2 dégagé de la conversion des forêts et des pâturages naturels

CB = Total carbone dégagé pendant le brûlage de la biomasse (étape 1c)

CD = Total carbone dégagé pendant la décomposition de la biomasse (étape 2)

CS = Total carbone du sol dégagé par suite de la conversion (étape 3)

26

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Flux de gaz de serre autres que le CO_2 provenant de la conversion des forêts et des pâturages naturels

Emissions autres que CO_2 provenant du brûlage sur place des forêts et terres boisées éclaircies

- **Objectif: estimation des émissions de CH_4, CO, N_2O et NO_x**

- **Base: utiliser le total carbone dégagé du brûlage sur place pour estimer les gaz de serre autres que le CO_2 (Les émissions hors-site sont traitées dans les directives du secteur énergie)**

- **Etapes:**
  - **Estimer la quantité totale d'azote dégagé**
  - **Estimer les émissions annuelles de composés gazeux en traces du carbone et de l'azote**

27

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Flux de gaz de serre autres que le CO_2 provenant de la conversion des forêts et des pâturages naturels

Calculs

- **2a Emissions de gaz en traces**

  - CH_4 (t/yr) = COn x ER_{CH4} x 16/12

  - CO (t/yr) = COn x ER_{CO} x 28/12

  où:

  COn = total carbone dégagé du brûlage sur place (étape 1c de la conversion des forêts et des pâturages naturels)

  ER = ratio d'émission

30

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Absorption de CO_2 après l'abandon de terres exploitées

Abandon des terres et reprise de la croissance naturelle

- **Objectif: estimation de l'absorption de CO_2 dans la biomasse et les sols par la reprise de croissance sur des terres agricoles et pastorales abandonnées.**

- **Remarques importantes:**
  - **Ne couvre pas les terres où la croissance ne reprend pas ou qui se dégradent après abandon, sauf là où c'est justifié.**
  - **Utilise des données historiques sur 20 ans, et 21 à 100 ans avec la date actuelle si les données existent.**

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Absorption de CO_2 après l'abandon de terres exploitées

- **Etapes principales**
  - **1. Estimer l'absorption de carbone par la biomasse sur les terres abandonnées au cours des 20 dernières années**
  - **2. Estimer l'absorption de carbone par le sol des terres abandonnées au cours des 20 dernières années**

  (si les données le permettent, étapes 3 et 4)
  - **estimer l'absorption de carbone par la biomasse sur les terres abandonnées au cours des 21 à 100 dernières années**
  - **estimer l'absorption de carbone par le sol des terres abandonnées au cours des 21 à 100 années avant l'année de l'inventaire**
  - **ajouter 1 à 4 pour estimer le total du carbone absorbé et convertir en CO_2**

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Absorption de CO_2 après l'abandon de terres exploitées

- **Hypothèses par défaut**
  - **1. Si les terres abandonnées se régénèrent en pâturages naturels, il n'y aura aucun changement dans la biomasse au dessus du sol**
  - **2. Dans les écosystèmes tempérés et boréal, on suppose que le carbone du sol s'accumule de façon linéaire à partir d'une valeur initiale au rythme de 1 pour cent par an jusqu'à un maximum de 50 à 75% de la quantité originale.**
  - **3. Dans les écosystèmes tropicaux, l'effet de l'abandon des sols est incertain, et on ne suppose donc aucun changement sauf si on a des données.**

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Absorption de CO_2 après abandon de terres exploitées

- **Données nécessaires**
  - **la teneur en carbone de la biomasse de remplacement (tC/t ms)**

20 ans ou moins:

- **superficie totale de la zone de régénération des terres abandonnées au cours des 20 dernières années (ha)**
- **taux annuel moyen d'accumulation de la biomasse par unité de surface (8 t ms/ha/an)**
- **taux moyen annuel d'accumulation de carbone dans le sol (tC/ha/an)**

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Absorption de CO_2 après abandon de terres exploitées

- **Données nécessaires**

  entre 20 et 100 ans:

  - **total de la zone de régénération de terres abandonnées au cours des 20 à 100 dernières années (ha)**
  - **taux annuel moyen d'accumulation de la biomasse par unité de surface (8 t ms/ha/an)**
  - **taux moyen annuel d'accumulation de carbone dans le sol (tC/ha/an)**
    - » **Remarque: si la biomasse s'accumule pendant des périodes dépassant 100 ans, on utilise la période actuelle**

36

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Absorption de CO_2 après abandon de terres exploitées

Calculs:

1. Absorption annuelle de carbone dans la biomasse au dessus du sol, lors des =< 20 dernières années (tC/an)

$$CB_{20} = \Sigma(AYe \times RBe \times Ce)$$

où:

AY = superficie totale abandonnée au cours des 20 dernières années (ha)

RB = taux annuel de reprise de la croissance de la biomasse (t ms/ha/an)

C = teneur en carbone de la biomasse (tC/t ms)

e = reprise de croissance de l'écosystème

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Absorption de CO_2 après abandon de terres exploitées

Calculs:

2. Absorption annuelle de carbone dans les sols lors des =< 20 dernières années (tC/an)

$$CS_{20} = \Sigma(AYe \times RSe)$$

où:

AY = superficie totale abandonnée au cours des 20 dernières années (ha)

RS = taux annuel de l'absorption de carbone dans le sol (tms/ha/an)

e = reprise de croissance de l'écosystème

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Absorption de CO_2 après abandon de terres exploitées

Calculs:

3. **Absorption annuelle de carbone dans la biomasse au dessus du sol, pendant 21 à 100 ans (tC/an)**

$$CB_{100} = \Sigma(AYe \times RBe)$$

où:

AY = superficie totale abandonnée au cours des 21 à 100 dernières années avec reprise de la croissance (ha)

RB = taux annuel d'absorption de carbone de la biomasse (t ms/ha/an)

e = reprise de croissance de l'écosystème

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Absorption de CO_2 après abandon de terres exploitées

Calculs:

4. Absorption annuelle de carbone dans le sol pendant 21 à 100 ans (tC/an)

$$CS_{100} = \Sigma(AYe \times RSe)$$

où:

AY = superficie totale abandonnée au cours des 21 à 100 dernières années avec reprise de la croissance (ha)

RS = taux annuel d'absorption de carbone dans le sol (t ms/ha/an)

e = reprise de croissance de l'écosystème

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Absorption de CO_2 après abandon de terres exploitées

Calculs:

5. Absorption totale de CO_2 dans les terres exploitées abandonnées (C/an):

$$(CB_{20} + CS_{20} + CB_{100} + CS_{100}) \times 44/12$$

où:

CB_{20} = absorption annuelle de carbone dans la biomasse au-dessus du sol au cours des =<20 dernières années

CS_{20} = absorption annuelle de carbone dans le sol au cours des =<20 dernières années

CB_{100} = absorption annuelle de carbone dans la biomasse au-dessus du sol au cours de 21 à 100 années

CS_{100} = absorption annuelle de carbone dans le sol au cours de 21 à 100 années

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Total des flux de CO_2

- Total des flux de CO_2 (millions tCO_2/an)
  - flux net de CO_2 à la suite de changements dans les réserves de la forêt et autre biomasse ligneuse (-)
  - émissions de CO_2 dues à la conversion de la forêt et des pâturages naturels (+)
  - absorption de CO_2 à partir de terres exploitées abandonnées (-)

Changement d'utilisation de la terre et foresterie
affinements suggérés pour les calculs

- Aucune méthode n'est fournie pour ces éléments, mais on devrait au moins les examiner si on a des raisons de croire qu'ils apporteraient des modifications significatives dans l'inventaire national des gaz de serre
- Eléments supplémentaires à considérer
  - absorption du carbone dans le sol résultant de l'exploitation de la forêt
  - émissions après conversion/brûlage de gaz autres que CO_2
  - émissions CH_4 supplémentaires venant de l'activité des termites
  - le sort de la biomasse dans le sol après l'éclaircissage

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

affinements suggérés pour les calculs

- sont aussi à considérer s'ils sont significatifs
- autres activités de l'homme à considérer:
  - culture itinérante
  - drainage des terres humides
  - submersion des terres
  - pollution de l'eau (de surface et des côtes)

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Révisions faites dans les *Directives révisées de 1996*

- **Révision du système de classification des forêts**
  - **les classes de forêts "primaires" et "secondaires" ont été remplacées par un plus grand nombre de classes basées sur la pluviométrie et le type de végétation**
- **Révision des valeurs par défaut de la densité de la biomasse pour les forêts tropicales**

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Révisions faites dans les *Directives révisées de 1996*

- Nouvelle section sur le carbone du sol
  - (i) traite des sections du sol précédemment étudiées dans le "changement d'utilisation de la terre et la foresterie"
  - (ii) traite de l'utilisation des terres dans le secteur agricole
  - (iii) nouvelles sous-sections
    - » 1. Changements dans les réserves minérales de carbone dans le sol
    - » 2. La culture des histosols (sols organiques)
    - » 3. Le chaulage des sols agricoles

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Révisions faites dans les *Directives révisées de 1996*

- 1. Changements dans les réserves minérales de carbone dans le sol

Le but est de rendre compte du flux net de CO_2 provenant de l'utilisation et des changements d'utilisation des terres

- suit l'approche des réserves de carbone sur une période de 20 ans:
  - » flux annuel net de carbone = $(C_t - C_{t-20})/20$
- les estimations des réserves de carbone sont basées sur la végétation indigène, le climat et les pratiques d'exploitation, par exemple l'utilisation de la terre, les façons culturales, la gestion des résidus, etc.

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Révisions faites dans les *Directives révisées de 1996*

- 2. Culture des histosols (sols organiques)
  - Le but est de rendre compte des émissions de CO_2 dues à la mise en culture des histosols
  - basée sur la superficie cultivée et les terres à pâturages par zones climatiques et taux annuels de carbone pour chaque type de classification

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Révisions faites dans les *Directives révisées de 1996*

- 3. Le chaulage des sols agricoles
  - Le but est de rendre compte des émissions de CO_2 dues à l'application de minéraux carbonatés
  - basé sur la quantité et la composition des minéraux carbonatés (chaux et dolomite)
    - » suppose que le taux d'application est égal au flux annuel
    - » remarque: le facteur de conversion du carbone pour la dolomite est 0,1303 (le facteur cité dans le manuel est incorrect)

Changement d'utilisation de la terre et foresterie
Problèmes/recommandations

Méthodologie

- ne tient pas compte de la biomasse sous la surface du sol bien que certaines données par défaut aient été proposées
- les flux réels dépendent de la période et
- les calculs ne sont que des approximations
- suppose un pool constant de production de bois
- n'inclut pas les importations et exportations de bois
- utilise le plus souvent la même teneur en carbone de la biomasse
- ne rend pas compte d'autres facteurs environnementaux, par exemple les engrais azotés, les pluies acides, etc. qui affectent les flux du carbone.

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Problèmes/recommandations

Données

- ne sont pas disponibles dans de nombreux cas
- on a besoin de données historiques
- les données par défaut sont souvent de moyennes de grands écarts d'incertitude
- certaines données par défaut sont si incertaines qu'elles sont presque inutilisables à moins qu'on ait d'autres données

Changement d'utilisation de la terre et foresterie
Brûlage de la biomasse en plein air

- **Dans les directives, ce sujet est inclus dans la section agriculture en deux sous-sections:**
  - **1. Le brûlage de la savane**
  - **2. Le brûlage des déchets de l'agriculture**

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Brûlage de la biomasse en plein air - Les savanes

Emissions de gaz autres que CO_2 provenant d'un brûlage imposé

- **Objectif: estimation des émissions de gaz de serre autres que CO_2 (CH_4, CO, N_2O, NO_x).**
- **Hypothèses**
  - **Pas d'émissions nettes de CO_2 provenant du brûlage**
  - **Il faut mentionner les composés organiques volatiles non méthanés (NMVOC) lorsque des estimations nationales existent, mais les Directives ne fournissent pas de données par défaut**
  - **Tous les feux de savanes sont le fait de la main de l'homme à moins qu'on puisse prouver qu'ils sont naturels (cela ne devrait-il pas être le contraire?)**
  - **Analyse séparée des savanes boisées et des terres de pâturages**

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Brûlage de la biomasse en plein air - Les savanes

Emissions de gaz autres que CO_2 provenant d'un brûlage imposé

- **Principales étapes:**
  - estimation de la biomasse totale brûlée chaque année
  - estimation de la fraction de biomasse vivante brûlée par rapport à la biomasse morte brûlée
  - estimation des quantités totales de carbone et d'azote dégagées lors du brûlage de la biomasse
  - estimation des émissions de gaz de serre autres que CO_2

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Brûlage de la biomasse en plein air - Les savanes

Informations nécessaires pour chaque type de savane:

- **superficie du type de savane (ha)**
- **fraction de cette superficie brûlée chaque année**
- **densité de la biomasse à la surface du sol (t ms/ha)**
- **fraction de la biomasse de surface oxydée (par défaut 0,8 à 0,85)**
- **fraction de la biomasse de surface vivante**
- **fraction de biomasse vivante oxydée (par défaut 0,8)**
- **fraction de biomasse morte oxydée (par défaut 1,0)**

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Brûlage de la biomasse en plein air - Les savanes

Informations nécessaires pour chaque type de savane:

- **teneur en carbone de la biomasse vivante (par défaut 0,45 tC/t ms)**
- **teneur en carbone de la biomasse morte (par défaut 0,40 tC/t ms)**
- **ratio N/C dans la biomasse (par défaut 0,006 tN/tC)**
- **ratios d'émission pour CH_4, CO, N_2O et NO_x, pour la savane qui brûle**

Remarque: si on n'a pas de données sur les teneurs, on utilise les estimations moyennes pour la biomasse

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Brûlage de la biomasse en plein air - Les savanes

Calculs:

- **1. Total de la biomasse brûlée (t ms/an)**
  - **TBs = As x FAs x BDs x FBs**
  - **où:**
    - » **TB = total biomasse brûlée (t ms/an)**
    - » **A = superficie de la savane (ha)**
    - » **FA = fraction de la superficie brûlée chaque année**
    - » **BD = densité de la biomasse (t ms/ha)**
    - » **FB = fraction de la biomasse brûlée**
    - » **s = type de savane**

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Brûlage de la biomasse en plein air - Les savanes

Calculs:

- **2a. Biomasse vivante brûlée chaque année (t ms/an)**

  » **LBs = TBs x Ls**

  – **où;**

  » **LB = biomasse vivante (étape 1)**

  » **TB = total biomasse brûlée**

  » **L = fraction de la biomasse vivante**

  » **s = type de savane**

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Brûlage de la biomasse en plein air - Les savanes

Calculs:

- **2b. Biomasse morte brûlée chaque année (t ms/an)**

  » **DBs = TBs - LBs**

  – **où;**

  » **DB = biomasse morte brûlée chaque année**

  » **TB = biomasse totale brûlée (étape 1)**

  » **LB = biomasse vivante brûlée (étape 2a)**

  » **s = type de savane**

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Brûlage de la biomasse en plein air - Les savanes

Calculs:

- 3a. Carbone dégagé par la biomasse vivante par an (tC/an)

  » LCs = LBs x FLOs x CLs

  » où;

  » LC = carbone dégagé par la biomasse vivante (tC/an)

  » LB = total biomasse vivante brûlée

  » FLO = fraction de la biomasse vivante oxydée

  » CL = teneur en carbone de la biomasse vivante

  » s = type de savane

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Brûlage de la biomasse en plein air - Les savanes

Calculs:

- 3b. Carbone dégagé par la biomasse morte par an (tC/an)

  » DCs = DBs x FDOs x CDs

  » où;

  » DC = carbone dégagé par la biomasse morte (tC/an)

  » DB = total biomasse morte brûlée

  » FDO = fraction de la biomasse morte oxydée

  » CDL = teneur en carbone de la biomasse morte

  » s = type de savane

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Brûlage de la biomasse en plein air - Les savanes

Calculs:

- 3c. Total carbone dégagé (tC/an):

  » TCs = ∑(LCs + DCs)

  où;

  » DC = carbone dégagé par la biomasse morte brûlée (tC/an)

  » LC = arbone dégagé par la biomasse vivante brûlée (tC/an)

  » s = type de savane

62

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Brûlage de la biomasse en plein air - Les savanes

Calculs:

- 3d. Total azote dégagé (tC/an):

» Ns = (TCs x NR)

où;

» TC = total carbone dégagé par le brûlage de la biomasse (tC/an)

» NR = ratio N/C dans la biomasse (tN/tC)

» s = type de savane

63

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Brûlage de la biomasse en plein air - Les savanes

Calculs

- 4a. Emissions de gaz en traces
  - CH_4 dégagé (t CH_4/yr) = TC x ER_{CH4} x 16/12
  - CO dégagé (t CO/yr) = TC x ER_{CO} x 28/12

où;

- TC = total carbone CO_2 dégagé par le brûlage de la biomasse (tC/an)
- ER = ratios d'émission
- 16/12, 28/12 ratios des poids moléculaires gaz/carbone

64

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Brûlage de la biomasse en plein air - Les savanes

Calculs

- 4a. Emissions de gaz en traces
  - CH_4 dégagé (t CH_4/yr) = TC x ER_{CH4} x 16/12
  - CO dégagé (t CO/yr) = TC x ER_{CO} x 28/12

où;

- TC = total carbone CO_2 dégagé par le brûlage de la biomasse (tC/an)
- ER = ratios d'émission
- 16/12, 28/12 ratios des poids moléculaires gaz/carbone

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Brûlage de la biomasse en plein air - Les savanes

Calculs

- 4b. Emissions de gaz en traces nitrés
  - N_2O dégagé (t N_2O/yr) = N x ER_{N2O} x 44/28

  - NO_x dégagé (t NO_x/yr) = N x ER_{NOx} x 46/14

où;

- N = total azote dégagé par le brûlage de la biomasse (tN/an)
- ER = ratios d'émission
- 44/28, 46/14 ratios des poids moléculaires gaz/azote

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Brûlage de la biomasse en plein air - Les savanes

Problèmes et recommandations

- Méthodologie
  - Les calculs ne sont que des approximations grossières qui varient avec:
    - » les saisons
    - » le type de végétation
- Données
  - les données sur le niveau de l'activité et la biomasse sont souvent peu précises
  - les fractions de la biomasse oxydées ne sont pas faciles à obtenir
  - les données et les facteurs peuvent être améliorés par la collaboration entre gouvernements, ONG, instituts de recherche, etc.

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Brûlage de la biomasse en plein air - Les déchets de l'agriculture

Emissions de gaz autres que CO_2 provenant du brûlage des résidus de cultures dans les champs

- Objectif: estimation des émissions de CH_4, CO, N_2O et NO_x.
- Hypothèses:
  - Aucune donnée par défaut n'est fournie pour les composés organiques volatiles non méthanés (NMVOC) mais, si des estimations nationales existent, il faut les mentionner.
  - Ne couvrent que les résidus de cultures brûlés dans les champs. Ceux qui sont utilisés comme combustible sont inclus dans le secteur énergie
  - Les résidus utilisés pour des produits de longue durée sont exclus sauf s'ils sont considérés comme un véritable gouffre à carbone.

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Brûlage de la biomasse en plein air - Les déchets de l'agriculture

Emissions de gaz autres que CO_2 provenant du brûlage des résidus de cultures dans les champs

- Etapes principales:
  - Estimation de tout le carbone dégagé chaque année
  - Estimation de tout l'azote dégagé chaque année
  - Estimation des émissions de gaz en traces

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Brûlage de la biomasse en plein air - Les déchets de l'agriculture

Information nécessaire pour chaque culture

- production de la culture (t)
- ratio résidus/culture
- fraction de matière sèche dans les résidus des cultures
- fraction des résidus brûlée dans les champs (par défaut 0,25, pays développés @ 0,10, pays en voie de développement 0,25)
- fraction des résidus oxydés (par défaut 0,9)
- teneur en carbone
- ratio N/C dans la biomasse (par défaut 0,014 tN/tC)
- ratios d'émission de gaz en traces à la suite du brûlage des déchets des cultures

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Brûlage de la biomasse en plein air - Les déchets de l'agriculture

Calculs:

- 1. Total carbone dégagé chaque année (tC/an)
  - » TCc = ∑(Pc x Rc x DMc x Bc x Cc x FOc)
  - où;
    - » TC = Total carbone dégagé
    - » P = production agricole (t/an)
    - » R = ratio cultures/résidus
    - » DM = fraction de matière sèche
    - » B = fraction de résidus brûlés
    - » C = teneur en carbone; c = type de culture
    - » FO = fraction des résidus oxydés brûlés

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Brûlage de la biomasse en plein air - Les déchets de l'agriculture

Calculs:

- 2. Total azote dégagé chaque année (tC/an)

  » TN = ∑ (TCc x Nc)

  où;

  » TC = total carbone dégagé

  » TN = total azote dégagé (tN/an)

  » c = type de culture

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Brûlage de la biomasse en plein air - Les déchets de l'agriculture

Calculs

- 3a. Emissions de gaz en traces

  - CH_4 dégagé (t CH_4/yr) = TC x ER_{CH4} x 16/12

  - CO dégagé (t CO/yr) = TC x ER_{CO} x 28/12
  - où;
    - » TC = total carbone dégagé (tC/an)
    - » ER = ratio d'émission

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Brûlage de la biomasse en plein air - Les déchets de l'agriculture

Calculs

- 3b. Emissions de gaz en traces

  - N_2O dégagé (t N_2O/yr) = TN x ER_{N2O} x 44/28

  - NO_x dégagé (t NO_x/yr) = TN x ER_{NO} x 46/14
  - où;
    - » TN = total azote dégagé (tN/an)
    - » ER = ratio d'émission

74

Changement d'utilisation de la terre et foresterie

Brûlage de la biomasse en plein air - Les déchets de l'agriculture

Problèmes et recommandations

- Méthodologie
  - » Les calculs ne sont que des approximations grossières qui varient avec:
    - les pratiques agricoles
- Données
  - les données sur le niveau de l'activité et la biomasse ne sont souvent pas disponibles
  - les fractions de la biomasse oxydées sont peu précises
  - les données et les facteurs peuvent être améliorées par la collaboration entre gouvernements, ONG, instituts de recherche, etc.

Land Area Available for Biomass Growth (Million hectares)

Country	Total Available Area	Managed Forests	Plantation
China[a]	172	19	85
India[b]	175	37	42
Malaysia[c]	12	7.9	2.7
Mexico[d]	56	18.7	30
Nigeria[e]	53	9.6	7.5
Tanzania[f]	40.1	34.6	1.1
Thailand[g]	31.9	3.7	7.7
TOTAL	540	130.5	176

Emissions de gaz en traces en foresterie

- Gaz:
  - Méthane (CH_4), oxyde nitreux (N_2O, oxydes d'azote (NO_x, par exemple $NO + NO_2$),
- oxyde de carbone (CO), hydrates de carbone autres que le méthane
  - » Ratios des composés gazeux en traces au carbone total et à l'azote dans le brûlis de la biomasse

Composé	Ratio
Méthane	0,007 - 0,013*
Oxyde de carbone	0,075 - 0,125
Oxyde nitreux	0,005 - 0,009
Oxydes d'azote	0,094 - 0,148

- Source: Crutzen et Andreae (1990). * Une estimation plus récente par Delmas et Ahuja (1993) donne l'éventail 0,002 - 0,006
- Ratio de carbone CH_4 au carbone total par type de combustible

Type de carburant	Ratio C-CH_4/C total	
Bois de feu	0,012	(0,009 - 0,015)
Résidus agricoles	0,005	(0,003 - 0,007)
Fumier	0,017	
Combustion du charbon de bois	0,005	(0,0014 -0,0085)
Production du charbon de bois	0,063	(0,04 - 0,09)

- Source: IPCC, 1994, *ouvrage cité*. Pour convertir les ratios en poids moléculaires, les émissions de CH_4 et CO sont multipliées respectivement par 16/12 et 28/12, et les émissions de N_2O et de NO_x respectivement par 44/28 et 30/14.

77

GREG KIKER
University of Natal

Vulnérabilité et adaptation au changement de climat: évaluation de l'agriculture

Dr. G. A. Kiker

Ecole d'ingénierie des ressources biologiques et de l'hydrologie environnementale

Université du Natal

Afrique du Sud

Email: kikerg@nu.ac.za

Programme de l'atelier sur l'agriculture

- Introduction aux évaluations de la vulnérabilité et de l'adaptation pour l'agriculture
- Introduction à la modélisation des cultures pour le changement de climat
- Lier les résultats de la V&A pour les intégrer dans les plans nationaux d'action

Section 1

Introduction aux évaluations de la vulnérabilité et de l'adaptation en agriculture

Section 1

Introduction aux évaluations de la vulnérabilité et de l'adaptation en agriculture

Section 1

Introduction aux évaluations de la vulnérabilité et de l'adaptation en agriculture

Définition de la vulnérabilité

- ***La sensibilité*** *est le degré auquel un système répondra à un changement des conditions climatiques (par exemple, l'étendue du changement dans la composition, la structure et le fonctionnement de l'écosystème, en particulier la productivité primaire, à la suite d'un certain changement des températures ou des précipitations).*
- ***La vulnérabilité*** *définit la mesure dans laquelle un changement de climat peut endommager ou nuire à un système. Elle dépend non seulement de la sensibilité du système mais aussi de son aptitude à s'adapter aux nouvelles conditions climatiques.*

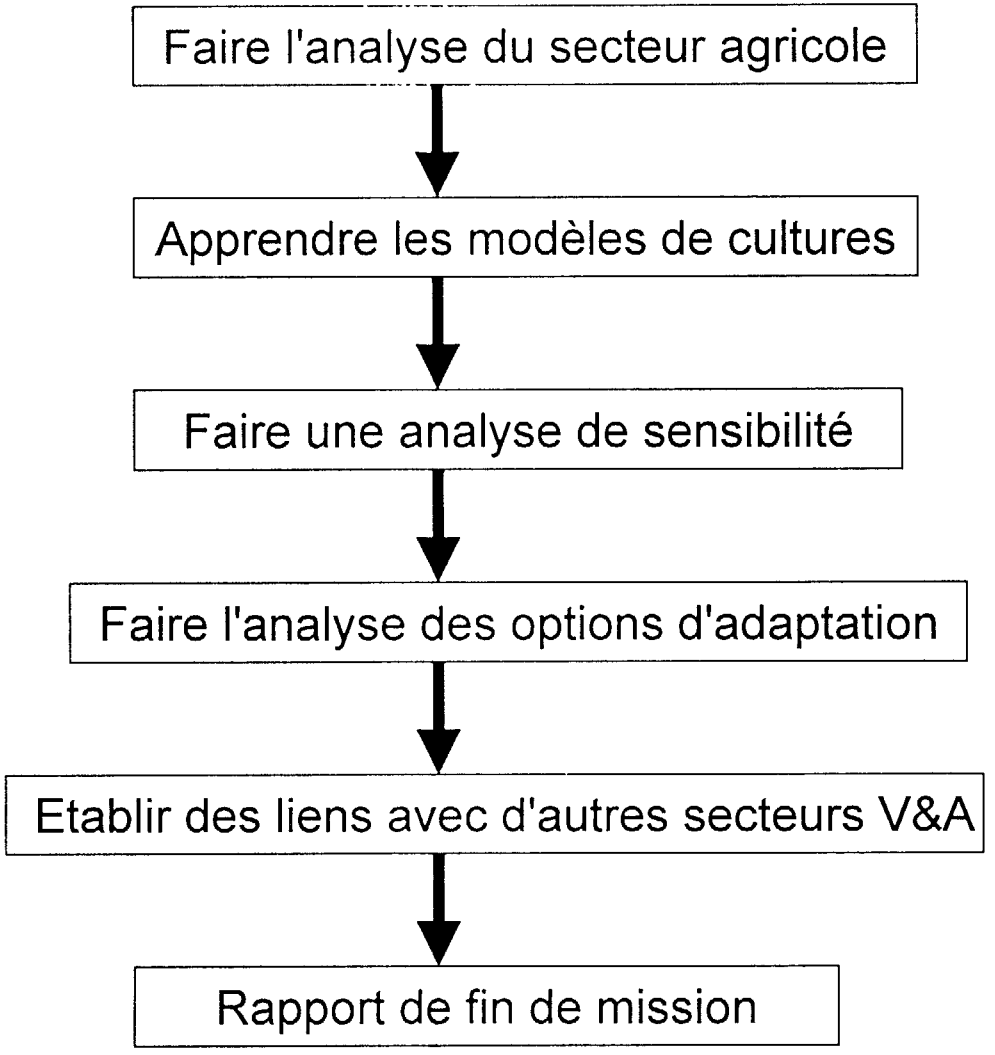
Définition de l'adaptabilité

- ***L'adaptabilité*** *désigne la mesure dans laquelle les pratiques, les processus ou les structures des systèmes peuvent s'ajuster aux changements de climat actuels ou projetés. L'adaptation peut être spontanée ou planifiée et peut être faite en prévoyant ou en répondant à des changements de conditions (IPCC, 1995)*

Objectifs traditionnels de la vulnérabilité et de l'adaptation

- Identifier les domaines de vulnérabilité la plus élevée aux effets du changement de climat
  - Secteurs de la société et de l'économie
  - Aires géographiques
- Proposer des mesures d'adaptation qui conviennent
  - Ajustements à petite échelle
  - Ajustements à grande échelle
- Explorer la convenance et/ou l'efficacité des options d'adaptation en ce qui concerne la vulnérabilité

Anciennes méthodologies de vulnérabilité et d'adaptation



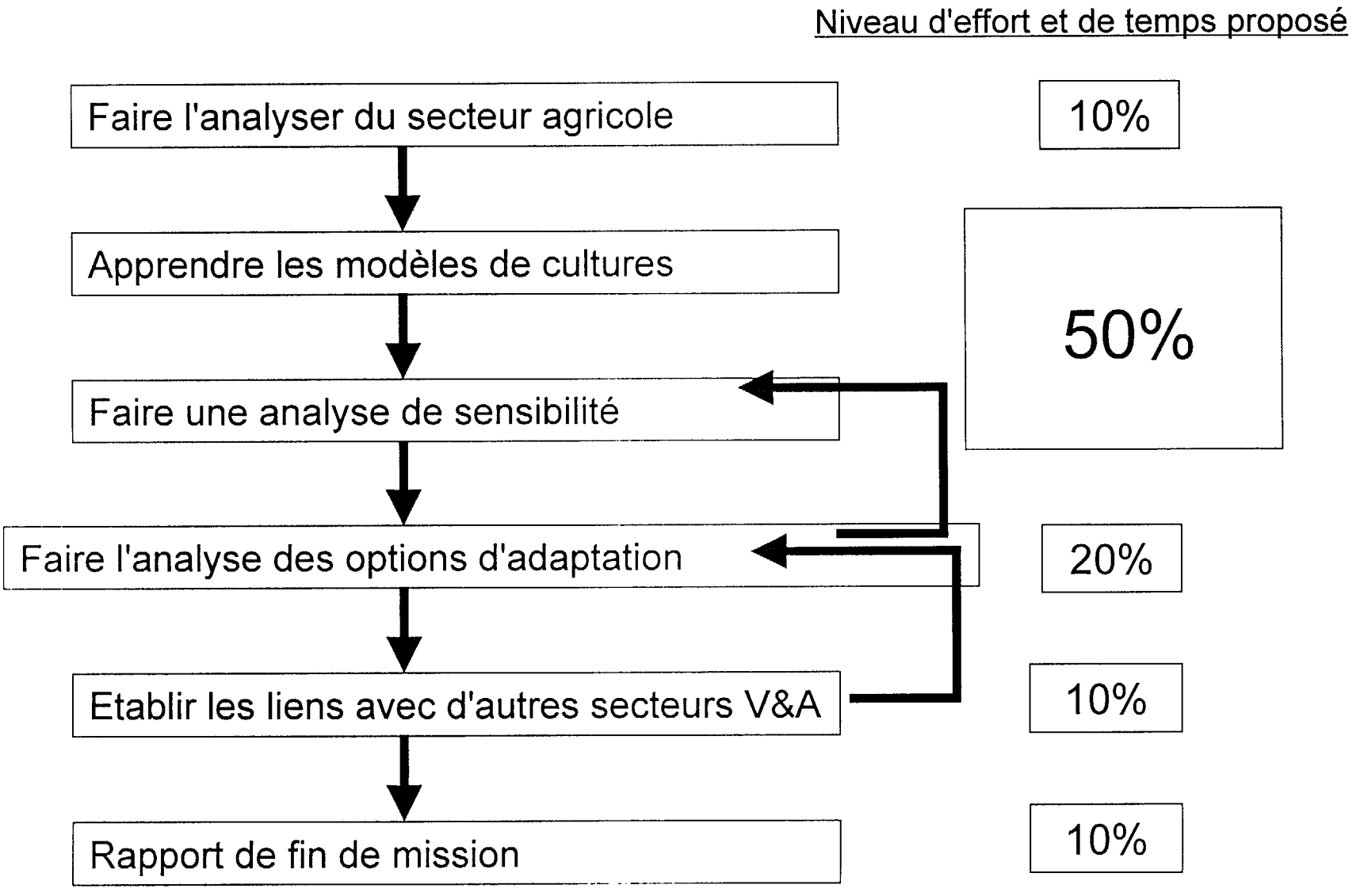
Anciennes méthodologies de vulnérabilité et d'adaptation

	Effort et temps nécessaire
Faire l'analyse du secteur agricole	5%
Apprendre les modèles de cultures	80%
Faire une analyse de sensibilité	
Faire l'analyse des options d'adaptation	5%
Etablir les liens avec d'autres secteurs V&A	2%
Rapport de fin de mission	8%

L'expérience a montré "qu'en toutes choses il faut considérer la fin"

- Identifier des actions d'adaptation potentielles qui sont réalisables
- Rassembler les données nécessaires
  - Données sociales et économiques pour l'évaluation de l'adaptation
  - Données scientifiques pour l'évaluation de la vulnérabilité
- Analyser les niveaux de vulnérabilité actuels et futurs en tenant compte des actions d'adaptation possibles
  - Secteurs de la société et de l'économie
  - Aires géographiques
- Analyser des mesures d'adaptation efficaces

Méthodologies proposées de vulnérabilité et d'adaptation



Adaptation aux effets du changement de climat

Exemples en agriculture

- Réactions automatiques (les hommes ont peu ou pas de contrôle)
  - Ouverture ou fermeture des stomates
  - Effets de CO^2 sur les plantes
- Ajustements routiniers (contrôlés par les intéressés locaux)
  - L'agriculteur change la date de semis
  - L'agriculteur change la stratégie d'irrigation existante
- Ajustements tactiques (contrôlés par les intéressés locaux)
  - L'agriculteur change la culture
  - L'agriculteur ajoute le système d'irrigation
- Options stratégiques (contrôlées par le gouvernement)
  - Le gouvernement augmente l'aide aux agriculteurs

L'adaptation ne doit pas rendre les choses pires

Eviter la "maladaptation"

- Définition: la maladaptation a trait à des actions qui augmentent la vulnérabilité au changement de climat
- Exemples
  - Des agriculteurs qui ajoutent de l'irrigation de sorte que d'autres usagers de l'eau sont plus à risque
  - Le gouvernement qui laisse les marécages ou les plaines inondées se développer

L'adaptation exige la coordination

- Intéressés et responsables politiques
  - Fixent des objectifs globaux
  - Classent les objectifs par ordre de priorité
  - Evaluent les coûts et bénéfices des réponses
  - Font des ajustements sociaux et institutionnels
- Scientifiques et chercheurs
  - Désignent les zones et secteurs vulnérables
  - Peuvent aider à évaluer les options d'adaptation potentielles

Exemples de mesures d'adaptation

- Mesures d'adaptation au niveau de l'exploitation
  - Changer le choix des cultures
  - Changer les techniques de gestion
  - Changer les intrants
- Mesures d'adaptation au niveau du village ou de la communauté
  - Production de subsistance
  - Activité monétaire
  - Rapatriement de fonds et dons
- Mesures d'adaptation au niveau national
  - Formation et éducation générale améliorés
  - Recherche agricole
  - Programmes alimentaires et autres programmes de sécurité sociale
  - Appui à l'infrastructure
  - Suppression des subventions

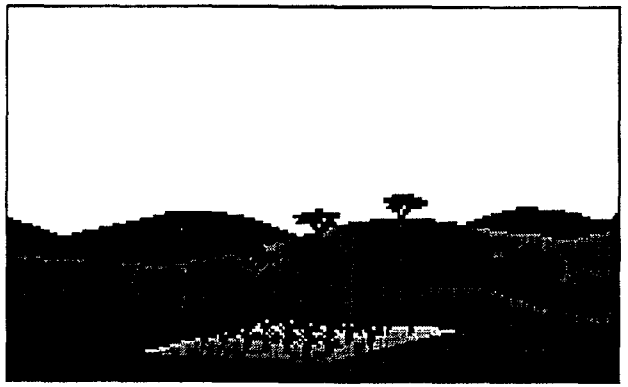
Section 2

Introduction à la modélisation des cultures pour le changement de climat

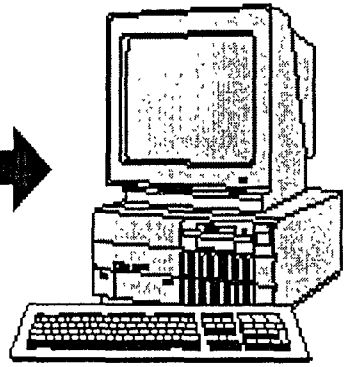
Outils pour les études V&A en agriculture

- Modèles au niveau de l'exploitation
  - Simulation de la production à l'échelle du champ
  - Exemples - Modèles de cultures DSSAT, modèles de cultures APSIM, CropWat
- Modèles au niveau macro-économique
  - Simulation de la réaction du secteur agricole à la politique, aux prix et aux exportations
  - Exemples - modèles de secteurs spécifiques aux pays, modèle BLS (enquête de départ)

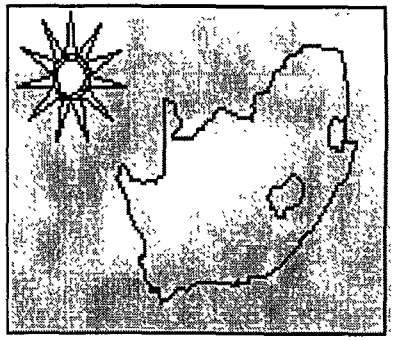
Vulnerability and Adaptation Methodology



Field Studies
and Experiments

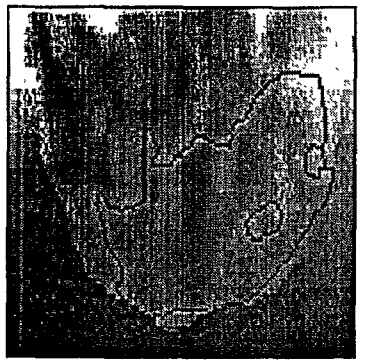


Computer
Models/Programs



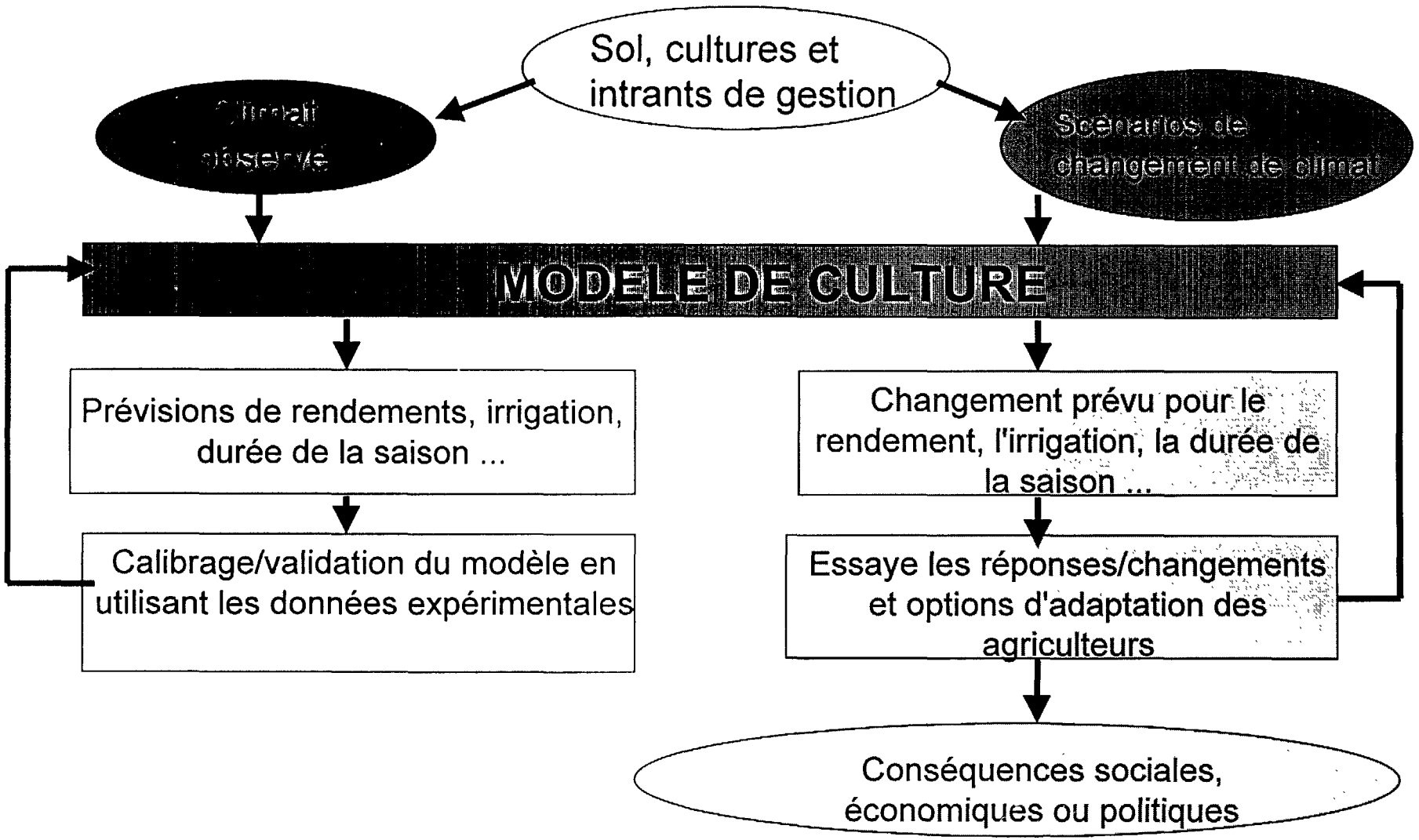
GCMs
Climate Data

Potential
Adaptation
Responses



Potential
Climate Effects
on the Sector

Diagramme fonctionnel du modèle des cultures



Information sur les modèles de cultures DSSAT

- Page IBSNAT/ICASA sur l'internet à l'adresse www.icasanet.org
- Joignez le serveur des listes de modèles DSSAT pour poser des questions par E-mail. Partez de la page sur le web
- Posez-moi des questions par E-mail à kikerg@nu.ac.za

Choix des cultures pour l'analyse

- Identifiez les principales cultures de votre pays
  - Pour la production commerciale et la subsistance
- Identifiez les grandes régions agricoles
  - Les régions importantes pour la sécurité alimentaire
  - Les zones visées pour le développement ou la durabilité

Etapes et procédures

- Méthodologie pour l'agriculture
  - Identifier les principales cultures, régions et systèmes agricoles
  - Analyse préliminaire de la vulnérabilité actuelle et des options d'adaptation aux conditions adverses actuelles
  - Modélisation de la sensibilité au changement de climat

Comment fonctionne le système de modélisation des cultures DSSAT

- DSSAT (sigle anglais pour système d'appui aux décisions pour le transfert de la technologie agricole) est un système à menus qui contient plusieurs modèles de cultures allant du maïs au soja en passant par l'arachide, le riz et la canne à sucre.

- Les divers modèles de cultures sont simulés par le moyen de la "coquille" DSSAT

La "coquille" DSSAT

Système d'appui aux décisions pour le transfert de la technologie agricole

DATA	MODELES	ANALYSES	OUTILS	AGENCEMENT/ ABANDON
B Background	C Cereals	S Seasonal	E Editor	D Data
X Experiment	L Legumes	Q Sequence	S Sp. Sheet	M Models
W Weather	R Roots		D Disk Mngr	A Analyses
S Soil	O Other		O Op. system	T Tools
G Genotype				L List
P Pest				S Save
E Economics				Q Quit

Procéder en suivant les menus

ESC

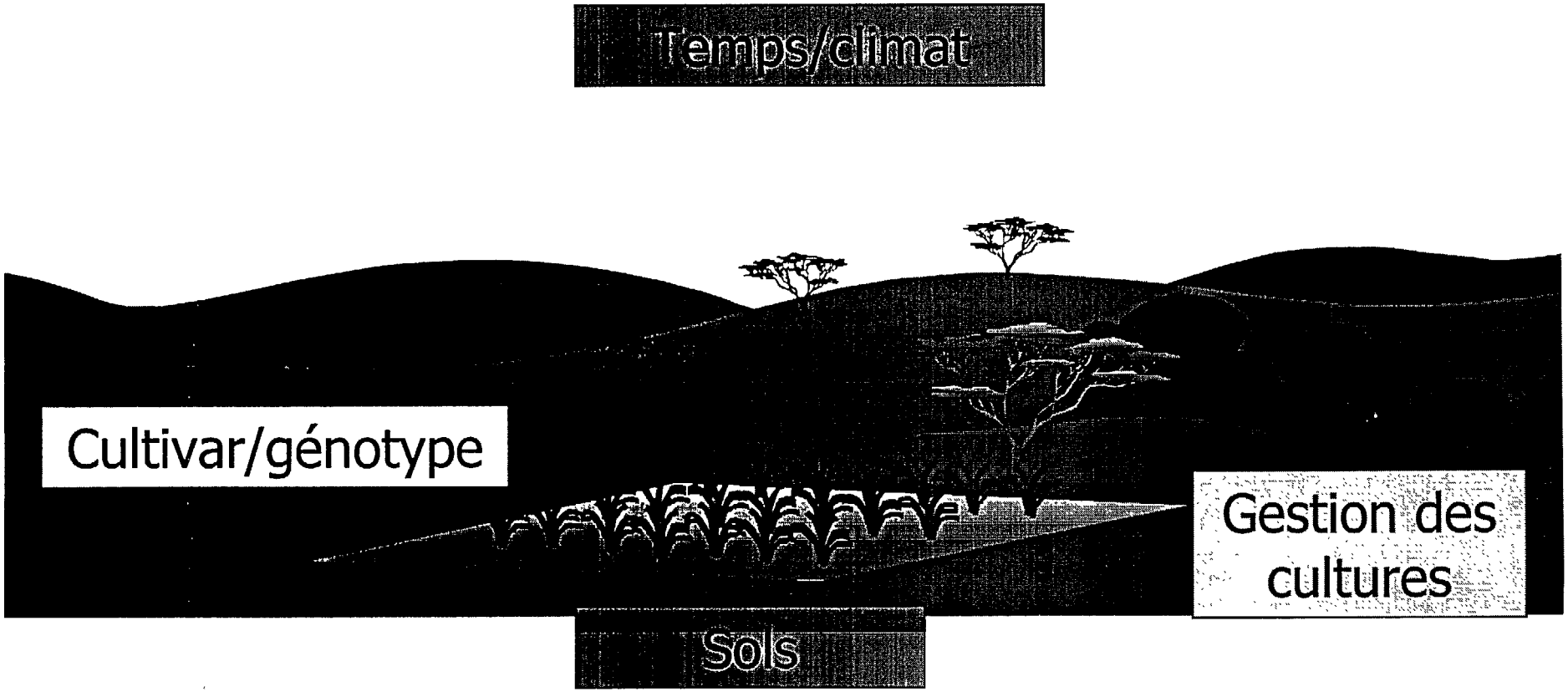
Version: 3.0

BEST AVAILABLE COPY

La coquille DSSAT contient beaucoup de programmes utiles

- Les programmes aident l'utilisateur à créer et manipuler aisément les fichiers d'entrée et de sortie
- Programmes liés à la météo
- Programmes liés aux sols
- Programmes de modèles de cultures
- Programmes graphiques pour présenter les résultats
- Programmes pour les statistiques

Modèle de cultures DSSAT
Données nécessaires



Données nécessaires pour le modèle de culture

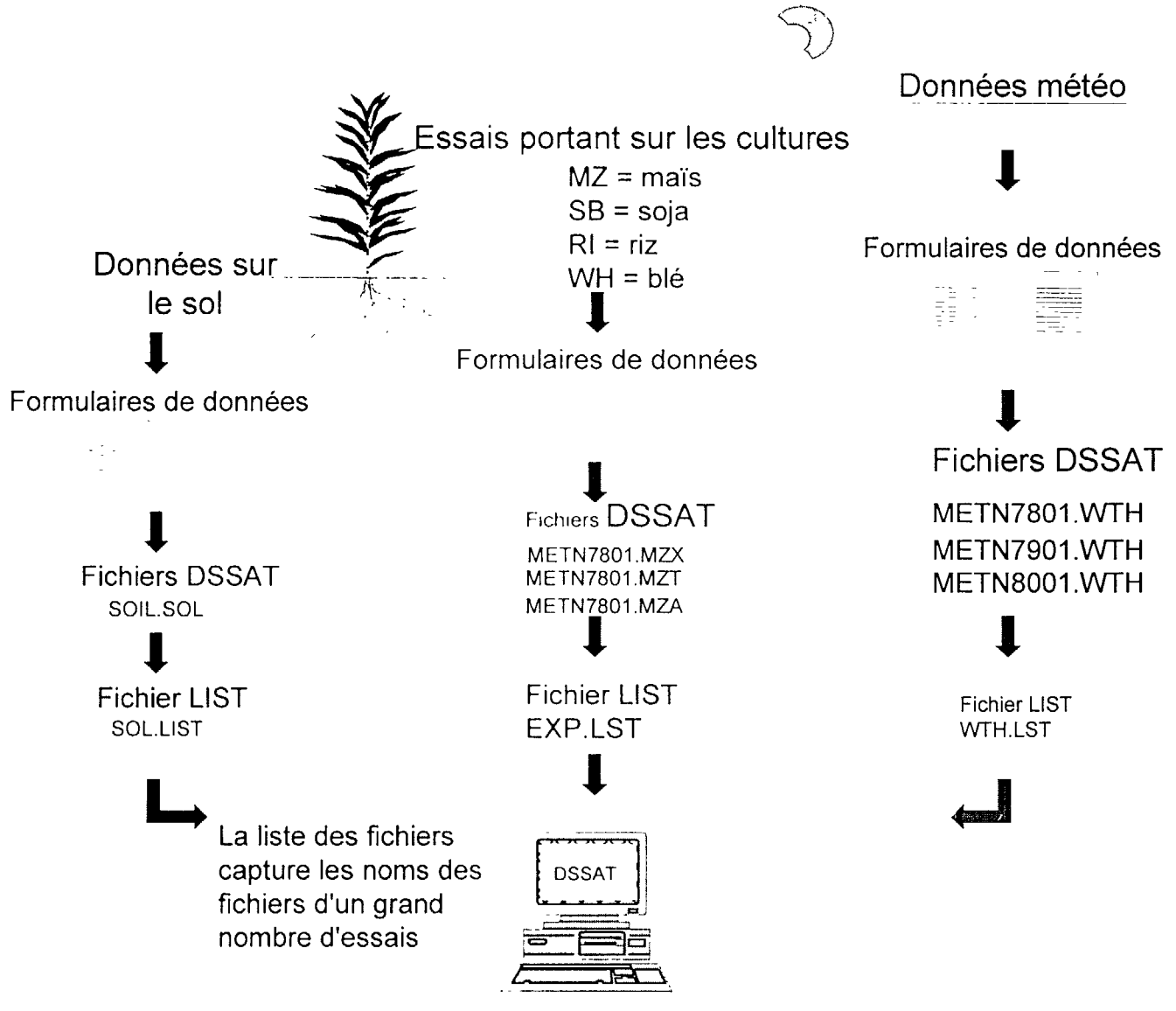
- Données climatiques quotidiennes
  - Température minimale et maximale
  - Radiation solaire ou heures d'ensoleillement
  - Précipitations
- Données sur les sols
  - Profondeur de la couche
  - Capacité de rétention, point de flétrissement, porosité
  - Conditions initiales
    - Teneur en eau du sol
    - Teneur en azote (facultatif)

Données nécessaires pour le modèle de culture

- Données de gestion
  - Date de semis
  - Ecartements/ densité de culture
  - Irrigation ?
  - Engrais ?
- Information sur les cultivars
  - Estimations de jours-degrés de croissance pour les phases de la culture
  - Information sur l'accumulation des grains/fruits
  - Peut être estimée à partir d'une grande collection de cultivars dans les fichiers d'entrée

Fichiers d'entrée pour le système DSSAT

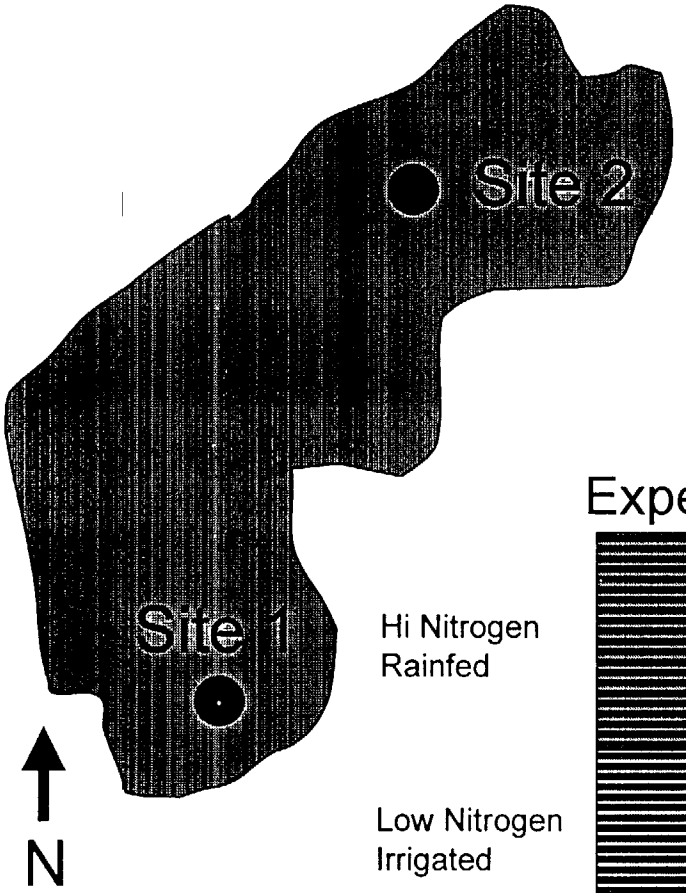
Exemple tiré des données de Memphis, Tennessee



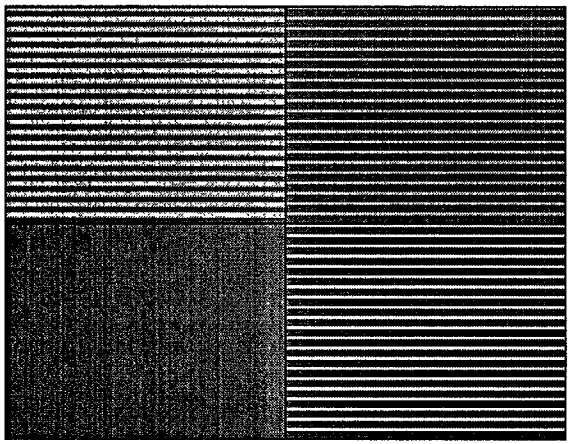
Modèles de culture DSSAT: "La vision du monde"

- Les zones de culture sont divisées en "zones d'expérimentation"
  - Les zones ou les sites géographiques sont généralement différents
  - La zone est plus étendue que le champ
- Les "zones d'expérimentation" sont divisées en "traitements"
  - Les pratiques de culture sont généralement différentes
  - La zone est à l'échelle du champ
  - Les traitements peuvent être modifiés au sein du modèle de culture

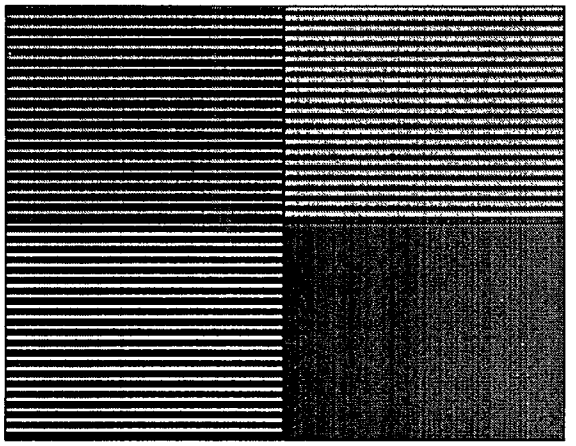
Modèles de cultures DSSAT
Expériences et traitements



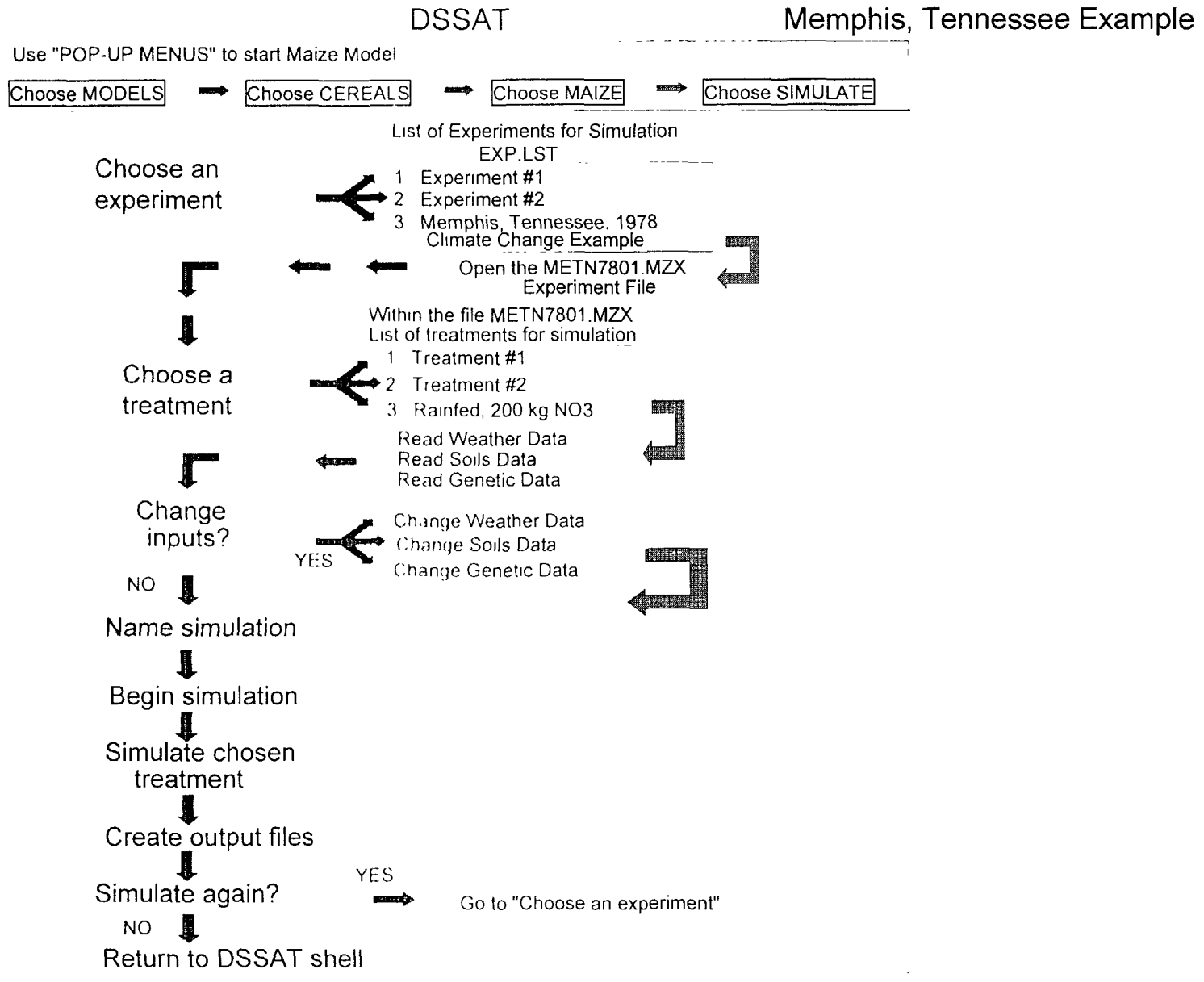
Experiment 2: Treatments 1,2,3,4



Experiment 1: Treatments 1,2,3,4



Simulation du maïs pour une seule année



Programmes DSSAT pour les cultures Entrée et sortie

Outils DSSAT pour les données météorologiques

Système d'appui aux décisions pour le transfert de la technologie agricole

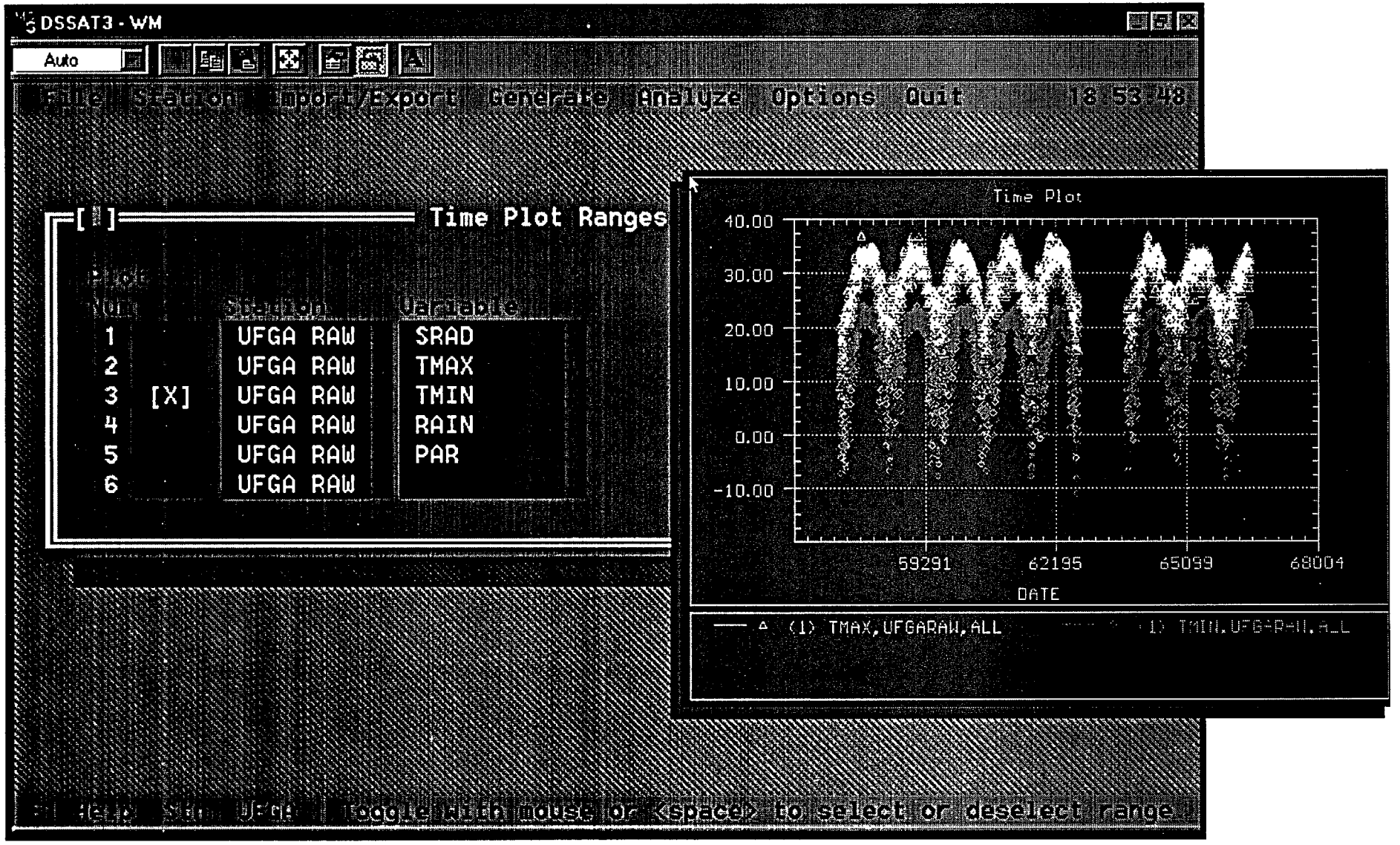
DONNÉES	MODELES	ANALYSES	OUTILS	AGENCEMENT/ SORTIE
B Background X Experiment W Météo S Soil G Genotype P Pest E Economics	L List/Edit U Utilities	WeatherMan		

Procéder en suivant les menus

ESC

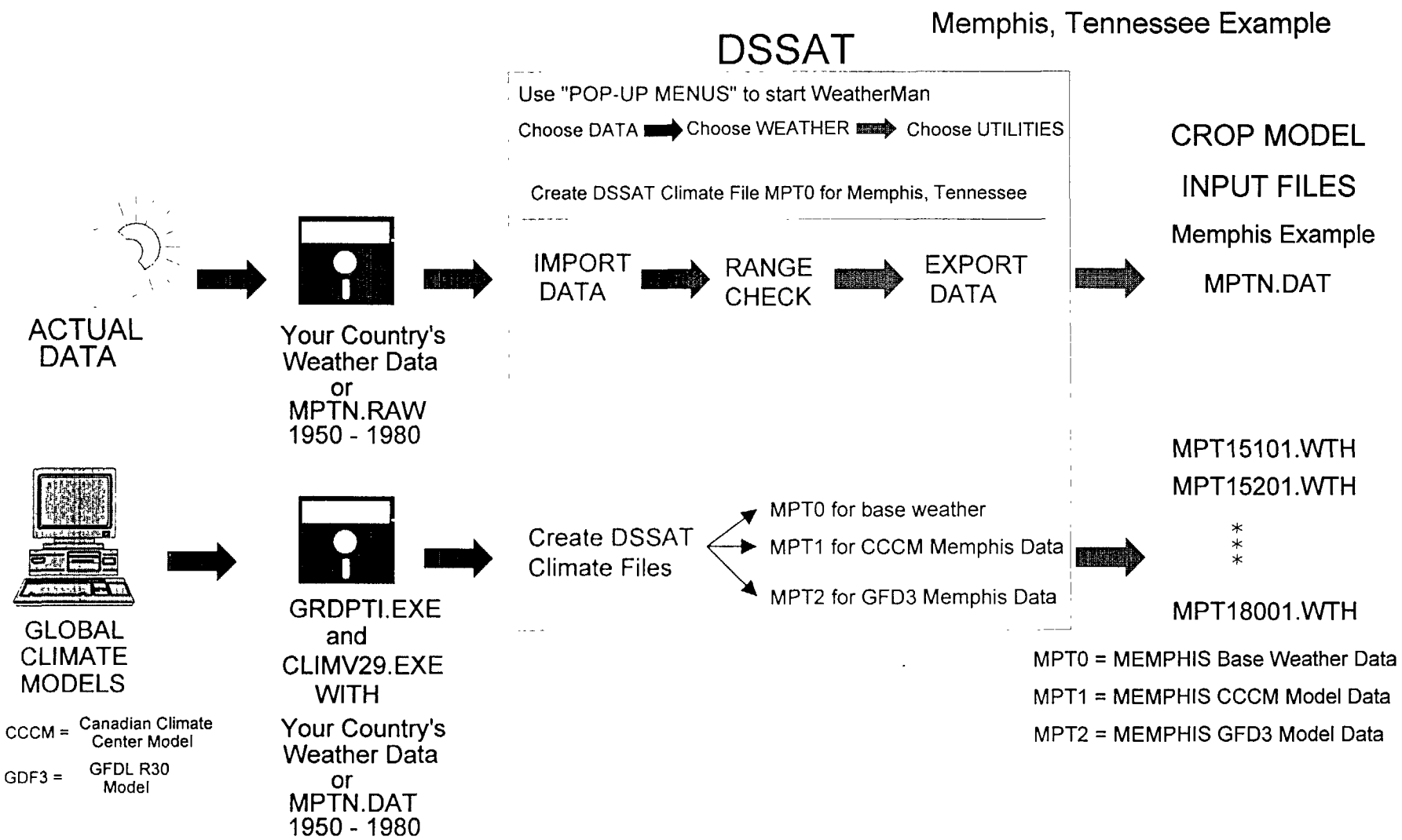
Version: 3.0

Programme du météorologiste



BEST AVAILABLE COPY

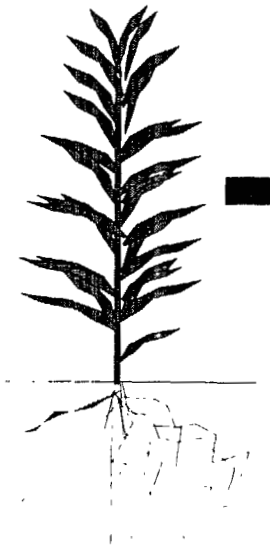
Création d'un fichier d'entrées météorologiques pour DSSAT



Choix des données de sol et de cultivars dans le DSSAT

DSSAT

Memphis, Tennessee Example



Use "POP-UP MENUS" to start the genetic database

Choose DATA → Choose GENOTYPE → Choose LIST/EDIT

Maize cultivar information is stored in the file MZCER950.CUL

Choose one of the default cultivars

→ CHOOSE CULTIVARS → MAKE LIST FILE GENOTYPE.LST FOR USE IN CROP MODELS

Use "POP-UP MENUS" to start the soil database

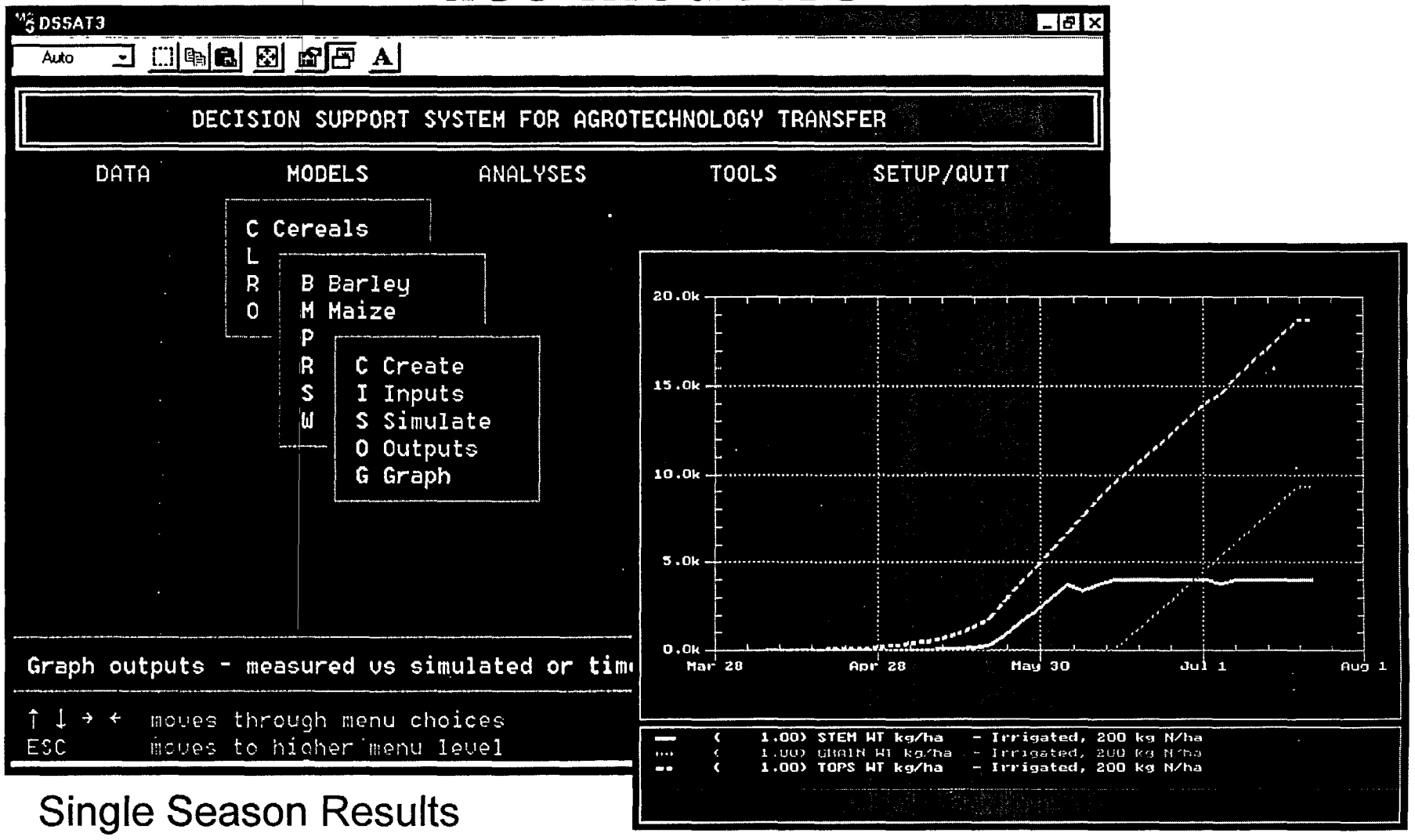
Choose DATA → Choose SOIL → Choose LIST/EDIT

Soil information is stored in the file SOIL.SOL

Choose one of twelve default soils

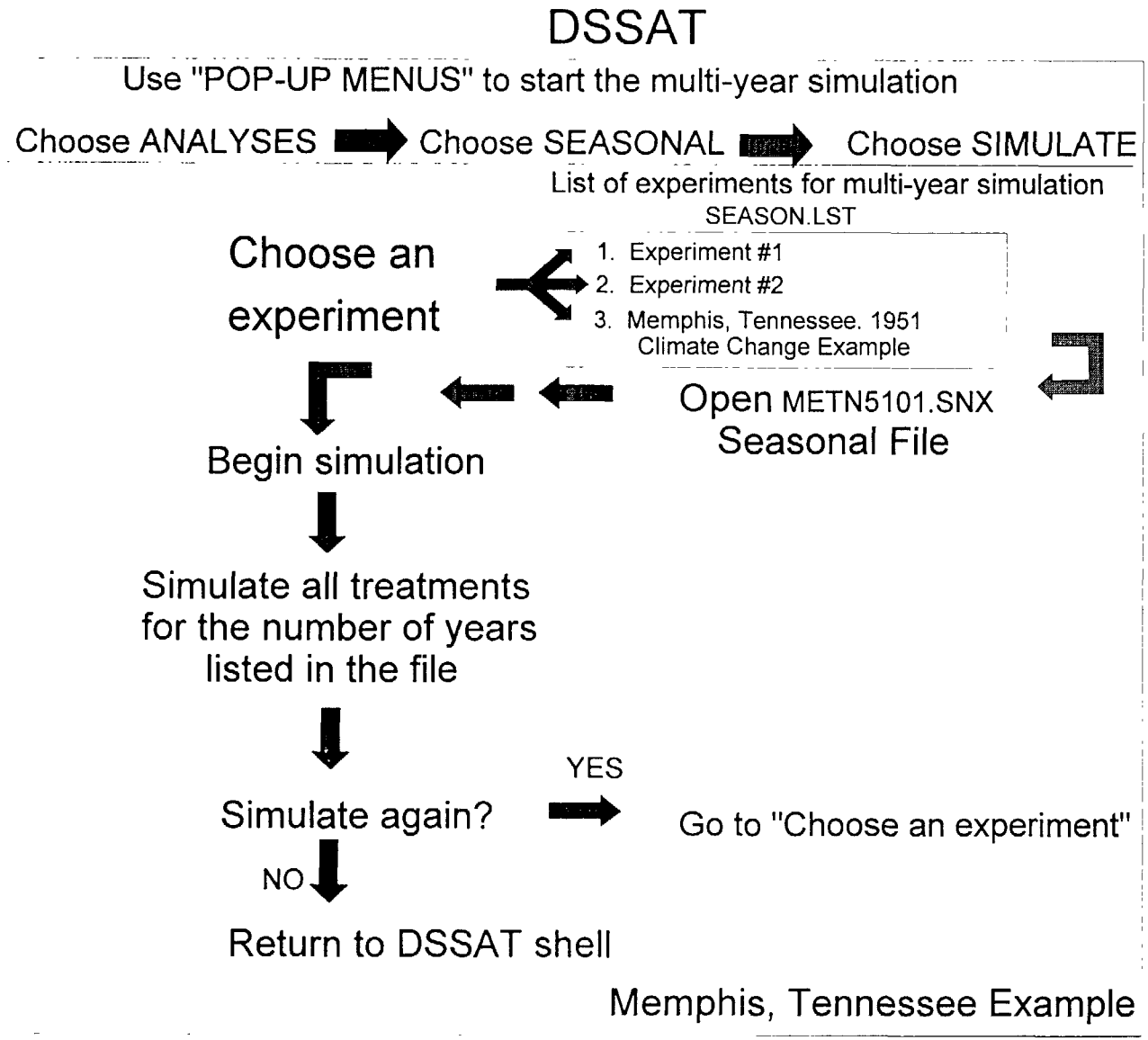
→ CHOOSE SOILS → MAKE LIST FILE SOL.LST FOR USE IN CROP MODELS

DSSAT - Les programmes de sortie aident à interpréter les résultats des modèles

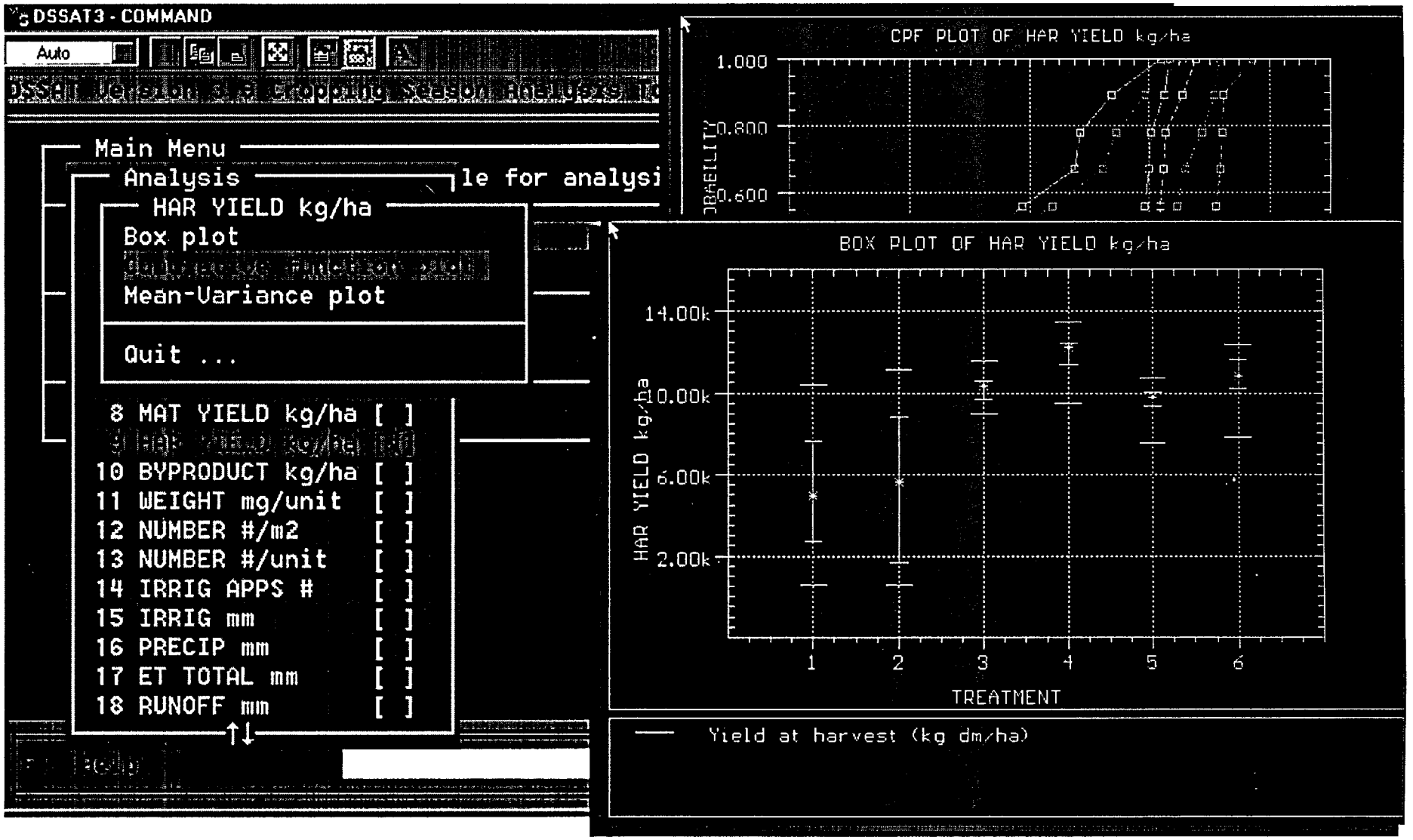


Single Season Results

Simulation du maïs en simulation pluriannuelle



DSSAT - Les programmes de sortie aident à interpréter les résultats de saisons multiples



Section 3

Lier les résultats de la V&A pour les intégrer dans les plans nationaux d'action

Présentation des résultats de V&A

- Sensibilité des cultures et des zones aux effets du changement de climat
- Vulnérabilité de certaines populations et secteurs de l'économie agricole
- Mesures d'adaptation potentielles et estimation de leur coût et de leur efficacité

Présentation des résultats de V&A

- Utilisez toute mesure qui a une signification aux yeux de votre auditoire
  - L'argent - gains/pertes de revenu prévus
  - Les populations affectées - migration vers les zones urbaines, nutrition et santé
  - Changement dans l'utilisation des terres - zones en culture affectées à la production animale

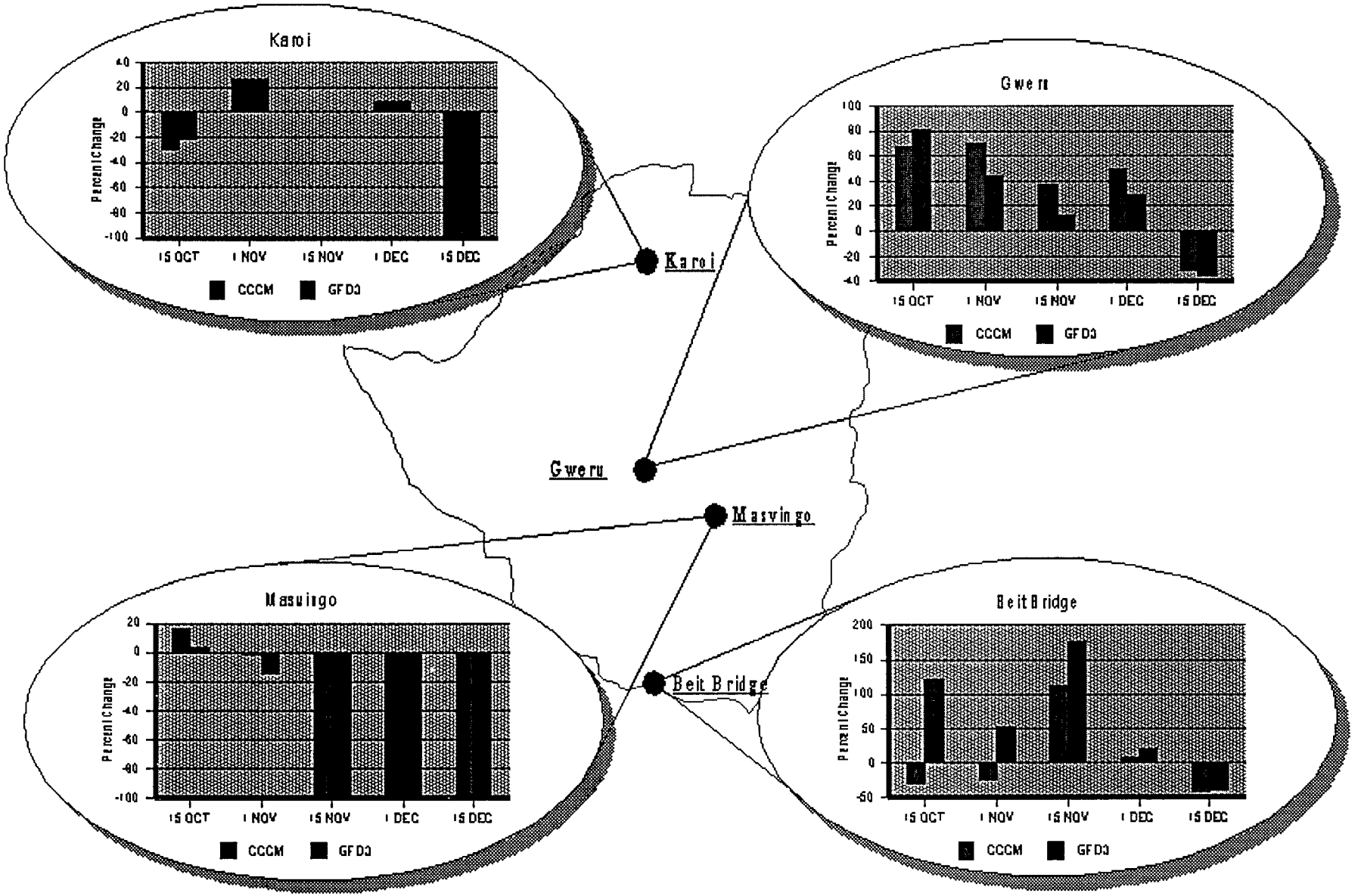
Evaluation V&A en agriculture

Stratégies pour le Zimbabwe et la Gambie

- Zimbabwe
  - Production de maïs seulement
  - Culture pluviale et irriguée
  - Cinq dates de semis
  - Scénarios de modèle GCM - CCCM et GFDL
- La Gambie
  - Production d'arachide, de mil et de maïs
  - En culture pluviale seulement
  - Pratiques agricoles recommandées par le gouvernement
  - Scénarios de modèle GCM - CCCM, GFDL et GISS

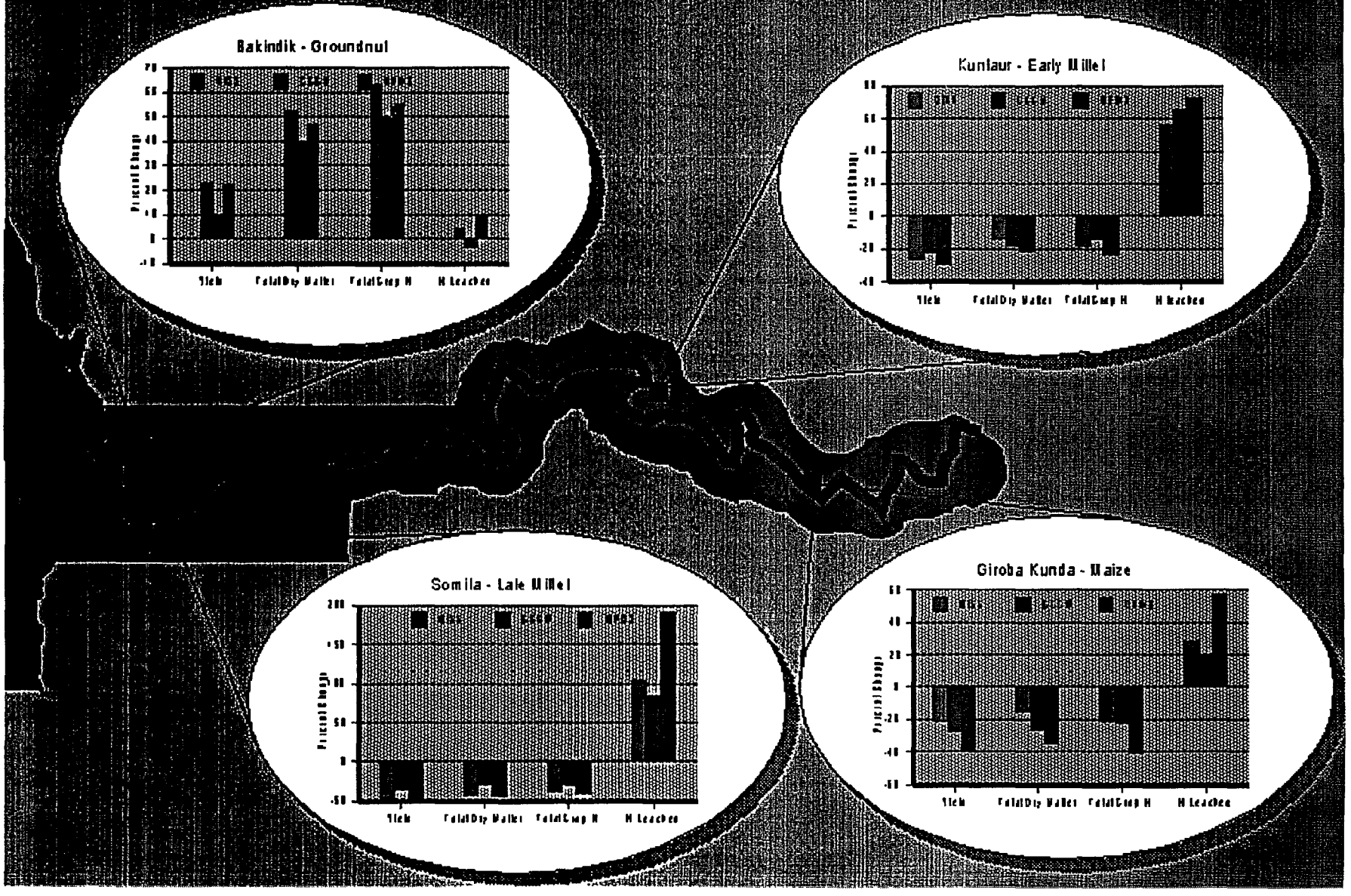
Crop Model Results for Zimbabwe

Rainfed Maize Yield for 5 Planting Dates



Crop Model Results for The Gambia

Yield, Total Dry Matter, Total Crop N and Total N Leached

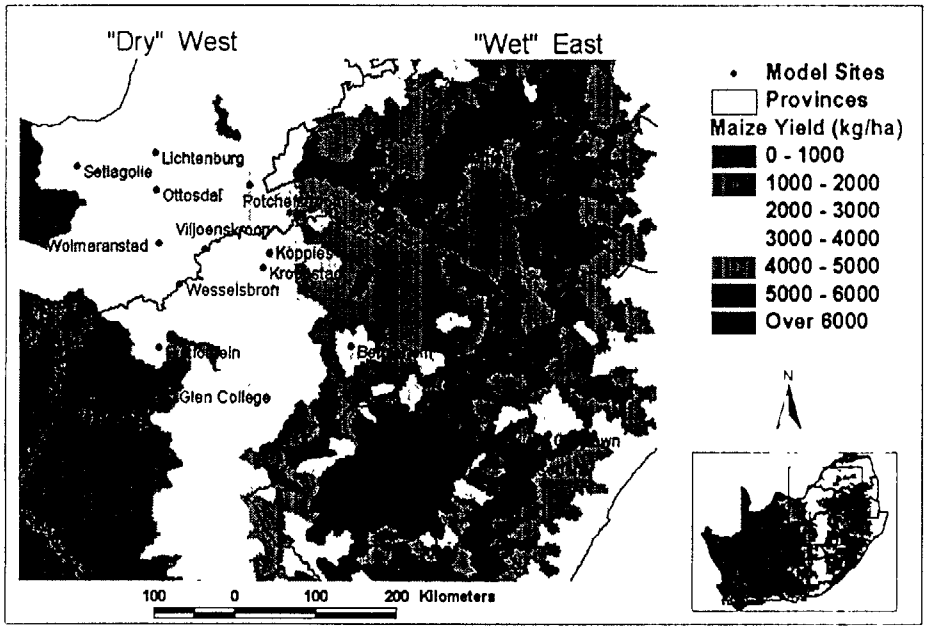


Evaluation V&A en agriculture

Stratégies pour l'Afrique du Sud

- Afrique du Sud
  - Production principale de maïs avec quelques cultures spécialisées
  - Le maïs a été modelé avec CERES-maïs en DSSAT
  - Les autres cultures ont été modelées avec des modèles locaux convenant à chaque culture
  - Production pluviale et irriguée dans 19 sites individuels
  - Liée à une base de données géographique (GIS) pour les zones de culture à l'échelle nationale
  - Scénarios de modèle GCM - Hadley (avec et sans sulfates), CSM et GENESIS

Exemples tirés de l'étude de pays d'Afrique du Sud: Simulations basées sur un GIS



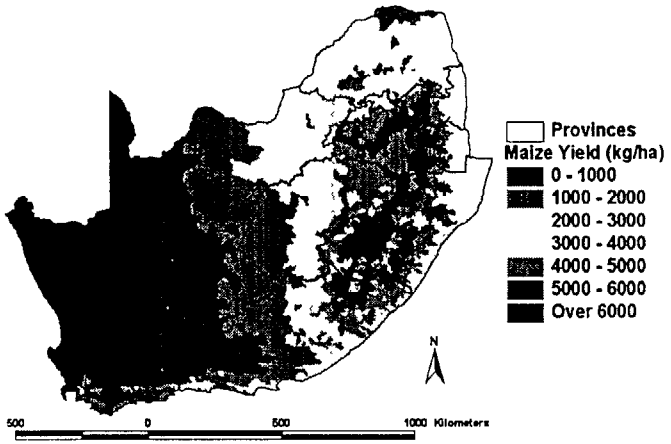
Site: Bethlehem

Simulated yields (kg ha^{-1}) at different planting dates and weather scenarios

Planting date	Weather	Mean	St. dev	25th Percentile
18 October	**Normal**	**5416**	**3174**	**2146**
18 October	-CSM	5210	2475	3335
18 October	-GEN	5004	2412	4014
18 October	-H2n	3377	2237	1329
18 October	-H2s	4182	2795	1525
5 November	**Normal**	**5796**	**3235**	**2623**
5 November	-CSM	5835	2584	3816
5 November	-GEN	5905	2306	4110
5 November	-H2n	4161	2279	2891
5 November	-H2s	5334	3002	2826

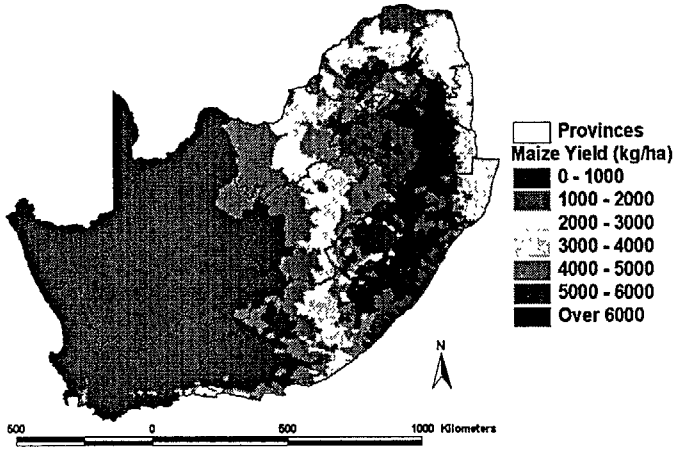
Exemples tirés de l'étude de pays d'Afrique du Sud: Simulations basées sur un GIS

Gestion type ouest (sec)



Climate: Normal
Management: Western (dry)

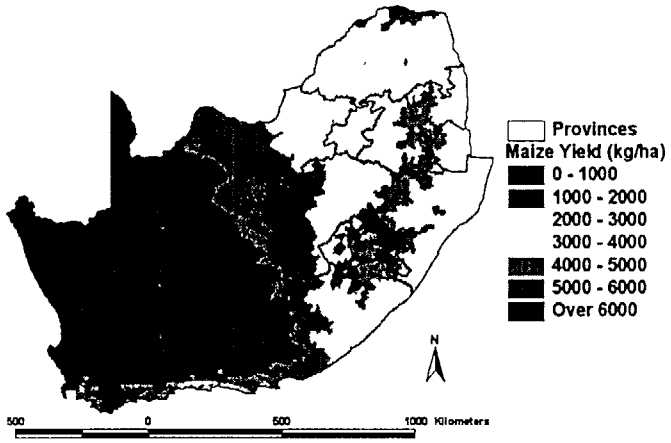
Gestion type est (humide)



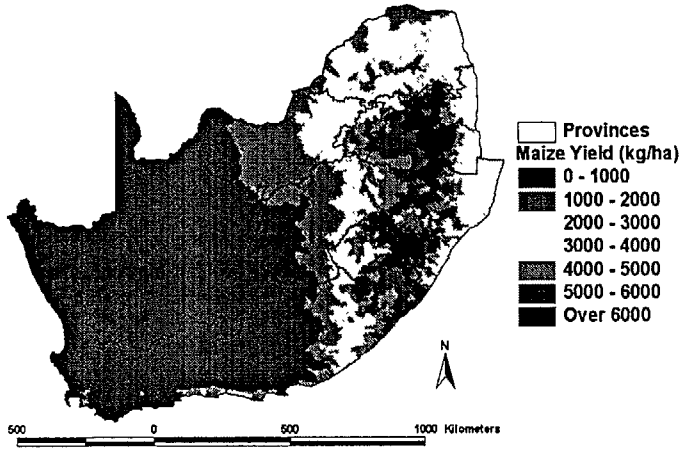
Climate: Normal
Management: Eastern (wet)

Climat normal

Scénario H2n



Climate: H2N Scenario
Management: Western (dry)

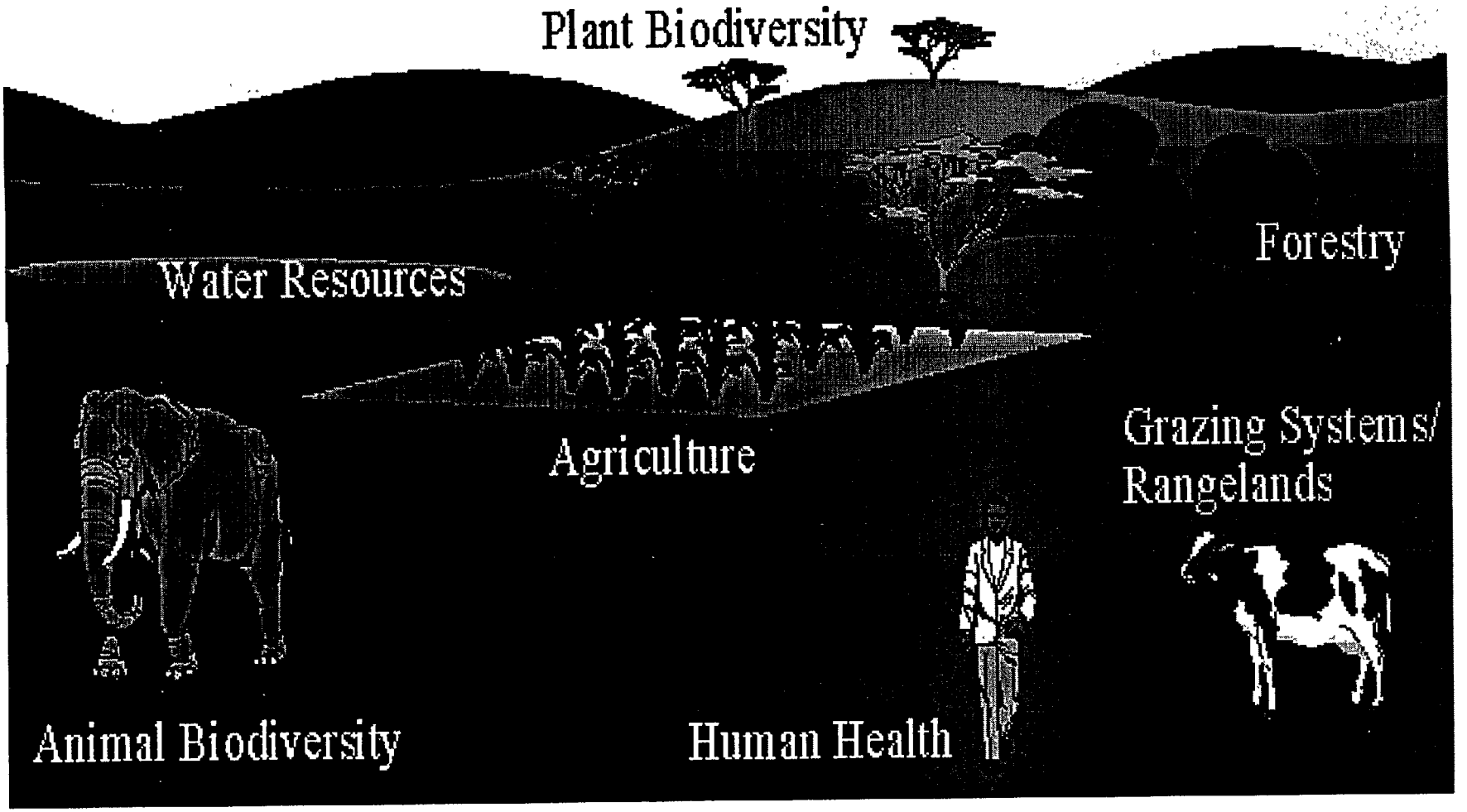


Climate: H2N Scenario
Management: Eastern (wet)

Intégration des secteurs V&A

- Chaque secteur V&A aura des résultats montrant la sensibilité, la vulnérabilité et les réponses d'adaptation potentielles
- Cherchez des sujets transversaux pour combiner les résultats d'un secteur avec un autre
  - Exemple: agriculture et demande pour l'irrigation
  - Les sections agriculture et ressources en eau doivent travailler ensemble
  - Autres exemples de votre propre pays?

Secteurs V&A sud-africains



Travailler en équipe est indispensable pour les études V&A

- Les secteurs doivent communiquer et échanger les résultats pendant toute l'étude
- Partager les résultats et les expériences
- Les résultats du modèle doivent être présentés sous un format qui convient à la politique et recouper tous les secteurs
- La participation des parties intéressées peut aider à présenter les résultats et préparer la politique

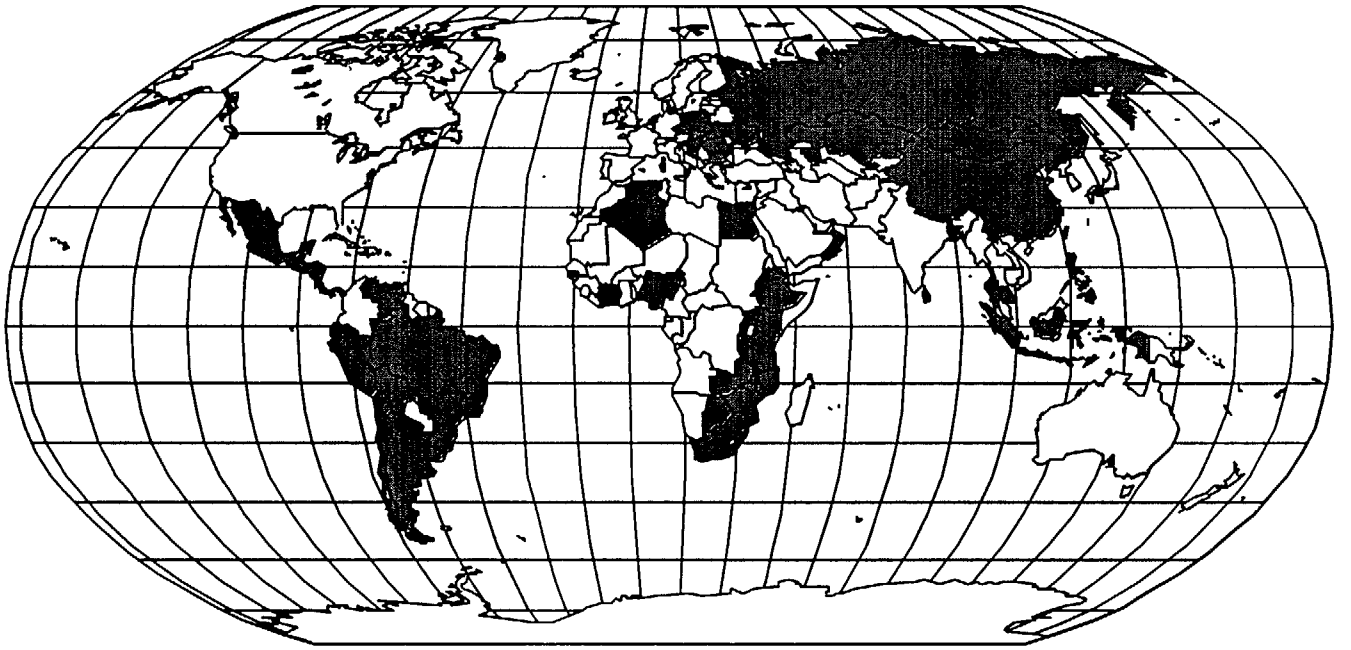
SANDRA GUILL

US Country Studies Program

132

U.S. Country Studies Program:

Support for Climate Change Studies, National Plans, and Technology Assessments



Technical Support ⟷ *Cooperative Agreements*

Supporting the Principles and Objectives of the Framework Convention on Climate Change 07/29/99

n findsen/csp/bob/cspbrief

132

U.S. Country Studies Program Objectives

- Enhance capabilities to inventory emissions, assess vulnerability, and evaluate response options (mitigation and adaptation)
- Help establish a process for developing and implementing national plans, policies, and measures
- Develop information to further national and international discussions
- Support principles & objectives of the Framework Convention on Climate Change

Study Results - Highlights

- 49 countries have completed their studies and submitted final reports, including all 10 EIT countries
- 14 countries receiving support have presented National Communications to the UNFCCC
- US CSP has trained 15 visiting analysts
- 350+ publications and journal articles published under US CSP including:
  - 10 guidance documents
  - 60+ workshop & conference proceedings
  - 160+ major country reports
  - 16 special journal editions

Greenhouse Gas Emission Inventories

- The U.S. CSP has provided financial and technical support to 43 developing countries and countries with economies in transition to assist them in preparing greenhouse gas (GHG) emission inventories. 41 countries have submitted final GHG emission inventories.
- The methodological underpinning of the Program's inventory efforts has been the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Guidelines (UNEP et al., 1995.

Greenhouse Gas Emission Inventories (cont'd.)

- A wide range of technical support services has been provided to countries preparing GHG inventories. Specifically, the Program has:
  - provided training and advice in the preparation of GHG inventories
  - reviewed interim products
  - organized and conducted regional workshops to share results and discuss issues or problems of particular significance
  - assisted in preparing materials for reporting the results of countries' inventory efforts

Analytic Results

- In general, the greatest emissions reported in national inventories have been in those countries that are highly industrialized and highly populated.
- The countries in each region reporting the greatest fossil energy CO_2 emissions (South Africa, China, Russia, and Mexico) also had the highest gross domestic product (GDP) and, except for South Africa, the highest population.
- The fossil energy CO_2 emissions in these countries ranged from approximately 310,000 gigagrams of CO_2 (6.27 gigagrams/capita) in Mexico to approximately 2,318,000 gigagrams of CO_2 (1.27 gigagrams/capita) in China.
- However, the inventory results also paint a picture of the variability in emission sources and magnitudes across countries and the factors that drive this heterogeneity.

158

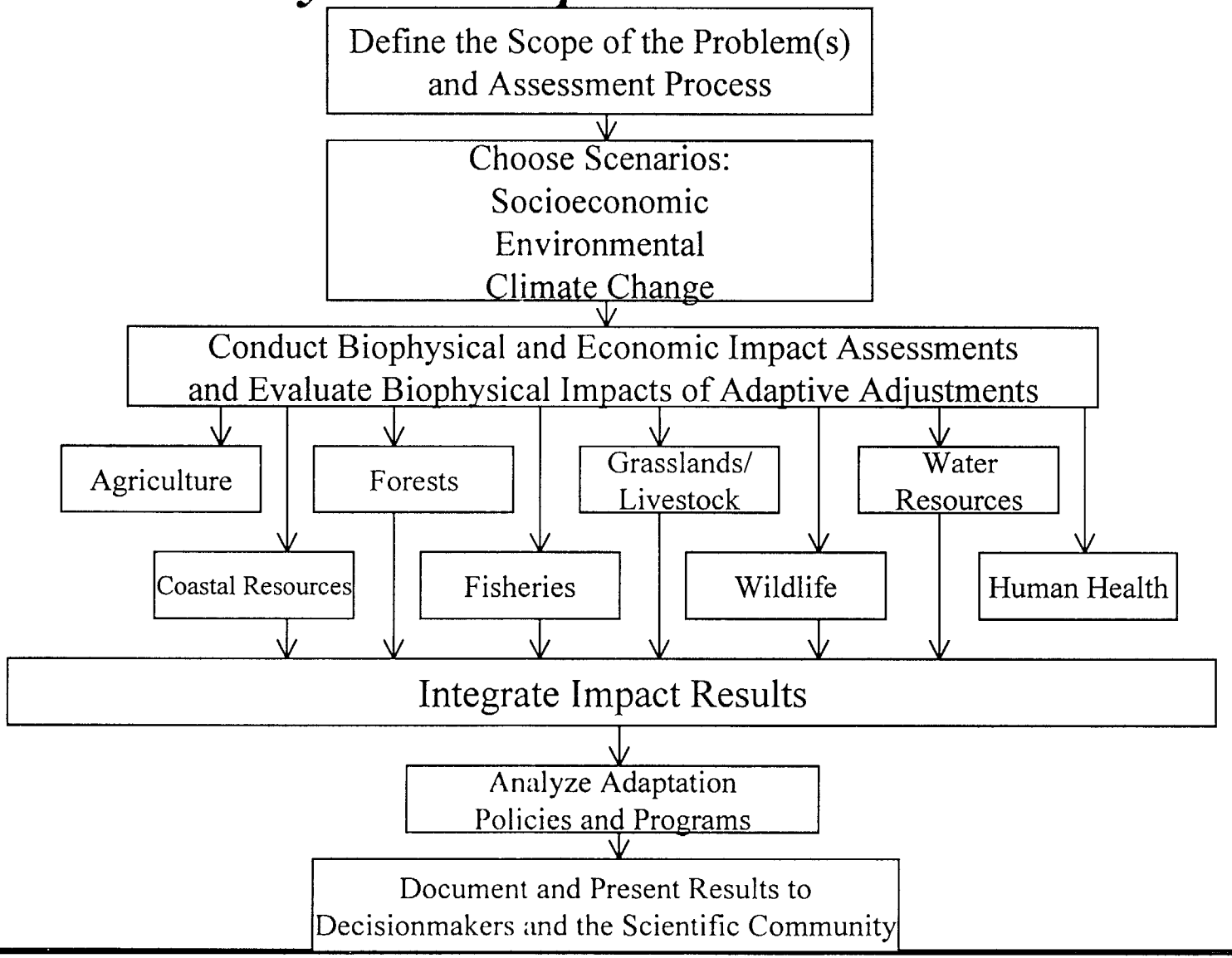
Analytic Results (cont'd.)

- At the national level, the relative proportion of GHG's often differs dramatically from the global average. Carbon dioxide is most important in the more industrialized countries of Africa, Asia, and Latin America, and in the transition countries because they are relatively energy intensive and rely principally on fossil fuels. Carbon dioxide is most important in several other countries of Africa, Asia, and Latin America because of relatively high CO_2emissions from land use change and forestry.
- Methane is most important in the countries in which agriculture is the predominant source category (I.e., almost half of the countries in Africa, and Bangladesh).
- National inventories indicate that per capita energy consumption and per capita fossil fuel CO_2 emissions in transition countries were comparable to, or even higher than, values in the U.S., the U.K. and Japan.

Vulnerability and Adaptation

- 49 countries participating in the Program were trained in how to develop climate change scenarios and future baseline socioeconomic scenarios.
- Countries were also trained in how to assess sector specific vulnerabilities for between one and eight sectors (**agriculture, coastal resources, fisheries, forests, grasslands and livestock, human health, water resources, and wildlife**).
- In conducting their assessments, most of the countries followed the general approach recommended by the USCSP in *Vulnerability and Adaptation Assessments: An International Guidebook* (Benioff et al., 1996).

Vulnerability and Adaptation Assessment Process



n: findsen/csp/bob/cspbrief

Mitigation

- 34 countries initiated studies of mitigation options, and 29 have completed their studies at varying levels of detail.
- Nearly all of the countries conducted quantitative analyses of mitigation options in the energy sector, although the scope of these studies varies considerably.
- Options in the electric power sector received the most attention. Options in industry and buildings were also considered by many countries, whereas the transportation sector was studied the least.
- Among the non-energy sectors, approximately two-thirds of the countries conducted assessment of mitigation options in the forestry sector. Somewhat fewer than half analyzed opportunities in agriculture (including rangelands), and only a few countries considered the waste management sector.
- Only a few countries conducted quantitative (top-down) analysis of the macroeconomic impacts of GHG mitigation strategies.
- Although countries considered a wide range of mitigation technology options within their assessments, most focused their analysis on a narrower spectrum of options.

Mitigation (cont'd.)

- In the energy sector, alternatives for electricity were a major focus of most countries. The main emphasis was on options for centralized supply, but small-scale renewable electricity generation technologies were considered by some developing countries. Energy efficiency options in industry and buildings, such as more efficient motors, boilers, and household appliances, were found to be attractive by many of the countries.
- In the forestry sector, reducing the rate of deforestation is a key issue in many developing countries. In addition to forest protection and conservation, most of the countries also considered the potential for afforestation. In the agricultural sector, the type of options considered mainly concerned reducing methane emissions from livestock and, in several Asian countries, from rice fields

Future Work

- *Broader assessment of alternative mitigation options*. Most of the countries examined only a subset of the potential number of GHG mitigation options. A wider array of options should be examined more closely.
- *Improved data on technology performance and costs*. More accurate data for actual national conditions would make the results much more robust, and provide a firmer basis for development of policy strategies.
- *Transportation sector analysis*. Few of the countries conducted a comprehensive analysis of transportation sector mitigation options.
- *Analysis of joint benefits of mitigation options*. Many of the mitigation options identified in the country studies have national benefits with respect to environmental sustainability, energy security and balance of payments, economic development, and goals.

Support for National Action Plans (SNAP)

- Building on countries' prior work, the U.S. Country Studies Program initiated an activity to Support the development of National Action Plans (SNAP).
- The objectives of SNAP are:
  - to assist countries in preparing climate change action plans that may form the basis of their national communications
  - to promote diffusion of mitigation and adaptation technologies

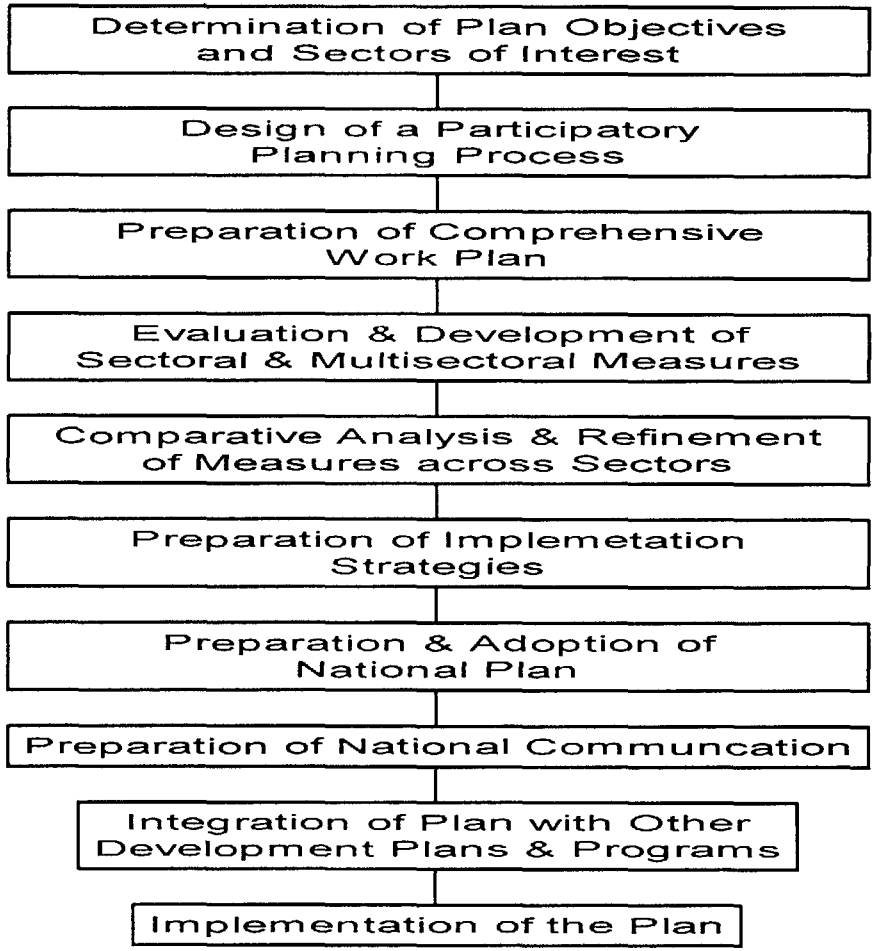
Support for National Action Plans (SNAP)

- Eighteen countries have initiated national action plans:

  Bolivia, **Bulgaria**, China, the **Czech Republic**, Egypt, the Federated States of Micronesia, **Hungary**, Indonesia, **Kazakhstan**, **Mauritius**, **Mexico**, the Philippines, the **Russian Federation**, Tanzania, Thailand, **Ukraine**, **Uruguay**, and **Venezuela**.

*countries in bold have finished their work.

National Action Plan Preparation Process



Contact for Further Information:

U.S. Country Studies Program, PO-6
1000 Independence Avenue, SW
Washington, DC 20585 USA

Phone: 202-586-3288
Fax: 202-586-3485 or 202-586-3486
E-mail: uscsp@ee.doe.gov
Internet: http://www.gcrio.org/CSP/webpage.html

BRIAN HURD
Stratus Consulting

148

Directives et méthodes pour développer les scénarios de changement de climat

Brian Hurd, Stratus Consulting Inc.
P.O.Box 4059, Boulder, Colorado, 80306 USA

Agence des États-Unis pour le développement international Atelier sur la vulnérabilité et l'adaptation au changement de climat

Dakar, Sénégal
25-27 juillet 2000

Stratus Consulting Inc.
Environment and Energy Research

150

Facteurs importants

- Etre conforme aux prédictions acceptées du changement de climat
- Physiquement plausibles
- Les variables doivent être liées aux évaluations de la vulnérabilité et de l'adaptation selon des échelles convenables dans l'espace et dans le temps

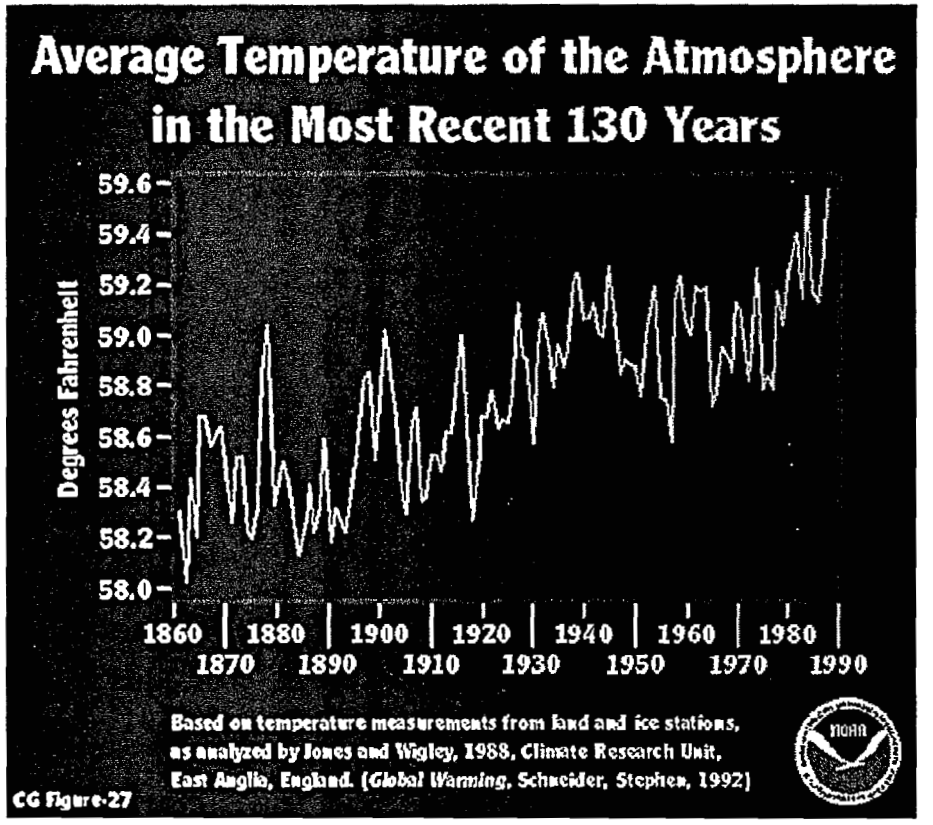
- Couvrir tout l'éventail des changements de climat régionaux potentiels

Stratus Consulting Inc.
Environment and Energy Research

151

Base de départ climatique

- 30 années de données observées sont nécessaires pour caractériser la base de départ climatique
- Une période récente est préférable, par exemple 1961-1990
- Il convient de noter que depuis 1970, les températures ont généralement augmenté



Stratus Consulting Inc.
Climate and Energy Research

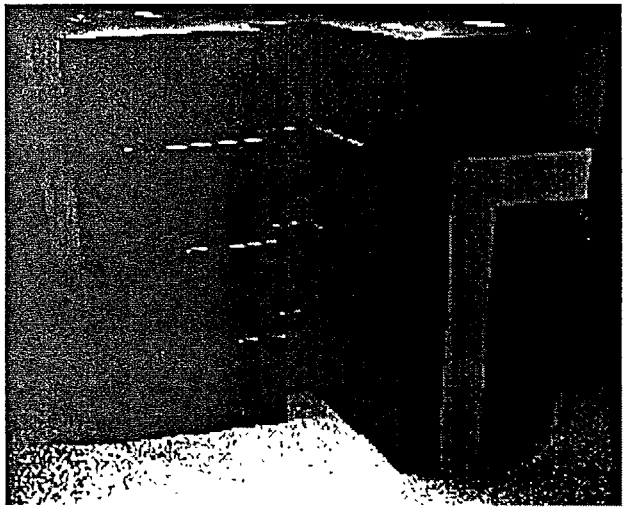
Options pour créer des scénarios de changement de climat

- Séries de données d'un modèle général de circulation (GCM), modèles d'appui (par exemple COSIC, MAGICC/SCENGEN)
- Périodes chaudes analogues tirées d'observations dans le passé
- Eventail de changements hypothétiques

Stratus Consulting Inc.

GCM

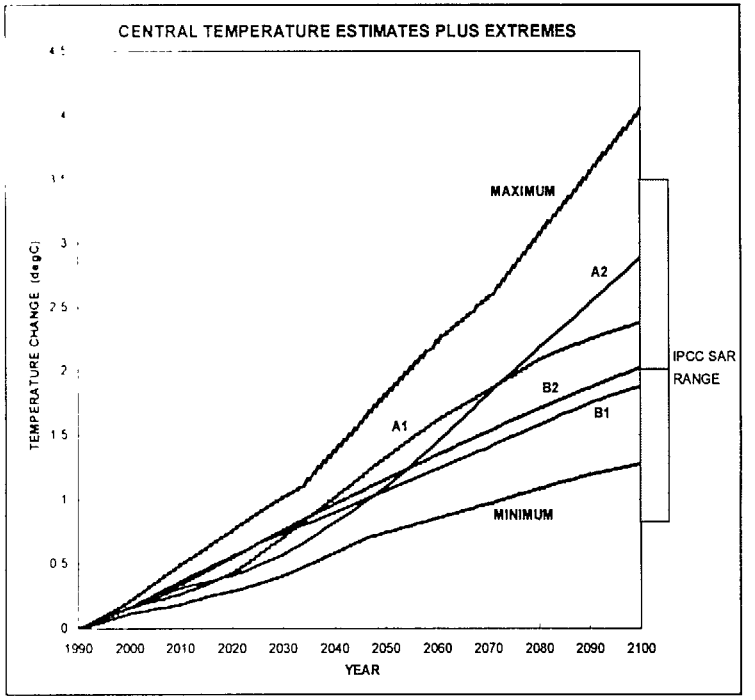
- Modèles mathématiques du climat global traités sur des super-ordinateurs
- Simulation du climat actuel et avec différentes concentrations de gaz de serre et d'aérosols sulfurés
- Les simulations comprennent:
  - Des concentrations de gaz de serre avec double CO_2
  - Des émissions passagères de gaz de serre



Status Consulting Inc.

GCM (suite)

- Avantages
  - Conformes aux estimations de changement de climat
  - Résultats physiquement plausibles
  - Contiennent un nombre de variables suffisant
- Désavantages
  - Estimations du climat actuel souvent peu précises
  - Résolution spatiale limitée

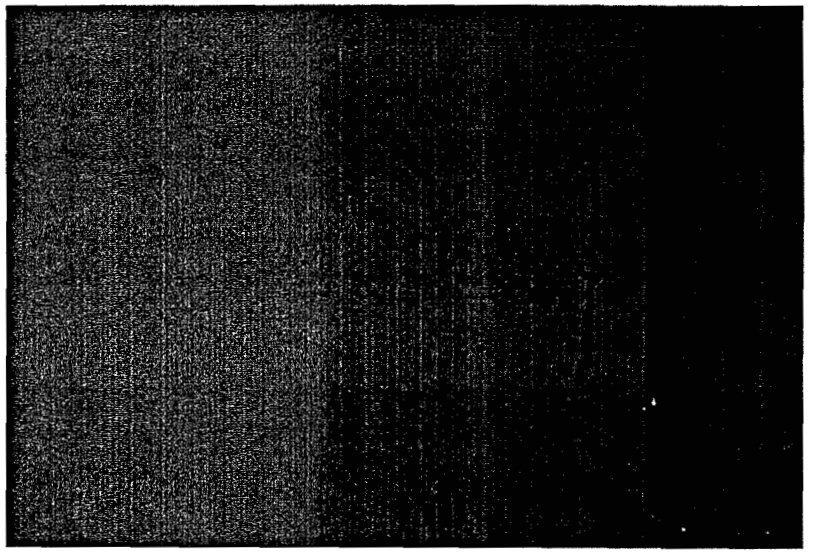


Stratus Consulting Inc.

551

Echauffements analogues

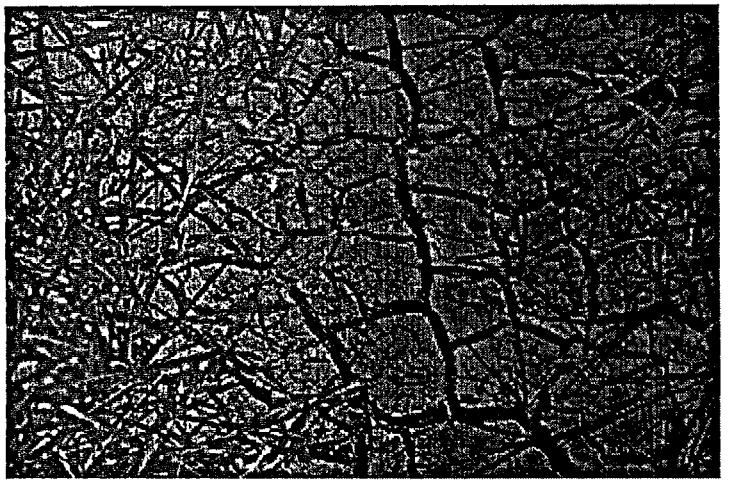
- Utilisation des périodes chaudes passées pour représenter l'échauffement futur
  - exemple: le *dust bowl*, période de sécheresse aux États-Unis durant les années 30



- Avantages
  - S'est réellement produit, donc plausible
  - Des données plus précises peuvent être obtenues avec une résolution plus grande dans l'espace et dans le temps
- Désavantages
  - Facteurs climatiques différents
  - Echauffement relativement faible

Changements hypothétiques

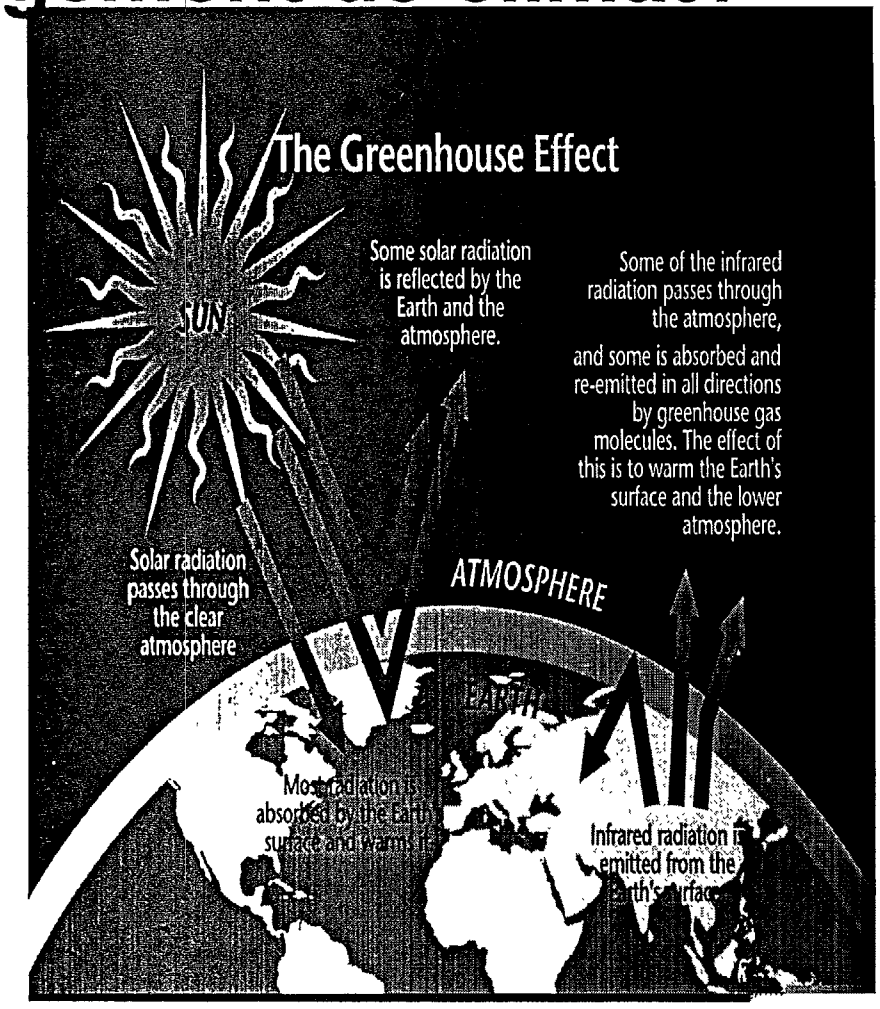
- Changements avec augmentations uniformes
  - par exemple, températures + +2°C, précipitations + 10%
- Avantages
  - Saisissent un large éventail de changements climatiques
  - Aident à identifier des sensibilités relatives pour les variables du climat



- Désavantages
  - Peuvent ne pas être plausibles
  - Les changements uniformes peuvent ne pas être précis ou conformes aux changements observés ou modelés

Pourquoi devons-nous préparer des scénarios de changement de climat?

- Globalement, l'effet de serre élèvera les températures et les précipitations (mais nous ne savons pas de combien)
- Les changements régionaux sont encore plus incertains
- Simuler des alternatives pour capter les incertitudes liées à
  - la direction
  - l'amplitude
  - la date
  - la variabilité
  - les événements extrêmes

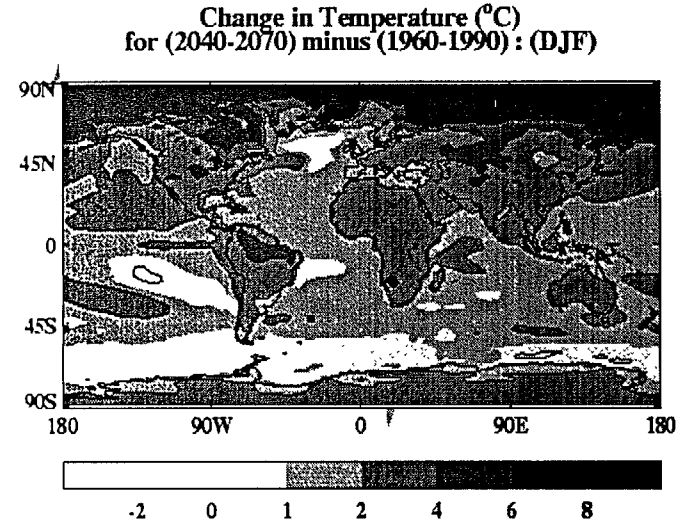


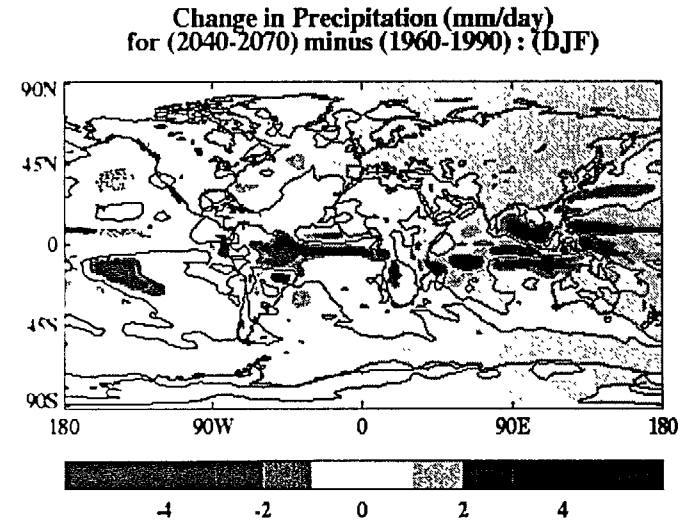
Source: US National Assessment.

Stratus Consulting Inc.

What are Climate Change Scenarios?

- Les scénarios sont des combinaisons plausibles de conditions qui peuvent être utilisées pour illustrer des événements futurs



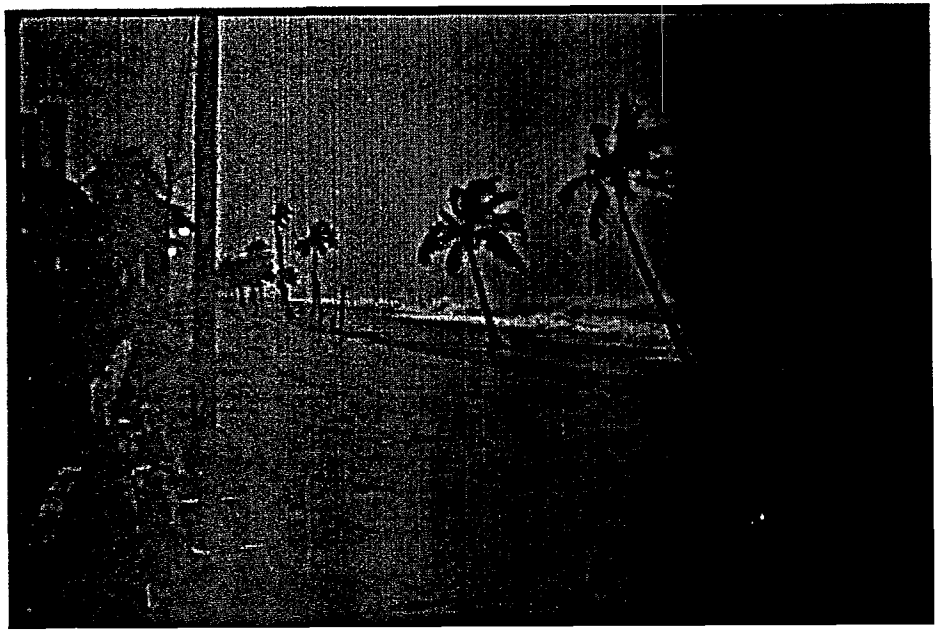


Hadley Centre for Climate Prediction and Research, UK Met. Office HadCM3 GHG

Stratus Consulting Inc.

Nous ne pouvons pas prédire l'avenir

- Les scénarios peuvent aider à identifier les secteurs les plus sensibles au changement de climat
- Différents scénarios nous permettent d'identifier les sensibilités au changement de climat



Stratus Consulting Inc.

Utilisation des résultats des GCM (par exemple $2xCO_2$)

- Résolution spatiale relativement élevée
- Utilise l'interpolation linéaire entre les quatres points du quadrillage les plus proches pour déduire les changements à résolution plus élevée
- Ou bien, s'il n'y a qu'une seule case, utilise le point de quadrillage le plus proche
- Combine la climatologie observée (par exemple 1961-1990) avec la moyenne mensuelle des produits du GCM
  - Température: ajouter ($2xCO_2$ - $1xCO_2$) aux données observées
  - Autres variables, par exemple les précipitations: multiplier ($2xCO_2/1xCO_2$) par les données observées

Scénarios 2xCO_2 (suite)

- Supposent des changements dans les conditions mensuelles moyennes
- Limitations
  - Pas de changement dans la variance journalière ou entre les années
  - Pas de changement dans la variance spatiale de la case du sous-quadrillage
- Critères de choix des GCM
  - Année ou dans quelle mesure l'expérience est récente
  - Propriétés de résolution
  - Simulation du climat actuel
  - Si les changements estimés sont raisonnables (peut-être en ce qui concerne les autres changements GCM)

Sources de données GCM

- Centre de distribution des données de l'IPCC
  - GrADS - sigle anglais du Système d'analyse et de présentation du quadrillage
- Modèles de scénarios d'échelle
  - MAGICC et SCENGEN

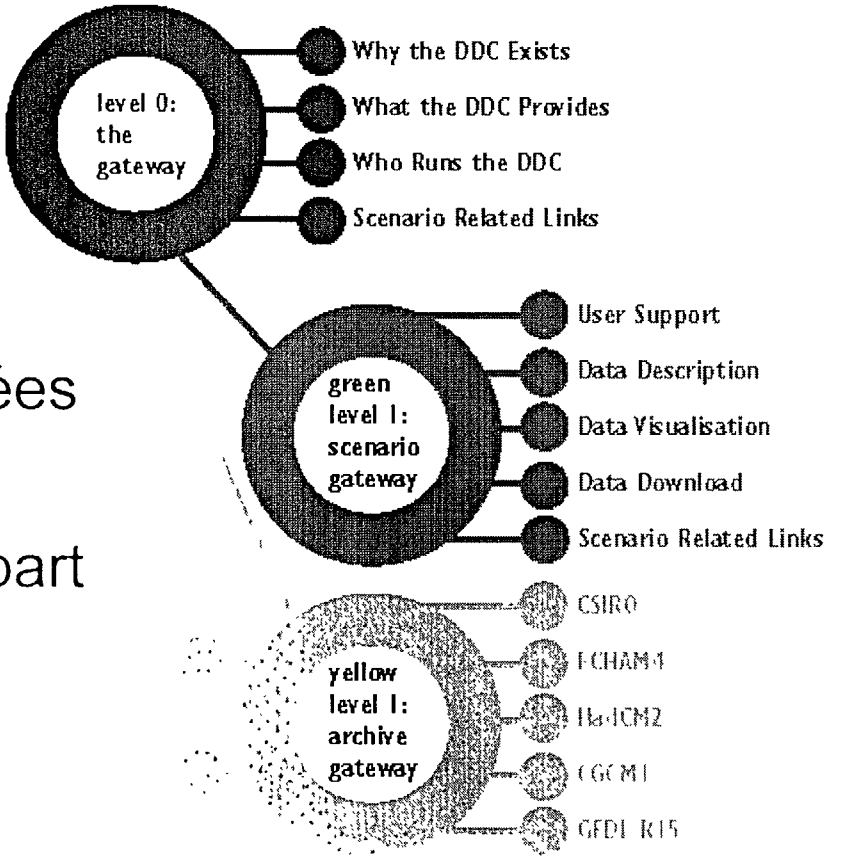
    MAGICC désigne le modèle d'évaluation du changement de climat induit par le gaz de serre

    SCENGEN vient de **SCÉN**ario et **GEN**érateur

  - COSMIC désigne le modèle de climat inter-temporel spécifique au pays

Centre de distribution de données de l'IPCC

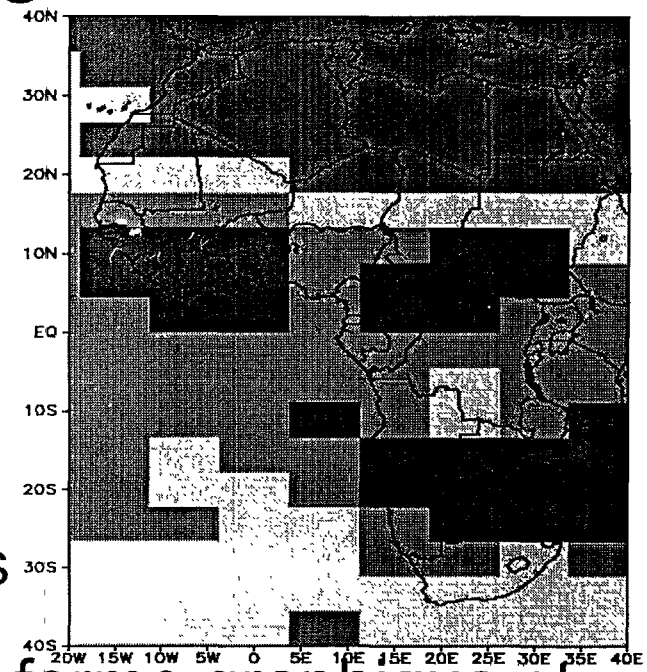
- Créé en 1998, comme centre de documentation sur les scénarios de changement de climat
- Trois types de données
  - Séries de données observées sur le climat global
  - Résultats des GCM
  - Information de base de départ et de scénario non climatique
- "Directives pour l'utilisation des données de scénarios pour l'évaluation de l'impact du climat et de l'adaptation http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk



Stratus Consulting Inc.

GrADS

Système d'analyse et de présentation du quadrillage



- GrADS est un outil interactif de micro–ordinateur pour l'analyse et la présentation des données des sciences de la terre
- GrADS exécute un modèle de données à quatre dimensions: longitude, latitude, altitude et temps
- Les données sont présentées sous forme graphique et peuvent être produites en format PostScript pour être imprimées
- http://grads.iges.org/grads/

Stratus Consulting Inc.

Modèles de scénarios à l'échelle

- Les modèles tels que COSMIC et SCENGEN utilisent des schémas d'échelle pour créer une plus grande gamme de scénarios sans avoir besoin de reprendre des GCM réels (alors que GrADS présente des résultats d'expérience GCM à partir de séries de données quadrillées)
- Les schémas de GCM dans l'espace et le temps (avec une moyenne sur une tranche de 30 ans) sont standardisés en divisant la température globale moyenne estimée par un GCM spécifique pour cette période
- Les schémas de changement de climat standardisés qui en résultent sont exprimés en degrés centigrades d'échauffement global

MAGICC/SCENGEN

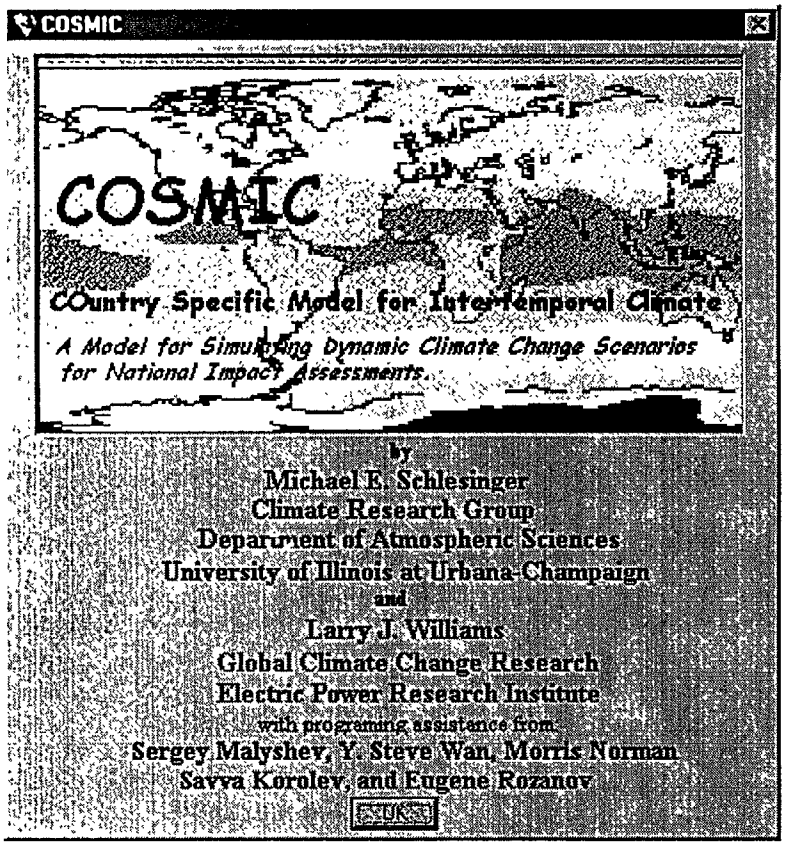
- MAGICC est un logiciel basé sur micro- ordinateur, facile à utiliser et à une dimension (pas comme les GCM), conçu pour évaluer les changements de la température moyenne globale et du niveau de la mer qui pourraient se produire à la suite d'émissions futures de gaz de serre
- Les émissions pour un scénario de "politique" et de "référence" sont choisies par l'utilisateur dans une bibliothèque de scénarios
- MAGICC présente des fourchettes d'incertitude pour les résultats clés et est utilisé en liaison avec SCENGEN pour convertir les projections de l'échauffement global en scénarios régionaux de changements climatiques futurs

MAGICC/SCENGEN

- SCENGEN présente des scénarios à deux échelles spatiales: une résolution globale de 5°latitude/longitude et, pour certaines régions de 0.5°, par exemple en Europe, en Asie du sud, en Afrique australe et aux USA
- Il existe 16 expériences GCM de changement de climat
- Les cartes sur écran peuvent être interrogées point par point pour les quantités réelles à présenter sur l'écran et les données peuvent être exportées vers un fichier
- http://www.cru.uea.ac.uk/~mikeh/software/MAGICC_SCENGEN.htm

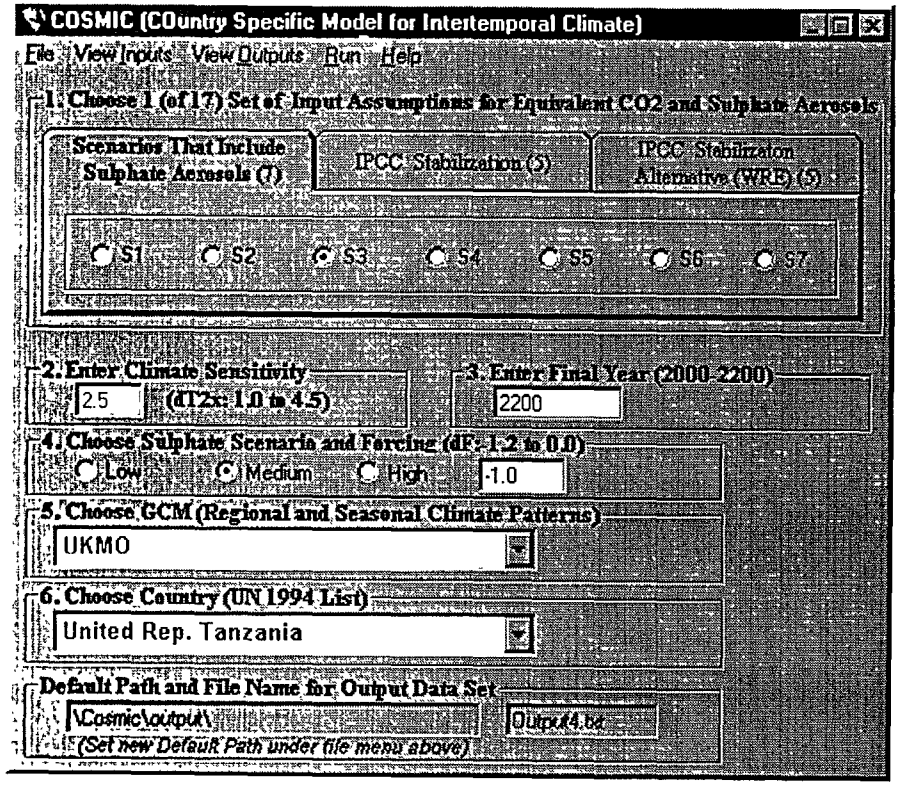
COSMIC

- COSMIC fournit aux producteurs de modèles d'impact du changement de climat et aux analystes de politique un système souple qui peut produire toute une gamme de scénarios de changements climatiques spécifique à un pays.
- COSMIC permet d'accéder aisément à des scénarios de changement de climat crédibles qui sont conformes avec les simulations GCM océan-atmosphère temporaires et pleinement couplées les plus modernes.



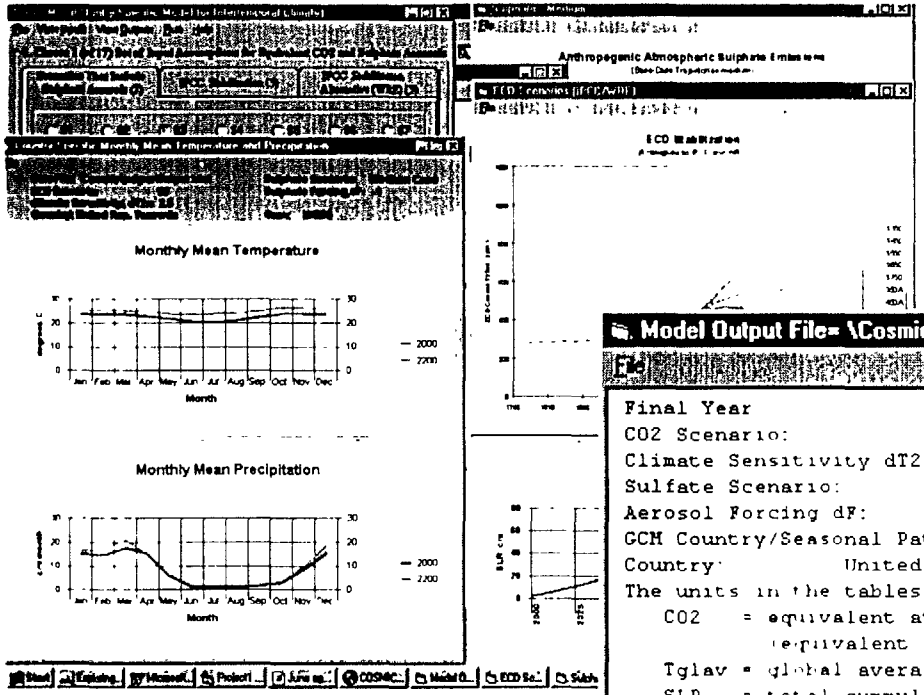
Caractéristiques de COSMIC

- Calcule la température de surface globale moyenne annuelle
- Calcule l'élévation annuelle du niveau de la mer
- Quatorze schémas GCM régionaux et saisonniers de températures et précipitations en équilibre
- Calcule les estimations mensuelles des températures et précipitations
- Des résultats complets existent pour cent cinquante huit pays



Stratus Consulting Inc.

Résultats de COSMIC



Model Output File= \Cosmic\output\Output3.txt

```
Final Year                          2200
CO2 Scenario:                       S3
Climate Sensitivity dT2x:           2.50
Sulfate Scenario:                   Medium
Aerosol Forcing dF:                 -1.0
GCM Country/Seasonal Patterns:      UKMO
Country:          United Rep. Tanzania
The units in the tables below are the following:
   CO2    = equivalent atmospheric concentration in parts per million by volume
            (equivalent CO2 = actual CO2 * 4/3)
   Tglav  = global average annual average temperature rise in degrees Celsius
   SLR    = total cummulative sea level rise in cm
   Tmav   = monthly average temperature in degrees Celsius
   Pmav   = monthly average precipitation in cm/month
   Note   The first row of each year has Tmav with Pmav directly below.
```

year	CO2	Tglav	SLR	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1990	404.0	0.0	0.00	23.3	23.4	23.3	22.7	21.6	20.4	20.0	20.9	22.3	23.5	23.5	23.5
				15.2	14.2	17.2	15.1	5.8	1.3	1.0	1.1	1.5	2.9	8.3	15.1
1991	408.8	0.0	0.17	23.3	23.4	23.3	22.7	21.6	20.4	20.1	20.9	22.3	23.5	23.6	23.5
				15.2	14.2	17.2	15.1	5.8	1.3	1.0	1.1	1.5	2.9	8.3	15.1
1992	413.5	[illegible]	0.36	23.3	23.4	23.3	22.7	21.6	20.4	20.1	20.9	22.3	23.5	23.6	23.5
				15.2	14.2	17.2	15.1	5.8	1.3	1.0	1.1	1.5	2.9	8.3	15.1
1993	418.2	[illegible]	0.56	23.3	23.4	23.3	22.7	21.6	20.4	20.1	21.0	22.3	23.5	23.6	23.5
				15.2	14.2	17.2	15.1	5.8	1.3	1.0	1.1	1.5	2.9	8.3	15.1
1994	[illegible]	[illegible]	0.77	23.3	23.5	23.3	22.7	21.7	20.4	20.1	21.0	22.4	23.6	23.6	23.5
				15.2	14.2	17.2	15.1	5.8	1.3	1.0	1.1	1.5	2.9	8.3	15.1
1995	[illegible]	[illegible]	0.99	23.3	23.5	23.4	22.7	21.7	20.4	20.1	21.0	22.4	23.6	23.6	23.5
				15.2	14.2	17.2	15.1	5.8	1.3	1.0	1.1	1.5	2.9	8.3	15.1

Pour demander un contact licencié gratuit:

Larry J. Williams
Electric Power Research Institute
3412 Hillview Avenue
ljwillia@epri.com
Fax: (650) 855-2950

Stratus Consulting Inc.
Environment and Energy Research

Instructions générales pour la création de scénarios

- A faire:
  - Utilisez au moins 2 GCM pour la comparaison
  - Pour plus de souplesse, ajoutez quelques scénarios de plus
- A ne pas faire:
  - Utiliser un seul scénario
  - Faire la moyenne des résultats GCM
  - Combiner les variables de différents GCM en 1 scénario

Le développement de scénarios de base pour évaluer les changements des impacts sur l'agriculture

Brian Hurd, Stratus Consulting Inc.
P.O. 4059, Boulder, Colorado, 80306 USA

Agence des États-Unis pour le développement international Atelier sur la vulnérabilité et l'adaptation au changement de climat

Dakar, Sénégal
25-27 juillet 2000

Stratus Consulting Inc.
Environment and Energy Research

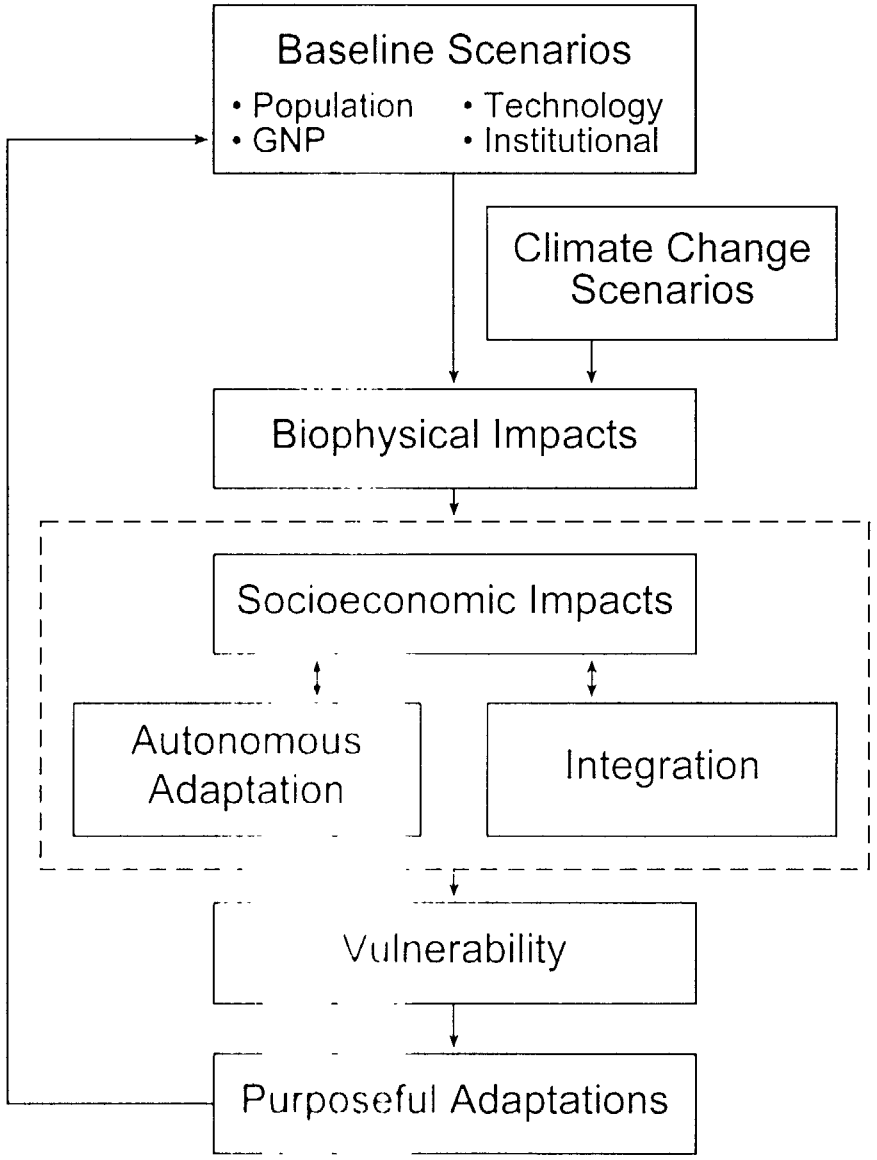
Que sont les scénarios de base?

- Les scénarios de base sont des estimations de la façon dont on prévoit que les conditions socio-économiques et environnementales changeront en l'absence de changement de climat dans la période considérée

Pourquoi utiliser des scénarios de base?

- Pour établir un point de référence plausible pour pouvoir comparer avec les changements induits par le changement de climat

Comment utilise-t-on les scénarios de base?



Stratus Consulting Inc.

Approche

- Examen des conditions actuelles
  - il est utile de développer une base reposant sur des données récentes (par exemple 1995 ou 1998, selon les données)
- Développement d'un scénario de base basé sur:
  - des tendances ou des changements projetés dans les conditions socio-économiques et biophysiques (sans inclure le changement de climat)
  - des comparaison avec des pays semblables

Facteurs à considérer

- Les tendances démographiques, par exemple la population, l'éducation
- La situation et les tendances économiques, par exemple des changements dans le PNB, les revenus, la balance commerciale, les prix des produits et des facteurs de production
- La technologie et la capacité de l'infrastructure
- Les conditions institutionnelles, par exemple la politique commerciale, la privatisation, les subventions, la réglementation
- L'utilisation des terres et les tendances du développement, par exemple, les superficies agricoles, l'eau et l'irrigation, la conservation
- Les conditions et les objectifs environnementaux, par exemple la qualité de l'air, la qualité de l'eau, la protection de l'habitat

Scénarios de base de l'IPCC

- Le rapport spécial de l'IPCC sur les scénarios d'émissions (SRES) a pour but de fournir un point de référence constant pour développer des scénarios d'émissions, de climat et de base, en mettant à jour les scénarios précédents IS92.
- Dénommés "récits" chacun des quatres scénarios (A1, A2, B1 et B2) décrit un paradigme global futur. Basés généralement sur des valeurs sociales dominantes et des relations globales, les scénarios servent de base pour projeter les taux de changement dans des indicateurs tels que la population, la croissance économique et le changement technologique.
- Il n'y a pas de scénario "catastrophique", "optimiste", de "meilleure estimation" ou "tout est normal" mais seulement un avenir plausible.

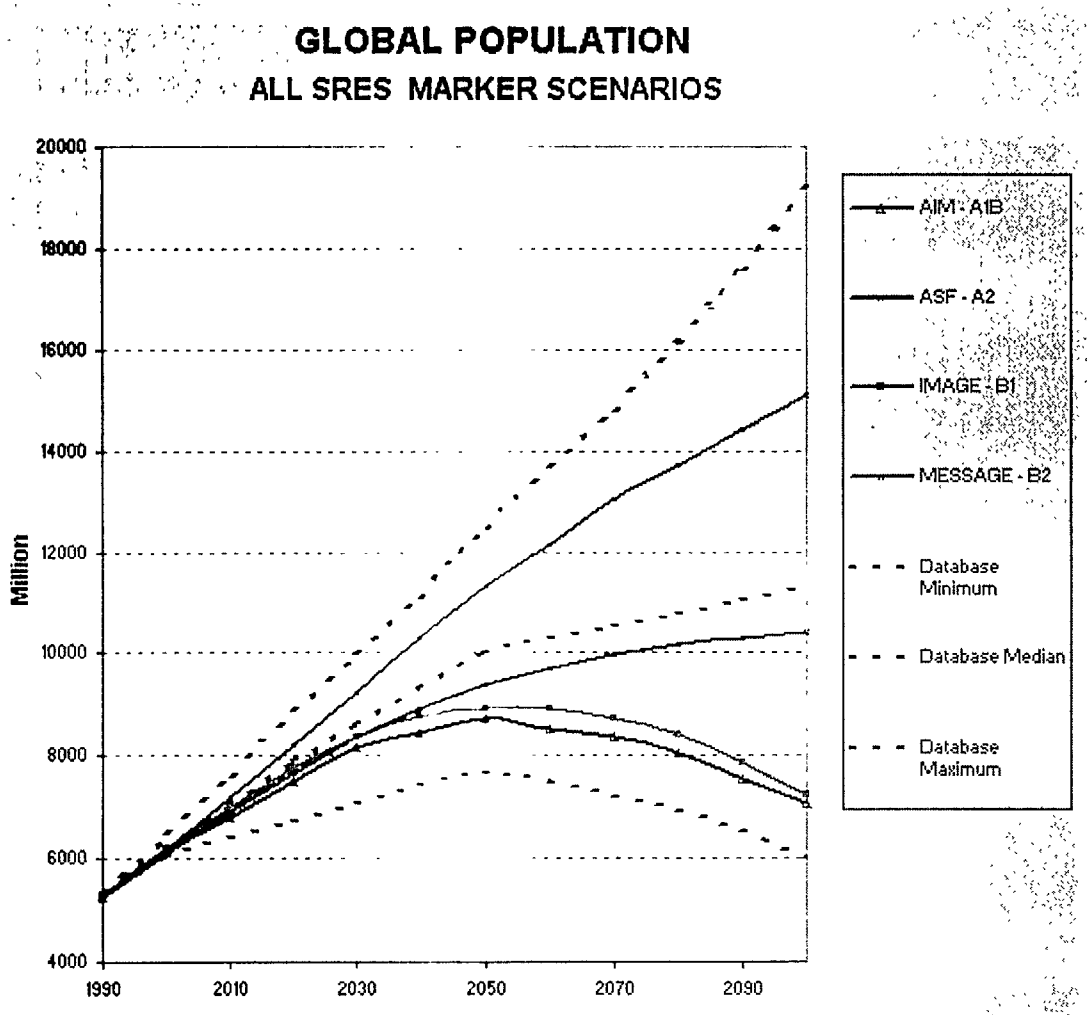
Les "récits" SRES

- Reconnaissent les relations entre les émissions de gaz de serre et les systèmes socio-économiques
- Fournissent un contexte social, politique et technologique qui fait que le scénario est plus utile pour l'analyse des impacts, l'adaptation et l'atténuation
- Fournissent un guide pour des hypothèses supplémentaires utilisées par différentes communautés d'usagers

Résumé A1

- Orienté vers les valeurs utilitaires, l'opulence
- Croissance économique rapide (3%)
- Faible croissance de la population, longévité, petites familles
- Introduction et adoption rapide de technologies efficientes
- Emissions moyennes de gaz de serre
- Richesse personnelle prenant le pas sur la qualité de l'environnement
- Différences réduites dans les revenus régionaux
- Les différences culturelles dans le monde convergent

Echantillon du site SRES



Stratus Consulting Inc.

Résumé A2

- Valeurs centrées sur le milieu local, la communauté et la famille
- Plus grande importance régionale tant culturelle qu'économique
- Croissance économique moins rapide (1,5% globalement)
- Taux de croissance de la population élevé
- Revenu par personne faible
- Changement et adoption technologiques dépendent des ressources et de la culture
- Emissions de gaz de serre les plus élevées
- Accent sur la productivité agricole pour nourrir des populations en croissance rapide

Stratus Consulting Inc.

Résumé B1

- Niveau élevé de préoccupation et d'appréciation de la valeur des questions environnementales et sociales
- Accent sur un développement globalement durable et équilibré avec des investissements dans l'infrastructure sociale et la protection de l'environnement
- Croissance économique modérée (2% globalement)
- Faible taux de croissance de la population
- Revenu par personne modéré, légèrement inférieur à A1
- Accent sur les services plutôt que sur les biens matériels, sur la qualité plutôt que sur la quantité
- Technologies d'atténuation rapidement adoptées et déclin rapide des combustibles fossiles
- Faibles émissions de gaz de serre

Stratus Consulting Inc.

Résumé B2

- Niveau élevé de préoccupation et d'appréciation de la valeur des questions environnementales et sociales
- Accent sur les prises de décisions décentralisées et le fait de se fier à soi-même au niveau local
- Croissance économique modérée (1% globalement)
- Taux de croissance de la population modéré
- Revenu par personne modéré, légèrement inférieur à A1
- Moins de développement et d'adoption de technologie, investissement global en déclin et moins de diffusion internationale
- Différences régionales dans l'utilisation de l'énergie et l'innovation, le passage des combustibles fossiles à d'autres types est graduel
- Emissions de gaz de serre modérées

Buts et tendances économiques en Tunisie

Extraits du 9ème plan de développement économique

- Accroissement de la libéralisation du commerce
- Poursuite de la privatisation de la production dans les secteurs compétitifs
- Augmentation de la croissance économique jusqu'à 6%
- Amélioration des ressources en capital et humaines
- Croissance annuelle de la population de 1,6%
- Croissance annuelle du revenu par personne de 8,5%

Stratus Consulting Inc.

L'agriculture tunisienne

- Augmentation de la production (croissance annuelle 4,3%) et de la diversité
  - amélioration de la sécurité alimentaire
  - augmentation du revenu de l'exportation
- Mobilisation des ressources en eau
  - augmentation de la capacité de stockage
  - améliorer l'efficacité et la ré-utilisation de l'eau

Développement d'une base de départ pour l'agriculture

- Définir un intervalle de temps pour l'analyse (par exemple: 2030, pour le moyen terme; 2100 pour le long terme)
- Taux de changement annuels pour:
  - rendement des cultures
  - superficie arable
  - superficie irriguée
  - utilisation de l'eau (m^3/ha)
  - questions socio-économiques (populations et PNB)
  - Prix mondiaux des produits (données de l'enquête de base)

Stratus Consulting Inc.

Exemples récents d'Égypte

- Utilisation de modèles du secteur agricole égyptien (MSAE)
- Deux scénarios de base, optimiste et pessimiste
- Scénarios basés sur des données de base de 1999 utilisant des données réelles
- Changements des rendements des cultures basés sur le développement technologique et plusieurs autres paramètres de l'enquête de base
- On a supposé que les rendements plus élevés exigeront plus d'eau et d'éléments nutritifs

Yates, D. et Strzepek, K. (1988) "une évaluation des impacts intégrés du changement de climat sur l'économie agricole de l'Égypte," Changements climatiques, 38, 3, pages 261-287.

Scénario optimiste (2060)

- Des taux d'investissement élevés
- Forte augmentation des taux de la productivité non agricole
- Absorption élevée de la main d'oeuvre dans l'économie et transition aisée du secteur agricole vers le secteur non agricole
- Secteur non agricole croissant par rapport au secteur agricole
- Moins de dépendance vis-à-vis du secteur agricole

Scénario pessimiste

- Généralement le contraire du scénario optimiste avec un faible taux d'investissement et une faible augmentation de la productivité non agricole
- Haute intensité de main d'oeuvre
- Le secteur agricole continue d'être dominant

Stratus Consulting Inc.

Indicateurs clés pour la base de départ de l'Égypte

(1990 valeurs absolues; 2060 - changement optimiste/pessimiste en pourcentage par rapport à 1990)

Indicator	1990	2060-Opt	2060-Pes
Population	54156	122%	122%
GDP Ag	1143	96%	135%
GDP non-Ag	4878	617%	224%
Food price index	1.16	6.90%	-3.40%

Stratus Consulting Inc.

Résultats pour la base de départ MSAE

(1990 valeurs absolues; 2060 - changement optimiste/pessimiste en pourcentage par rapport à 1990)

Indicator	1990	2060-Opt	2060-Pes
Total economic surplus	36995	518%	369%
Consumer surplus	28112	639%	451%
Producer surplus	8883	136%	108%

Stratus Consulting Inc.
Environmental Health Research

Résultats du changement de climat avec le MSAE

(Pourcentages de changement à partir des scénarios de base 2060-optimiste et 2060-pessimiste)

Indicator	GFDL-opt	GFDL-pes
Total economic surplus	-2.9%	-5.6%
Consumer surplus	-1.6%	-4.5%
Producer surplus	-15%	-15%

Stratus Consulting Inc.

Pourquoi devons-nous évaluer et nous adapter au changement de climat

Brian Hurd, Stratus Consulting Inc.
P.O. Box 4059, Boulder, Colorado, 80306 USA

Agence des États-Unis pour le développement international Atelier sur la vulnérabilité et l'adaptation au changement de climat

Dakar, Sénégal
25-27 juillet 2000

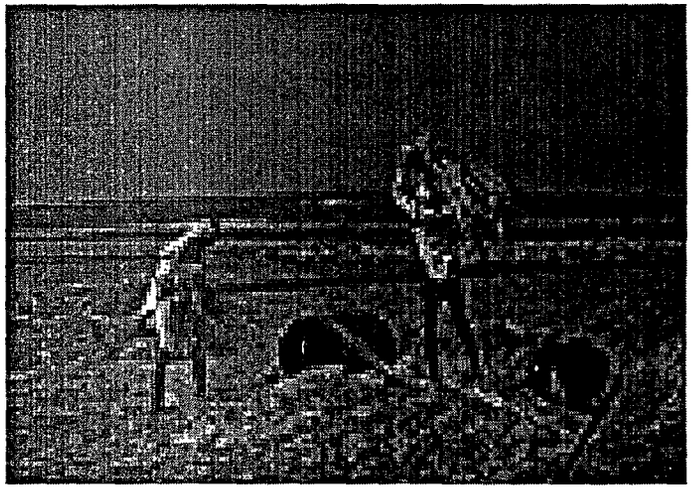
Stratus Consulting Inc.
Environment and Energy Research

Pourquoi devons-nous penser à nous adapter au changement de climat?

- Le climat est déjà en train de se réchauffer
- Les concentrations actuelles de gaz de serre dans l'atmosphère peuvent déjà produire un échauffement de 1°C

- Il est peu probable que l'on puisse réduire les émissions suffisamment pour stabiliser le climat
- L'adaptation est donc inévitable

Le choix de l'adaptation

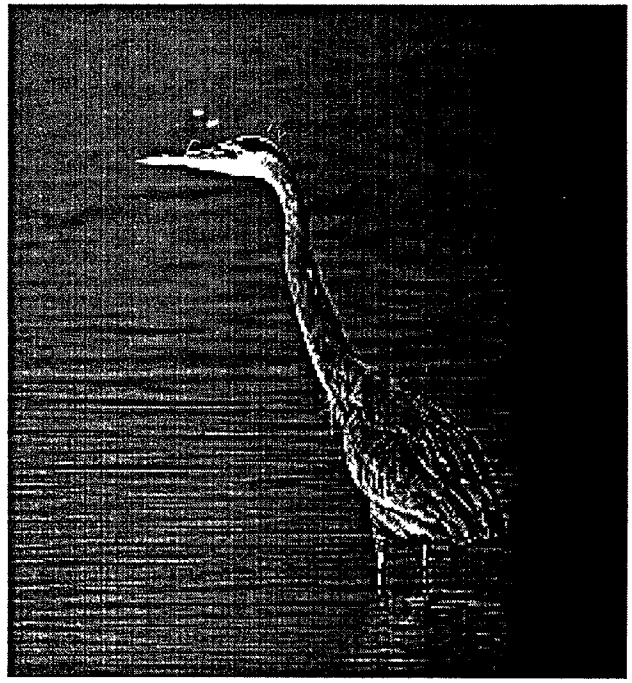


- **Réactive**
  Le climat change et des mesures sont prises en réponse au changement
  - Les digues sont construites après les grandes inondations

- **Prévisionnelle**
  Des mesures d'adaptation sont prises avant le changement de climat
  - La plate-forme de forage pétrolier est surélevée en prévision de l'élévation du niveau de la mer

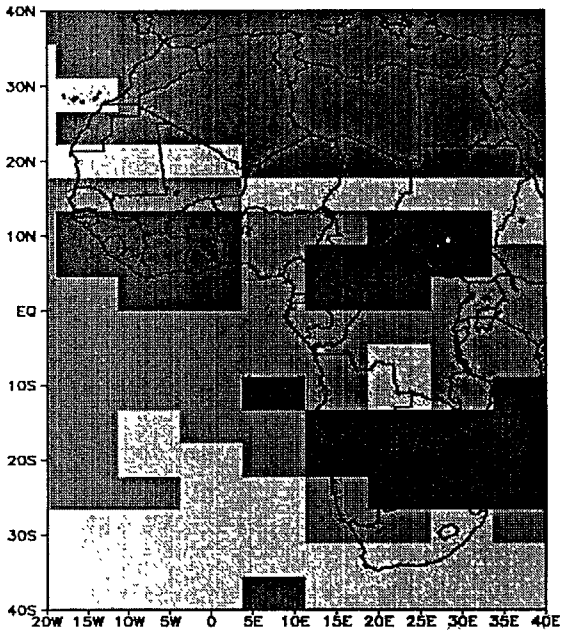
Pourquoi ne pas attendre que le climat change?

- Certains impacts qui sont prévisibles pourraient être irréversibles, catastrophiques et leur atténuation pourraient coûter cher
  - la perte de ressources culturelles ou écologiques uniques
- Des possibilités d'atténuation moins coûteuses pourraient être manquées
  - diriger le logement and construction away from vulnerable areas



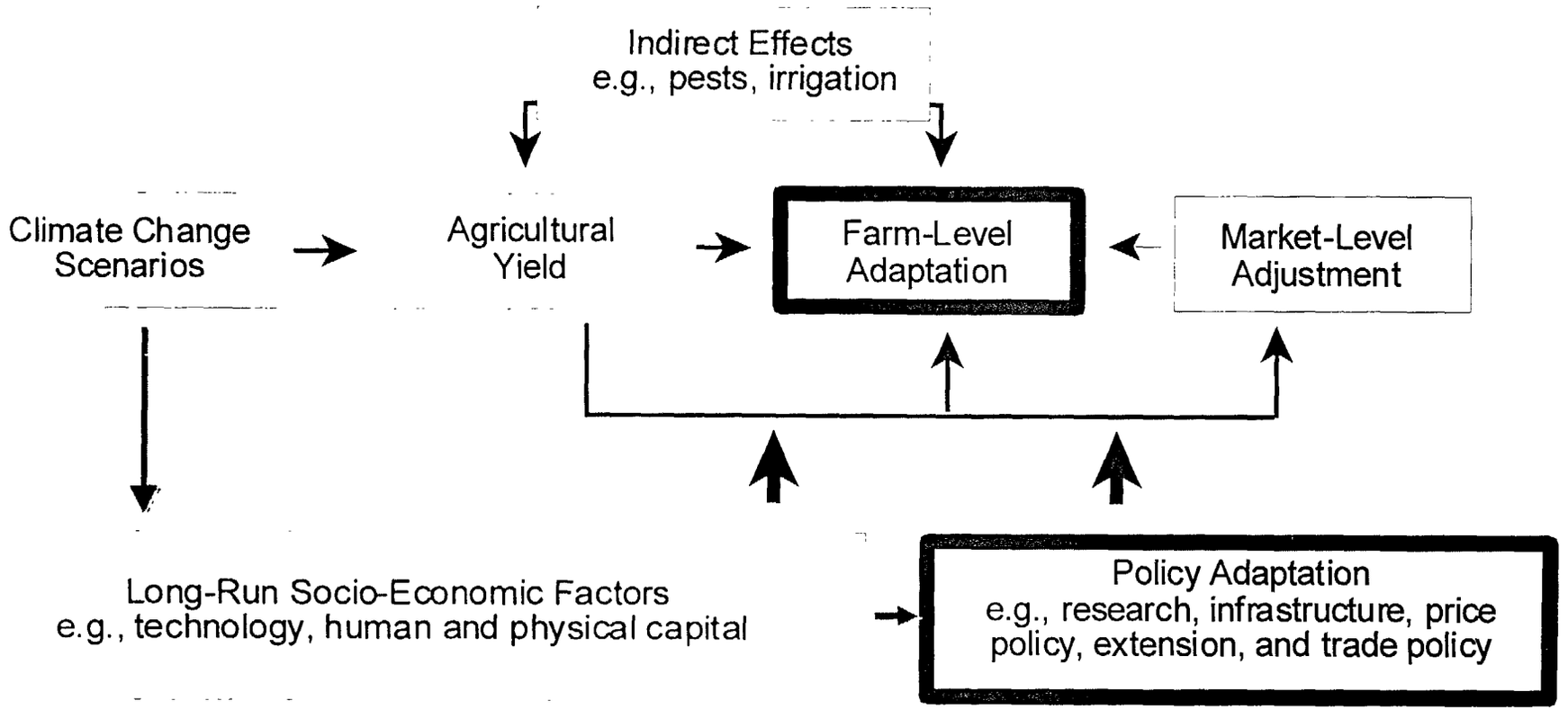
Les changements de climat sont difficiles à prévoir

- Les changements régionaux sont incertains
- Les modèles GCM diffèrent souvent dans leurs estimations des changements de climat prévus par ces modèles:
  - La date et la trajectoire
  - L'amplitude, et même
  - la direction



Stratus Consulting Inc.
Environment and Energy Research

Exemple d'adaptation de l'agriculture au changement de climat



Stratus Consulting Inc.
Environment and Energy Research

Source: Hurd, B., Stratus Consulting, 1999.

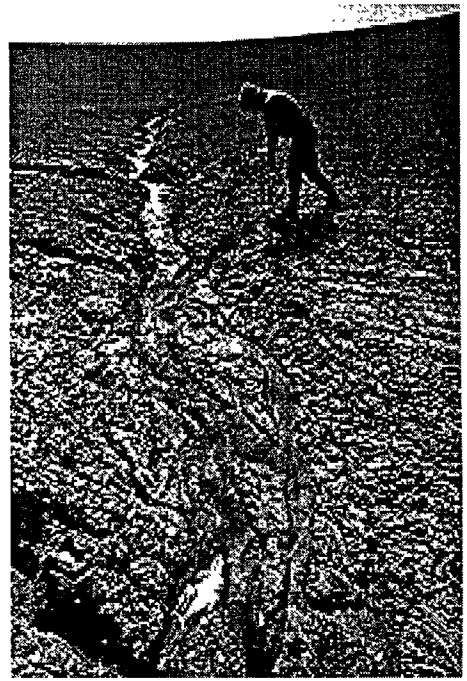
L'adaptation prévisionnelle doit satisfaire à deux critères

- **Flexibilité**
  - Doit bien fonctionner sous des climats variés; ce qui implique:
    - la robustesse
    - la résilience

- **Efficience:**
  - Les bénéfices dépassent les coûts
  - Doit tenir compte de:
    - La date de réception des bénéfices
    - Les bénéfices annexes (ou non-regrets) sous le climat actuel (bénéfices indépendants du changement de climat)

De nombreuses politiques d'adaptation prévisionnelle sont souhaitables dans tous les cas

- Les politiques qui encouragent l'adaptation à une variabilité connue du climat aideront probablement à s'adapter au changement de climat par exemple, des changements dans l'aménagement du sol qui réduisent l'érosion du sol augmentent la résilience envers une variabilité connue du climat et des extrêmes climatiques potentiels dans le futur

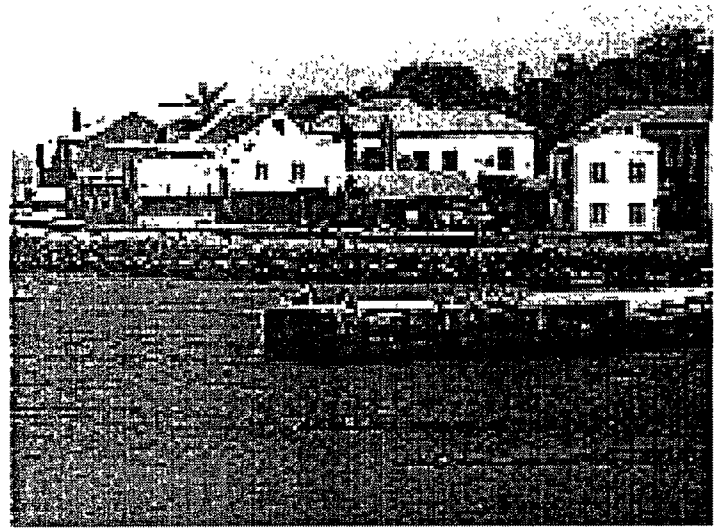


Les politiques d'adaptation prévisionnelle peuvent être classées par ordre de priorité

- Certaines adaptations peuvent atténuer les impacts même si elles sont appliquées après les changements de climat
- D'autres doivent être faites avant les changements climatiques
  - Impacts irréversibles/catastrophiques
  - Infrastructure de longue durée
- Les politiques de cette dernière catégorie sont considérées comme des politiques d'adaptation prévisionnelle hautement prioritaires

Exemples de politiques d'adaptation prévisionnelle hautement prioritaires

- Impacts irréversibles/catastrophiques
  - Corridors de migration pour éviter l'extinction des espèces
  - Plans d'évacuation en cas d'orages côtiers plus intenses



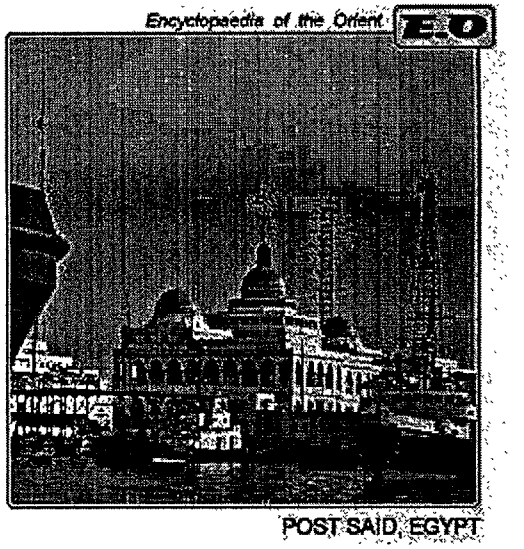
- Décisions de longue durée
  - Introduire le changement de climat dans la planification des infrastructures (écoulement des eaux des orages, développement de quartiers d'habitation)
  - Diriger le développement côtier vers des zones moins vulnérables

Adaptation à l'élévation du niveau de la mer en Égypte

Une élévation du niveau de la mer de 50 cm risquerait d'inonder de nombreuses ressources côtières, ce qui pourrait affecter les villes, l'agriculture et l'eau douce.

Parmi les mesures d'adaptation étudiées pour Port-Saïd:

1. Remplissage de la plage
2. Jetées brise-lames
3. Réglementation de l'exploitation des terres
4. Gestion intégrée de la zone côtière
5. Changements dans l'exploitation de la terre

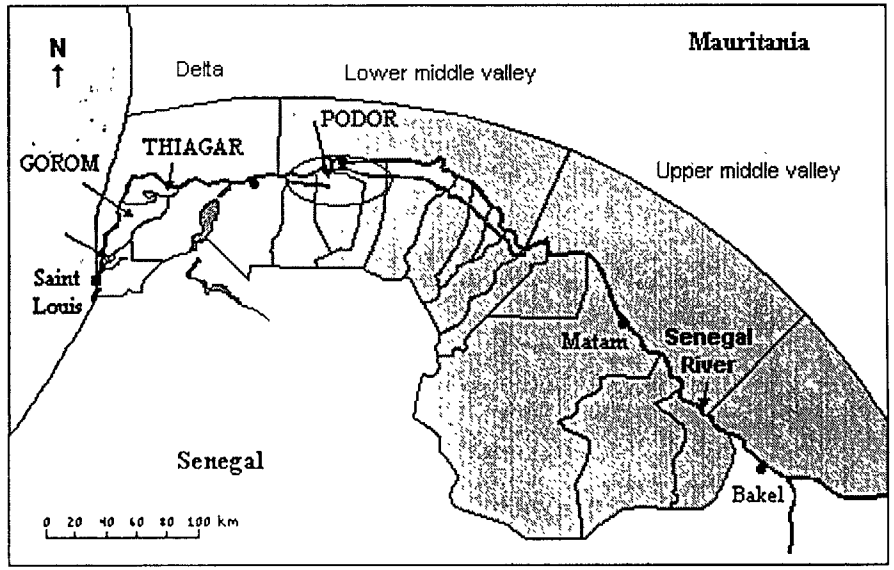


Source: M. El-Raey "Etudes sur l'adaptation à l'impact de l'élévation du niveau de la mer dans le Gouverneurat de Port-Saïd, en Égypte," août 1997.

Stratus Consulting Inc.
Environment and Energy Research

Adaptation des ressources en eau

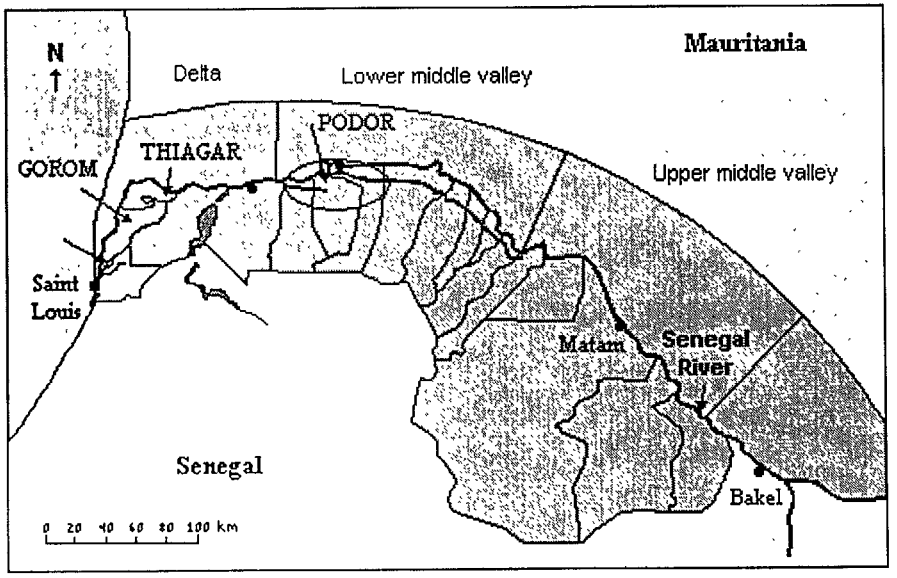
- Planification et coordination de l'aménagement et l'utilisation des bassins des cours d'eau
- Changements marginaux dans la construction des infrastructures
- Conservation de l'eau
- Contrôle de la pollution
- Utilisation du marché pour allouer l'eau
- Planification en cas de sécheresse
- Transferts entre les bassins
- Options pour développer des nouveaux sites de réservoirs



Stratus Consulting Inc.
Environment and Energy Research

Adaptation des ressources en eau

- Planification et coordination de l'aménagement et l'utilisation des bassins des cours d'eau
- Changements marginaux dans la construction des infrastructures
- Conservation de l'eau
- Contrôle de la pollution
- Utilisation du marché pour allouer l'eau
- Planification en cas de sécheresse
- Transferts entre les bassins
- Options pour développer des nouveaux sites de réservoirs



Stratus Consulting Inc.

Choix des mesures d'adaptation

- Adaptation hautement prioritaire
  - Effets irréversibles ou catastrophiques
  - Décisions de longue durée
  - Tendances défavorables
- Opportunité offerte
- Efficacité de la mesure d'adaptation

Choix des mesures d'adaptation (suite)

- Autres bénéfices
- Coût peu élevé
- Rien ne s'oppose à l'exécution
- Conformité avec d'autres mesures

Stratus Consulting Inc.
Environment and Energy Research

Exemple de choix de mesures d'adaptation pour les ressources en eau

Adaptation	High Priority	Target of Opportunity	Effectiveness	Other Benefits	Low Costs	Low Barriers
Marginal Increase in Size	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes
Interbasin Transfer	No	No	Yes	Yes	No	No
Market Allocation	No	No	Yes	Yes	Yes	No
Water Conservation	No	No	Yes	Yes	Yes	No

Stratus Consulting Inc.

Exemple: matrice de décision pour les ressources en eau

Measures		Objectives				Score	Total Score[2]	Marginal Cost ($M)	Marginal Cost-Effectiveness
		Drinking Water	Irrigation	Water Quality	Flood Control				
	Weight	3	1	2	3				
	Scenario								
Current Policy	Wet	3	4	3	3	28			
	Dry	2	2	1	4	22	50	N/A	N/A
Marginal Increase in Size	Wet	4	5	2	4	33			
	Dry	3	3	1	5	29	62	$20	1.67
Water Conservation	Wet	4	4	4	3	33			
	Dry	3	2	2	4	27	60	$5	0.50
Market Allocation	Wet	5	2	3	3	32			
	Dry	4	1	1	4	27	59	$2	0.22

1. The 1-5 scale in this matrix is an arbitrary ranking of how well objectives are met under different scenarios and policies. Five is the highest score and one is the lowest score.
2. In this example, we simply added the wet and dry scores. This assumes each scenario has the same probability of occurrence. Probabilities for individual scenarios can be adjusted.

Stratus Consulting Inc.

Et maintenant, il faut avancer

- Préparer les stratégies d'exécution
- Rédiger la composante sectorielle des communications nationales
  - Résumé de l'évaluation de vulnérabilité et d'adaptation
  - Evaluation des mesures
  - Résumé des mesures recommandées measures
  - Plan d'exécution
- Intégration des mesures dans d'autres plans et programmes de développement

Stratus Consulting Inc.
Environment and Energy Research

ALYSSA HOLT
Stockholm Environment Institute

Système d'évaluation et de planification de l'eau - WEAP

Qu'est-ce que le système WEAP?

Le système WEAP est un outil de planification sur micro-ordinateur qui fournit un cadre étendu, souple et facile à utiliser pour l'évaluation des ressources en eau. Un nombre croissant de professionnels pensent que WEAP est un complément utile à leur boîte à outils de modèles, bases de données, tableurs et autres logiciels. Dans cette introduction, nous vous présentons un résumé de l'objectif, de l'approche et de la structure du WEAP. Une description technique détaillée se trouve dans une publication séparée, le Guide de l'utilisateur du système WEAP.

Information générale

De nombreuses régions confrontent aujourd'hui des problèmes formidables de gestion de l'eau. L'allocation de ressources en eau limitées, la qualité de l'environnement et les politiques pour un usage durable de l'eau causent de plus en plus de soucis. Les modèles de simulation conventionnels orientés vers l'offre ne conviennent pas toujours. Au cours de la dernière décennie, une approche intégrée au développement des ressources en eau a vu le jour, qui place les projets d'approvisionnement en eau dans le contexte du coté de la demande, de la quantité d'eau et de la protection de l'écosystème.

WEAP vise à réunir ces valeurs en un outil pratique de planification des ressources en eau. WEAP se distingue par son approche intégrée à la simulation des systèmes d'eau et par son orientation de politique générale. WEAP place le coté demande de l'équation - schémas d'utilisation de l'eau, efficacité des équipements, réutilisation, prix et allocations - sur un pied d'égalité avec le coté offre - débit, eau souterraine, réservoirs et transferts de l'eau. WEAP est un laboratoire pour examiner des stratégies alternatives de développement et de gestion de l'eau.

WEAP est un système global, direct et facile à utiliser et cherche à aider plutôt qu'à se substituer au planificateur averti. En tant que base de données, WEAP fournit un système pour maintenir l'information sur la demande et la fourniture de l'eau. Comme outil de prévision, WEAP simule la demande en eau, l'offre, les débits, le stockage, ainsi que la pollution, le traitement et l'élimination des polluants. En tant qu'outil d'analyse de politique, WEAP évalue toute une série d'options de développement et de gestion de l'eau.

Un exemple d'application typique

Une ville en croissance rapide située sur une rivière a des besoins croissants en eau municipale et industrielle. Les utilisateurs de l'agriculture dans la région en amont consomment actuellement l'essentiel de l'eau disponible dans le bassin. Il faut maintenir un courant minimal pour les usagers en aval et la conservation de l'écosystème riverain. Il existe des réservoirs et des eaux souterraines, mais leur production est presque maximale. L'eau usée doit être traitée pour réduire la demande d'oxygène biologique et autres polluants. Les planificateurs de l'eau doivent développer une stratégie sur vingt ans et un plan d'action de cinq ans. WEAP les aidera à:

- projeter les besoins en eau et les écoulements d'eaux usées pour plusieurs grands usagers et pour certaines catégories d'usagers plus petits dans des conditions de base (par exemple, les tendances actuelles sans intervention majeure de politique);

- simuler l'approvisionnement en eau, les flux de retour et les niveaux de pollution sur les vingt ans projetés, et évaluer la suffisance, la fiabilité de l'approvisionnement, et la compatibilité avec les objectifs de courant minimal et de l'environnement;

- identifier les options stratégiques y compris un transfert des droits à l'eau des usagers agricoles au système d'approvisionnement municipal, des changements dans la structure des prix, des programmes pour augmenter l'efficacité et la réutilisation de l'eau, la construction d'une nouvelle usine de traitement des eaux usées, une surexploitation de courte durée des eaux souterraines, la construction d'un réservoir pour normaliser la disponibilité de l'eau et le développement du transfert de l'eau d'un bassin voisin; enfin,

- créer des scénarios de politique qui comprennent des séries d'actions pour gérer la demande et améliorer l'approvisionnement et déterminer le plan intégré le moins onéreux en comparant des scénarios sur les quantités d'eau suffisantes, la durabilité des eaux souterraines, les exigences minimales pour maintenir le courant et les coûts et bénéfices économiques.

Développement

L'Institut de l'environnement de Stockholm a fourni l'appui principal au développement de WEAP. Le Centre du génie hydrologique du Corps des Ingénieurs de l'Armée américaine a financé des améliorations significatives. Un certain nombre d'agences, dont la Banque mondiale, l'USAID et le Fonds du Japon pour l'infrastructure globale ont fourni un appui au projet. WEAP a été appliqué dans des évaluations de l'eau aux États-Unis, au Mexique, au Brésil, en Argentine, en Italie, en Israël, en Égypte, aux Pays-Bas, en Suède, au Botswana, en Chine, en Corée du Sud, en Inde et au Népal.

Approche

Fonctionnant avec comme principe de base rendre compte du bilan de l'eau, WEAP peut être appliqué aux systèmes municipaux et agricoles, des sous-bassins simples ou des systèmes de cours d'eau plus complexes. De plus, WEAP peut traiter une vaste série de sujets, par exemple, les analyses de la demande sectorielle, la conservation de l'eau, les doits à l'eau et les allocations prioritaires, les simulations de débits, le fonctionnement des réservoirs, la production d'énergie hydroélectrique, les charges de polluants et les analyses de coûts-bénéfices des projets.

L'analyste peut représenter le système selon les diverses sources d'approvisionnement (les

rivières, les ruisseaux, l'eau souterraine, les réservoirs), l'extraction, la conduite et les installations de traitement des eaux usées; la demande en eau et la pollution. La structure des données et le niveau de détail peuvent être adaptés à la demande du client pour répondre aux besoins de telle ou telle analyse et refléter les limites imposées par des données restreintes.

Les applications de WEAP contiennent généralement plusieurs étapes. La définition de l'étude définit le cadre temporel, les limites dans l'espace, les composantes du système et la configuration du problème. Le compte courant photographie la demande réelle en eau, la charge des polluants, les ressources et l'alimentation du système. Des séries alternatives d'hypothèses futures sont basées sur les politiques, les coûts et les facteurs qui affectent la demande, la pollution, l'offre et l'hydrologie. La projection du cas de base sert de référence. Les scénarios sont élaborés avec des séries alternatives d'hypothèses ou de politiques. Pour finir, les scénarios sont évalués en ce qui concerne la suffisance de l'eau, les coûts et bénéfices, la compatibilité avec des objectifs environnementaux et la sensibilité à l'incertitude de certaines variables clés.

Définition de l'étude	
Limites dans l'espace Horizon des années Hydrologie	Composantes du système Configuration du réseau
Comptes courants	
Demande Caractéristiques des réservoirs Simulation des cours d'eau	Production de polluants Ressources et approvisionnement Traitement des eaux usées
Hypothèses futures Démographie et activités économiques Schémas d'utilisation de l'eau, production de polluants Infrastructure des système d'eau Energie hydraulique Politique d'allocation de l'eau, des prix, de l'environnement Coût des composantes	
Cas de base Les affaires marchent comme d'habitude	**Scénarios** Hypothèses alternatives pour la politique
Evaluation	
Suffisance de l'eau Charges de polluants	Exigences de l'écosystème Analyse de sensibilité

Scénarios

L'analyse des scénarios est un élément essentiel de WEAP. Les scénarios sont utilisés pour interroger le modèle avec tout un éventail de questions du type "que se passera-t-il si ...", par exemple:

- si les schémas de croissance et de développement de la population changent?
- si un réservoir est construit ou exploité différemment?
- si l'exploitation des eaux souterraines est plus intensive?
- si on introduit des mesures de conservation de l'eau?
- si les exigences de l'écosystème sont plus strictes?
- si de nouvelles sources de pollution viennent s'ajouter?
- si un programme d'utilisation complémentaire est établi, qui emmagasine l'excès d'eau de surface dans la nappe aquifère?
- si on met en place un programme de recyclage de l'eau?
- si les systèmes de culture, l'efficacité de l'irrigation ou la superficie changent?
- si de nouvelles sources d'approvisionnement ou usines de traitement des eaux usées sont construites
- si les systèmes de conduite qui fuient sont réparés?
- si les conditions hydrologiques changent?

Facile à utiliser

Une interface graphique intuitive fournit un moyen simple mais puissant d'établir la configuration, éditer les données et présenter les résultats. L'utilisateur prépare un système schématique du système de l'eau en utilisant la souris pour "traîner et abandonner" des éléments du système, qui peuvent tous être superposés sur une carte à balayage. Cliquez sur tout élément pour éditer tout donnée qui lui est rattachée ou visualiser les résultats de la simulation. Une aide rattachée au contexte est disponible sur tout le WEAP. Les structures de données extensibles et adaptables de WEAP peuvent s'adapter aux besoins changeants des analystes de l'eau à mesure qu'ils reçoivent une information meilleure et que les questions de la planification changent.

(here is a picture of a computer screen)

Rapports

WEAP offre des dizaines de rapports graphiques qui peuvent s'adapter à vos besoins et qui couvrent tous les aspects de votre simulation, depuis des résumés très larges jusqu'aux bilans de masses très détaillés en tout point du système. La plupart des aspects des rapports peuvent être adaptés aux besoins du client: unités, échelle de temps (par mois ou par an), périodes, intervalles de temps (années spécifiques ou mois spécifiques au cours de x années), type de graphique (barres, lignes, par secteur) et les éléments qui seront inclus. Les graphiques fournissent un aperçu visuel rapide des résultats, alors que les tables fournissent les détails. Les graphiques et les tables peuvent être sauvegardés sur des fichiers pour être importés sur des traitements de texte ou des tableurs. Dès que vous avez adapté un rapport à vos besoins, vous pouvez le sauvegarder en tant que "favori" pour le récupérer plus tard. Jusqu'à six "favoris" peuvent être affichés côte à côte en une "visualisation". En utilisant les favoris et les visualisations, vous pouvez aisément rassembler une série de rapports disposée selon vos besoins et qui soulignent les résultats essentiels de votre analyse.

Couverture des besoins d'approvisionnement
(pourcentage des besoins couverts par an)

(2 charts)

Points à souligner

- Interface graphique avec traînage et abandon
- Système intégré de planification des ressources en eau
- Structures de données souples et extensibles
- Interface contrôlée par menu et facile à utiliser
- Ecrans d'entrée de données directe
- Système de rapports intégré et souple
- Liens avec les tableurs et les traitements de texte
- Aide adaptée au contexte et Guide de l'utilisateur
- Exigences minimes de matériel

WEAP

Système d'évaluation et de planification des ressources en eau

Alyssa H

SEI Boston / The Tel

Boston, MA

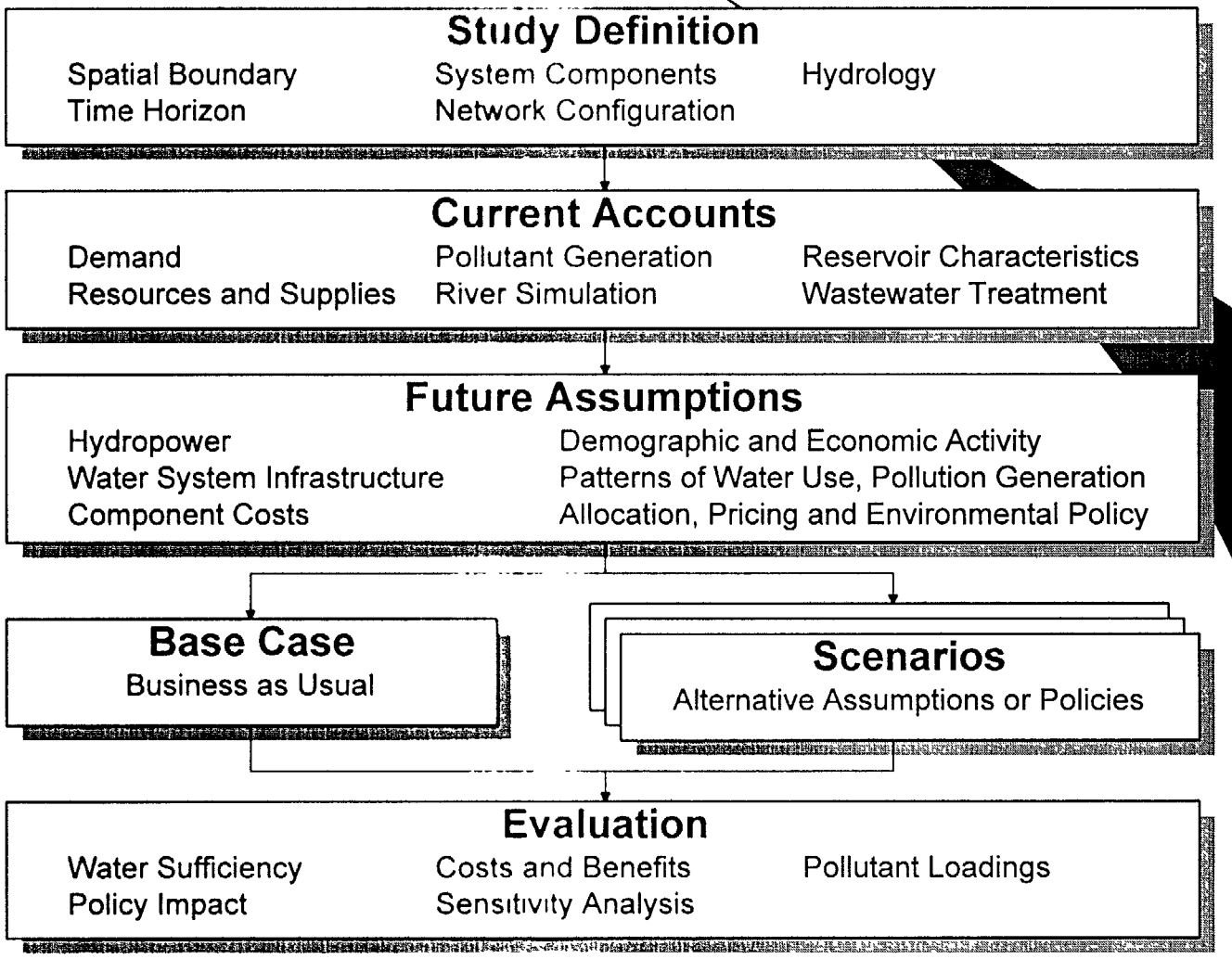
Atelier sur le changement de climat Dakar, Sén

812

Principes de planification

- Analyse intégrée
- Orientée vers l'utilisation en fin de parcours
- Approche de scénario
- Souplesse
- Facile à utiliser
- Transparente

Cadre intégré de planification des ressources en eau



220

EXEMPLES DE PROJETS WEAP

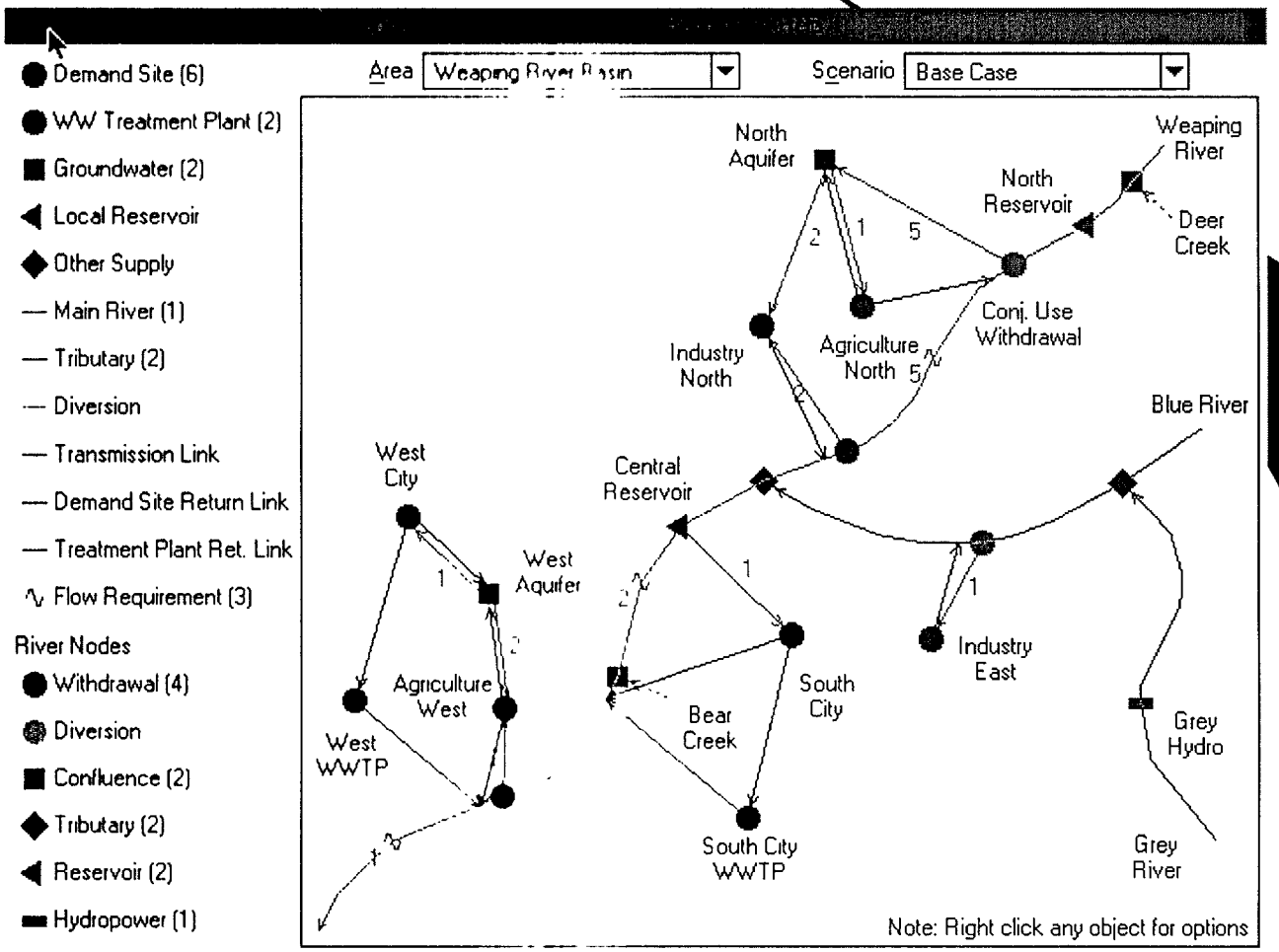
INTERNATIONAUX

- Mer d'Aral
- Beijing (BEMPAS)
- Rio San Juan
- Rajasthan, Inde
- Nil, Égypte
- Argentine
- Nord-est de la Chine

ÉTATS-UNIS

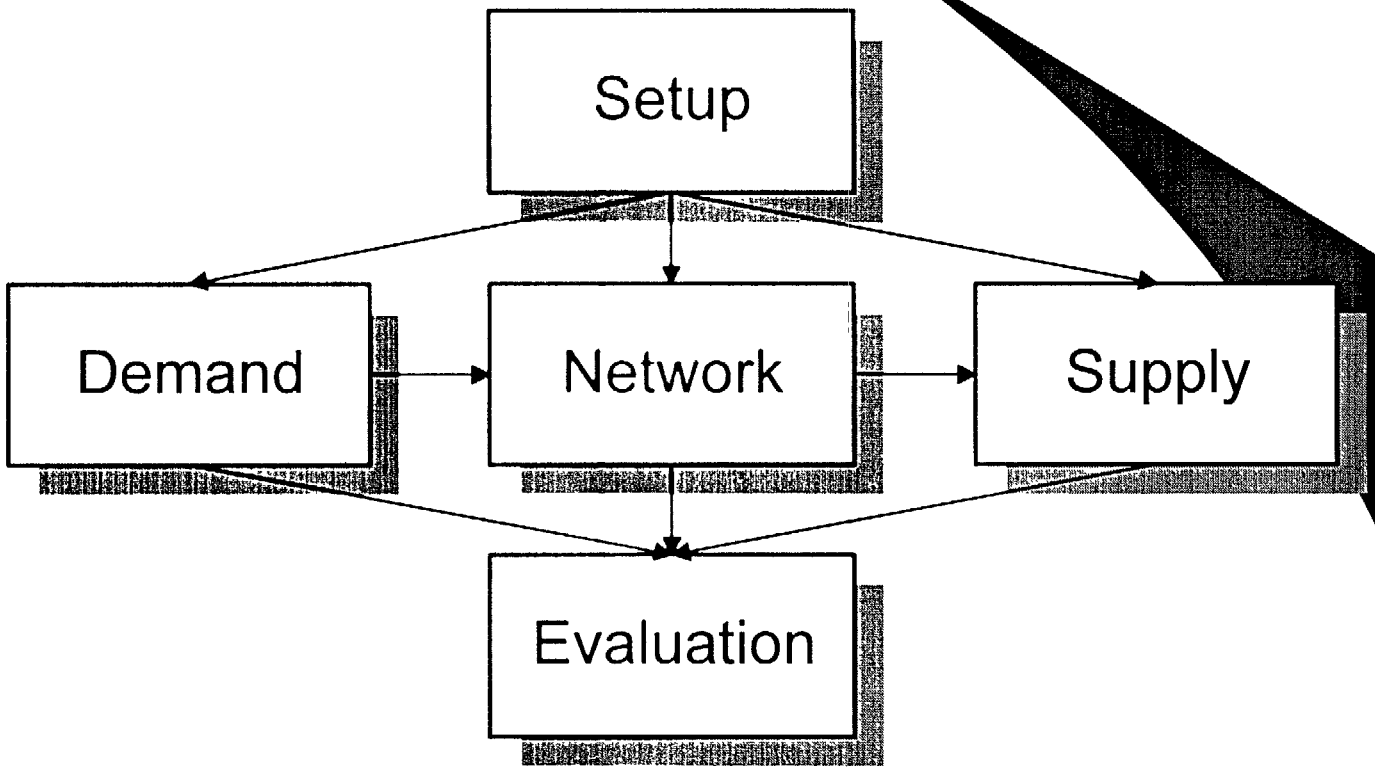
- San Joaqu (CALFED)
- Chattahoochee (Géorgie)
- Bassin Apalachicola- (Géorgie, Alabama, Fl
- Neponset River (Massachusetts)
- Projet au Texas
- Fleuves Mississippi, Missouri, Ohio

Schéma des projets WEAP

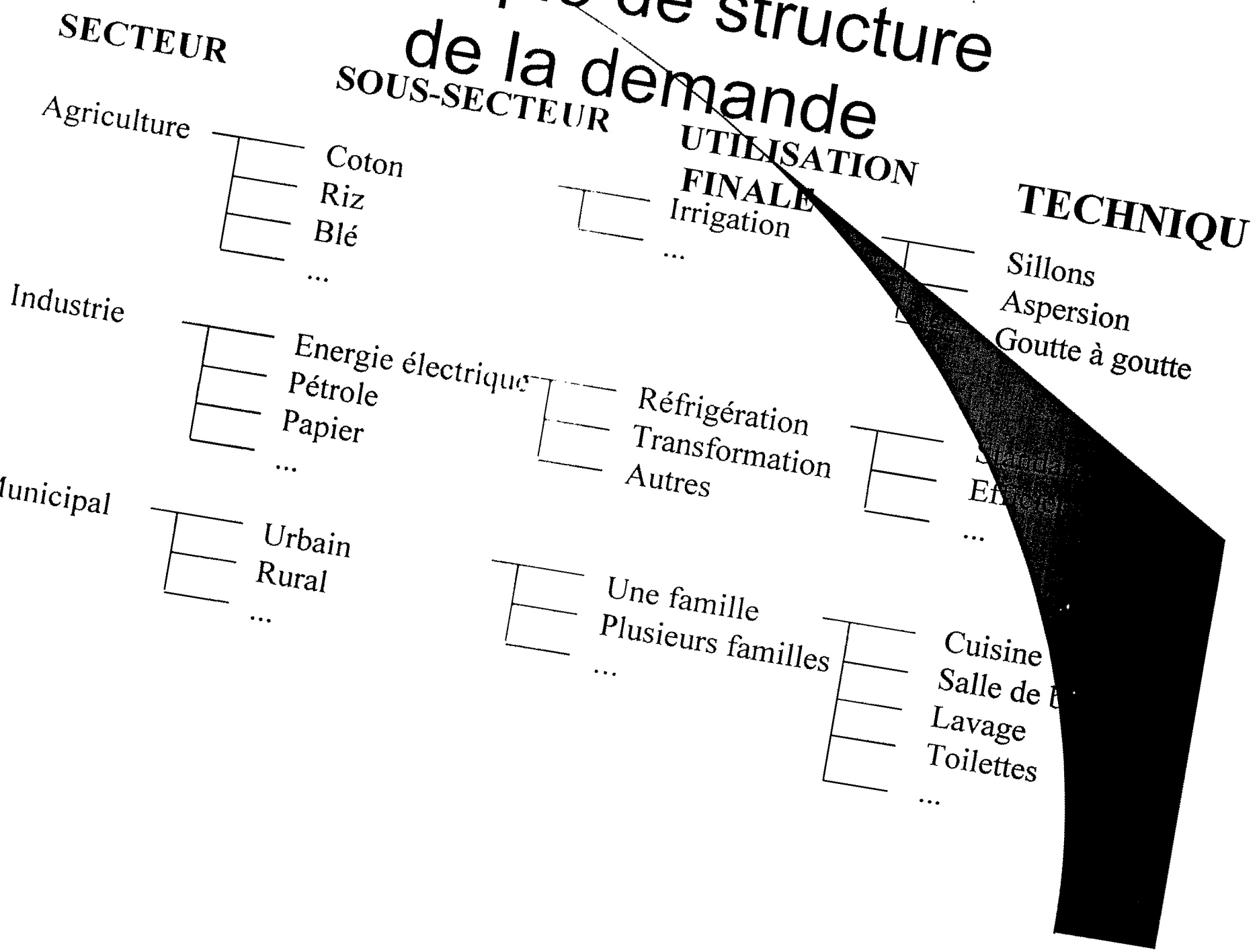


222

Structure du programme WEAP



Exemple de structure de la demande



Saisie des données de la demande

Shortcut to Weap

	1998		Driving Act.		2000	2005	2010	2020
South City	1.000			INT	.	.	.	.
Municipal	3.750	MILL	population	GRW	.	.	.	.

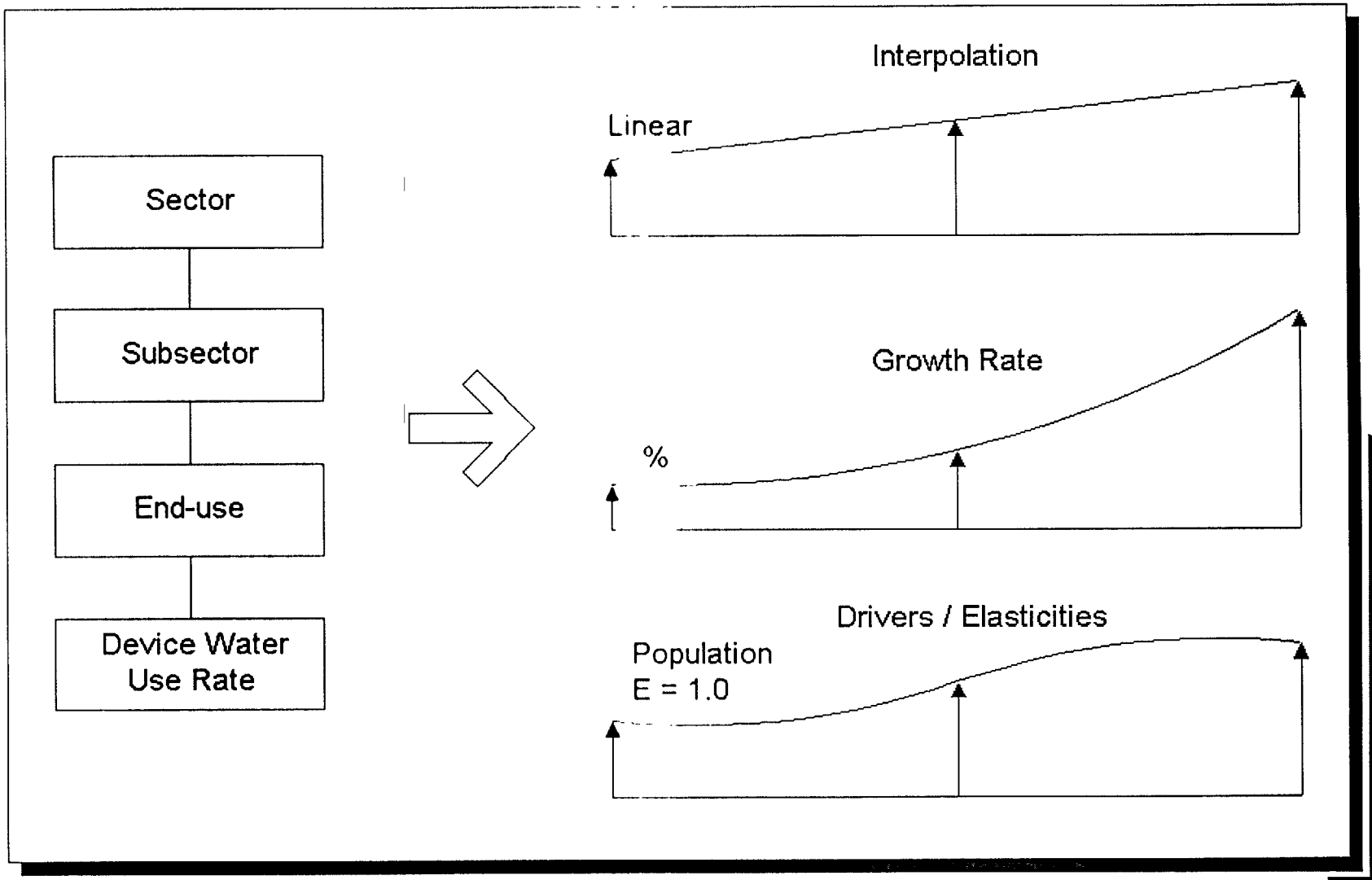
Activity Levels

Subsector Name	1998	Scale	Driving Activity	Proj. Meth	2000	2005	2010	2020
Single Family	42.000	PERCN	% of pop	INT	.	.	.	50.000
Multifamily	58.000	PERCN	% of pop	INT	.	.	.	50.000

Area: Weaping River Basin

Scenario: Base Case

Projections de la demande



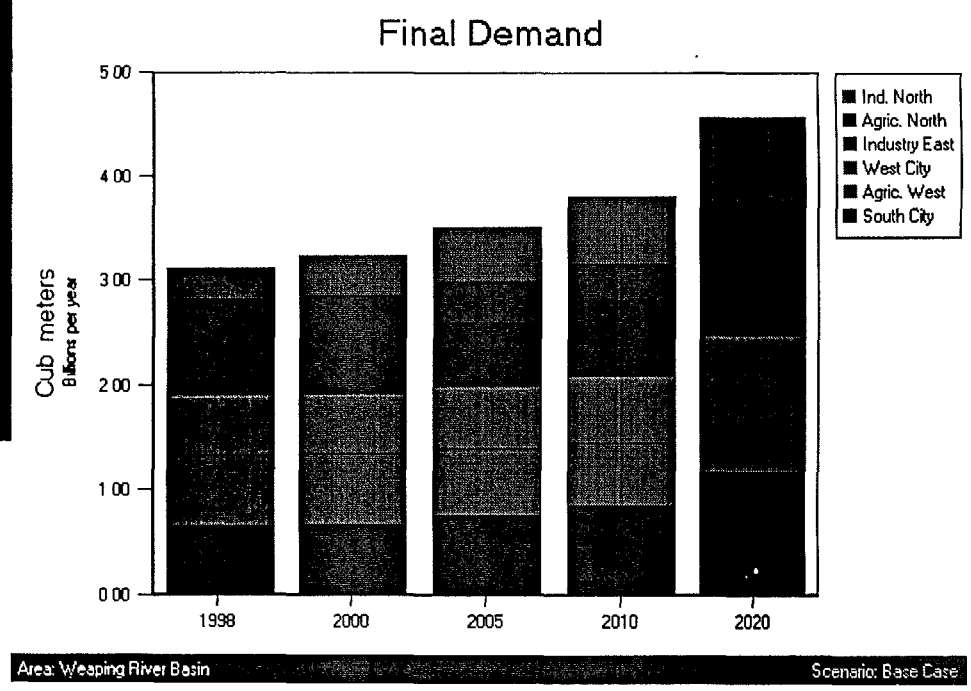
Résultats de la demande en eau

Final Demand
(Million Cub. meters)

	1998	2000	2005	2010	2020
South City	642.54	668.03	748.32	850.30	1163.27
Agric. West	689.75	673.52	634.04	596.10	524.60
West City	567.00	573.18	600.84	641.23	794.16
Industry East	480.00	520.94	616.79	728.27	989.37
Agric. North	433.13	417.19	380.21	346.09	290.16
Ind. North	300.00	370.25	524.17	647.11	800.00
Total	3112.41	3223.11	3504.38	3809.10	4561.56

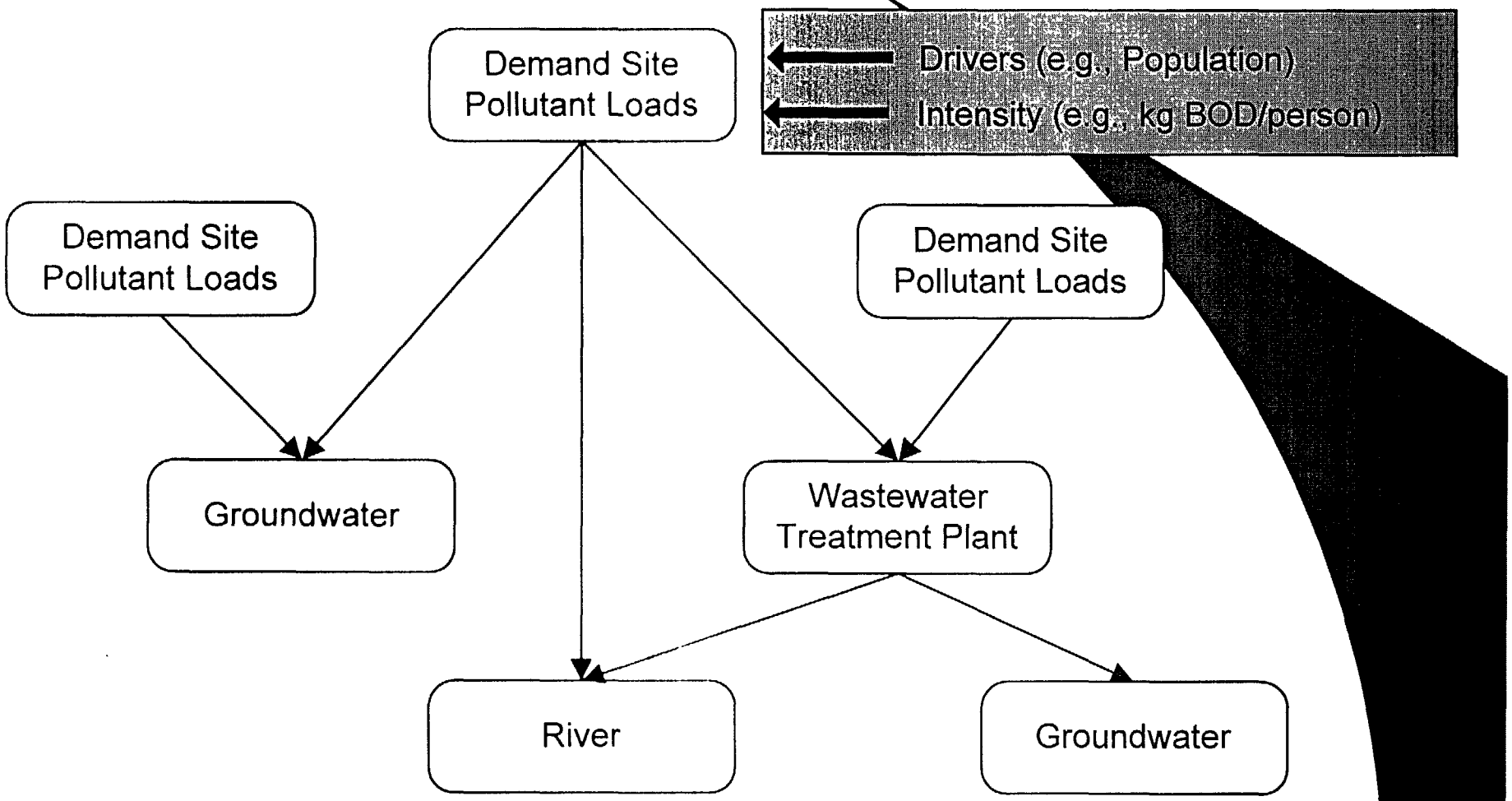
Preparing report...

Area: Weaping River Basin



227

Exemples de charge de produits polluants



Saisie des données de la pollution

Shortcut to Weap

Pollutant	Unit	Note
TSS	kg	From Muncipal and Agricutural Sources
BOD	kg	From Municipal, Agric. and Industrial Sources
Fecal Coliform	MPN	From Municipal Sources
Nitrogen	kg	From Municipal and Agricultural Sources
Phosphorous	kg	From Municipal and Agricultural Sources
Chromium	kg	From Industrial Sources
Lead	kg	From Industrial and Municipal Sources

Area: Weaping River Basin

Shortcut to Weap

Pollutant	Base Year 1998		Driving Activity	Proj Meth	Projected Values 2000	2005	2010	2020
TSS	3.750	MILL	cap	DRU	4.016	4.567	5.042	6.146
BOD	3.750	MILL	cap	DRU	4.016	4.567	5.042	6.146
Fecal Coliform	3.750	MILL	cap	DRU	4.016	4.567	5.042	6.146
Nitrogen	3.750	MILL	cap	DRU	4.016	4.567	5.042	6.146
Phosphorous	3.750	MILL	cap	DRU	4.016	4.567	5.042	6.146
Chromium	0.000			INT	.	.	.	.
Lead	0.000			INT	.	.	.	.

<F2-Options> <F4-Intensity>
<F6-Next> <F10-Main>

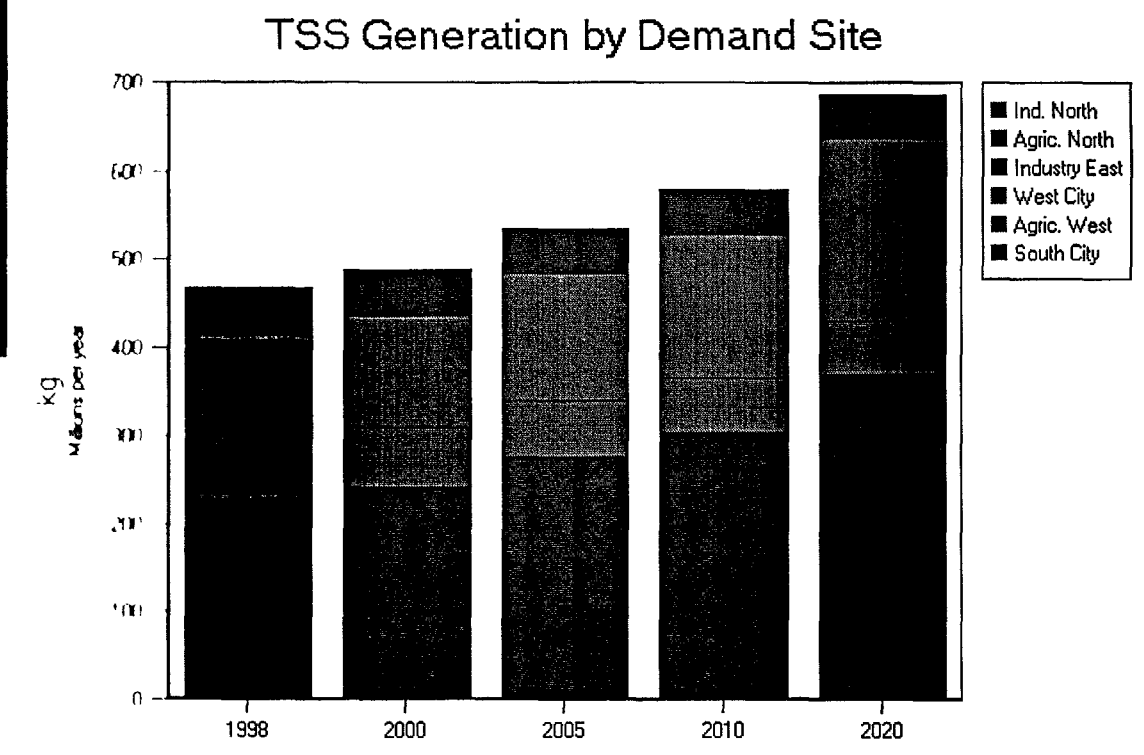
Area: Weaping River Basin Scenario: Base Case

Pollution totale produite

TSS Generation by Demand Site
(Million kg)

	1998	2000	2005	2010	2020
South City	225.00	240.94	273.99	302.51	368.76
Agric. West	67.50	66.83	65.20	63.61	60.53
West City	121.50	127.65	144.43	163.40	209.17
Industry East	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Agric. North	53.10	52.58	51.29	50.04	47.62
Ind. North	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	467.10	488.00	534.91	579.56	686.08

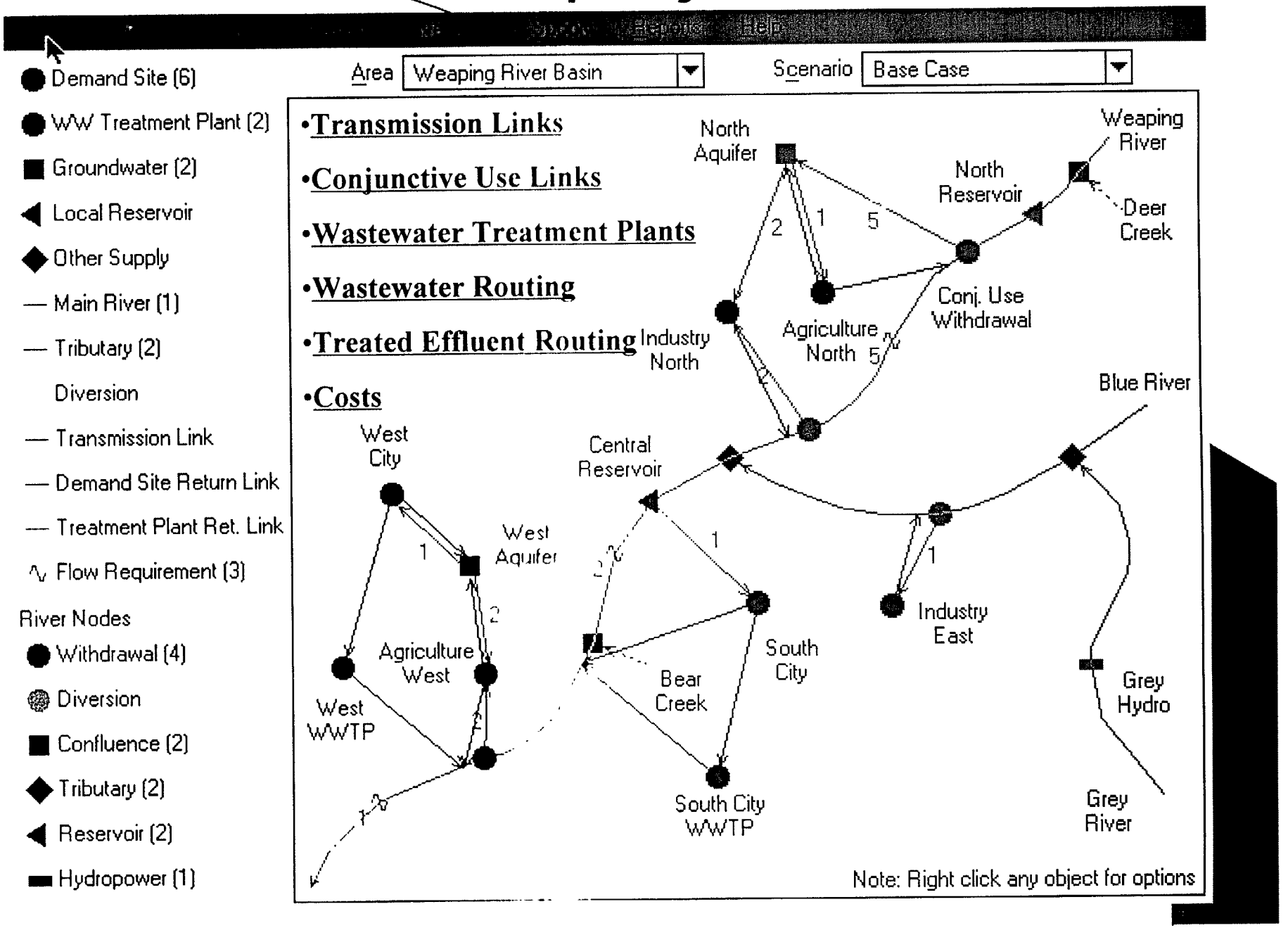
Area: Weaping River Basin



Area: Weaping River Basin

Scenario: Base Case

Réseau du projet WEAP



23

Sources d'alimentation

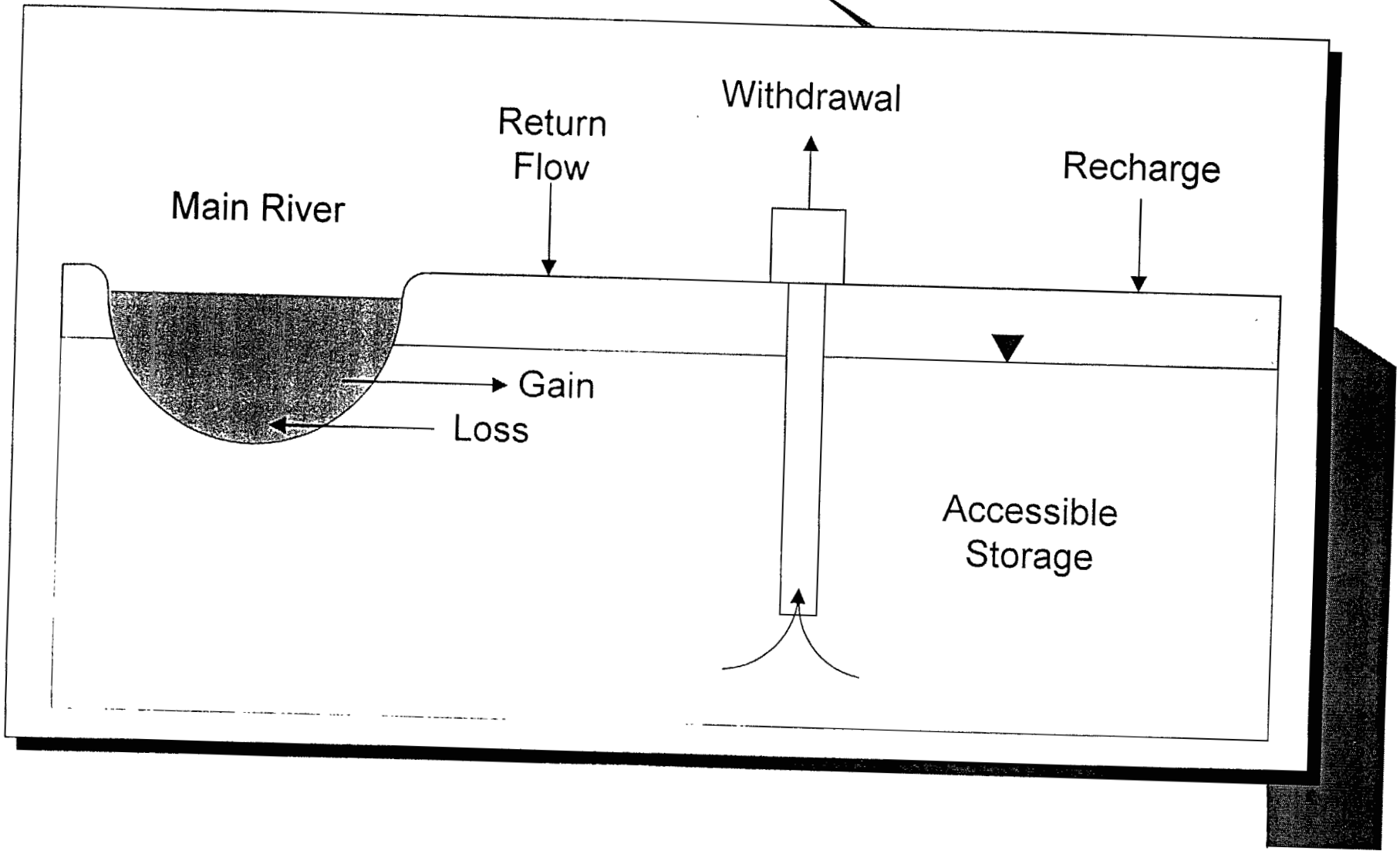
Données sur l'alimentation locale

- Réservoir local
- Eaux souterraines
- Autres

Données sur l'alimentation des cours d'eau

- Débit en tête
- Confluence
- Diversion
- Réservoir du cours d'eau

Flux entrant et sortant des eaux souterraines



Flux en amont

Méthode historique et méthode simplifiée

Shortcut to Weap

	Normal	Very Wet	Wet	Dry	Very Dry
Jan	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80
Feb	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80
Mar	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80
Apr	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80
May	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80
Jun	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80
Jul	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80
Aug	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80
Sep	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80
Oct	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80
Nov	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80
Dec	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80

Area: Weaping River Basin

Saisie des données du réservoir

Shortcut to Weap

Base Year 1998

Total Storage (m^3)

434.000 Million

Initial Storage (m^3)

322.000 Million

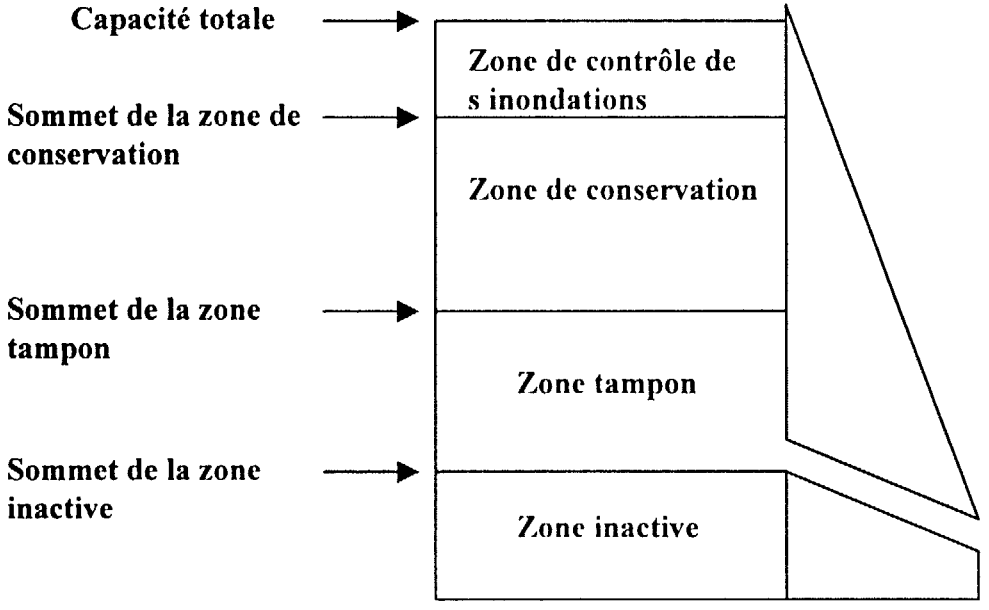
V-S-E Function

Volume (m^3) Scale: Million	Surface Area (m^2) Scale: Million	Elevation (m) Scale:
434.000	26.731	46.299
337.400	21.836	45.702
318.259	20.971	45.574
299.410	20.143	45.445
269.713	18.831	45.233
242.002	17.576	45.019
216.105	16.351	44.806
192.144	15.081	44.592
170.083	13.833	44.375
149.887	12.714	44.166

	Net Evapo-ration (mm)
Jan	+44.20
Feb	+55.63
Mar	+82.80
Apr	+112.01
May	+170.43
Jun	+186.18
Jul	+191.52
Aug	+48.51
Sep	+83.31
Oct	+69.09
Nov	+83.06
Dec	+64.52

Area: Weaping River Basin River: Weaping River Scenario: Base Case

Zones du réservoir



236

Rapports de demande du projet WEAP

- Demande annuelle par site de demande
- Demande annuelle par secteur, sous-secteur ou utilisateur final
- Génération de pollution par site de demande
- Génération de pollution par produit polluant
- Coûts

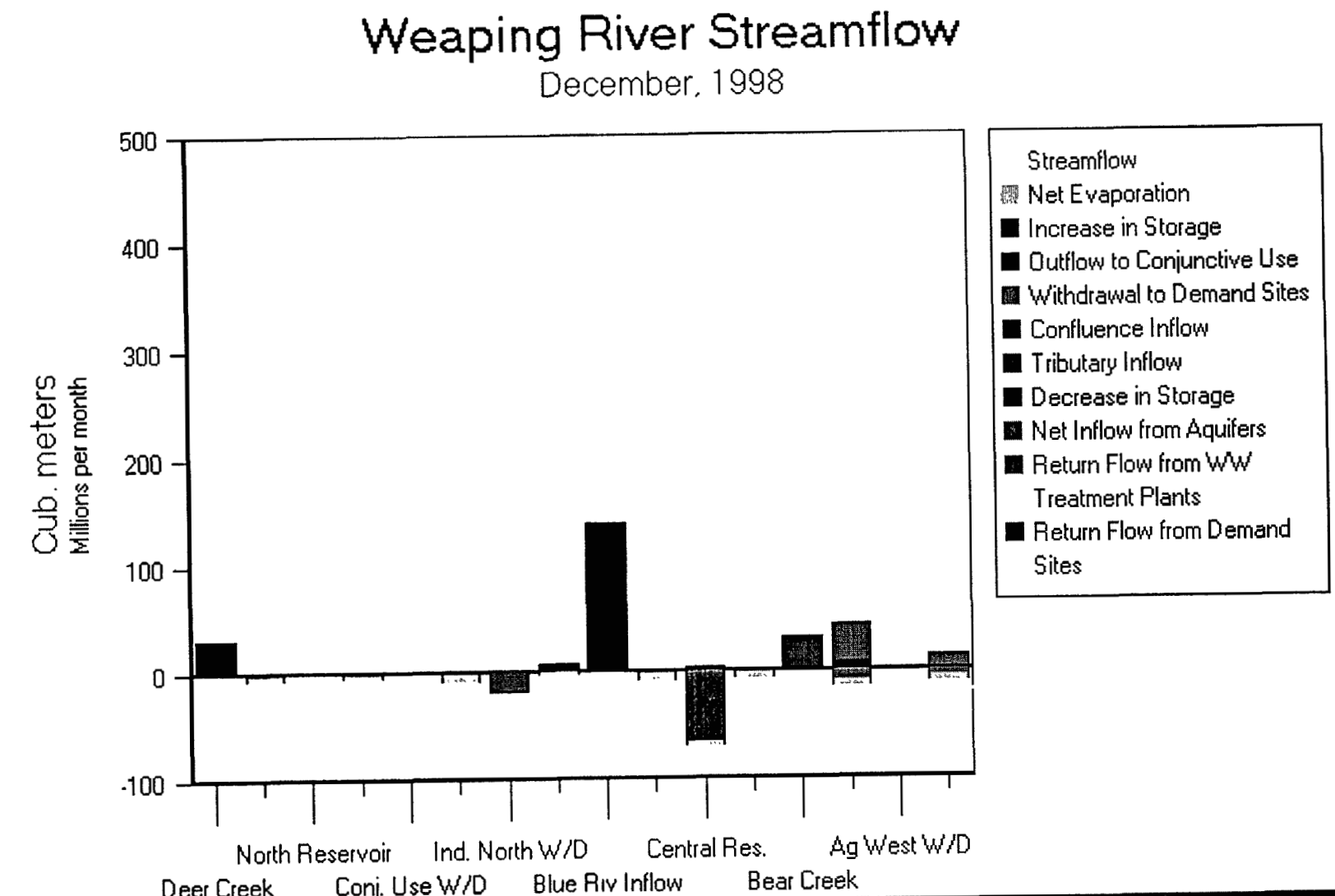
Rapports d'approvisionnement du projet WEAP

- Fiabilité de l'approvisionnement
- Suffisance du flux d'entrée
- Equilibre de masse pour tout élément du système
- Débit
- Evaporation
- Interaction eaux de surface/eaux souterraines
- Charge de produits polluants

Rapports d'approvisionnement du projet WEAP (suite)

- Flux de retour
- Approvisionnement par la source
- Eau retenue dans le réservoir
- Production d'énergie hydroélectrique
- Coûts

Résultats

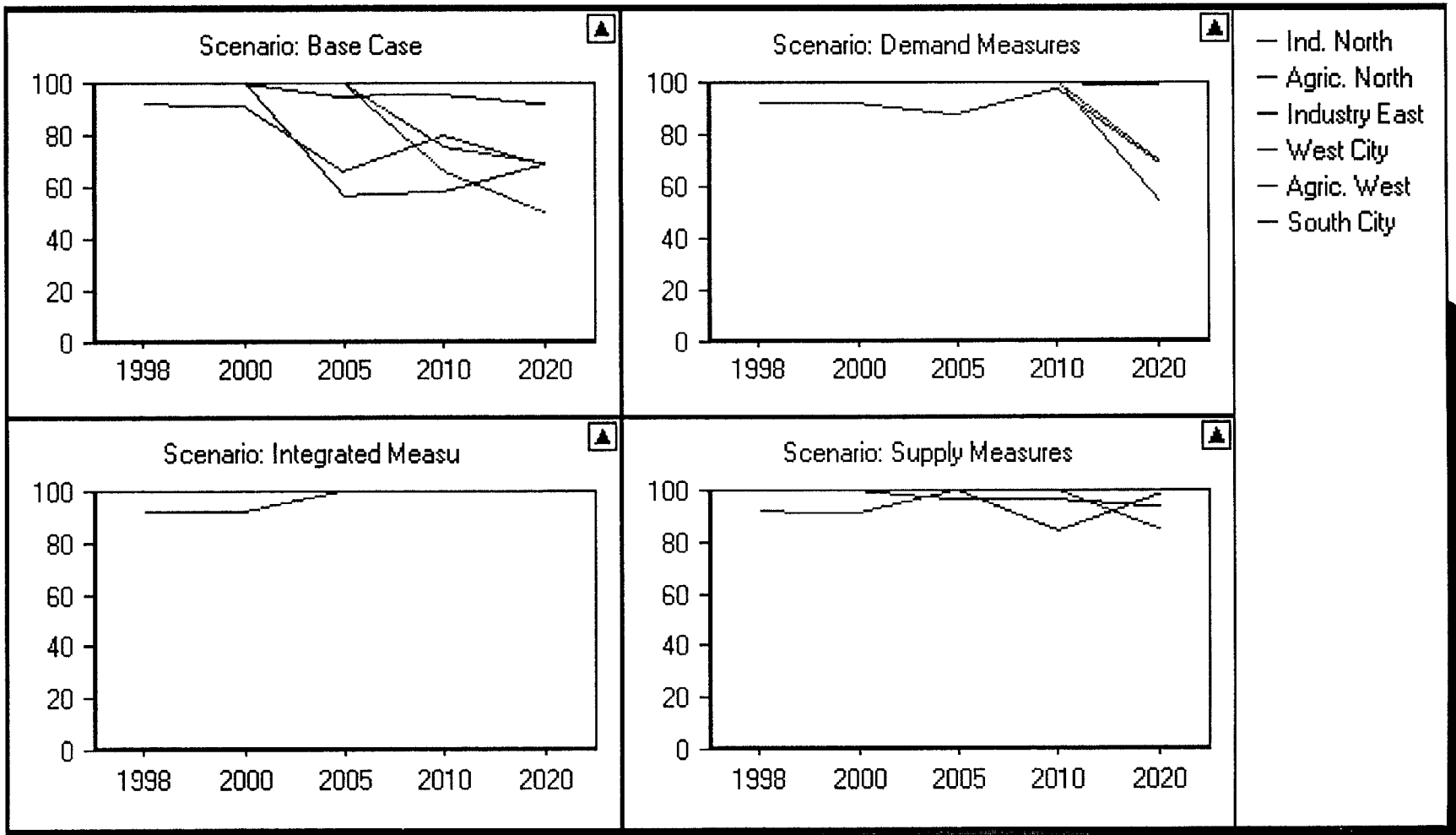


242

Résultats (suite)

Supply Requirement Coverage

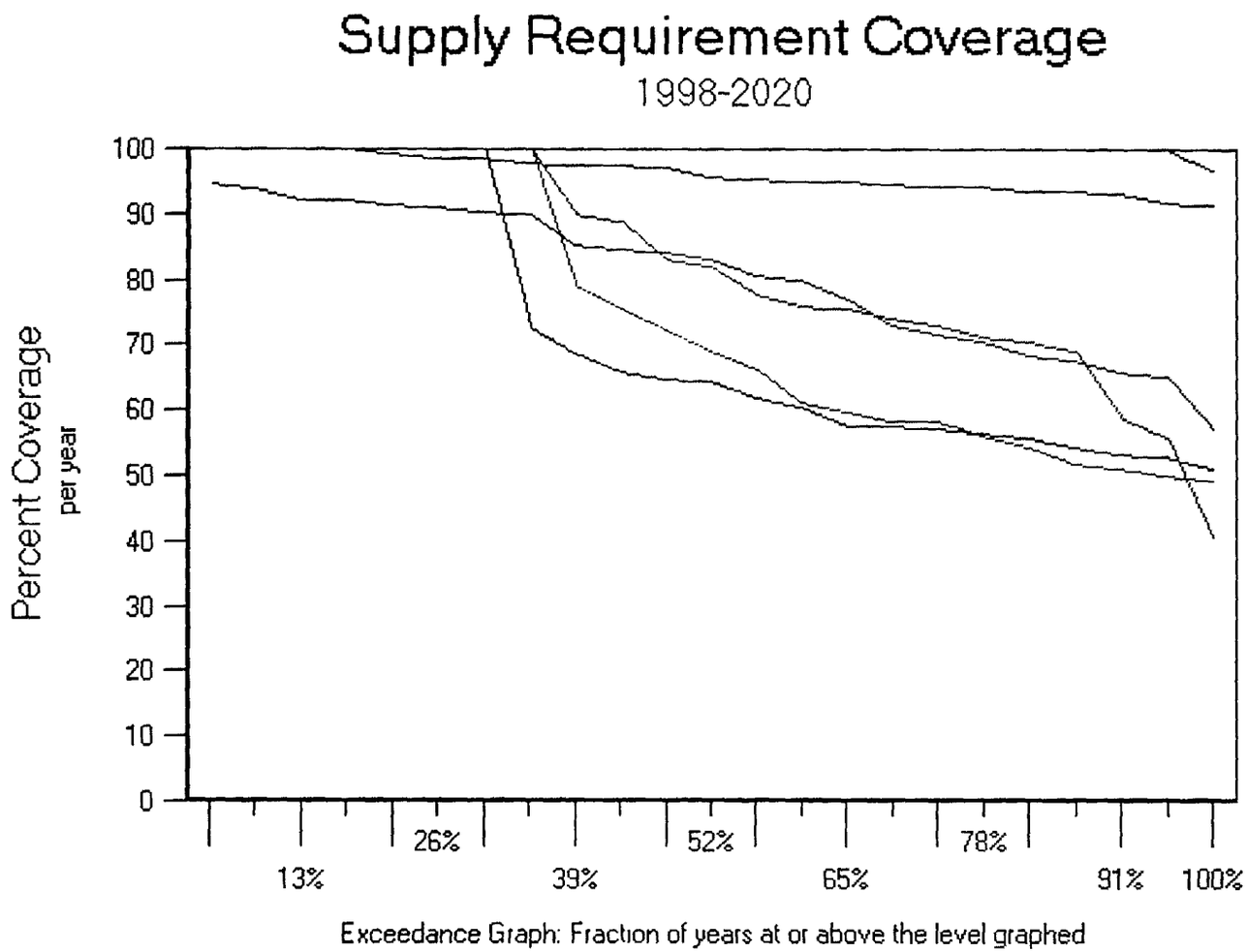
(Percent Coverage per year)



Area: Weaping River Basin

Scenarios: Base Case, Demand Measures, Integrated Measu, Supply Measures

Résultats (suite)



Area: Weaping River Basin

Scenario: Base Case

242

Rapports de demande du projet WEAP

- Demande annuelle par site de demande
- Demande annuelle par secteur, sous-secteur ou utilisateur final
- Génération de pollution par site de demande
- Génération de pollution par produit polluant
- Coûts

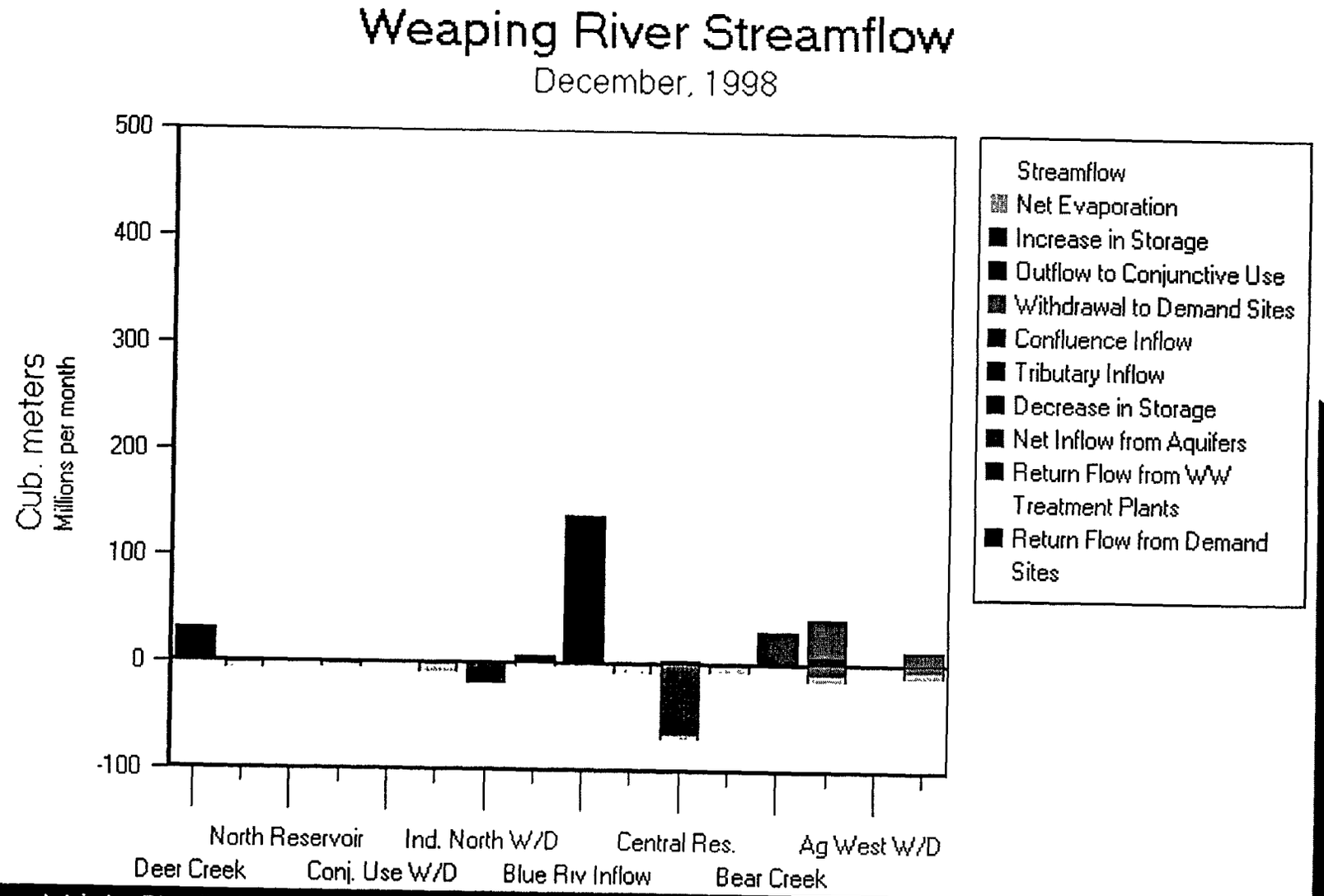
Rapports d'approvisionnement du projet WEAP

- Fiabilité de l'approvisionnement
- Suffisance du flux d'entrée
- Equilibre de masse pour tout élément du système
- Débit
- Evaporation
- Interaction eaux de surface/eaux souterraines
- Charge de produits polluants

Rapports d'approvisionnement du projet WEAP (suite)

- Flux de retour
- Approvisionnement par la source
- Eau retenue dans le réservoir
- Production d'énergie hydroélectrique
- Coûts

Résultats



Area: Weaping River Basin

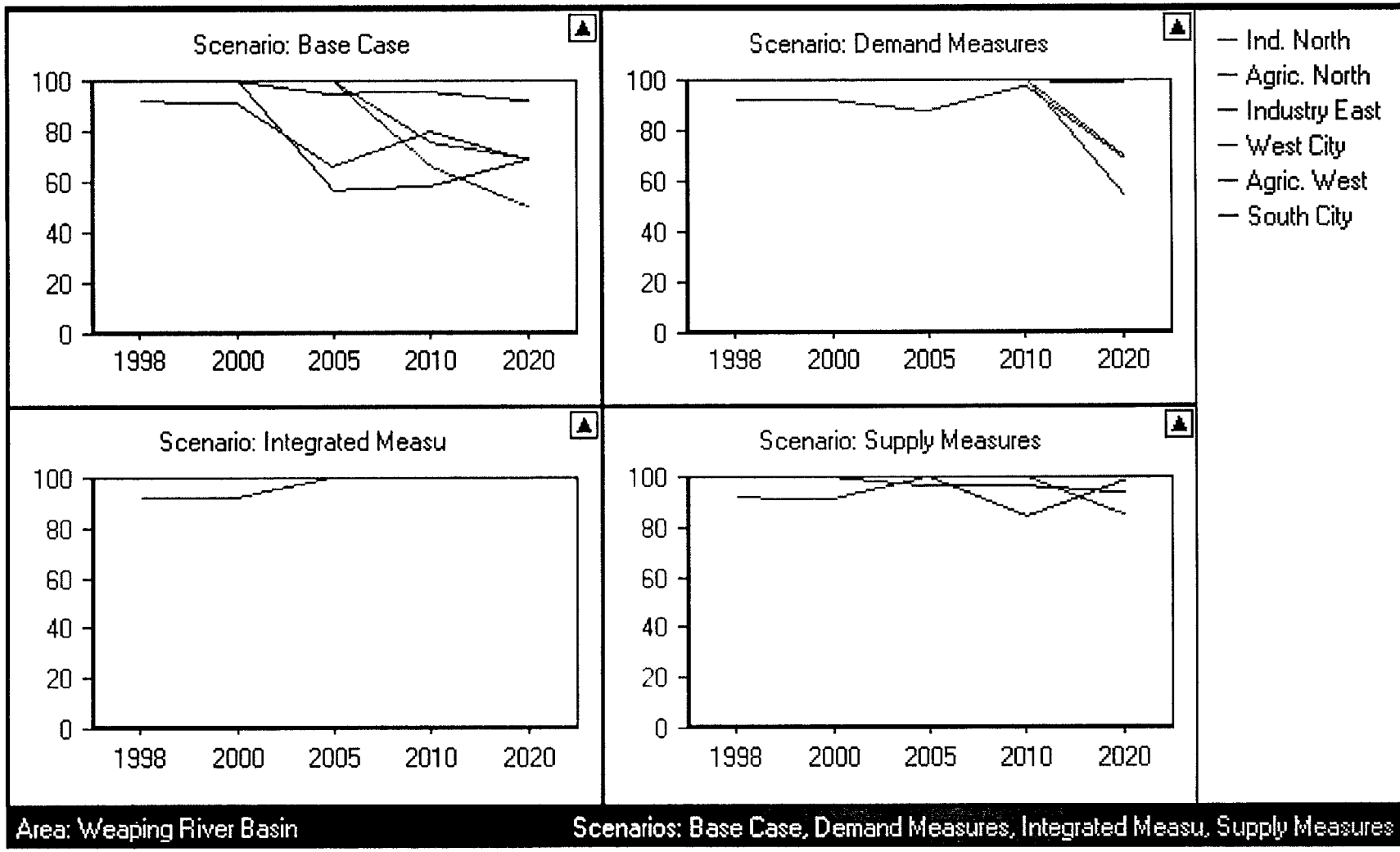
Scenario: Base Case

246

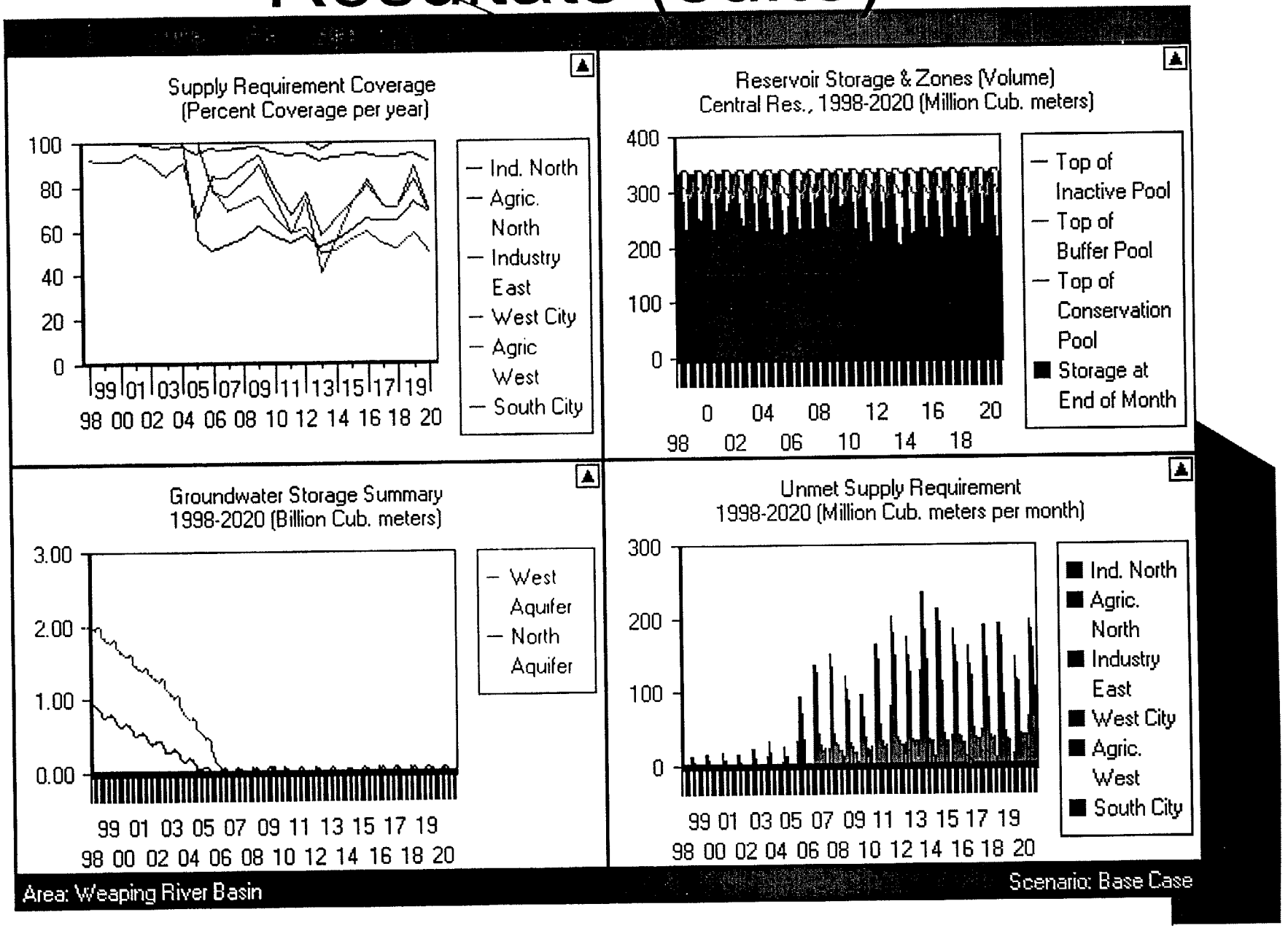
Résultats (suite)

Supply Requirement Coverage

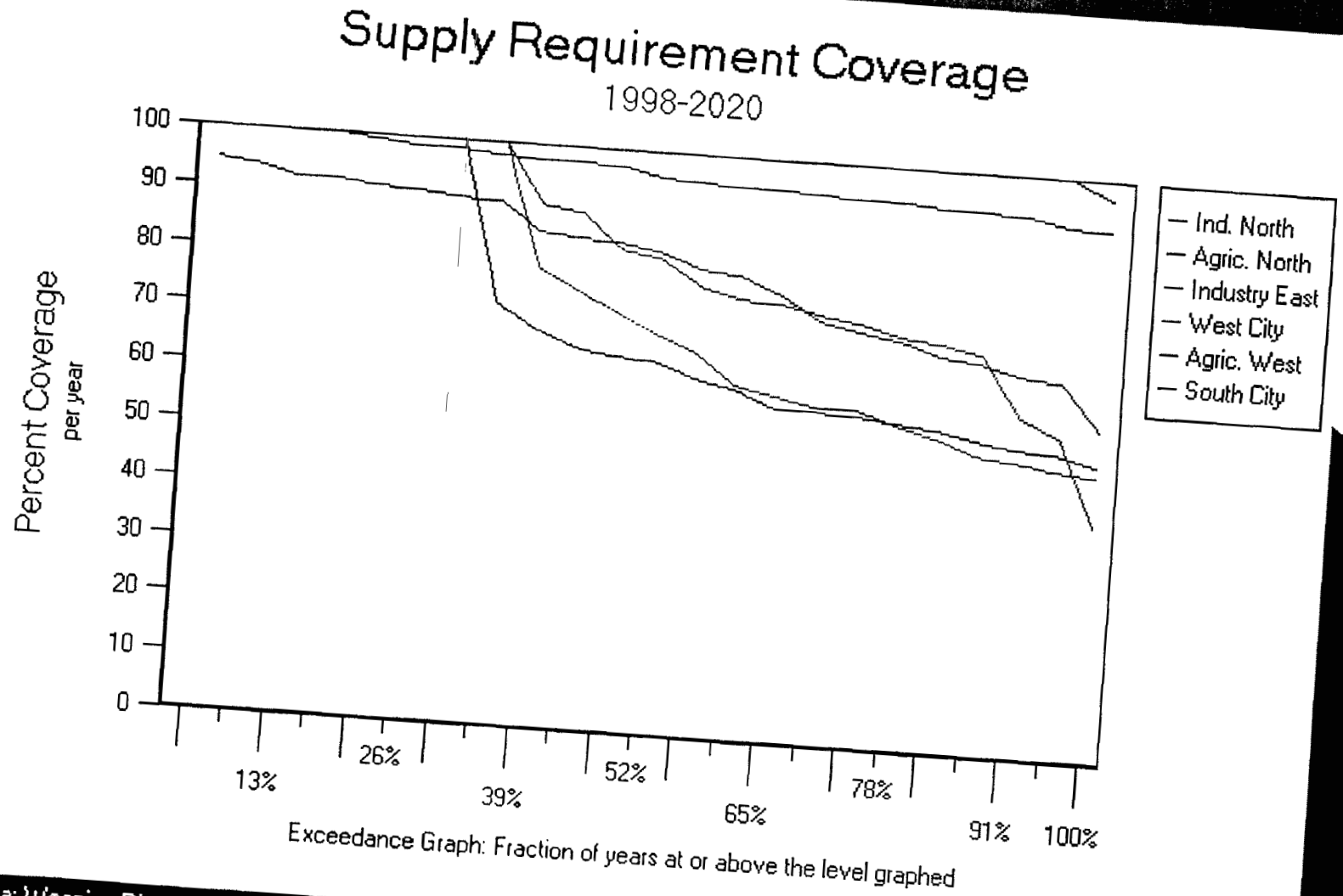
(Percent Coverage per year)



Résultats (suite)



Résultats (suite)



Area: Weaping River Basin

Scenario: Base Case

Vulnérabilité et adaptation au changement de climat: les ressources en eau

Alyssa Holt
SEI Boston / The Tellus Institute
Boston, MA

Atelier sur le changement de climat Juillet 2000, Dakar, Sénégal

Evaluations efficaces de la vulnérabilité et de l'adaptation

- Définition de l'évaluation de la vulnérabilité et de l'adaptation (V&A)
  - Souvent la V&A est une *analyse* et non une *évaluation*
  - Pourquoi??, parce qu'elle se concentre sur les impacts biophysiques
  - Par exemple: la réaction du réseau hydrologique, les rendements des cultures, les forêts, etc.
- Cependant, **l'évaluation** est un processus d'intégration
- Qui exige l'interface d'une science physique et sociale avec la politique publique

Les évaluations V&A efficaces

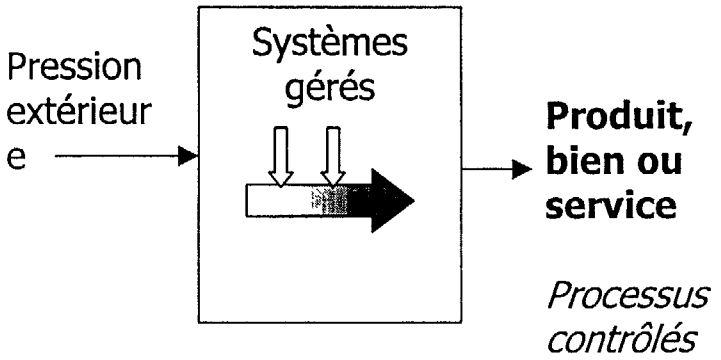
- Questions générales
  - Qu'est-ce que l'évaluation veut influencer?
  - Comment l'interface science/politique peut-elle avoir une efficacité maximale?
  - Comment les participants peuvent-ils eux aussi avoir une efficacité maximale dans ce processus?
- Problèmes généraux
  - Les participants apportent des objectifs/expertises qui différent
  - Ces différences mènent souvent à des désaccords et des opinions divergentes
- Le processus d'évaluation exige d'avoir:
  - 1. La valeur
  - 2. La crédibilité
  - 3. La légitimité
  - 4. Une participation régulière

Les évaluations V&A efficaces (suite)

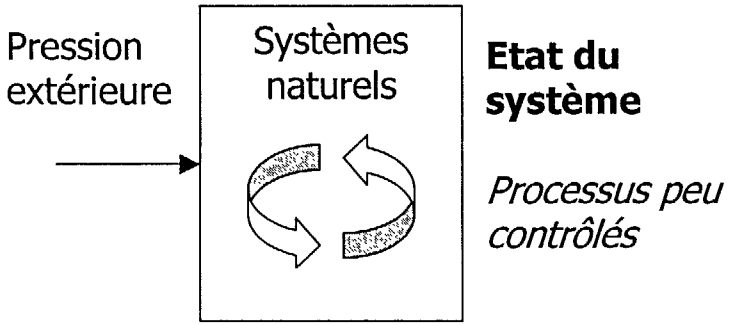
- Les évaluations V&A - un processus interdisciplinaire
  - Le processus d'évaluation exige souvent un outil
  - L'outil est souvent un modèle ou une série de modèles
  - Ces modèles servent d'interface
  - L'interface est le pont pour établir le dialogue entre les scientifiques et les responsables politiques

Les ressources en eau - un secteur V&A crucial

- Sont souvent cruciales pour les systèmes gérés et naturels
- L'activité humaine influence les deux systèmes



Exemple: l'agriculture



Exemple: les terrains marécag

Exemples d'adaptation - l'approvisionnement en eau

- Construction/modification de **l'infrastructure physique**
  - Revêtement des canaux
  - Conduites forcées au lieu de canaux ouverts
  - Intégration de réservoirs séparés en un système unique
  - Réservoirs, centrales hydroélectriques, systèmes d'amenée
  - Elévation de la hauteur des barrages
  - Augmentation de la dimension des canaux
  - Nettoyage des sédiments pour augmenter la capacité des réservoirs
  - Transferts de l'eau entre les bassins
- **Gestion d'adaptation** des systèmes d'approvisionnement existants
  - Changement des règles d'exploitation
  - Utilisation conjointe de l'approvisionnement en eau de surface et eaux souterraines
  - Intégration physique des systèmes d'exploitation des réservoirs

Exemples d'adaptation - La demande pour l'eau

- Politique, conservation, efficience et technologie
  - Domestique
    - Ré-utilisation municipale et à la maison
    - Réparation des fuites
    - Collecte de l'eau de pluie pour des utilisations non potables
    - Utilisation d'appareils à faible débit
    - Double système d'approvisionnement (potable et non potable)
  - Agriculture
    - Horaire et efficience de l'irrigation
    - Revêtement des canaux, conduites forcées
    - Ré-utilisation des eaux de drainage, utilisation des effluents d'eaux usées
    - Cultures de haute valeur/à faible consommation d'eau
    - Systèmes d'irrigation en goutte à goutte, à micro-asperseurs, faible énergie et application précise
    - Cultures tolérantes aux sels qui peuvent recevoir des eaux de drainage

Exemples d'adaptation - La demande pour l'eau

- Politique, conservation, efficience et technologie
  - Industrie
    - Ré-utilisation et recyclage de l'eau
    - Refroidissement à cycle fermé et/ou à air
    - Turbines hydrauliques plus efficientes
    - Bassins de refroidissement, tours humides et tours sèches
  - Energie (hydroélectrique)
    - Fonctionnement du réservoir: réduire l'évaporation, s'ajuster à la demande
    - Co-génération (utilisation de la chaleur résiduelle)
    - Réservoirs et stations hydroélectriques supplémentaires
    - Faible débit de la rivière en amont de la station
    - Transferts vers d'autres activités poussés par le marché et les prix
    - Utilisation des prix de l'eau pour échanger l'eau entre les secteurs

Outils pour les études V&A des ressources en eau

- **Modèles hydrologiques** (processus physiques)
  - Simulation des processus hydrologiques des bassins des rivières
  - Exemples: équilibre hydrique, pluviométrie-ruissellement, simulation des lacs, modèles pour la qualité de l'eau des cours d'eau
- **Modèles des ressources en eau** (physiques et gestion)
  - Simulation de l'offre/demande présentes et futures du système
  - Règles et politiques d'exploitation
  - Impacts sur l'environnement
  - Production d'énergie hydroélectrique
  - Systèmes d'appui aux décisions pour l'interaction politique

Outils pour les études V&S des ressources en eau (suite)

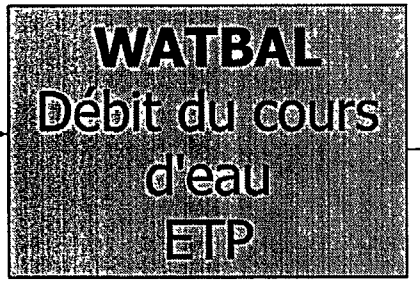
- **Modèles économiques**
  - Niveau macro-économique
    - Multiples secteurs de l'économie
    - Equilibre général - tous les marchés sont en équilibre
  - Niveau sectoriel
    - Marché unique ou marchés étroitement liés (par exemple l'agriculture)
  - Niveau de la firme
    - Modèle au niveau de l'exploitation agricole (approche de programmation linéaire)
    - Micro-simulation

Outils qui seront présentés à l'atelier

- Hydrologie (Modèle Excel d'équilibre de l'eau)
- Modèles pour les cultures (CERES, **vulnérabilité,** adaptation)
- Modèle de la demande pour l'irrigation (CROPWAT)
- Modèle d'évaluation des ressources en eau (WEAP)

Modèle d'équilibre de l'eau (WATBAL)

- Précipitations mensuelles
- Température
- Capacité de rétention de l'humidité
- Humidité relative
- Radiation
- Ruissellement observé



- Ruissellement

Modèle de culture (CERES)

- Données climatiques quotidiennes
- Type de sol
- Type de cultivar

→ **CERES**
Demande en eau de la culture

→ Demande en eau de la culture

Modèle de demande pour l'irrigation (CROPWAT)

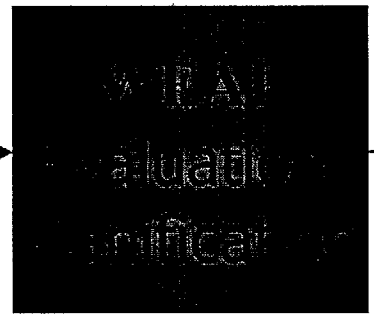
- Climat
- Système d'exploitation
- Demande en eau des cultures

→ **CROPWAT Irrigation régionale** →

- Demande pourl'irrigation

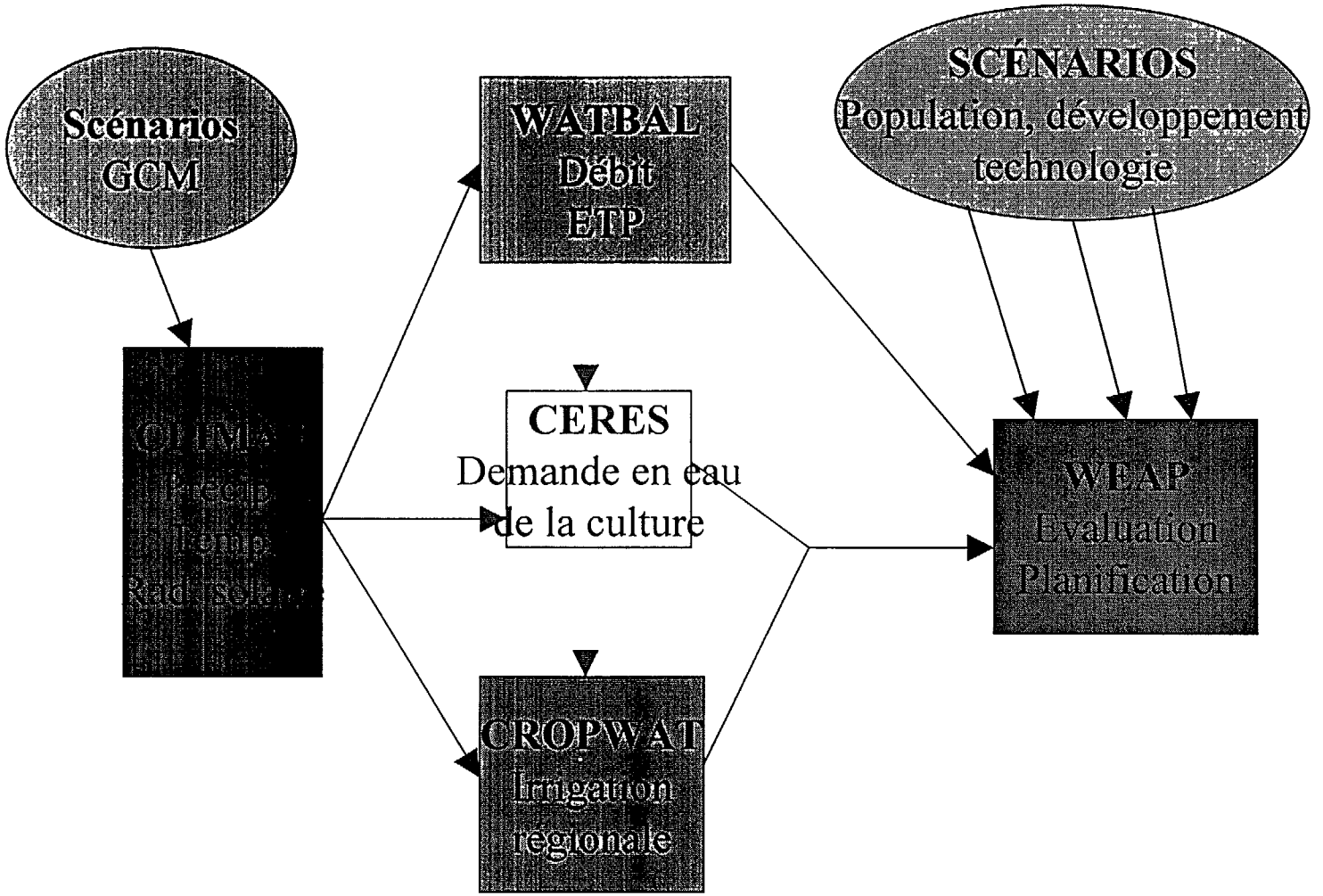
Modèle d'évaluation des ressources en eau (WEAP)

- Ruisselleme nt
- Demande pour l'irrigation
- Autres demandes
- Politique
- Opérations



- Information sur le réseau du système
- Fiabilité du système

Interaction des composantes du modèle

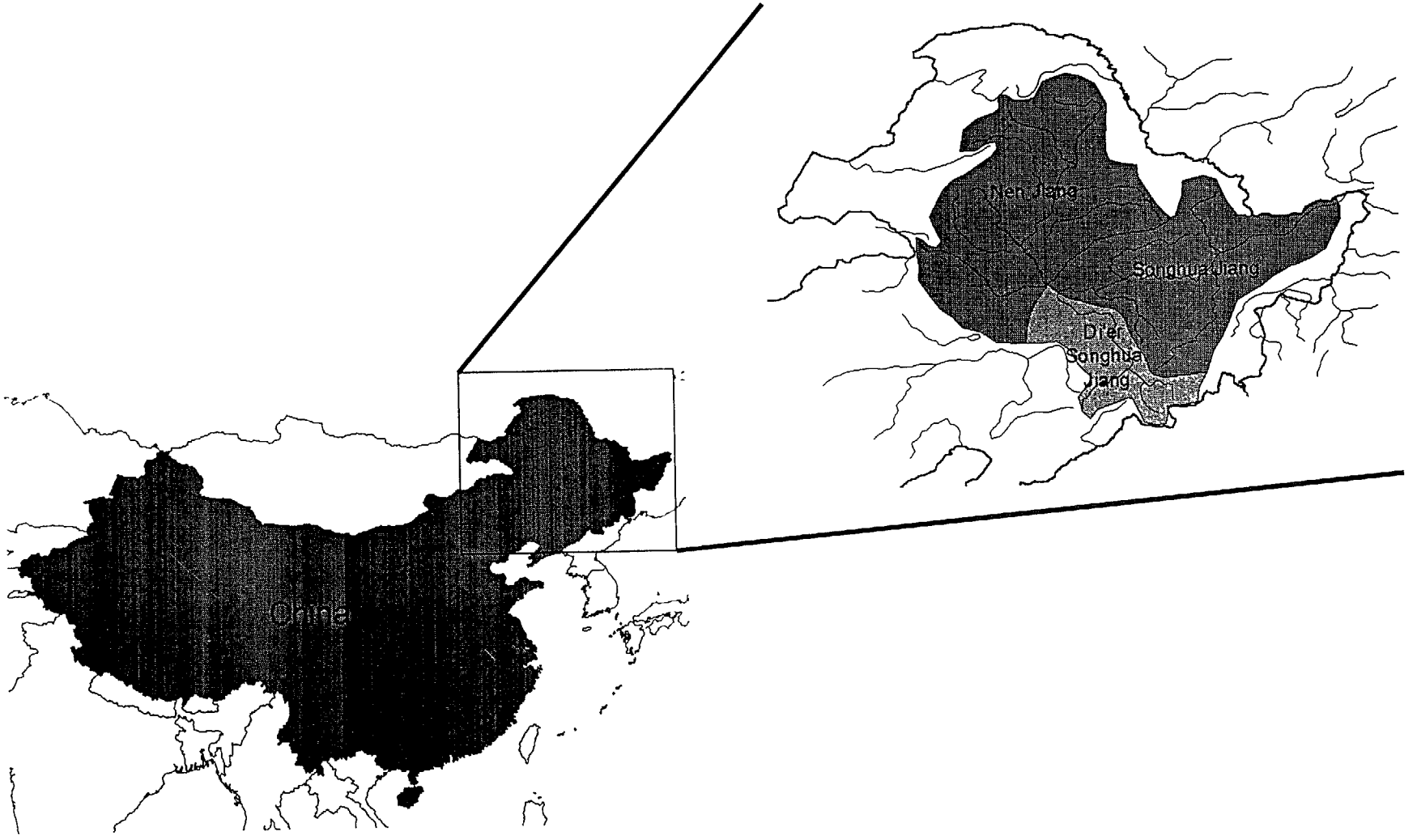


265

Evaluation V&S: étude de cas en Chine La rivière Songhua

- Pour aborder les options d'adaptations, il est nécessaire d'avoir un cadre intégré de nature pluri-disciplinaire
  - Evaluation de la vulnérabilité
    - Agriculture (rendement des cultures: soja, maïs, autres)
    - Hydrologie (alimentation en eau des réservoirs)
  - Evaluation de l'adaptation
    - Evaluation et planification des ressources en eau (infrastructure)
    - Exploitation du réservoir et transport et livraison de l'eau

Etude de cas de la rivière Songhua



Etude de cas de la rivière Songhua

- Exemples de scénarios
  - **Scénario A**
    - développement économique élevé
    - faible croissance de la population
    - augmentation de l'irrigation et autres facteurs d'efficience (technologie)
  - **Scénario B**
    - Hypothèses inverses du scénario A
- Indicateurs
  - Composante d'offre et de demande
  - Fiabilité du système pour satisfaire à la demande
  - Débit de la rivière

Cas d'étude de la Chine ... Dialogue

- **Message général des scientifiques aux responsables politiques**
  - Contrainte d'eau régionale pour l'agriculture
  - Les utilisations concurrentes de l'eau exigeront une agriculture irriguée efficace
  - Nécessité d'investir dans le drainage
  - Soucis concernant la qualité de l'eau

ALYSSA HOLT

Stockholm Environment Institute

Questionnaire d'adaptation

(évaluation à long terme ou plan d'action national ou communication)

1. Décrivez brièvement une vulnérabilité au changement de climat (pourrait être causée ou aggravée par un changement de climat)

2. Identifiez une adaptation proactive (d'habitude par un gouvernement ou une institution) qui pourrait réduire la vulnérabilité. Comment cela pourrait-il réduire les effets négatifs ou augmenter les effets positifs du changement de climat?

3. De quelle information avez-vous besoin pour convaincre le ministre d'adopter l'adaptation (soyez aussi spécifique que possible; si vous ne pouvez pas, décrivez seulement les besoins généraux d'évaluation) (Utilisez des approches qualitatives et/ou quantitatives)

3a. Comment pouvez-vous prouver l'existence de vulnérabilites dans le changement de climat (n'oubliez-pas la base de départ)?

3b. Comment allez-vous montrer que l'adaptation réduit la vulnérabilité au changement de climat (cela peut aussi montrer qu'elle réduit la vulnérabilité dans le climat actuel)?

4. De quelle assistance technique (données, modèles, formation, etc.) pourriez-vous avoir besoin pour répondre à ces questions?

Biographies

Willy Makundi **Laboratoire national Lawrence Berkeley**

Le Dr. Makundi est chercheur au Laboratoire national Lawrence Berkeley à Berkeley, en Californie. Mr Makundi possède une vaste expérience dans la foresterie et les questions relatives au changement de climat, en particulier la modélisation de l'évaluation et de l'atténuation des flux des gaz de serre. Il a été l'auteur principal des second et troisième rapports d'évaluation de l'IPCC (le Panel intergouvernemental sur le changement de climat) ainsi que l'auteur principal du rapport spécial sur l'utilisation et le changement de l'utilisation des terres et la foresterie. Il a fourni une aide technique à diverses équipes de pays en voie de développement et en transition, qui travaillent sur les questions d'inventaire, d'atténuation et de vulnérabilité.

Brian Hurd, Ph.D **Stratus Consulting**

Brian H. Hurd est associé principal dans le groupe du changement de climat de Stratus Consulting, une société de recherche sur l'environnement et l'énergie basée à Boulder dans le Colorado. Après avoir obtenu sa licence (B.A.) en économie à l'Université du Colorado, il a poursuivi ses études de maîtrise et de doctorat à l'Université de Californie à Davis, avec une thèse sur l'analyse des changements technologiques dans l'agriculture. L'intérêt qu'il porte à la recherche interdisciplinaire et à la contribution aux prises de décisions publiques sur les ressources naturelles l'a conduit à se concentrer sur les impacts et les adaptations au changement de climat. M. Hurd a développé des modèles régionaux et nationaux sur l'impact des ressources en eau, a analysé les changements d'utilisation des terres en sylviculture et en agriculture et a étudié l'adaptation au changement de climat et les stratégies d'atténuation. Il a servi divers clients des secteurs public et privé, en particulier l'Agence des États-Unis pour la protection de l'environnement, le Département américain de l'énergie, la Fondation nationale pour la science, l'Institut national pour le changement environnemental global, le Centre Pew sur le changement global de climat et l'Institut de recherche sur l'énergie électrique. Il a publié des articles dans plusieurs périodiques dont *Climate Research, Journal of Agriculture and Resource Economics, Risk Analysis, American Journal of Agriculture Economics* et *Journal of the American Water Resources Associations*; il est aussi l'auteur du chapitre "Effets économiques du changement de climat sur les ressources en eau des États-Unis" publié dans le livre intitulé" Impact du changement de climat sur l'économie des États-Unis" (en anglais) (Presses universitaire de Cambridge).

Greg Kiker **Université du Natal, Afrique du Sud**

Le Dr. Greg Kiker est actuellement maître de conférences et chercheur à l'Ecole du génie des ressources biologiques et de l'hydrologie environnementale à l'Université du Natal, à Pietermaritzburg, en Afrique du Sud. Il a acquis sa formation en agriculture et en génie biologique à l'Université de la Floride où il a obtenu sa licence (B.S.) et sa maîtrise, puis à l'Université de Cornell où il a reçu son doctorat. Il est actuellement le coordinateur principal de la section de la vulnérabilité et de l'adaptation de l'étude de pays de l'Afrique du Sud sur le changement de climat. Dans le passé il a été conseiller pour les études de pays au Zimbabwe, en Gambie et dans plusieurs pays d'Amérique centrale.

Alyssa Holt **Institut Stockholm pour l'environnement**

Mme Holt est associée de recherche à l'Institut Stockholm pour l'environnement à Boston, Massachusetts (SEI-B). A SEI, son travail est centré sur l'évaluation intégrée de l'eau fraîche, la modélisation de scénarios de gestion, la politique des usagers et l'application du modèle WEAP d'évaluation et de planification de l'eau de SEI-B. Mme Holt participe au développement des méthodes analytiques utilisées dans le programme de recherches de SEI-B sur l'eau, où elle organise des études et des cours de formation sur l'eau, prépare des publications et représente SEI-B à divers séminaires. Elle a fait des analyses de simulations de bassins de rivières pour des évaluations de l'eau disponible pour la production alimentaire (Chine, États-Unis, Brésil, Argentine, bassin du Danube). Elle participe aussi à la Vision mondiale de l'eau auprès du Conseil mondial de l'eau. Avant de se joindre à SEI-B, Mme Holt a travaillé sur un projet de changement de l'utilisation de l'eau à l'Institut d'analyse des systèmes appliqués internationaux, en participant au développement d'une méthodologie d'estimation de la demande en eau basée sur un système d'information géographique. Mme Holt possède une licence (B.S.) en génie civil et environnemental et une maîtrise (M.S.) en ingénierie des ressources en eau de l'Université du Colorado à Boulder, Colorado.

WILLY MAKUNDI
Lawrence Berkeley National Laboratory

National GHG Inventory - *IPCC Guidelines for* *Forestry and Agricultural Sectors*

Willy R. Makundi
Lawrence Berkeley National Laboratory

July 25 - 27, 2000

USAID GCCI Workshop: Dakar, Senegal

BERKELEY LAB
Ernest Orlando Lawrence
Berkeley National Laboratory

GHG Inventories - IPCC Guidelines: Forestry and Agricultural Sectors

Objective: Estimate annual GHG flux from current & past activities

Covered Sectors:

- Land-Use Change and Forestry
- Agriculture
  - Prescribed Burning of Savannas
  - Field Burning of Agricultural Residues

Revised Sections in the 1996 Guidelines

- Forest classification system
- Tropical forest biomass densities
- New method soil C emission estimation

Land-Use Change and Forestry

Introduction

- Simple Method:

- Gases and sources:

- (1) CO_2
  - From changes in forest and other woody biomass stocks
  - From forest and grassland conversion
  - From abandonment of managed lands
- (2) CH_4, CO, N_2O, NO_x
  - On-site burning of cleared forests and woodlands

- Short comings:
  - Classification of land-use is based on the most recent human activities
  - Ignores below-ground biomass

Land-Use Change and Forestry

Introduction

- Specific items to note:
  - CO_2 Emissions from non-sustainably produced woody biomass used for fuel are covered in the LUCF sector
  - Non-CO_2 Emissions from all biofuel use are covered in the Energy sector
  - CO_2 Emissions from total woody and non-woody biomass use for fuel are covered in the Energy Sector, but are not included in the Energy Emission totals.

Land-Use Change and Forestry

CO_2 Flux from Changes in Forest and Other Woody Biomass Stocks

- Goals: Calculate net CO_2 flux due to changes in biomass stocks from:
  - afforestation and reforestation,
  - logging and harvesting for wood fuel,
  - other tree planting e.g. agro-forestry & urban trees
- Key assumptions:
  - removed biomass decomposes or oxidizes in the same year
  - no associated changes in soil C

Land-Use Change and Forestry

CO_2 Flux from Changes in Forest and Other Woody Biomass Stocks

Main Steps

- 1. Estimate annual C uptake in biomass in forest management, plantation growth, tree planting, etc.
- 2. Estimate annual C release from logging and wood-fuel consumption
- 3. Subtract C release from C uptake (1 - 2) and convert to CO_2 (multiply by 11/3)

Land-Use Change and Forestry

CO_2 Flux from Changes in Forest and Other Woody Biomass Stocks

Input data and coefficients:

(i) Forest and Woodland Ecosystems

- area under the forest/vegetation type (ha)
- annual biomass growth rate for each type (t dm/ha/yr)
- C content of dry biomass (default 0.5 tC/t dm)

(ii) Tree Planting

- number of trees planted e.g. in agroforestry (#)
- annual biomass growth rate of trees (t dm/1000 trees)
- C content of dry biomass (default 0.5 tC/t dm)

Land-Use Change and Forestry

CO_2 Flux from Changes in Forest and Other Woody Biomass Stocks

Input data and coefficients:

(iii) Logging and harvesting of biomass by type

- annual roundwood harvest (m3/yr)
- biomass expansion factor (#)
- woodfuel consumption (t dm/yr)
- other woody biomass removals (t dm/yr)
- biomass removed from forest clearing and burned off-site (t dm/yr) - step 1 in the section of forest clearing.
- biomass C content (default 0.5 tC/t dm)

Land-Use Change and Forestry

CO_2 Flux from Changes in Forest and Other Woody Biomass Stocks

Input data and coefficients:

(iv) Biomass Conversion/Expansion Factors - for use with biomass harvest data

defaults:	Undisturbed forests	1.75
	Logged forests	1.90
	Unproductive forests	2.00

(v) Convert volumes (m3) to dry biomass (t dm)

default:	biomass density	0.5 t dm/m3

Land-Use Change and Forestry

CO_2 Flux from Changes in Forest and Other Woody Biomass Stocks

Computation of C flux:

- 1. Annual C-uptake in biomass (tC/yr)
  - $U = \sum [(AP_f \times GP_f \times CP_f) + (T_f \times GT_f \times CT_f)]$
  - where:
    - » AP = area of plantation and managed forests (ha)
    - » GP = annual biomass growth rate for forests (t dm/ha/yr)
    - » CP = C content for forests (tC/ t dm)
    - » T = number of non-contiguous trees planted (1000s)
    - » GT = annual growth rate for trees (t dm/Ktrees/yr)
    - » CT = C content for planted trees (tC/t dm)
    - » f = vegetation type

Land-Use Change and Forestry

CO_2 Flux from Changes in Forest and Other Woody Biomass Stocks

Computation of C flux:

2. Annual C-release in biomass (tC/yr)

- $R = \sum \{[(RW_f \times EF_f) + FW_f + OW_f - FC_f] \times CT_f\}$
- where:
  - » RW = roundwood harvest (m^3/yr)
  - » EF = biomass conversion/expansion factor (t dm/m3)
  - » FW = annual woodfuel consumption (t dm/yr)
  - » OW = other wood use (t dm/yr)
  - » FC = wood removed from forest clearing and burned off-site (t dm/yr) - from forest conversion calculations.
  - » C = C content of harvested biomass (tC/t dm)
  - » f = vegetation type

Land-Use Change and Forestry

CO_2 Flux from Changes in Forest and Other Woody Biomass Stocks

Computation of C flux:

3. Annual Net CO_2 flux from changes in forest and other woody biomass stocks (t CO_2/yr)

$$(U - R) \times 11/3$$

where:

U = annual C-uptake in biomass (tC/yr)

R = annual C-release from biomass (tC/yr)

Note: The signs of uptake (+) and emissions (-) were switched in the IPCC Reporting Forms in Volume I

Land-Use Change and Forestry

CO_2 Flux from Conversion of Forests and Grasslands

Forest and Grassland Conversion

- Objective: Estimate CO_2 emissions from biomass burning and decomposition and from soils which occur when forests and grasslands are converted to croplands, pasture or other land uses.

- Default assumption: No change in above ground biomass between natural grasslands and and conversion land use (crop, pasture, etc)

- Allows for inclusion of soil carbon loss (in the Revised 1996 Guidelines soil C has been moved to a new section

Land-Use Change and Forestry

CO_2 Flux from Conversion of Forests and Grasslands

Major steps:

- 1. Calculate net C-emissions from burning aboveground biomass on and off site.
  - prompt emissions occur in the year of clearing.
  - use 3-yr running average for conversion rate.

- 2. Calculate net C-emissions from decay of aboveground biomass.
  - delayed emissions occurring over 10 yr period.

Land-Use Change and Forestry

CO_2 Flux from Conversion of Forests and Grasslands

Major steps:

- 3. Calculate net C-emissions from soil.
  - delayed emissions occurring over a 25-year period
  - optional for tropical regions, (no default values given)

- 4. Add 1-3 and concert the C-released to CO_2

Land-Use Change and Forestry

CO_2 Flux from Conversion of Forests and Grasslands

Data and emission factor requirements

- average area converted, in the inventory year, 10 - and 25- year averages (ha/yr).
- aboveground biomass density prior to conversion (t dm/ha)
- aboveground biomass density after conversion (t dm/ha)
- fractions of biomass burned onsite, offsite and that left to decay e.g. 0.45, 0.40, 0.15 respectively.

Land-Use Change and Forestry

CO_2 Flux from Conversion of Forests and Grasslands

Data and emission factor requirements

- fraction of biomass oxidized (both on and offsite).
- C-content of onsite and offsite biomass (default value 0.5 tC/t dm for woody biomass and 0.45 for non-woody biomass
- soil C per unit forest or grassland area (tC/ha)
- fraction of soil C released (default value for temperate and boreal forest and grasslands 0.5/25 years).

Land-Use Change and Forestry

CO_2 Flux from Conversion of Forests and Grasslands

Calculations

1a. Total C-released from on-site burning of biomass (tC/yr):

» $C_{on} = \sum[A_f \times (BB_f - BA_f) \times Fbn_f \times Fon_f \times C_f$

where;

Con = C-released from onsite biomass burning
A = area cleared annually (ha/yr)
BB = biomass density before conversion (t dm/ha)
BA = biomass density after conversion (t dm/ha)
Fbn = fraction of biomass burned onsite
Fon = fraction of biomass oxidized onsite
C = C-content (t C/t dm)
f = forest and/or grassland type

Land-Use Change and Forestry

CO_2 Flux from Conversion of Forests and Grasslands

Calculations

1b. Total C-released from burning biomass offsite (tC/yr):

$$C_{of} = \sum[A_f \times (BB_f - BA_f) \times Fbn_f \times Fof_f \times C_f$$

where;

Cof = C-released from offsite biomass burning
A = area cleared annually (ha/yr)
BB = biomass density before conversion (t dm/ha)
BA = biomass density after conversion (t dm/ha)
Fbf = fraction of biomass burned offsite
Fof = fraction of biomass oxidized offsite
C = C-content (t C/t dm); f = forest and/or grassland type

1c. Total C-released from 1a and 1b:

$$CB = C_{on} + C_{of}$$

Land-Use Change and Forestry

CO_2 Flux from Conversion of Forests and Grasslands

Calculations

2. Total C-released from decay of aboveground biomass (tC/yr):

$$CD = \sum [A_{10f} \times (BB_f - BA_f) \times FD_f \times C_f]$$

where;

CD = C-released from biomass decomposition

A_{10f} = 10 year average of area converted annually (ha/yr)

BB = biomass density before conversion (t dm/ha)

BA = biomass density after conversion (t dm/ha)

FD = fraction of biomass left to decay

C = C-content (t C/t dm);

f = forest and/or grassland type

Land-Use Change and Forestry

CO_2 Flux from Conversion of Forests and Grasslands

Calculations

Optional for Tropical Countries

3. Total C-released from soil due to conversion (tC/yr):

$$CS = \sum [A_{25f} \times FR_f \times SC_f]$$

where;

CS = C-released from disturbed soil

A_{25f} = 25 year average of area converted annually (ha/yr)

FR = fraction of soil C released over 25 year period

SC = C-content (t C/t dm) before conversion;

f = forest and/or grassland type

Land-Use Change and Forestry

CO_2 Flux from Conversion of Forests and Grasslands

Calculations

4. Total CO_2-released from converting forests and grasslands (tCO_2/yr):

$$TCO_2 = (CB + CD + CS) \times 11/3$$

where;

TCO_2 = Total CO_2 released from forest and grassland conversions

CB = Total C released from biomass burning (Step 1c)

CD = Total C released from biomass decomposition (Step 2)

CS = Total soil C released due to conversion (Step 3)

Land-Use Change and Forestry

Emissions of Non-CO_2 GHGs from Conversion of Forests & Grasslands

Non-CO_2 Emissions from On-site burning of Cleared Forests and Woodlands

- Objective: Estimate CH_4, CO, N_2O and NO_x emissions
- Basis: Use the total C-released from on-site burning to estimate the non-CO_2 GHGs. (Off-site emissions are covered in Energy sector Guidelines)
- Steps:
  - Estimate total annual N-released
  - Estimate annual C and N trace gas emissions

Land-Use Change and Forestry

Emissions of Non-CO_2 GHGs from Conversion of Forests & Grasslands

Calculation

- annual C released from on-site burning associated with forest clearing (tC/yr).
- N/C ratio of biomass burned (e.g. 0.01 N/C)
- emission ratio of CH_4-C to CO_2-C released from biomass burning
- emission ratio of CO-C to CO_2-C released from biomass burning
- emission ratio of N_2O-N to N released from burning
- emission ratio of NO_x-N to N released from burning

Land-Use Change and Forestry

Emissions of Non-CO_2 GHGs from Conversion of Forests & Grasslands

Calculation

- 1. Total annual N-released (t N/yr) = COn x NC

where:

- Con = annual C released from on-site burning (Step 1c of Forest and Grassland Conversion).
- NC = N/C ratio (default value: 0.01).

Land-Use Change and Forestry

Emissions of Non-CO_2 GHGs from Conversion of Forests & Grasslands

Calculations

- 2a Trace gas emissions

  - CH_4 (t/yr) = COn x ER_{CH4} x 16/12

  - CO (t/yr) = COn x ER_{CO} x 28/12

  where:
  COn = annual C-released from on-site burning (Step 1c of forest and grassland conversion.
  ER = emission ratio

Land-Use Change and Forestry

Emissions of Non-CO_2 GHGs from Conversion of Forests & Grasslands

Calculations

- 2b Trace gas emissions

  - N_2O (t/yr) = N x ER_{N2O} x 44/28

  - NO_x (t/yr) = COn x ER_{NOx} x 46/14

  where:

  N = total N released per year.

  ER = emission ratio

Land-Use Change and Forestry

CO_2 Uptake from Abandonment of Managed Lands

Abandonment and Natural Re-growth

- Objective: Estimate CO2 uptake in biomass and soils by re-growth on abandoned agricultural and pasture lands.

- Key items to note:
  - Does not cover lands which do not re-grow or those which degrade after abandonment, except where warranted.
  - Use 20-year historical data, and 20-100 years before present if data is available.

302

Land-Use Change and Forestry

CO_2 Uptake from Abandonment of Managed Lands

- Main steps:
  - 1. Estimate biomass C uptake on land abandoned during the last 20 years
  - 2. Estimate soil C uptake on land abandoned during the last 20 years

  (if data allows, do steps 3 and 4)
  - estimate biomass C uptake on land abandoned between 21 and 100 years ago
  - estimate soil C uptake in land abandoned 21 - 100 years prior to the inventory year
  - Add 1-4 to estimate total C uptake & convert to CO2

Land-Use Change and Forestry

CO_2 Uptake from Abandonment of Managed Lands

- Default assumptions:
  - 1. If the abandoned land regenerates to grasslands, assume no change in aboveground biomass
  - 2. In temperate and boreal ecosystems, soil C is assumed to accumulate linearly from an initial value at a rate of 1% per year to a maximum of 50-75% of the original stock.
  - 3. In tropical ecosystems the effect of abandonment on soil C is uncertain, so, we assume no change except if data exists.

Land-Use Change and Forestry

CO_2 Uptake from Abandonment of Managed Lands

- Data requirements:

  - C-content of replacement biomass (tC/t dm)

  20 years or less:

  - total regenerating area abandoned in the past 20 years (ha).
  - Annual average biomass accumulation rate per unit area (8 t dm/ha/yr)
  - average annual soil C accumulation rate (tC/ha/yr)

Land-Use Change and Forestry

CO_2 Uptake from Abandonment of Managed Lands

- Data requirements:

  Between 20 and 100 years:

  - total regenerating area abandoned in the past 20 years (ha).
  - Annual average biomass accumulation rate per unit area (8 t dm/ha/yr)
  - average annual soil C accumulation rate (tC/ha/yr)
    - » Note, if biomass accumulates for periods longer than the 100 years, use the actual period.

Land-Use Change and Forestry

CO_2 Uptake from Abandonment of Managed Lands

Calculations:

1. Annual C uptake in aboveground biomass, =< 20 years (tC/yr):

$$CB_{20} = \sum(AYe \times RBe \times Ce)$$

where:

AY = total area abandoned during last 20 years (ha)

RB = annual rate biomass re-growth (t dm/ha/yr)

C = C-content of biomass (tC/t dm)

e = re-growth ecosystem type

Land-Use Change and Forestry

CO_2 Uptake from Abandonment of Managed Lands

Calculations:

2. Annual C uptake in soils, =< 20 years (tC/yr):

$$CS_{20} = \sum (AYe \times RSe)$$

where:

AY = total area abandoned during last 20 years with re-growth (ha)

RS = annual rate soil C uptake (tC/ha/yr)

e = re-growth ecosystem type

Land-Use Change and Forestry

CO_2 Uptake from Abandonment of Managed Lands

Calculations:

3. Annual C uptake in aboveground biomass, between 21 and 100 years (t dm/ha/yr):

$$CB_{100} = \sum(AYe \times RBe)$$

where:

AY = total area abandoned between 21 and 100 years with re-growth (ha)

RB = annual rate biomass C uptake (tC/ha/yr)

e = re-growth ecosystem type

Land-Use Change and Forestry

CO_2 Uptake from Abandonment of Managed Lands

Calculations:

4. Annual C uptake in soils, between 21 and 100 years (tC/yr):

$$CS_{100} = \sum (AYe \times RSe)$$

where:

AY = total area abandoned between 21 and 100 years with re-growth (ha)

RS = annual rate soil C uptake (tC/ha/yr)

e = re-growth ecosystem type

Land-Use Change and Forestry

CO_2 Uptake from Abandonment of Managed Lands

Calculations:

5. Total CO2 uptake in abandoned managed lands (C/yr):

$$(CB_{20} + CS_{20} + CB_{100} + CS_{100}) \times 44/12$$

where:

CB_{20} = annual C uptake in aboveground biomass , =<20 years (tC/yr)

CS_{20} = annual C uptake in soils, =<20 years (tC/yr)

CB_{100} = annual C uptake in aboveground biomass , between 21 and 100 years (tC/yr)

CS_{100} = annual C uptake in soils, between 21 & 100 yrs (tC/yr)

Land-Use Change and Forestry
Total CO_2 Flux

- Total CO_2 Flux (Gg CO_2/yr):
  - net CO_2 flux from changes in forest and other woody biomass stocks (-)
  - CO_2 emissions from forest and grassland conversion (+)
  - CO_2 uptake from abandoned managed lands (-)

Land-Use Change and Forestry

Suggested refinements in the calculations

- No methods are provided for these items but should at least be discussed if there is reason to believe that they would significantly alter the national GHG inventory
- Additional items for consideration
  - soil C-uptake resulting from forest management
  - post conversion/burning non-CO2 emissions
  - additional CH4 emissions from termite activity
  - fate of below-ground biomass after clearing

Land-Use Change and Forestry

Suggested refinements in the calculations

- Also to be considered if significant.
- Additional anthropogenic activities for consideration
  - shifting cultivation
  - draining wetlands
  - land flooding
  - water pollution (surface and coastal)

Land-Use Change and Forestry

Revisions in the *Revised 1996 Guidelines*

- Revised forest classification system
  - replaced the "primary" and "secondary" forest classes with more classes based on rainfall and vegetation type.
- Revised default biomass density values for tropical forests

Land-Use Change and Forestry

Revisions in the *Revised 1996 Guidelines*

- New section on soil C
  - (i) covers soil sections that were previously dealt in LUCF
  - (ii) covers land use in the agricultural sector
  - (iii) new subsections:
    - » 1. Changes in mineral soil C stocks
    - » 2. Cultivation of histosols
    - » 3. Liming of agricultural soils

Land-Use Change and Forestry

Revisions in the *Revised 1996 Guidelines*

- 1. Changes in mineral soil C stock

Goal is to account for net CO2 flux from land use and land use change

- uses the C-stock approach over 20-yr period:
  - » Annual net C flux = $(C_t - C_{t-20})/20$
- carbon stock estimates are based on native vegetation, climate, and management practices e.g. land use, tillage, residue management, etc.

Land-Use Change and Forestry

Revisions in the *Revised 1996 Guidelines*

- 2. Cultivation of histosols (organic soils)
  - Goal is to account for emissions of CO2 due to cultivation of histosols
  - based on cultivated area and pasturelands by climatic zones and annual C rates for each classification type.

Land-Use Change and Forestry

Revisions in the *Revised 1996 Guidelines*

- 3. Liming of Agricultural Soils
  - Goal is to account for emissions of CO2 due to application of lime (carbonate minerals)
  - based on the amount and composition of applied lime (limestone and dolomite)
    - » assumes that application rate equals annual flux
    - » note: dolomite C conversion factor is 0.1303 (the factor in the Workbook is incorrect).

Land-Use Change and Forestry

Challenges/Recommendations

Methodology

- no consideration of belowground biomass though some default data has been proposed
- actual fluxes are time dependent and
- calculations are gross approximations
- assumes constant wood product pool
- does not incorporate imports and exports of wood
- mostly uses same C-content for biomass
- does not account for other environmental factors e.g. N-fertilization, acid rain, etc which affect C flux.

Land-Use Change and Forestry

Challenges/Recommendations

Data

- not available in many cases
- historical data required
- default data are often averages of large uncertainty ranges
- some default data are so uncertain that it is almost useless unless augmented by other data

Land-Use Change and Forestry
Open Biomass Burning

- In the Guidelines this is included under the Agriculture Section in two subsections:
  - 1. Savanna burning
  - 2. Agricultural waste burning

322

Land-Use Change and Forestry
Open Biomass Burning - Savannas

Non-CO_2 Emissions from Prescribed Savanna Burning

- Objective: Estimate non-CO_2 GHG Emissions (CH_4, CO, N_2O, NO_x).
- Assumptions:
  - No net CO_2 emissions from burning
  - NMVOCs to be reported if national estimates exist, but no default data is given in the Guidelines.
  - All savanna fires are anthropogenic unless shown to be natural (should be the other way round?)
  - analyze woody savannas separate from grasslands

Land-Use Change and Forestry
Open Biomass Burning - Savannas

Non-CO_2 Emissions from Prescribed Savanna Burning

- Main steps:
  - Estimate total biomass burned annually
  - Estimate fraction of living viz dead biomass burned
  - Estimate total C and total N released from biomass burning
  - Estimate non-CO2 GHG emissions

Land-Use Change and Forestry
Open Biomass Burning - Savannas

Information requirements for each type.

- Area of savanna type (ha)
- Fraction of the area burned annually
- Aboveground biomass density (t dm/ha)
- Fraction of aboveground biomass oxidized (default: 0.8 - 0.85)
- fraction of living aboveground biomass
- fraction of living biomass oxidized (default 0.8)
- fraction of dead biomass oxidized (default 1.0)

J3

Land-Use Change and Forestry
Open Biomass Burning - Savannas

Information requirements for each type.

- fraction C in the living biomass (default 0.45 tC/t dm)

- fraction C in dead biomass (default 0.40 tC/t dm)

- N/C ratio of biomass (default 0.006 tN/tC)
- emission ratios for CH_4, CO, N_2O, & NO_x for savanna burning

Note: If the fractions don't exist, use average estimate for biomass

Land-Use Change and Forestry
Open Biomass Burning - Savannas

Calculations

- 1.Total biomass burned (t dm/yr)
  - TBs = As x FAs x BDs x FBs
  - where;
    - » TB = Total biomass burned (t dm/yr)
    - » A = Area of savanna (ha)
    - » FA = Fraction of area burned annually
    - » BD = Biomass density (t dm/ha)
    - » FB = Fraction of biomass burned
    - » s = savanna type

Land-Use Change and Forestry
Open Biomass Burning - Savannas

Calculations

- 2a. Living biomass burned annually (t dm/yr)

  » LBs = TBs x Ls

  – where;

  » LB = Living biomass (step 1)

  » TB = Total biomass burned

  » L = fraction of living biomass

  » s = savanna type

Land-Use Change and Forestry
Open Biomass Burning - Savannas

Calculations

- 2b. Dead biomass burned annually (t dm/yr)

  » DBs = TBs - LBs

  - where;
    - » DB = Dead biomass burned annually
    - » TB = Total biomass burned (step 1)
    - » LB = Living biomass burned (step 2a)
    - » s = savanna type

329

Land-Use Change and Forestry
Open Biomass Burning - Savannas

Calculations

- 3a. C-released from live biomass annually (tC/yr)

  » LCs = LBs x FLOs x CLs

  » where;

  » LC = C released from living biomass (tC/yr)

  » LB = Total living biomass burned

  » FLO = Fraction of living biomass oxidized

  » CL = C fraction of living biomass

  » s = savanna type

Land-Use Change and Forestry
Open Biomass Burning - Savannas

Calculations

- 3b. C-released from dead biomass annually (tC/yr)

  » DCs = DBs x FDOs x CDs

  » where;

  » DC = C released from dead biomass (tC/yr)

  » DB = Total dead biomass burned

  » FDO = Fraction of dead biomass oxidized

  » CDL = C fraction of dead biomass

  » s = savanna type

Land-Use Change and Forestry
Open Biomass Burning - Savannas

Calculations

- 3c. Total C-released (tC/yr):

  » TCs = ∑(LCs + DCs)

  where;

  » DC = C released from burned dead biomass (tC/yr)

  » LC = C released from burned living biomass (tC/yr)

  » s = savanna type

Land-Use Change and Forestry
Open Biomass Burning - Savannas

Calculations

- 3d. Total N-released (tN/yr):

  » Ns = (TCs x NR)

  where;

  » TC = Total C released from burned biomass (tC/yr)

  » NR = N/C ratio of biomass (tN/tC)

  » s = savanna type

Land-Use Change and Forestry
Open Biomass Burning - Savannas

Calculations

- 4a. Trace gas Emissions
  - CH_4 released (t CH_4/yr) = TC x ER_{CH4} x 16/12

  - CO released (t CO/yr) = TC x ER_{CO} x 28/12

where;

- TC = Total CO_2-C released from biomass burning (tC/yr);
- ER = Emission Ratios
- 16/12, 28/12 Trace gas/C molecular weight ratios

Land-Use Change and Forestry
Open Biomass Burning - Savannas

Calculations

- 4b. Trace gas Emissions
  - N_2O released (t N_2O/yr) = N x ER_{N2O} x 44/28

  - NO_x released (t NO_x/yr) = N x ER_{NOx} x 46/14

where;

- N = Total Nitrogen released from biomass burning (tN/yr);
- ER = Emission Ratios
- 44/28, 46/14 Trace gas/N molecular weight ratios

Land-Use Change and Forestry
Open Biomass Burning - Savannas

Challenges and Recommendations

- Methodology
  - Calculations are gross approximations varying with
    - » seasons
    - » vegetation type
- Data
  - activity level and biomass data often imprecise
  - fractions of biomass oxidized not easily available
  - data and factors can be improved collaboration between govts, NGOs & research institutes, etc

Land-Use Change and Forestry

Open Biomass Burning - Agricultural Wastes

Non-CO_2 Emissions from Field Burning of Agricultural Crop Residues

- Objective: Estimate Emissions of CH_4, CO, N_2O and NO_x
- Assumptions:
  - No default data is provided for NMVOCs but should be reported if national estimates exist
  - Include only residues burned in the field. Those burned as fuel are included in the Energy sector.
  - Residues used for long term products are excluded except if considered to be a significant carbon sink.

Land-Use Change and Forestry

Open Biomass Burning - Agricultural Wastes

Non-CO_2 Emissions from Field Burning of Agricultural Crop Residues

- Main Steps:
  - Estimate total C released annually
  - Estimate total N released annually
  - Estimate trace gas emissions

Land-Use Change and Forestry

Open Biomass Burning - Agricultural Wastes

Information requirements for each crop

- crop production (t)
- residue/crop produced ratio
- crop residue dry matter fraction
- fraction of residue burned in the field (default 0.25, with developed countries =< 0.10, developing countries 0.25)
- fraction of residues oxidized (default 0.9)
- C-content
- N/C ratio of biomass (default 0.014 tN/tC)
- Emission ratios of trace gases from burning crop waste

Land-Use Change and Forestry

Open Biomass Burning - Agricultural Wastes

Calculations

- 1.Total C released annually (tC/yr):
  - » TCc = ∑(Pc x Rc x DMc x Bc x Cc x FOc)
  - where;
    - » TC = Total C released
    - » P = crop production (t/yr)
    - » R = residue/crop ratio
    - » DM = Dry matter fraction
    - » B = fraction of residue burned
    - » C = carbon content; c = crop type
    - » FO = fraction of burned residues oxidized

Land-Use Change and Forestry

Open Biomass Burning - Agricultural Wastes

Calculations

- 2.Total N released annually (tN/yr):
  - » TN = ∑ (TCc x Nc)

  where;
  - » TC = Total C released
  - » TN = Total N released (tN/yr)
  - » c = crop type

Land-Use Change and Forestry

Open Biomass Burning - Agricultural Wastes

Calculations

- 3a.Trace gas emissions

  - CH_4 released (t CH_4/yr) = TC x ER_{CH4} x 16/12

  - CO released (t CO/yr) = TC x ER_{CO} x 28/12
  - where;
    - » TC = Total C released (tC/yr)
    - » ER = Emission Ratio

Land-Use Change and Forestry

Open Biomass Burning - Agricultural Wastes

Calculations

- 3b.Trace gas emissions

  - N_2O released (t N_2O/yr) = TN x ER_{N2O} x 44/28

  - NO_x released (t NO_x/yr) = TN x ER_{NO} x 46/14
  - where;
    - » TN = Total N released (t N/yr)
    - » ER = Emission Ratio

Land-Use Change and Forestry

Open Biomass Burning - Agricultural Wastes

Challenges and Recommendations

- Methodology
  - Calculations are gross approximations varying with
    - » agricultural practices
- Data
  - activity level and biomass data often unavailable
  - fractions of biomass oxidized not precise
  - data and factors can be improved by collaboration between govts, NGOs & research institutes, etc

Land Area Available for Biomass Growth (Million hectares)

Country	Total Available Area	Managed Forests	Plantation
China[a]	172	19	85
India[b]	175	37	42
Malaysia[c]	12	7.9	2.7
Mexico[d]	56	18.7	30
Nigeria[e]	53	9.6	7.5
Tanzania[f]	40.1	34.6	1.1
Thailand[g]	31.9	3.7	7.7
TOTAL	540	130.5	176

Trace Gas Emissions from Forestry

- **Gases:**
  - Methane (CH_4), Nitrous Oxide (N_2O), Oxides of Nitrogen (NO_x, i.e.,$NO + NO_2$), Carbon monoxide (CO), Non-methane hydrocarbons (NMHC).

» **Compound Ratios of Trace Gas to Total C and N in Biomass burning**

Compound	Ratio
Methane	0.007 - 0.013*
Carbon Monoxide	0.075 - 0.125
Nitrous Oxide	0.005 - 0.009
Oxides of Nitrogen	0.094 - 0.148

Source: Crutzen and Andreae (1990)* A more recent estimate by Delmas and Ahuja (1993) gives an estimate of 0.002 - 0.006

Ratio of CH_4-C to total C by fuel type.

Fuel Type	$C\text{-}CH_4$/Total C Ratio	
Fuelwood	0.012	(0.009 - 0.015)
Agricultural Residues	0.005	(0.003 - 0.007)
Dung		0.017
Charcoal combustion	0.005	(0.0014 -0.0085)
Charcoal production	0.063	(0.04 - 0.09)

Source: IPCC 1994. *op. cit.* To convert the ratios to full molecular weights, the emissions of CH_4 and CO are multiplied by 16/12 and 28/12 respectively, and the emissions of N_2O and NO_x are multiplied by 44/28 and 30/14 respectively.

GREG KIKER
University of Natal

Vulnerability and Adaptation to Climate Change: Agricultural Assessment

Dr G A Kiker

School of Bioresources Engineering and Environmental Hydrology

University of Natal

South Africa

Email: kikerg@nu.ac.za

Agriculture Workshop Agenda

- Introduction to Vulnerability and Adaptation Assessments for Agriculture
- Introduction to Crop Modelling for Climate Change
- Linking V&A Results for Integration into National Action Plans

Section 1

Introduction to Vulnerability and Adaptation Assessments in Agriculture

Definition: Vulnerability

- ***Sensitivity*** *is the degree to which a system will respond to a change in climatic conditions (e.g., the extent of change in ecosystem composition, structure, and functioning, including primary productivity, resulting from a given change in temperature or precipitation).*
- ***Vulnerability*** *defines the extent to which climate change may damage or harm a system. It depends not only on a system's sensitivity but also on its ability to adapt to new climatic conditions.*

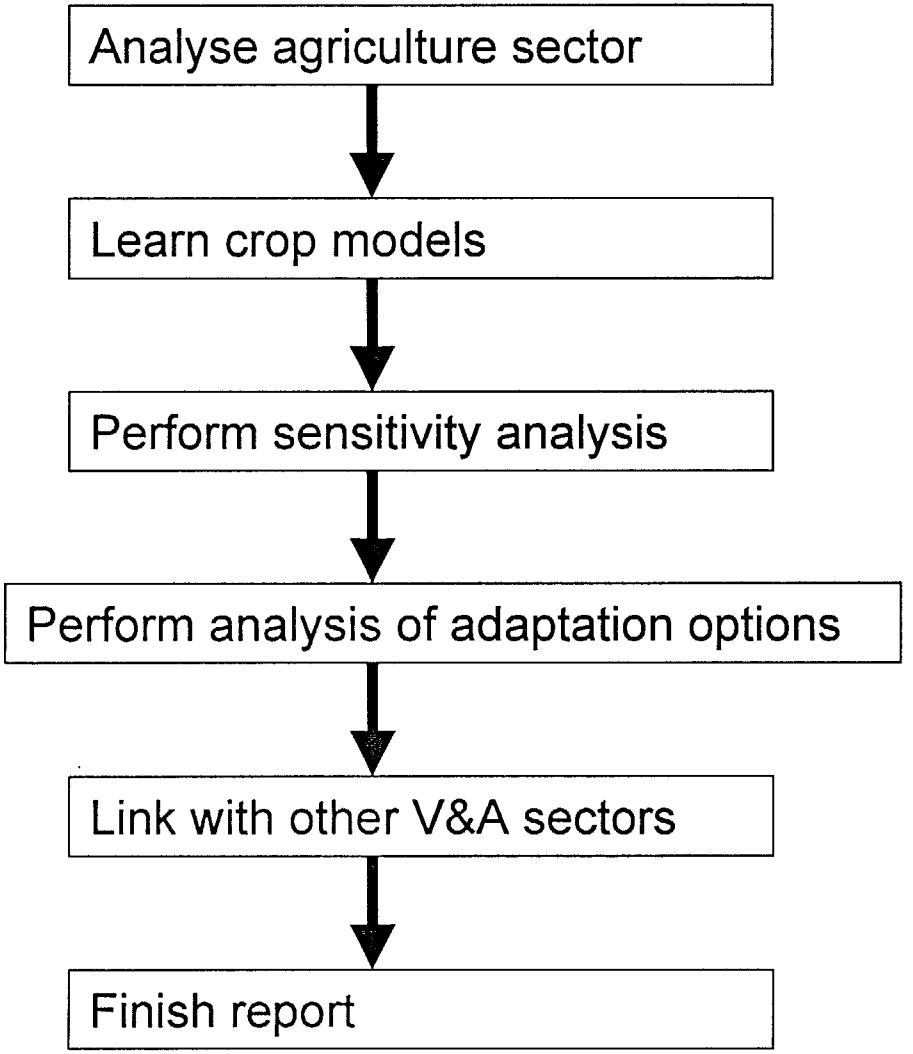
Definition: Adaptability

- ***Adaptability*** *refers to the degree to which adjustments are possible in practices, processes, or structures of systems to projected or actual changes of climate. Adaptation can be spontaneous or planned, and can be carried out in response to or in anticipation of changes in conditions (IPCC,1995).*

Traditional Vulnerability and Adaptation Objectives

- Identify areas of highest vulnerability to climate change effects
  - Sectors of society and economy
  - Geographic areas
- Propose suitable adaptation measures
  - Small-scale adjustments
  - Large-scale adjustments
- Explore the suitability and/or effectiveness of adaptation options with respect to the vulnerability

Past Vulnerability & Adaptation Methodologies



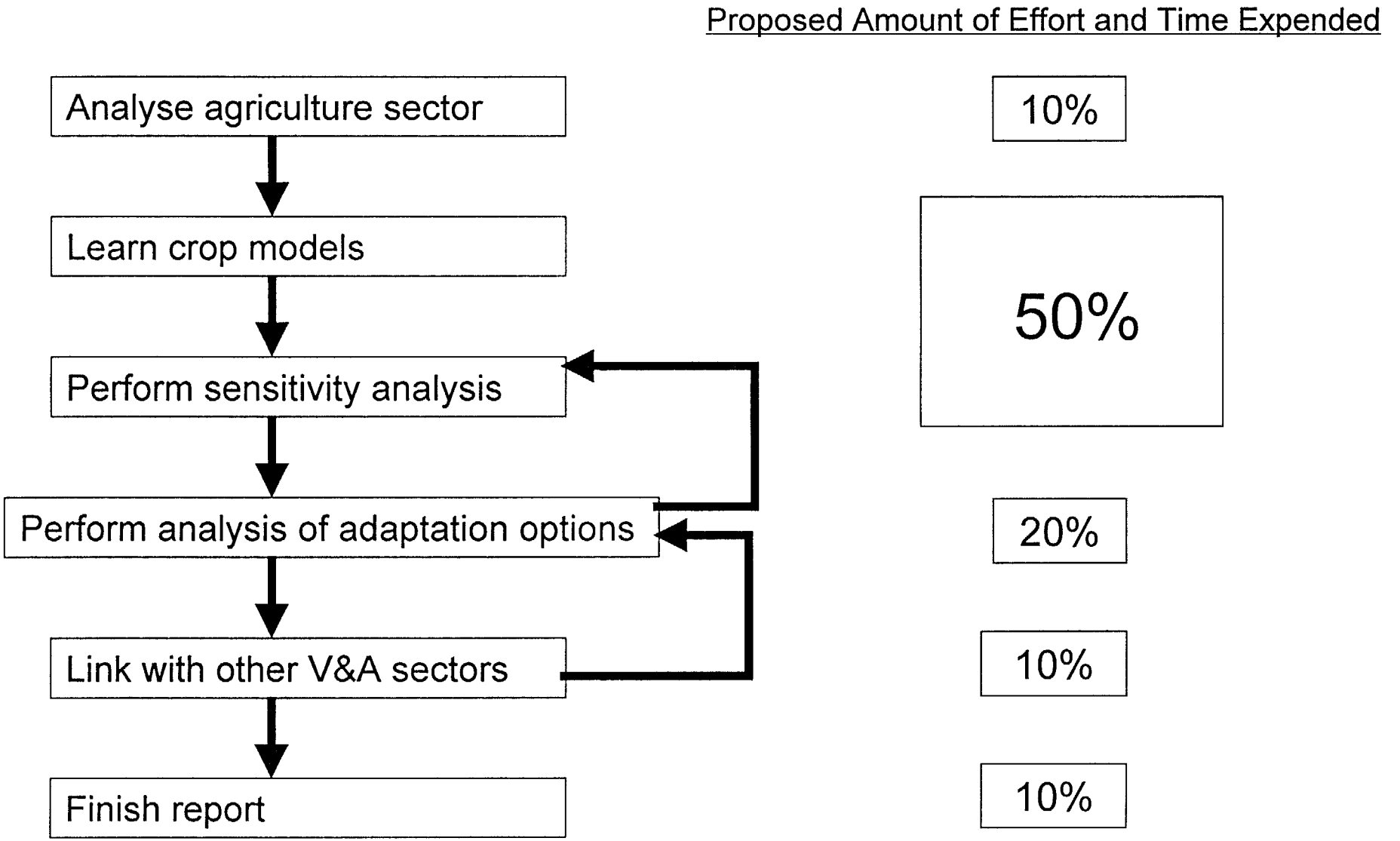
Past Vulnerability & Adaptation Methodologies

	Amount of Effort and Time Expended
Analyse agriculture sector	5%
Learn crop models	80%
Perform sensitivity analysis	
Perform analysis of adaptation options	5%
Link with other V&A sectors	2%
Finish report	8%

Experience has shown - Begin with the end in mind ...

- Identify potential adaptation actions that may be possible
- Gather the required data
  - Social and economic for adaptation assessment
  - Scientific data for vulnerability assessment
- Analyze current and future vulnerability levels with respect to possible adaptation actions
  - Sectors of the society and economy
  - Geographic areas
- Analyze effective adaptation measures

Proposed Vulnerability & Adaptation Methodologies



Adaptation to Climate Change Effects

Examples from Agriculture

- Automatic Reactions (humans have little or no control)
  - Plants opening or closing stomata
  - CO_2 effects on plants
- Routine Adjustments (local stakeholders have control)
  - Grower changing the sowing date
  - Grower alters an existing irrigation strategy
- Tactical Adjustments (local stakeholders have control)
  - Grower changes crops
  - Grower adds an irrigation system
- Strategic Options(government has control)
  - Government increases assistance to growers

Adaptation should not make things worse!

Avoiding Maladaptation

- Definition: ***Maladaptation*** *refers to actions that increase the vulnerability to climate change.*
- Examples
  - Farmers adding irrigation so that other water users are at higher risk
  - Government allowing development of wetlands or flood plains

Successful Adaptation Requires Coordination

- Stakeholders and Policymakers
  - Set overall goals
  - Prioritize objectives
  - Weigh costs and benefits of responses
  - Make social and institutional adjustments
- Scientists and Researchers
  - Point out vulnerable areas and sectors
  - Can help to assess potential adaptation options

Example List of Adaptation Measures

- Farm Level Adaptation Measures
  - Altered crop choice
  - Altered management techniques
  - Altered inputs
- Village or community level adaptation measures
  - Subsistence production
  - Monetary activity
  - Remittance/donations
- National level Adaptation Measures
  - Improved training and general education
  - Agricultural research
  - Food programs and other social security programs
  - Infrastructure support
  - Removal of subsidies

Section 2

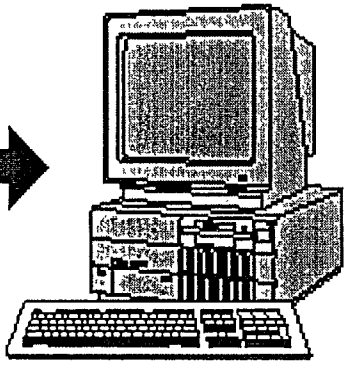
Introduction to Crop Modelling for Climate Change

Tools in Agriculture V&A Studies

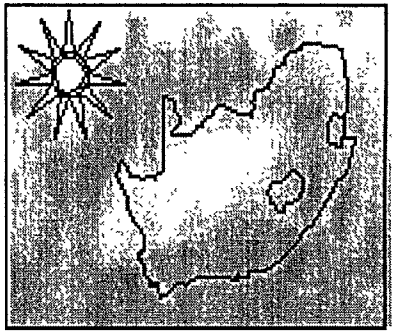
- Farm level models
  - Simulate field-scale production
  - Examples - DSSAT Crop models, APSIM Crop Models, Cropwat
- Macro-level models
  - Simulate agriculture sector reaction to policies, prices, export issues.
  - Examples - Country-specific sector models, BLS model

Vulnerability and Adaptation Methodology

Field Studies
and Experiments

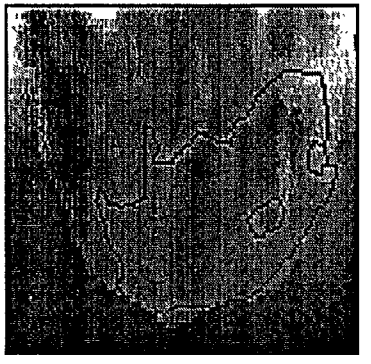


Computer
Models/Programs



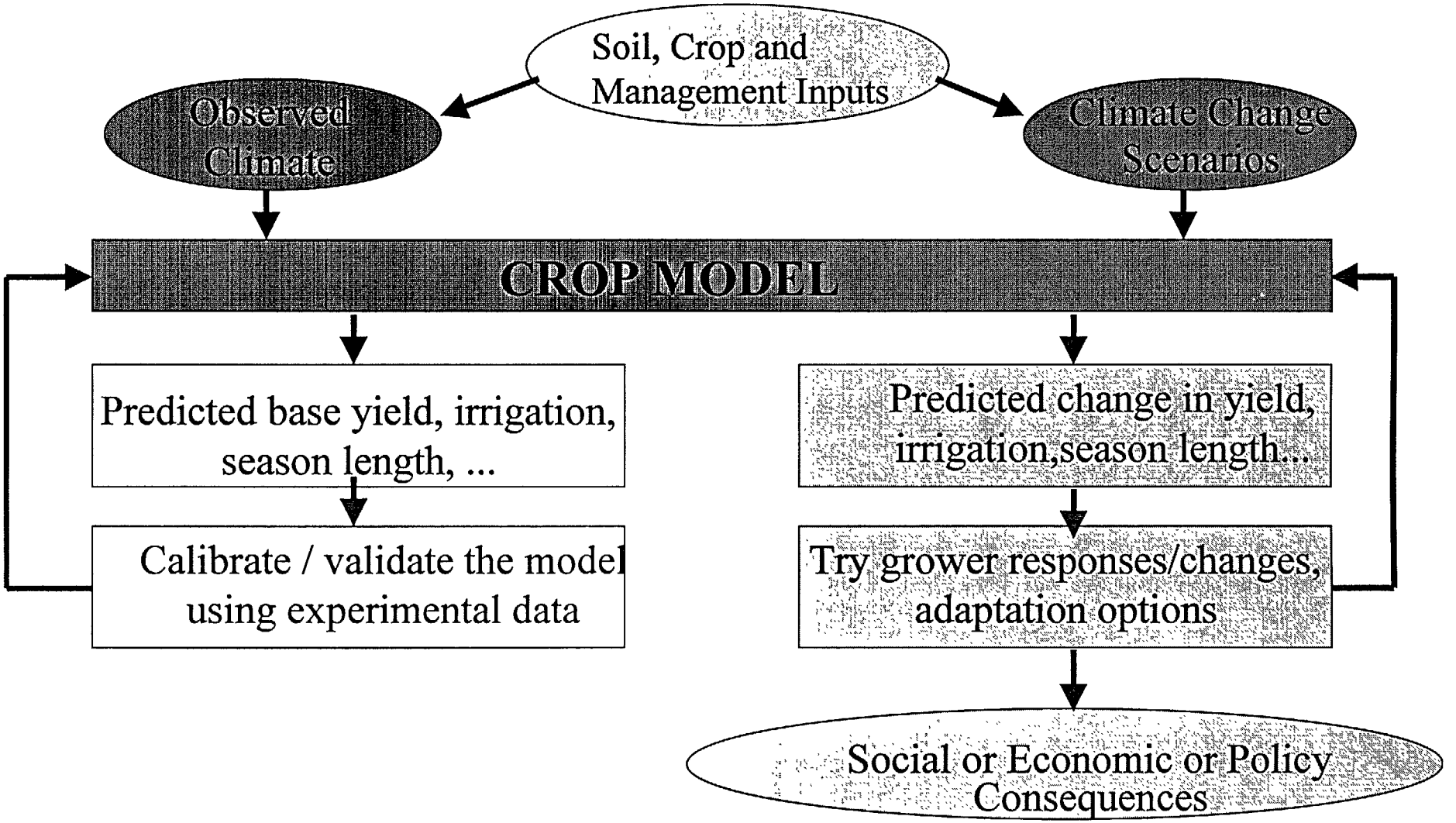
GCMs
Climate Data

Potential
Adaptation
Responses



Potential
Climate Effects
on the Sector

Flow Diagram for the Crop Model



Information on DSSAT Crop Models

- The IBSNAT/ICASA Web Page on the internet - www.icasanet.org
- Join the DSSAT Model List Server to ask questions via email. Join from the Web Page.
- Email me with questions - kikerg@nu.ac.za

Choice of Crops for Analysis

- Identify major crops for your country
  - Both for commercial and subsistence production
- Identify major cropping regions
  - Areas that are important for food security
  - Areas targeted for development or sustainability

Overall Steps/Procedure

- Agriculture Methodology
  - Identify important crops, regions and grower systems
  - Preliminary analysis of current vulnerability and adaptation options for current adverse conditions
  - Modelling sensitivity to climate change

How the DSSAT Crop Modelling System Works

- The Decision Support System for Agro-Technology Transfer (DSSAT) is a menu system that contains several crop models ranging from maize to soybeans, groundnuts to rice to sugarcane
- The various crop models are simulated through the DSSAT "Shell."

The DSSAT "Shell"

DECISION SUPPORT SYSTEM FOR AGROTECHNOLOGY TRANSFER

DATA	MODELS	ANALYSES	TOOLS	SETUP/QUIT
B Background	C Cereals	S Seasonal	E Editor	D Data
X Experiment	L Legumes	Q Sequence	S Sp. Sheet	M Models
W Weather	R Roots		D Disk Mngr	A Analyses
S Soil	O Other		O Op. system	T Tools
G Genotype				L List
P Pest				S Save
E Economics				Q Quit

↑ ↓ → ← moves through menu choices

ESC

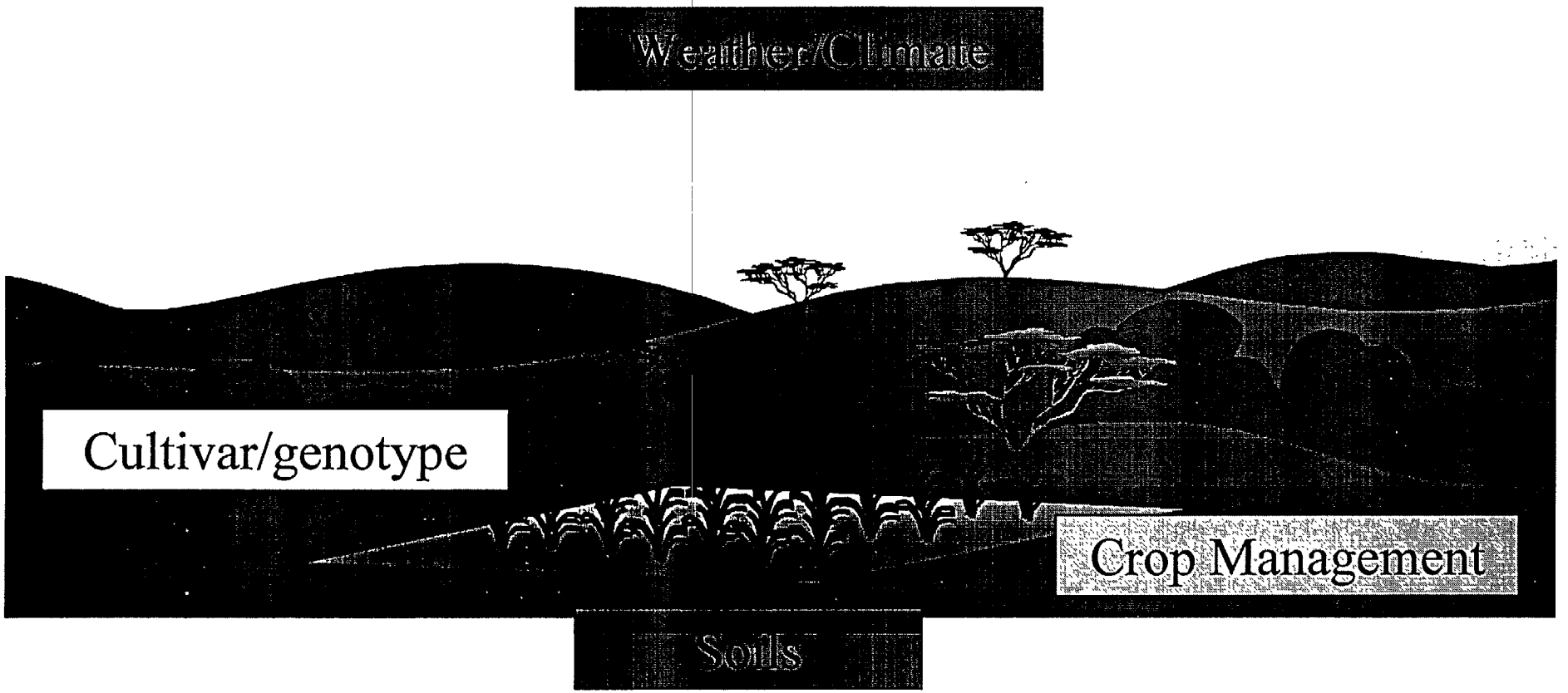
Version 3.0

BEST AVAILABLE COPY

The DSSAT Shell Contains Many Useful Programs

- The programs help the user to easily create and manipulate input and output files
- Weather-related programs
- Soil-related programs
- Crop model programs
- Graphics programs to display results
- Programs for statistics

DSSAT Crop Model Data Requirements



Crop Model Requirements Summary

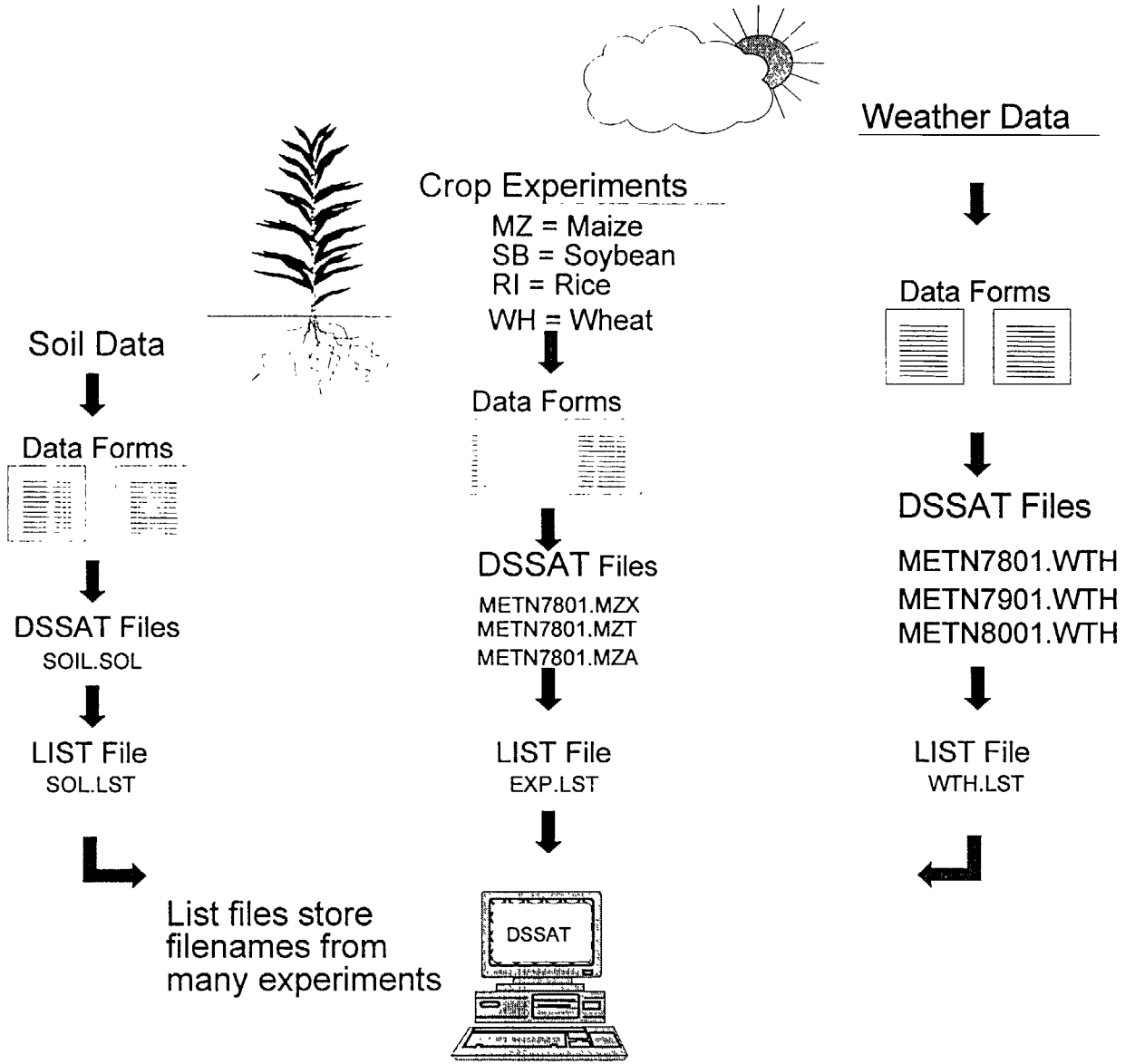
- Daily climate data
  - Minimum and Maximum Temperature
  - Solar radiation or sun hours
  - Precipitation
- Soils Data
  - Layer depths
  - Field capacity, wilting point, porosity
  - Initial conditions
    - Soil water content
    - Nitrogen content (optional)

Crop Model Requirements Summary

- Management Data
  - Planting date
  - Row spacing/ plant population
  - Irrigation applications?
  - Fertilizer applications?
- Cultivar information
  - Estimations of growing degree days for crop phases
  - Grain/fruit accumulation information
  - Can be estimated from a large cultivar collection in the input files

Input Files for the DSSAT System

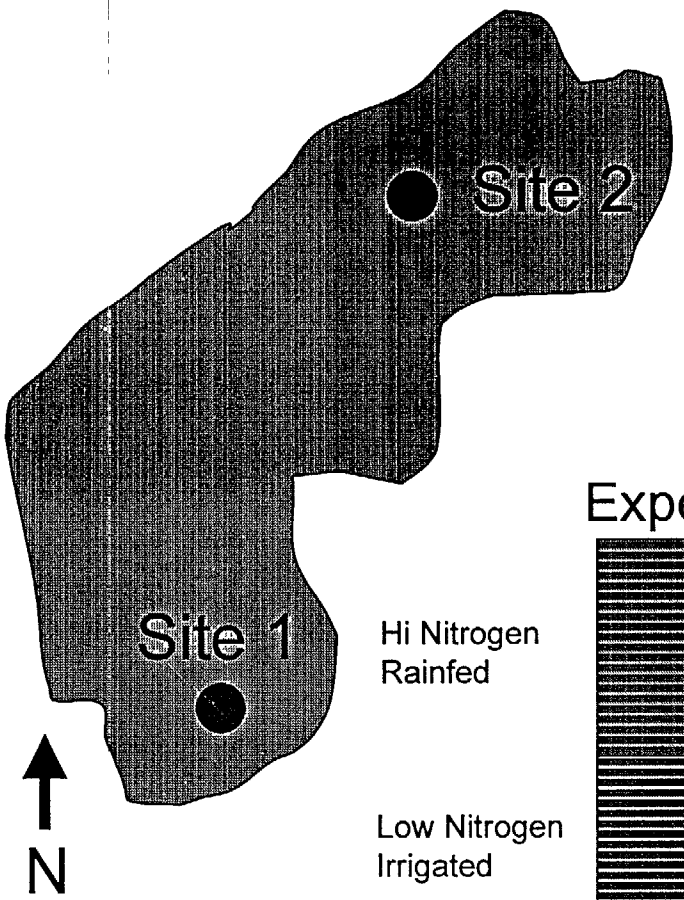
Using the Memphis, Tennessee data as an example.



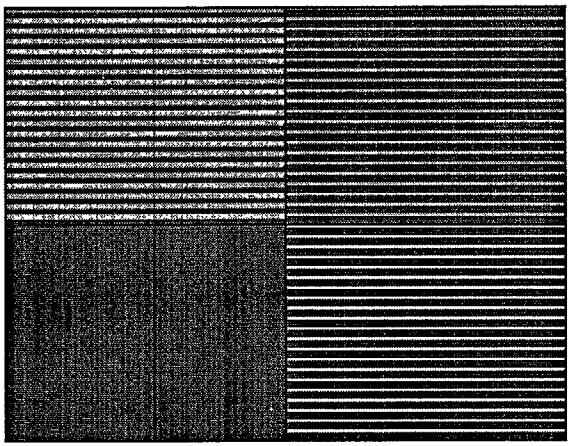
DSSAT Crop Models: "World View"

- Cropping areas are divided into "experiments"
  - Usually different geographical areas or sites
  - Area is larger than field-scale
- "Experiments" are divided into "treatments"
  - Usually different cropping practices
  - Area is at field-scale
  - Treatments can be altered within the crop model

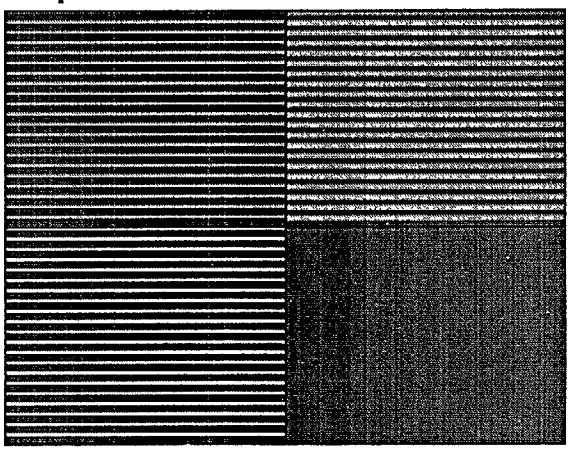
DSSAT Crop Models - Experiments and Treatments



Experiment 2: Treatments 1,2,3,4



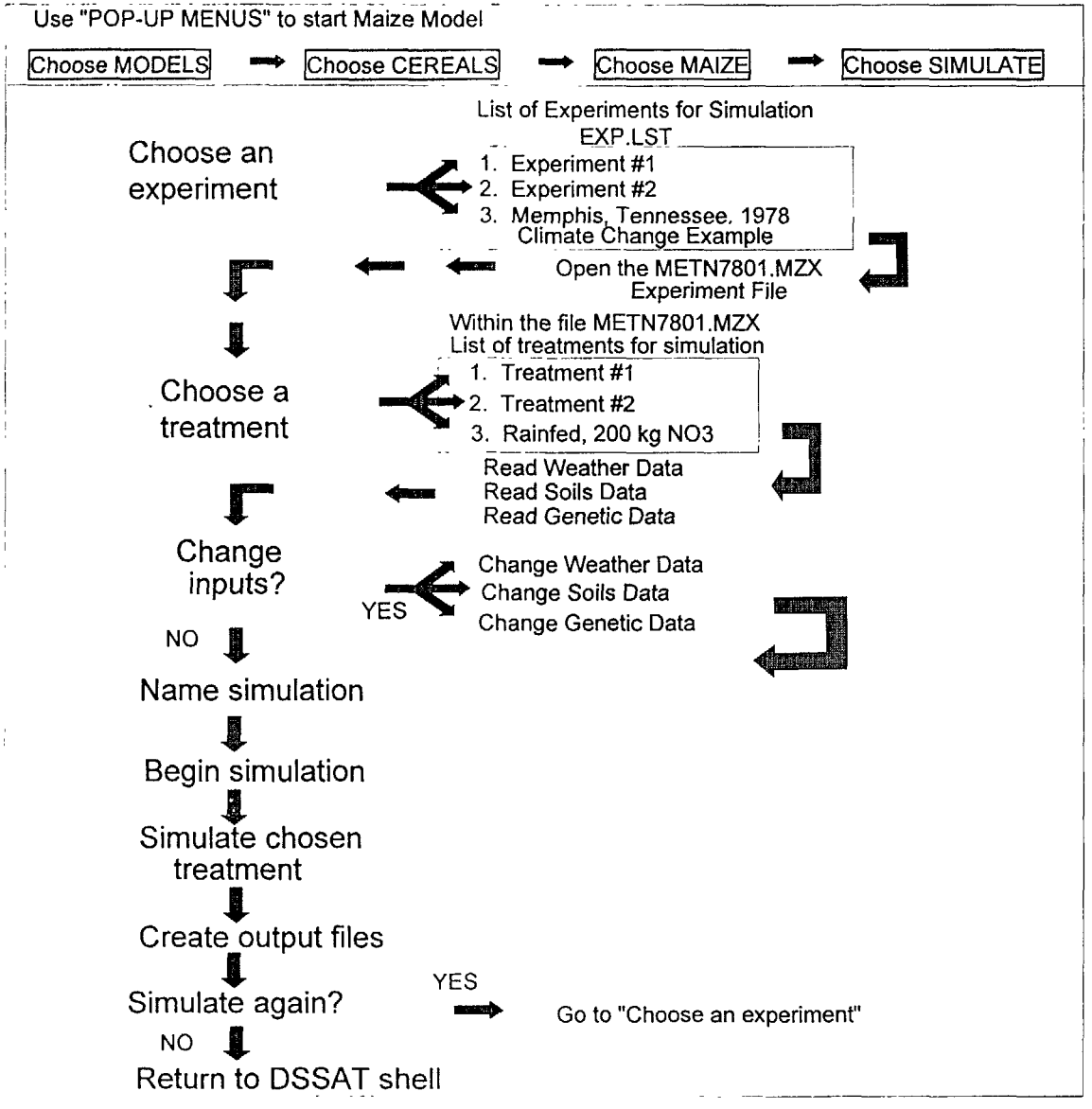
Experiment 1: Treatments 1,2,3,4



Simulating maize for a single year.

DSSAT

Memphis, Tennessee Example



DSSAT Programs for Crop Model Input and Output

DSSAT Weather Data Tools

DECISION SUPPORT SYSTEM FOR AGROTECHNOLOGY TRANSFER

DATA MODELS ANALYSES TOOLS SETUP/QUIT

B Background
X Experiment
W Weather
S Soil
G Genotype
P Pest
E Economics

L List/Edit
U Utilities

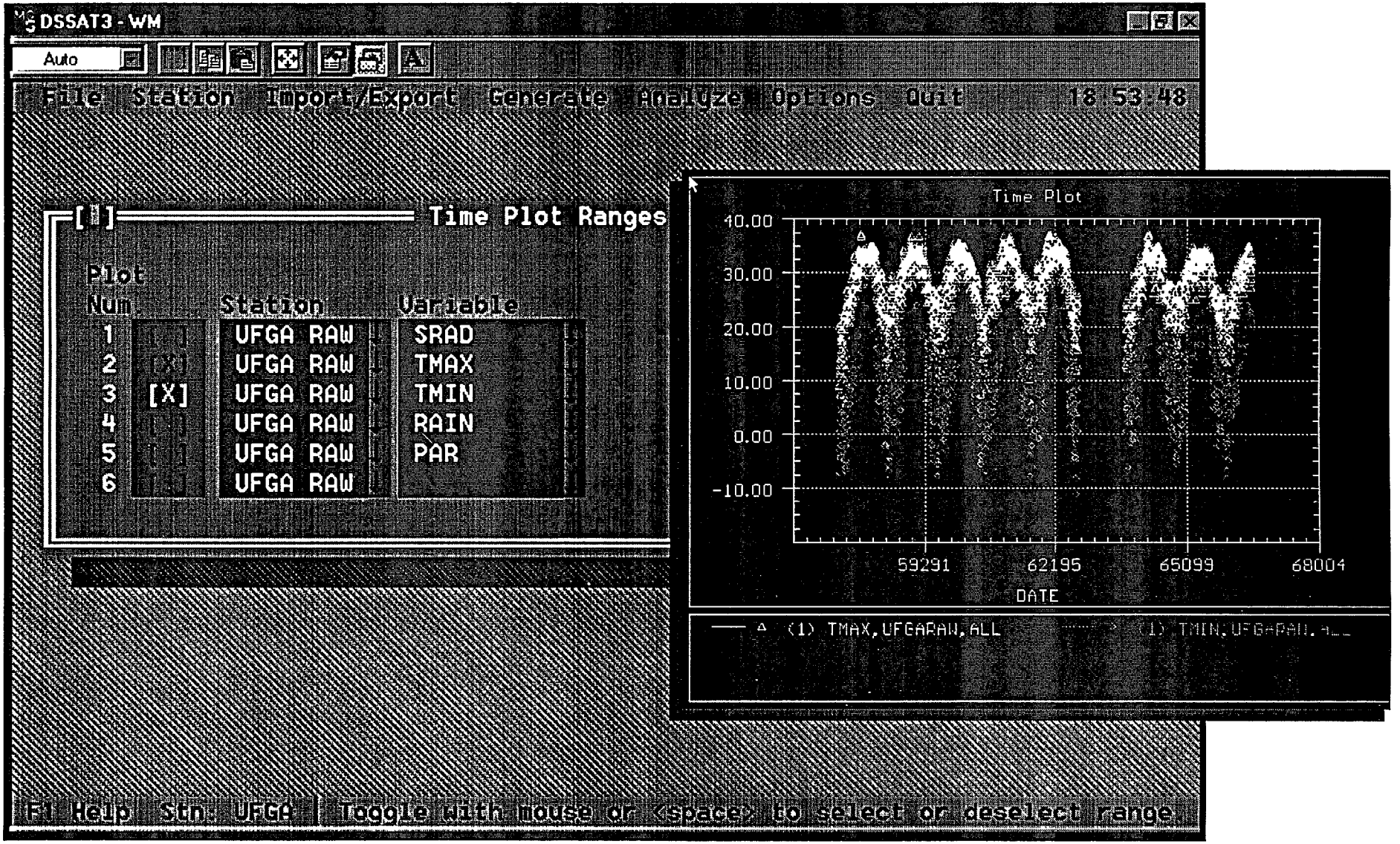
WeatherMan

↓ → ← moves through menu choices

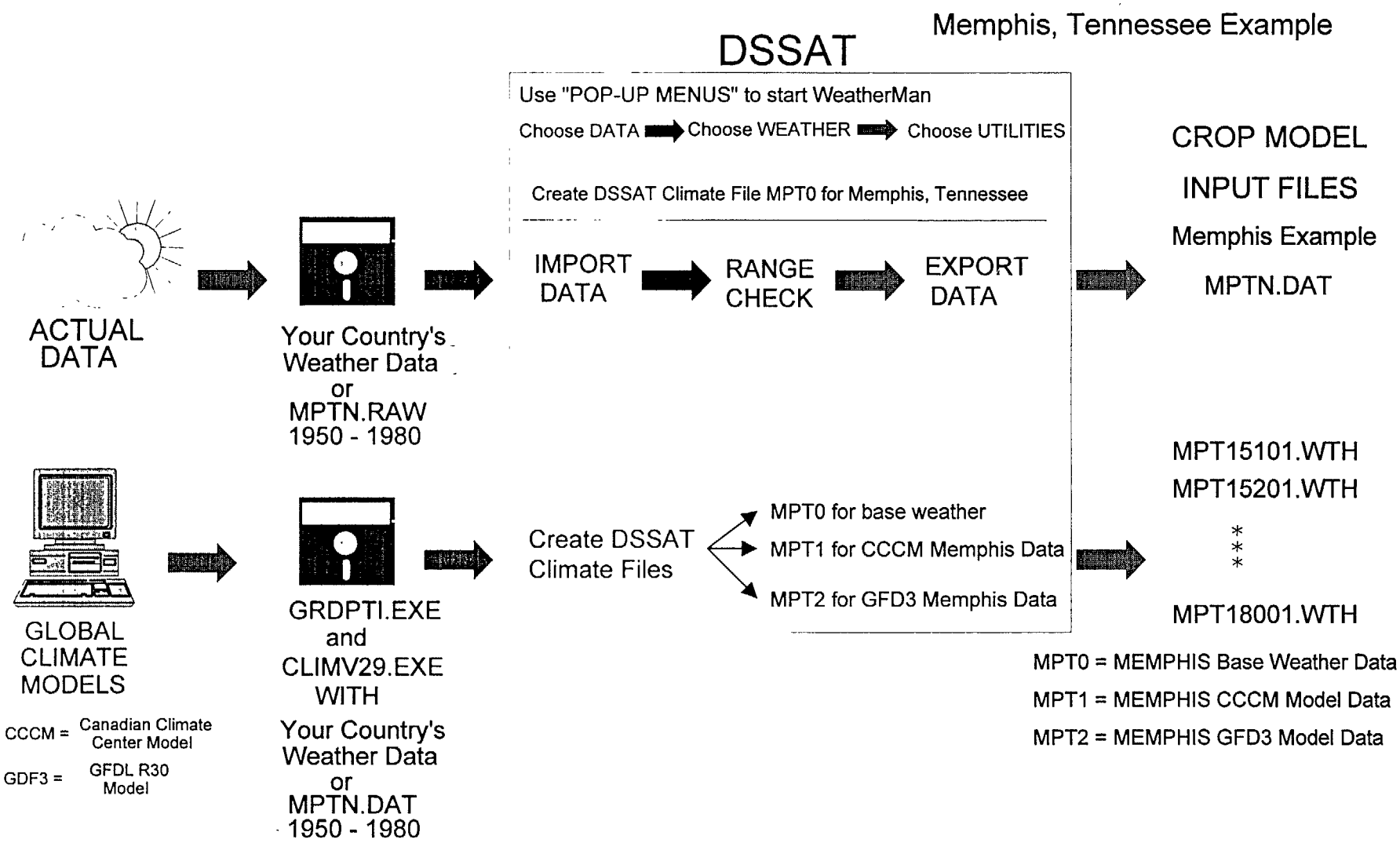
ESC

Version: 3.0

The WeatherMan Program



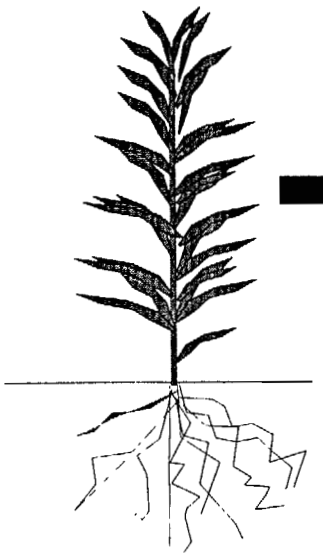
Creating weather input files for DSSAT



Choosing soil and cultivar data in DSSAT

DSSAT

Memphis, Tennessee Example



Use "POP-UP MENUS" to start the genetic database

Choose DATA → Choose GENOTYPE → Choose LIST/EDIT

Maize cultivar information is stored in the file MZCER950.CUL

Choose one of the default cultivars

→ CHOOSE CULTIVARS → MAKE LIST FILE GENOTYPE.LST FOR USE IN CROP MODELS

Use "POP-UP MENUS" to start the soil database

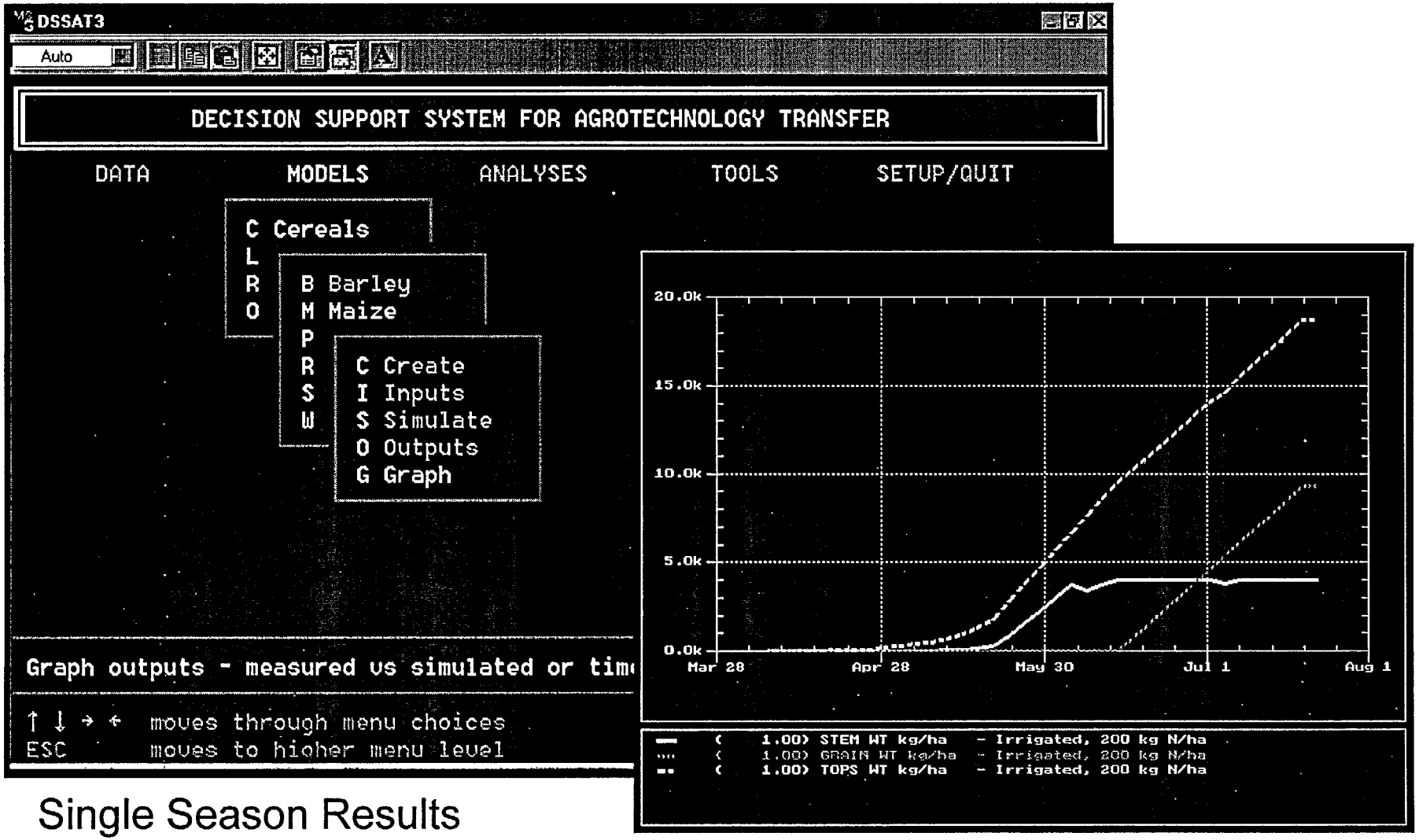
Choose DATA → Choose SOIL → Choose LIST/EDIT

Soil Information is stored in the file SOIL.SOL

Choose one of twelve default soils

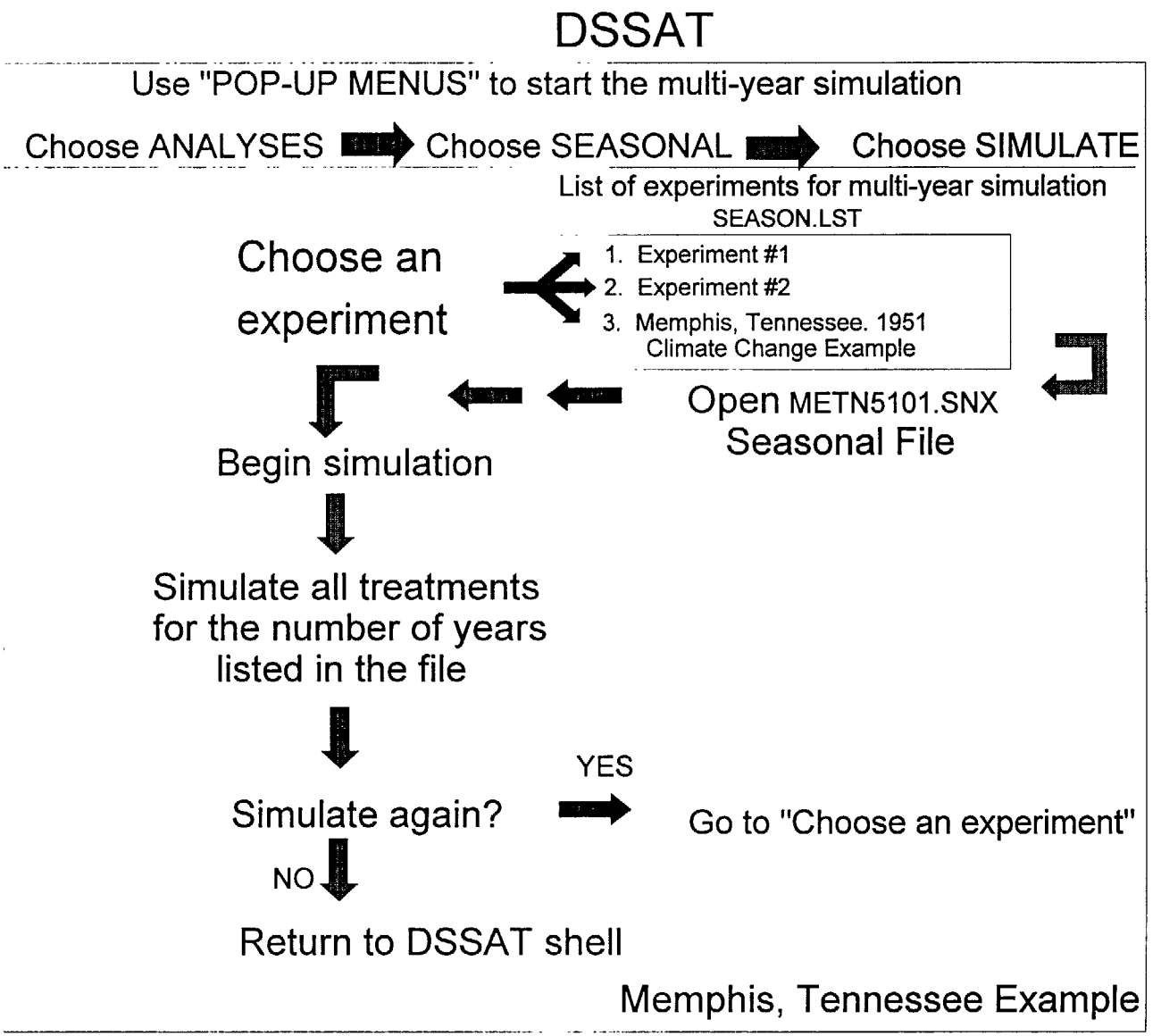
→ CHOOSE SOILS → MAKE LIST FILE SOL.LST FOR USE IN CROP MODELS

DSSAT - Output programs help to interpret model results

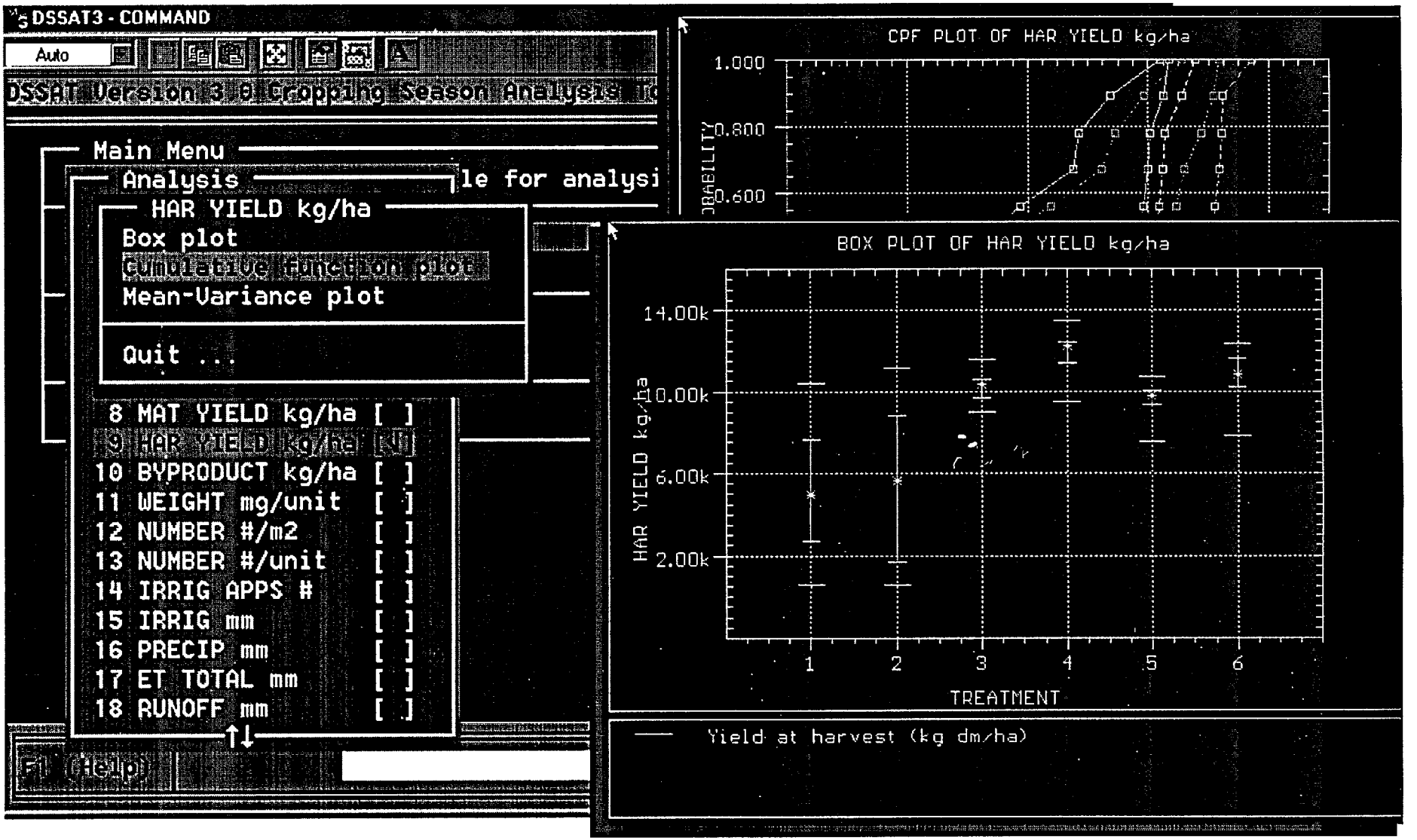


Single Season Results

Simulating maize for a multi-year simulation



DSSAT - Output programs help to interpret multiple season results



Section 3

Linking V&A Results for Integration into National Action Plans

Presentation of V&A Results

- Sensitivity of crops and areas to climate change effects
- Vulnerability of certain populations and sectors of the agricultural economy
- Potential adaptation measures and their estimated cost and effectiveness

Presentation of V&A Results

- Use whatever metrics are meaningful to your audience
  - Money- Expected loss/gain in incomes
  - Populations affected - movement to urban areas, nutritional health
  - Land use changes - area of crop changed to livestock production

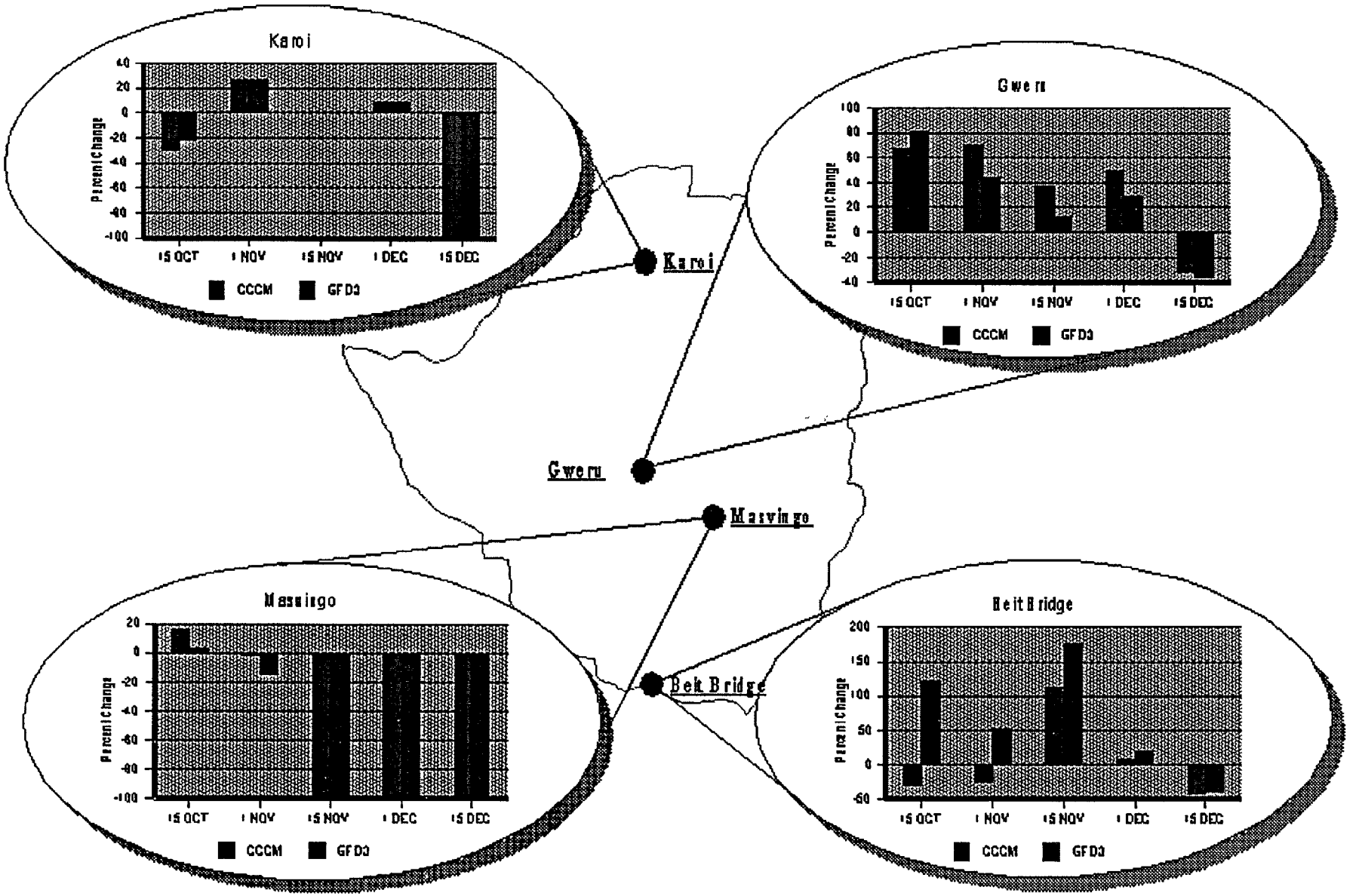
Agriculture V&A Assessment

Strategies for Zimbabwe and The Gambia

- Zimbabwe
  - Maize production only
  - Rainfed and irrigated
  - Five different planting dates
  - GCM Model Scenarios - CCCM and GFDL
- The Gambia
  - Groundnut, millet and maize production
  - Rainfed only
  - Government recommended cropping practices
  - GCM Model Scenarios - CCCM, GFDL and GISS

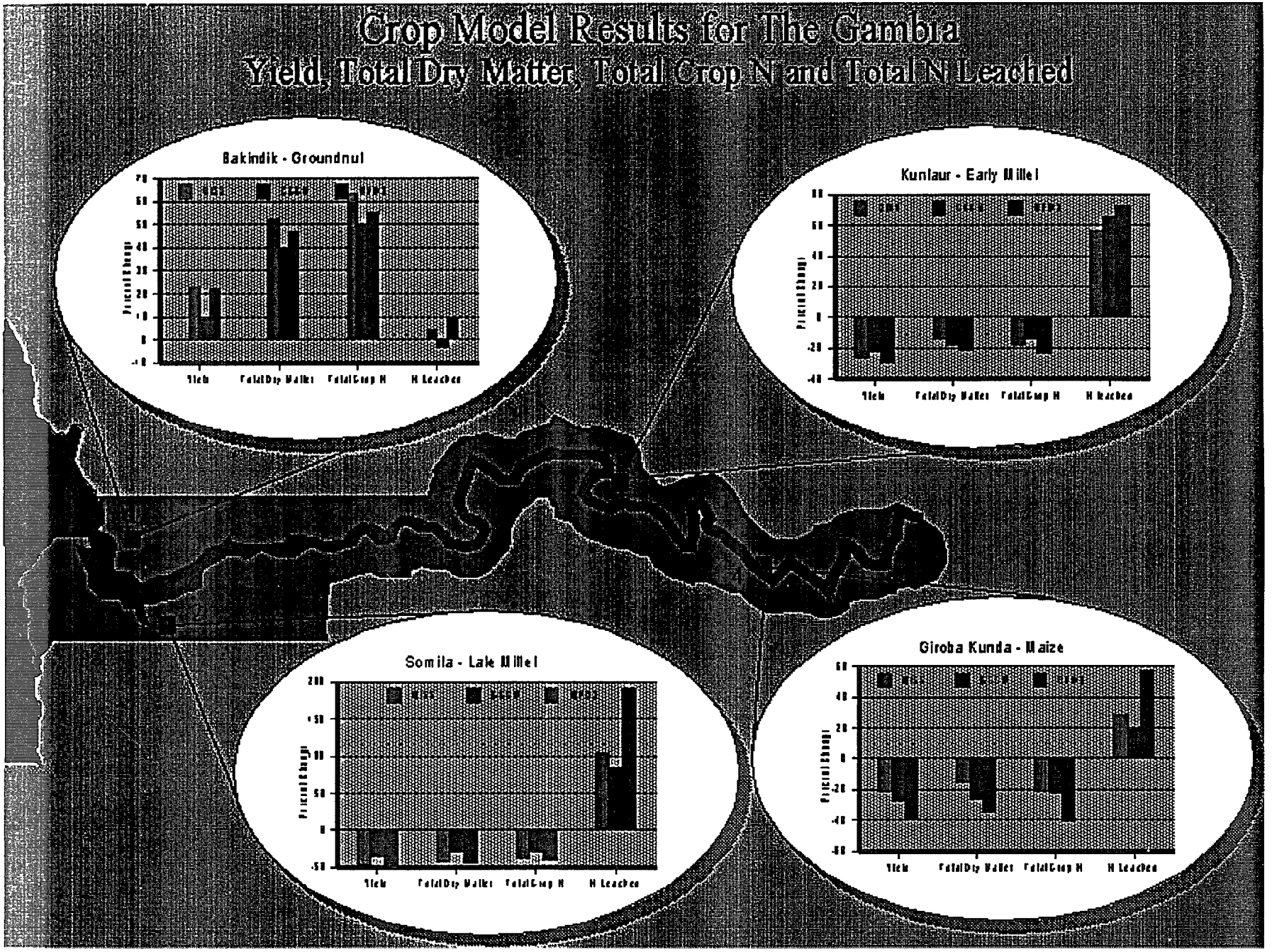
Crop Model Results for Zimbabwe

Rainfed Maize Yield for 5 Planting Dates



Crop Model Results for The Gambia

Yield, Total Dry Matter, Total Crop N and Total N Leached



Agriculture V&A Assessment

Strategies for South Africa

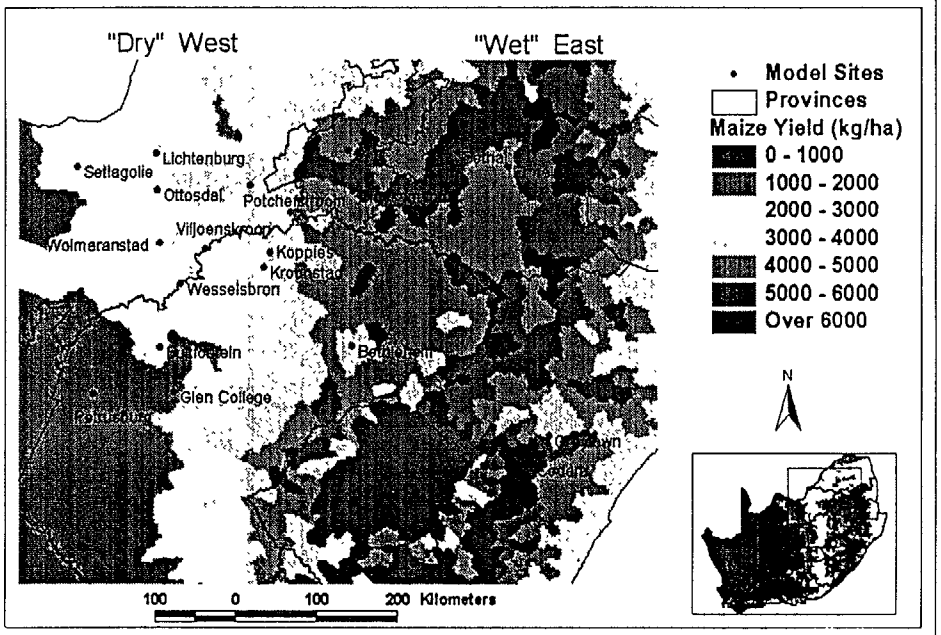
- South Africa
  - Primarily maize production with selected speciality crops
  - Maize was modelled by CERES-Maize in DSSAT
  - Other crops were modelled with locally-derived, crop suitability models
  - Rainfed and irrigated production at 19 individual sites
  - Linked with a GIS database for national cropping areas
  - GCM Model Scenarios - Hadley (with and without sulfates), CSM and GENESIS

Agriculture V&A Assessment

Strategies for South Africa

- South Africa
  - Primarily maize production with selected speciality crops
  - Maize was modelled by CERES-Maize in DSSAT
  - Other crops were modelled with locally-derived, crop suitability models
  - Rainfed and irrigated production at 19 individual sites
  - Linked with a GIS database for national cropping areas
  - GCM Model Scenarios - Hadley (with and without sulfates), CSM and GENESIS

Examples from the South African Country Study: Site-based Simulations



Site: Bethlehem

Simulated yields (kg ha^{-1}) at different planting dates and weather scenarios

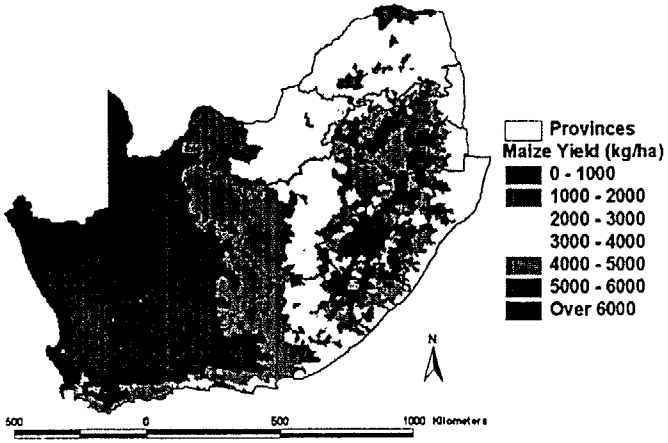
Planting date	Weather	Mean	St. dev	25th Percentile
18 October	**Normal**	**5416**	**3174**	**2146**
18 October	-CSM	5210	2475	3335
18 October	-GEN	5004	2412	4014
18 October	-H2n	3377	2237	1329
18 October	-H2s	4182	2795	1525
5 November	**Normal**	**5796**	**3235**	**2623**
5 November	-CSM	5835	2584	3816
5 November	-GEN	5905	2306	4110
5 November	-H2n	4161	2279	2891
5 November	-H2s	5334	3002	2826

Examples from the South African Country Study: GIS-based Simulations

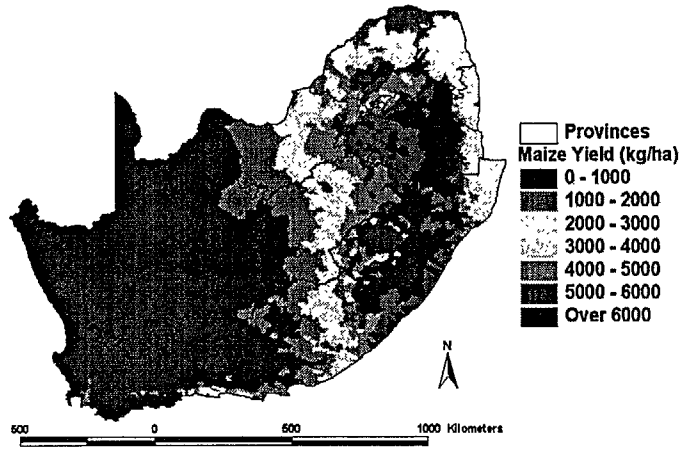
Western (Dry) Management

Eastern (Wet) Management

Normal Climate

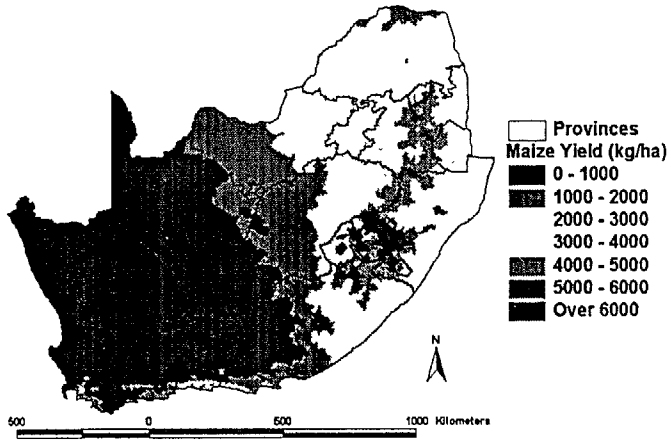


Climate: Normal
Management: Western (dry)

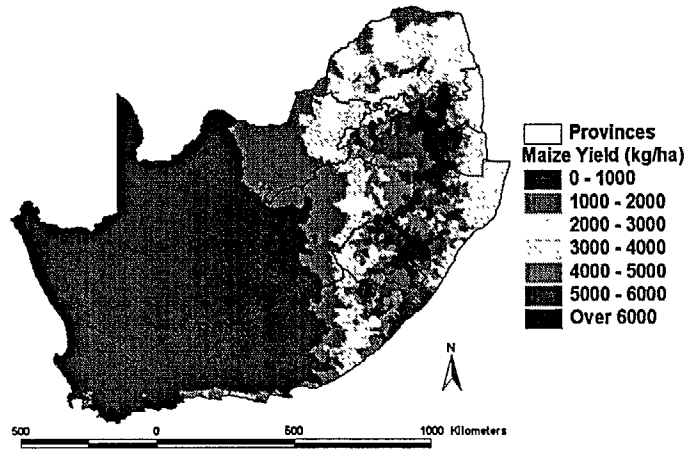


Climate: Normal
Management: Eastern (wet)

H2n Scenario



Climate: H2N Scenario
Management: Western (dry)

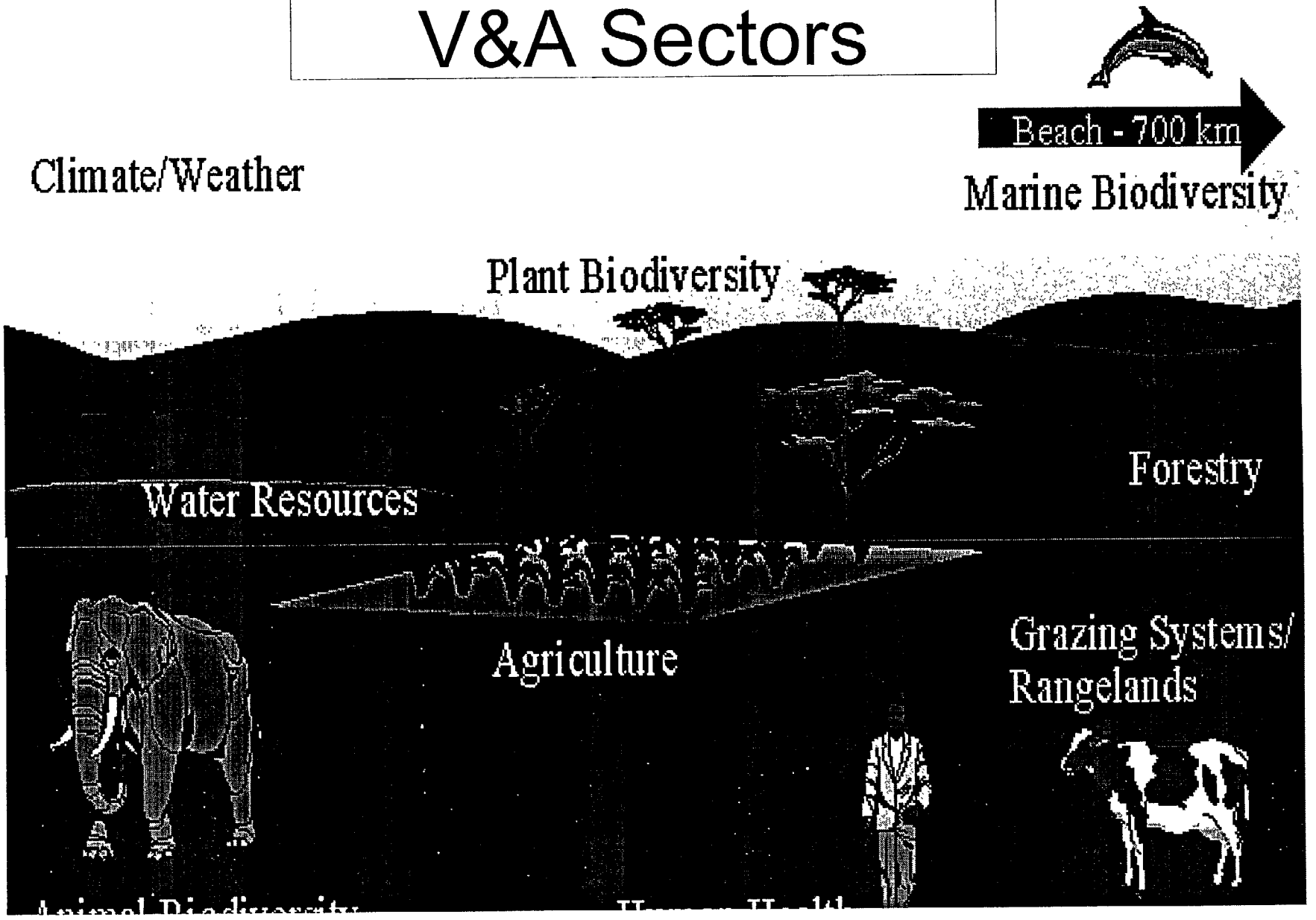


Climate: H2N Scenario
Management: Eastern (wet)

Integration of V&A Sectors

- Each V&A sector will have results showing sensitivity, vulnerability and potential adaptation responses
- Look for cross-sectional issues to combine the results from one sector with another
  - Example: Agriculture and irrigation demand
  - Agriculture and Water Resources sections must work together
  - Other examples from your own country?

South African V&A Sectors



Team Work Is Essential in V&A Studies

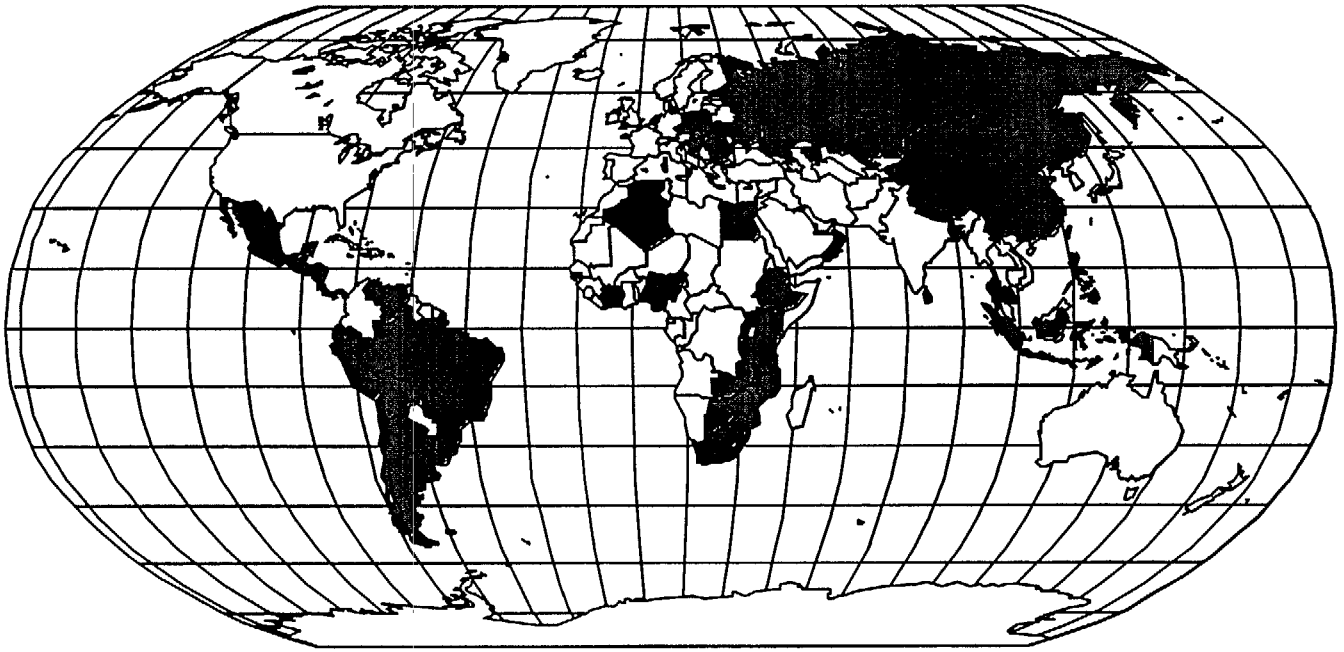
- Sectors must communicate and share results throughout the study
- Share data and experiences
- Model results must go into policy-relevant formats and be cross-sectoral
- Stakeholder participation can help in reporting results and policy formation

SANDRA GUILL
US Country Studies Program

400

U.S. Country Studies Program:

Support for Climate Change Studies, National Plans, and Technology Assessments



Technical Support ⟷ *Cooperative Agreements*

Supporting the Principles and Objectives of the Framework Convention on Climate Change 07/29/99

n: findsen/csp/bob/cspbrief

U.S. Country Studies Program Objectives

- Enhance capabilities to inventory emissions, assess vulnerability, and evaluate response options (mitigation and adaptation)
- Help establish a process for developing and implementing national plans, policies, and measures
- Develop information to further national and international discussions
- Support principles & objectives of the Framework Convention on Climate Change

Study Results - Highlights

- 49 countries have completed their studies and submitted final reports, including all 10 EIT countries
- 14 countries receiving support have presented National Communications to the UNFCCC
- US CSP has trained 15 visiting analysts
- 350+ publications and journal articles published under US CSP including:
  - 10 guidance documents
  - 60+ workshop & conference proceedings
  - 160+ major country reports
  - 16 special journal editions

Greenhouse Gas Emission Inventories

- The U.S. CSP has provided financial and technical support to 43 developing countries and countries with economies in transition to assist them in preparing greenhouse gas (GHG) emission inventories. 41 countries have submitted final GHG emission inventories.
- The methodological underpinning of the Program's inventory efforts has been the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Guidelines (UNEP et al., 1995.

Greenhouse Gas Emission Inventories (cont'd.)

- A wide range of technical support services has been provided to countries preparing GHG inventories. Specifically, the Program has:
  - provided training and advice in the preparation of GHG inventories
  - reviewed interim products
  - organized and conducted regional workshops to share results and discuss issues or problems of particular significance
  - assisted in preparing materials for reporting the results of countries' inventory efforts

Analytic Results

- In general, the greatest emissions reported in national inventories have been in those countries that are highly industrialized and highly populated.
- The countries in each region reporting the greatest fossil energy CO_2 emissions (South Africa, China, Russia, and Mexico) also had the highest gross domestic product (GDP) and, except for South Africa, the highest population.
- The fossil energy CO_2 emissions in these countries ranged from approximately 310,000 gigagrams of CO_2 (6.27 gigagrams/capita) in Mexico to approximately 2,318,000 gigagrams of CO_2 (1.27 gigagrams/capita) in China.
- However, the inventory results also paint a picture of the variability in emission sources and magnitudes across countries and the factors that drive this heterogeneity.

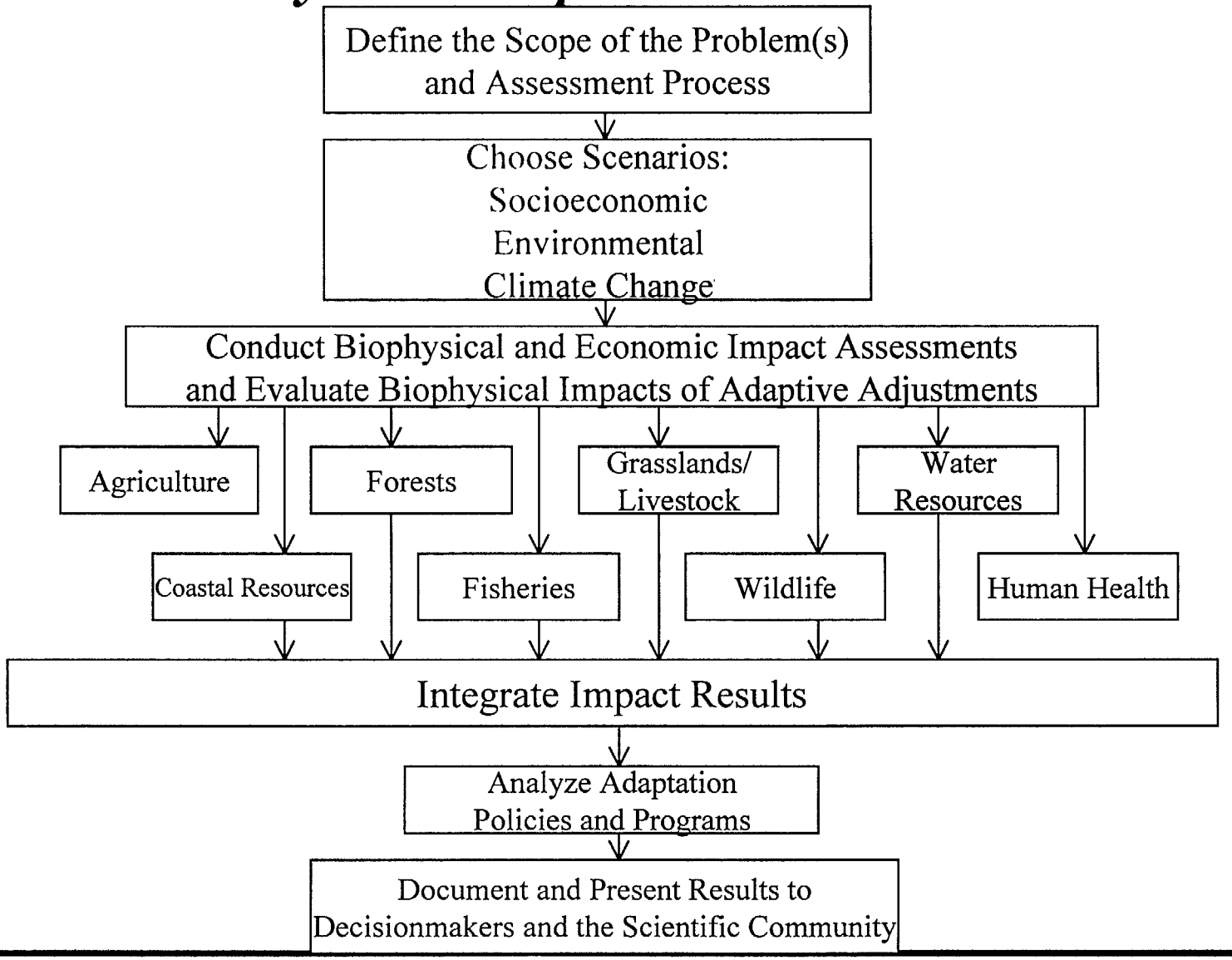
Analytic Results (cont'd.)

- At the national level, the relative proportion of GHG's often differs dramatically from the global average. Carbon dioxide is most important in the more industrialized countries of Africa, Asia, and Latin America, and in the transition countries because they are relatively energy intensive and rely principally on fossil fuels. Carbon dioxide is most important in several other countries of Africa, Asia, and Latin America because of relatively high CO_2emissions from land use change and forestry.
- Methane is most important in the countries in which agriculture is the predominant source category (I.e., almost half of the countries in Africa, and Bangladesh).
- National inventories indicate that per capita energy consumption and per capita fossil fuel CO_2 emissions in transition countries were comparable to, or even higher than, values in the U.S., the U.K. and Japan.

Vulnerability and Adaptation

- 49 countries participating in the Program were trained in how to develop climate change scenarios and future baseline socioeconomic scenarios.
- Countries were also trained in how to assess sector specific vulnerabilities for between one and eight sectors (**agriculture, coastal resources, fisheries, forests, grasslands and livestock, human health, water resources, and wildlife**).
- In conducting their assessments, most of the countries followed the general approach recommended by the USCSP in *Vulnerability and Adaptation Assessments: An International Guidebook* (Benioff et al., 1996).

Vulnerability and Adaptation Assessment Process



Mitigation

- 34 countries initiated studies of mitigation options, and 29 have completed their studies at varying levels of detail.
- Nearly all of the countries conducted quantitative analyses of mitigation options in the energy sector, although the scope of these studies varies considerably.
- Options in the electric power sector received the most attention. Options in industry and buildings were also considered by many countries, whereas the transportation sector was studied the least.
- Among the non-energy sectors, approximately two-thirds of the countries conducted assessment of mitigation options in the forestry sector. Somewhat fewer than half analyzed opportunities in agriculture (including rangelands), and only a few countries considered the waste management sector.
- Only a few countries conducted quantitative (top-down) analysis of the macroeconomic impacts of GHG mitigation strategies.
- Although countries considered a wide range of mitigation technology options within their assessments, most focused their analysis on a narrower spectrum of options.

Mitigation (cont'd.)

- In the energy sector, alternatives for electricity were a major focus of most countries. The main emphasis was on options for centralized supply, but small-scale renewable electricity generation technologies were considered by some developing countries. Energy efficiency options in industry and buildings, such as more efficient motors, boilers, and household appliances, were found to be attractive by many of the countries.
- In the forestry sector, reducing the rate of deforestation is a key issue in many developing countries. In addition to forest protection and conservation, most of the countries also considered the potential for afforestation. In the agricultural sector, the type of options considered mainly concerned reducing methane emissions from livestock and, in several Asian countries, from rice fields

Future Work

- *Broader assessment of alternative mitigation options*. Most of the countries examined only a subset of the potential number of GHG mitigation options. A wider array of options should be examined more closely.
- *Improved data on technology performance and costs*. More accurate data for actual national conditions would make the results much more robust, and provide a firmer basis for development of policy strategies.
- *Transportation sector analysis*. Few of the countries conducted a comprehensive analysis of transportation sector mitigation options.
- *Analysis of joint benefits of mitigation options*. Many of the mitigation options identified in the country studies have national benefits with respect to environmental sustainability, energy security and balance of payments, economic development, and goals.

Support for National Action Plans (SNAP)

- Building on countries' prior work, the U.S. Country Studies Program initiated an activity to Support the development of National Action Plans (SNAP).
- The objectives of SNAP are:
  - to assist countries in preparing climate change action plans that may form the basis of their national communications
  - to promote diffusion of mitigation and adaptation technologies

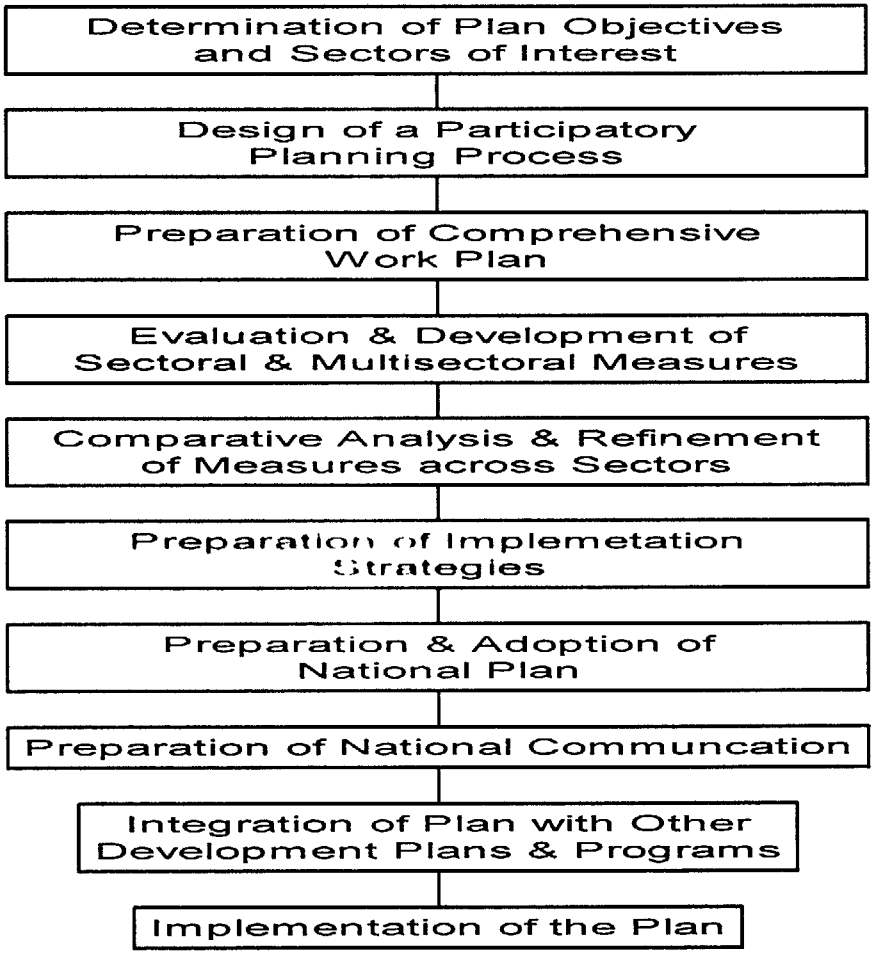
Support for National Action Plans (SNAP)

- Eighteen countries have initiated national action plans:

  Bolivia, **Bulgaria**, China, the **Czech Republic**, Egypt, the Federated States of Micronesia, **Hungary**, Indonesia, **Kazakhstan**, **Mauritius**, **Mexico**, the Philippines, the **Russian Federation**, Tanzania, Thailand, **Ukraine**, **Uruguay**, and **Venezuela**.

*countries in bold have finished their work.

National Action Plan Preparation Process



Contact for Further Information:

U.S. Country Studies Program, PO-6
1000 Independence Avenue, SW
Washington, DC 20585 USA

Phone: 202-586-3288
Fax: 202-586-3485 or 202-586-3486
E-mail: uscsp@ee.doe.gov
Internet: http://www.gcrio.org/CSP/webpage.html

BRIAN HURD

Stratus Consulting

Guidance and Methods for Developing Climate Change Scenarios

Brian Hurd, Stratus Consulting Inc.
P.O. 4059, Boulder, Colorado, 80306 USA

U.S. Agency for International Development Training Workshop on Vulnerability and Adaptation Assessment

Dakar, Senegal
25–27 July 2000

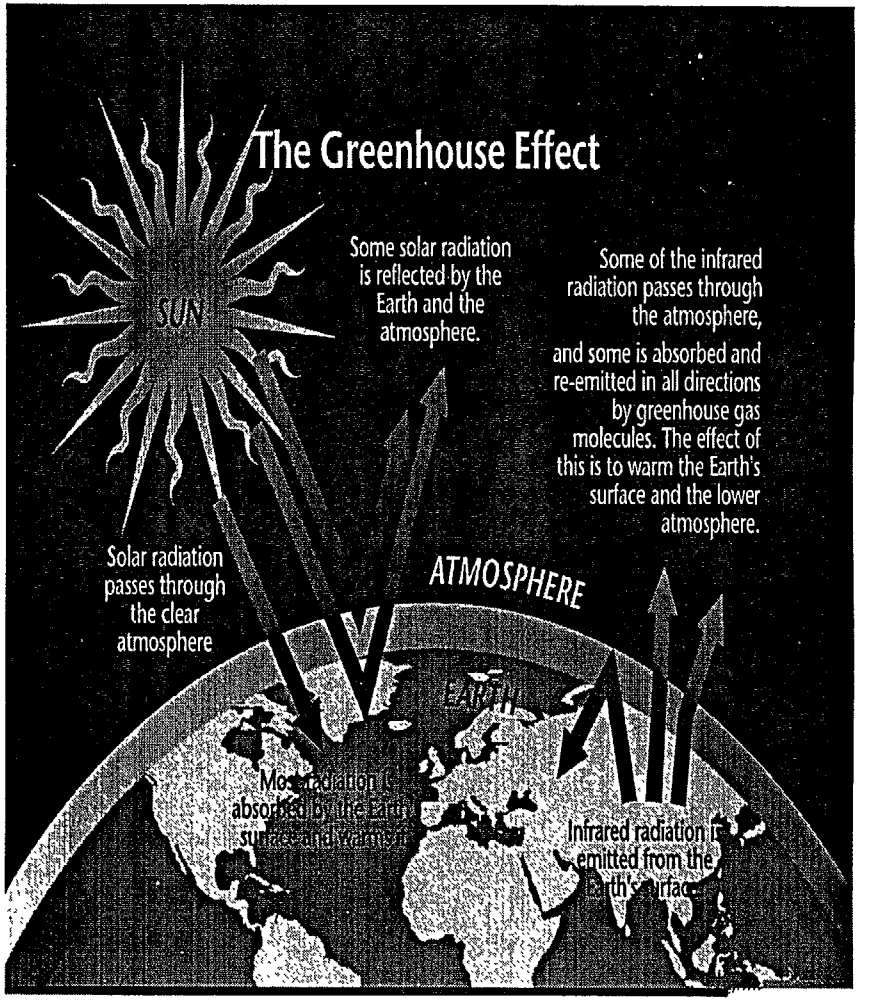
BEST AVAILABLE COPY

Stratus Consulting Inc.
Environment and Energy Research

418

Why Create Climate Change Scenarios?

- Globally, the greenhouse effect will raise temperatures and precipitation (though we don't know by how much)
- Regional changes are even more uncertain
- Simulate alternatives to capture uncertainty in
  - direction
  - magnitude
  - timing
  - variability
  - extreme events



Source: US National Assessment.

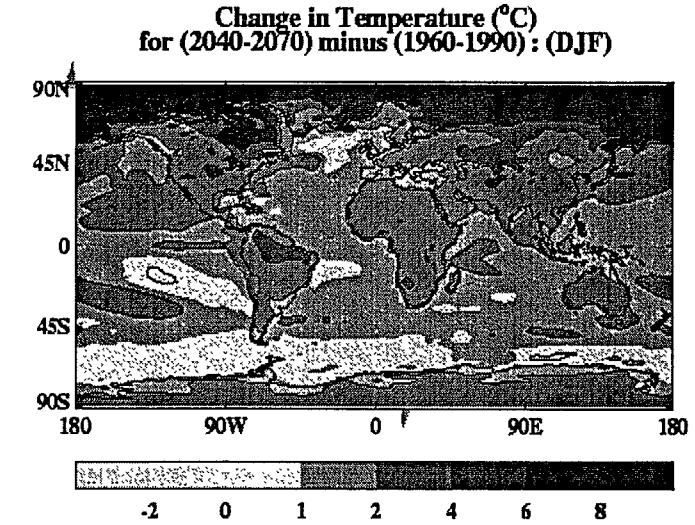
BEST AVAILABLE COPY

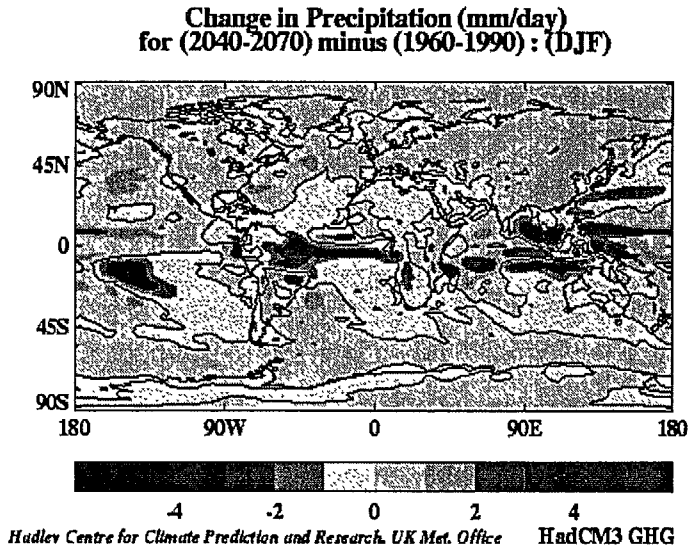
Stratus Consulting Inc.
Environment and Energy Research

BEST AVAILABLE COPY

What are Climate Change Scenarios?

- Scenarios are plausible combinations of conditions that may be used to illustrate future events



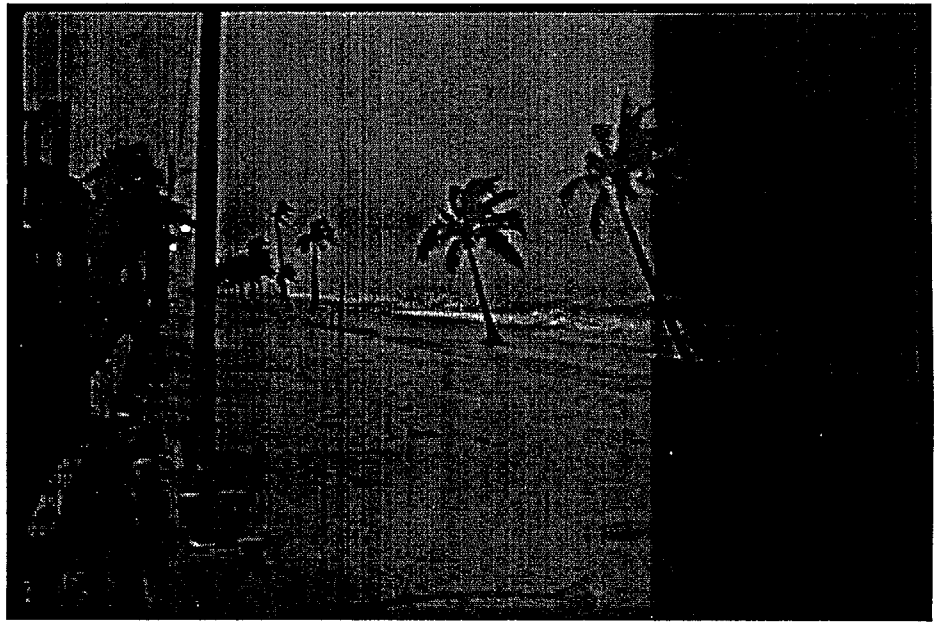


Stratus Consulting Inc.
Environment and Energy Research

420

We Cannot Predict the Future

- Scenarios can help identify which sectors are most sensitive to climate change
- Use a range of different scenarios to identify climate change sensitivities



Stratus Consulting Inc.
Environment and Energy Research

Important Factors

- Consistent with accepted predictions of climate change
- Physically plausible
- Variables need to link to vulnerability and adaptation assessments at appropriate spatial and temporal scales

- Indicate the broad range of potential regional climate changes

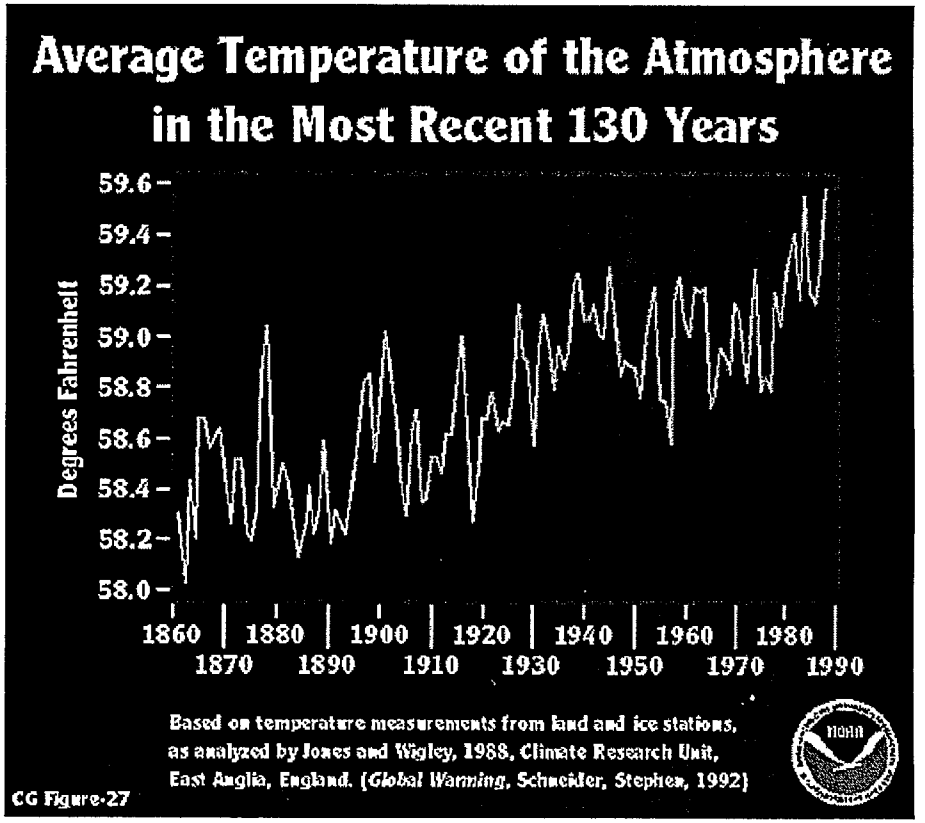
Stratus Consulting Inc.
Environment and Energy Research

Time Frame

- Define a suitable climate baseline (e.g., IPCC uses 1961-1990)
- Select a time horizon for the assessment,e.g., 2020, 2060, 2100
  - Near term (2000-2050) ---- less warming, but could include increased variability
  - Longer term (> 2050) --- greater warming but exceeds most long-term planning horizons
- Estimates of global average warming for a doubling of CO_2 range between 1.0ºC and 5.0ºC by 2100 (IPCC, draft 2000)

Baseline Climate

- 30 years of observed data is needed to characterize baseline climate
- A recent time period is preferable, such as 1961-1990
- It may be important to note that since 1970 temperatures have generally risen



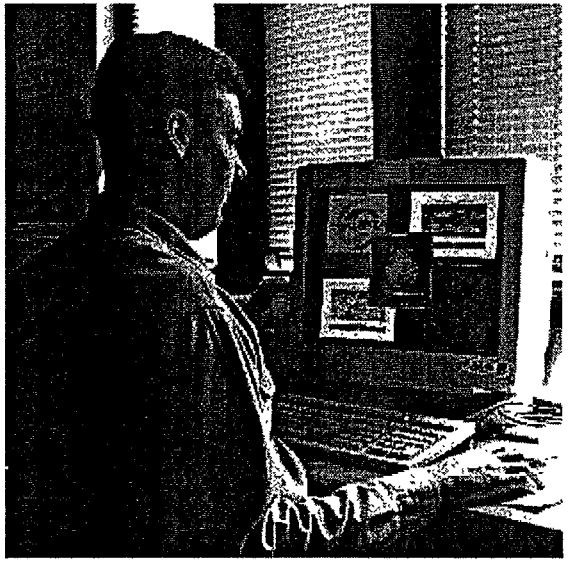
Stratus Consulting Inc.
Environment and Energy Research

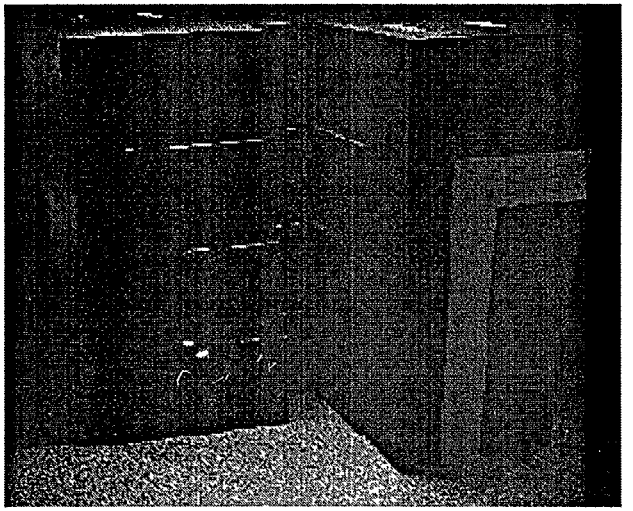
Options for Generating Climate Change Scenarios

- General Circulation Model (GCM) datasets and support models (e.g., COSIC, MAGICC/SCENGEN)
- Analogue warm periods from past observations
- Range of hypothesized changes

GCMs

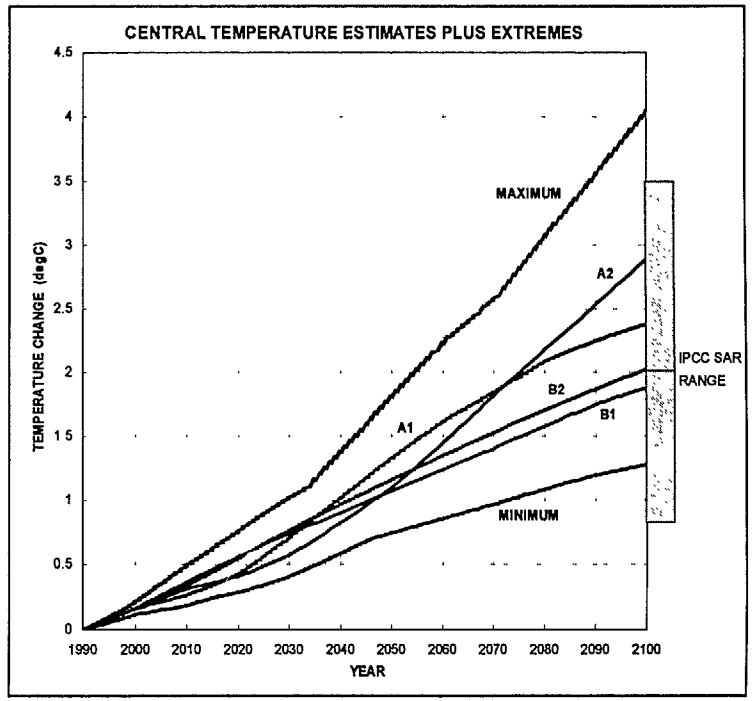
- Mathematical models of global climate run on supercomputers
- Simulate current climate and under alternative greenhouse gas and sulpher aerosol concentrations
- Simulations include
  - 2xCO_2 GHG concentrations
  - Transient GHG emissions





GCMs (cont.)

- Advantages
  - Consistent with estimates of climate change
  - Physically plausible results
  - Contain sufficient number of variables
- Disadvantages
  - Estimates of current climate often inaccurate
  - Limited spatial resolution



Stratus Consulting Inc.
Environment and Energy Research

Analogue Warming

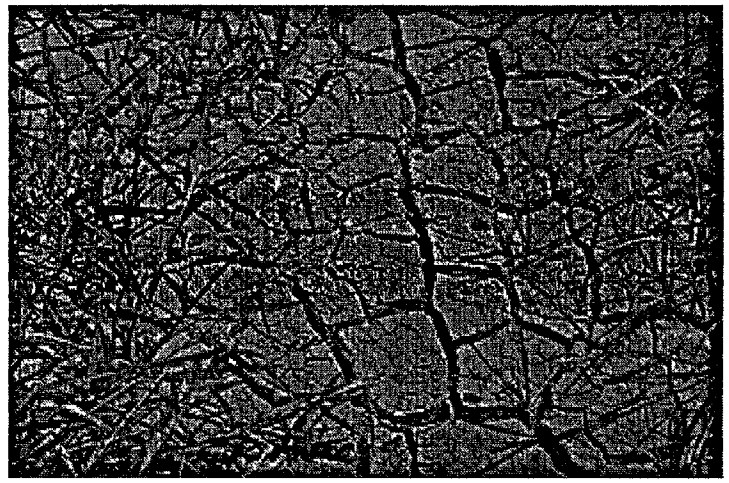
- Use past warm periods as representative of future warming
  - e.g., the 'dust bowl' period of drought in the United States during the 1930s

- Advantages
  - Actually happened, certainly plausible
  - More accurate data may be available with greater spatial and temporal resolution
- Disadvantages
  - Forcings different
  - Degree of warming is relatively low

Stratus Consulting Inc.
Environment and Energy Research

Hypothesized Changes

- Uniform incremental changes
  - e.g., +2°C +10% change in precipitation
- Advantages
  - Capture a wide range of climate changes
  - Assist in identifying relative sensitivities to climate variables



- Disadvantages
  - May be implausible
  - Uniform changes may be inaccurate and inconsistent with observed or modeled changes

Use of GCM Output (e.g, 2xCO2)

- Spatial resolution is relatively high
- Use linear interpolation between four nearest gridpoints to infer higher resolution changes
- Or, if within one grid box, use nearest gridpoint
- Combine observed climatology (e.g., 1961-1990) with monthly average GCM output
  - Temperature: add (2xCO2 - 1xCO2) to observed data
  - Other variables e.g., precipitation: multiply (2xCO2/1xCO2) by observed data

2xCO2 Scenarios (cont.)

- Assumes changes in average monthly conditions
- Limitations
  - No change in daily or interannual variance
  - No change in sub-grid box spatial variance
- GCM selection criteria
  - Vintage or how recent the experiment is
  - Resolution properties
  - Simulation of current climate
  - Reasonableness of estimated changes (perhaps with respect to other GCM results)

GCM Data Sources

- IPCC Data Distribution Centre
  - GrADS - the Grid Analysis and Display System
- Scaled Scenario Models
  - MAGICC and SCENGEN

    Model for the **A**ssessment of
    Greenhouse-gas **I**nduced **C**limate **C**hange

    SCENario **GEN**erator

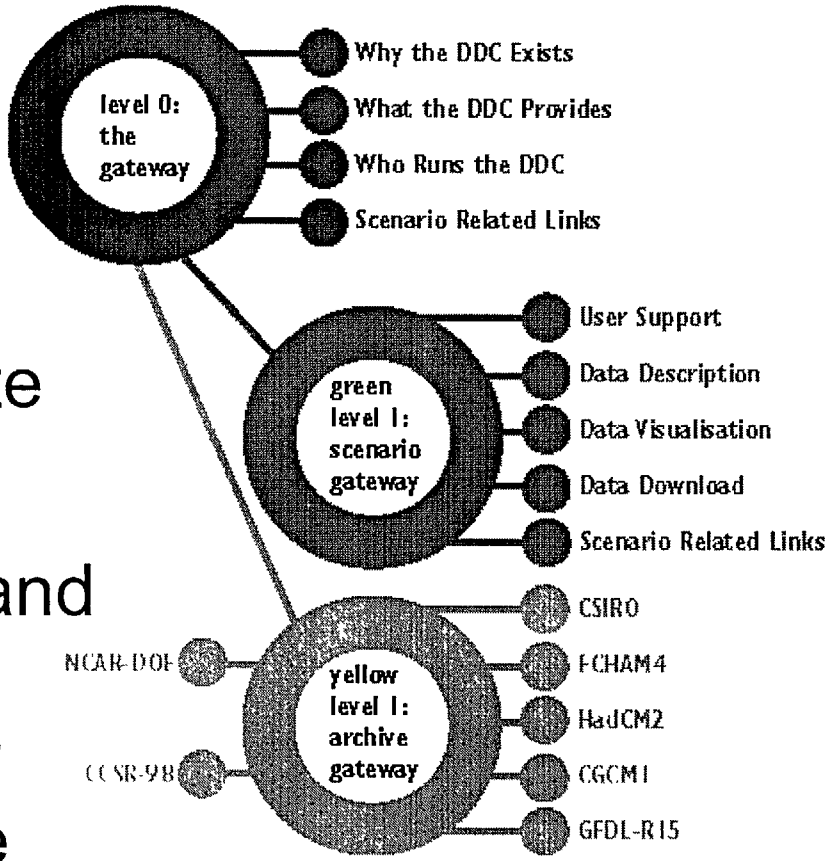
  - COSMIC

    COuntry **S**pecific **M**odel for **I**ntertemporal **C**limate

Stratus Consulting Inc.
Environment and Energy Research

IPCC Data Distribution Centre

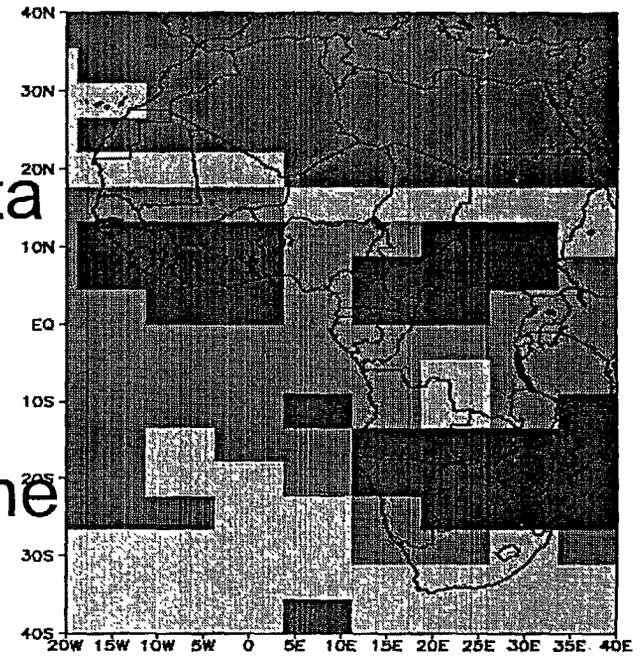
- Established in 1998 as a clearinghouse of climate change scenarios
- Three types of data
  - Observed global climate data sets
  - Results from GCMs
  - Non-climatic baseline and scenario information
- "Guidelines on the Use of Scenario Data for Climate Impact and Adaptation Assessment" http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk



Stratus Consulting Inc.
Environment and Energy Research

GrADS
Grid Analysis and Display System

- GrADS is an interactive desktop tool for the analysis and display of earth science data
- GrADS implements a 4-Dimensional data model latitude, longitude, level, and time
- Data are displayed graphical and can be output in PostScript format for printing
- http://grads.iges.org/grads/



Scaled Scenario Models

- Models such as COSMIC and SCENGEN use pattern-scaling to generate a wider range of scenarios without need for rerunning actual GCMs (in contrast to GrADS which displays actual GCM experiment results from gridded datasets)
- Spatial and temporal patterns of GCMs (averaged over a 30 year time-slice) are standardized by dividing by the global-mean temperature estimated by a specific GCM for that time-slice
- Resulting standardized climate change patterns are expressed per degree C of global warming

Use Scaled Scenario Models with Caution

- Pattern-scaling assumes:
  - relative geographic patterns remain constant over time
  - the magnitude and pattern of changes is linear in and well described by global-mean temperature change
- Therefore, potential nonlinear responses cannot be indicated in the models and they do not depict natural decadal variability
- However, they are very useful and accessable climate change analysis tools

MAGICC/SCENGEN

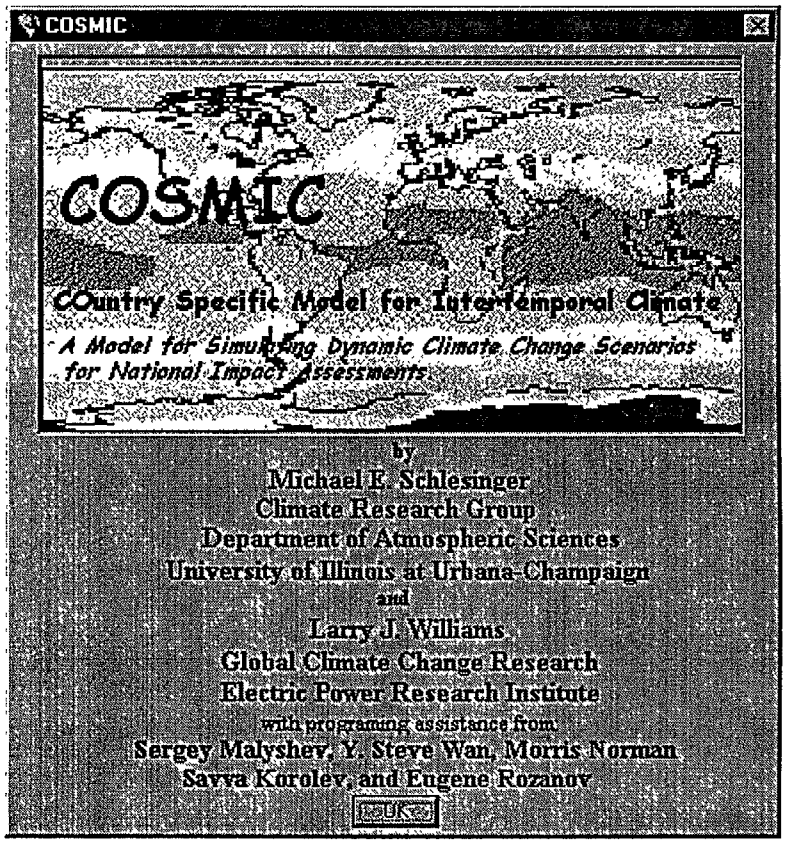
- MAGICC is a PC-based, user-friendly 1 dimensional (not a GCM) computer program designed to assess the global-mean temperature and sea level changes that might arise from future emissions of greenhouse gases
- Emissions for a 'policy' and 'reference' scenario are selected by the user from a library of scenarios
- MAGICC displays uncertainty ranges for key results and is used in conjunction with SCENGEN to convert the global warming projections into regional scenarios of future climate change

MAGICC/SCENGEN

- SCENGEN displays scenarios at two spatial scales: a global resolution of 5° latitude/longitude and, for some regions, at 0.5°, e.g., Europe, south Asia, southern Africa and the USA.
- 16 GCM climate change experiments are available
- On-screen maps can be interrogated pixel-by-pixel for actual quantities to be displayed on screen and the data can be exported to a file
- http://www.cru.uea.ac.uk/~mikeh/software/MAGICC_SCENGEN.htm

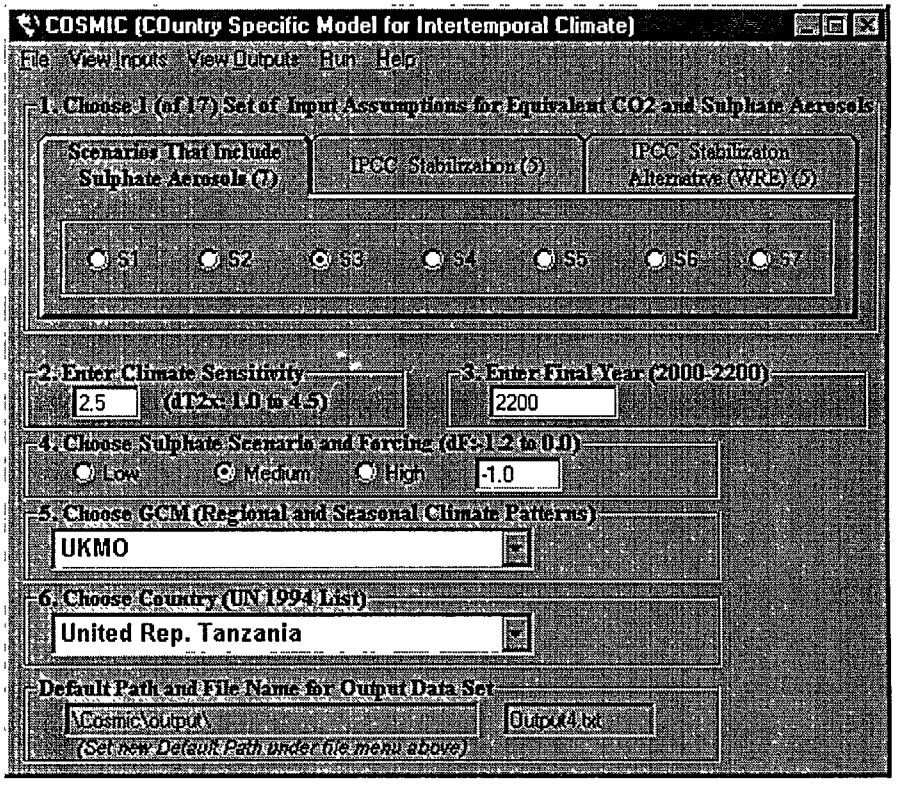
COSMIC

- COSMIC provides climate-change impact modelers and policy analysts with a flexible system that can produce a full range of dynamic country-specific climate-change scenarios
- COSMIC provides easy access to credible climate-change scenarios that are consistent with the state-of-the-art, fully coupled, transient ocean-atmosphere GCM simulations



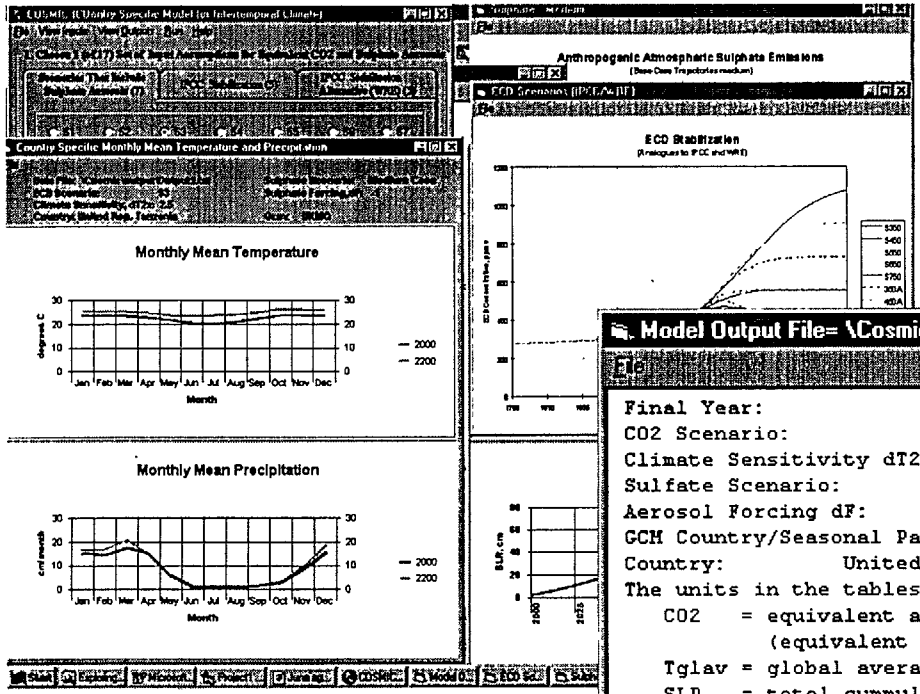
COSMIC Features

- Calculates annual global-mean surface temperature
- Calculates annual sea-level rise
- Fourteen equilibrium GCM regional and seasonal patterns of temperature and precipitation
- Calculates monthly temperature and precipitation estimates
- Full results available for one hundred and fifty-eight countries



Stratus Consulting Inc.
Environment and Energy Research

COSMIC Results



Model Output File= \Cosmic\output\Output3.txt

File

```
Final Year:                          2200
CO2 Scenario:                        S3
Climate Sensitivity dT2x:            2.50
Sulfate Scenario:                    Medium
Aerosol Forcing dF:                  -1.0
GCM Country/Seasonal Patterns:       UKMO
Country:          United Rep. Tanzania
The units in the tables below are the following:
   CO2    = equivalent atmospheric concentration in parts per million by volume
            (equivalent CO2 = actual CO2 * 4/3)
   Tglav  = global average annual average temperature rise in degrees Celsius
   SLR    = total cummulative sea level rise in cm
   Tmav   = monthly average temperature in degrees Celsius
   Pmav   = monthly average precipitation in cm/month
   Note:  The first row of each year has Tmav with Pmav directly below.
```

year	CO2	Tglav	SLR	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1990	404.0	0.0	0.00	23.3	23.4	23.3	22.7	21.6	20.4	20.0	20.9	22.3	23.5	23.5	23.5
				15.2	14.2	17.2	15.1	5.8	1.3	1.0	1.1	1.5	2.9	8.3	15.1
1991	408.8	0.0	0.17	23.3	23.4	23.3	22.7	21.6	20.4	20.1	20.9	22.3	23.5	23.6	23.5
				15.2	14.2	17.2	15.1	5.8	1.3	1.0	1.1	1.5	2.9	8.3	15.1
1992	413.5	0.0	0.36	23.3	23.4	23.3	22.7	21.6	20.4	20.1	20.9	22.3	23.5	23.6	23.5
				15.2	14.2	17.2	15.1	5.8	1.3	1.0	1.1	1.5	2.9	8.3	15.1
1993	418.2	0.0	0.56	23.3	23.4	23.3	22.7	21.6	20.4	20.1	21.0	22.3	23.5	23.6	23.5
				15.2	14.2	17.2	15.1	5.8	1.3	1.0	1.1	1.5	2.9	8.3	15.1
1994	423.0	0.1	0.77	23.3	23.5	23.3	22.7	21.7	20.4	20.1	21.0	22.4	23.6	23.6	23.5
				15.2	14.2	17.2	15.1	5.8	1.3	1.0	1.1	1.5	2.9	8.3	15.1
1995	427.7	0.1	0.99	23.3	23.5	23.4	22.7	21.7	20.4	20.1	21.0	22.4	23.6	23.6	23.5
				15.2	14.2	17.2	15.1	5.8	1.3	1.0	1.1	1.5	2.9	8.3	15.1

To request a no-cost license contact:

Larry J. Williams
Electric Power Research Institute
3412 Hillview Avenue
ljwillia@epri.com
Fax: (650) 855-2950

Stratus Consulting Inc.
Environment and Energy Research

General Guideline in Creating Scenarios

- Do:
  - Use at least 2 GCMs for comparisons
  - For added flexibility include a few incremental scenarios
- Do Not:
  - Use only 1 scenario
  - Average GCM results
  - Combine variables from different GCMs into 1 scenario

Developing Baseline Scenarios for Assessing Changes in Agricultural Impacts

Brian Hurd, Stratus Consulting Inc.
P.O. 4059, Boulder, Colorado, 80306 USA

U.S. Agency for International Development Training Workshop on Vulnerability and Adaptation Assessment

Dakar, Senegal
25-27 July 2000

Stratus Consulting Inc.
Environment and Energy Research

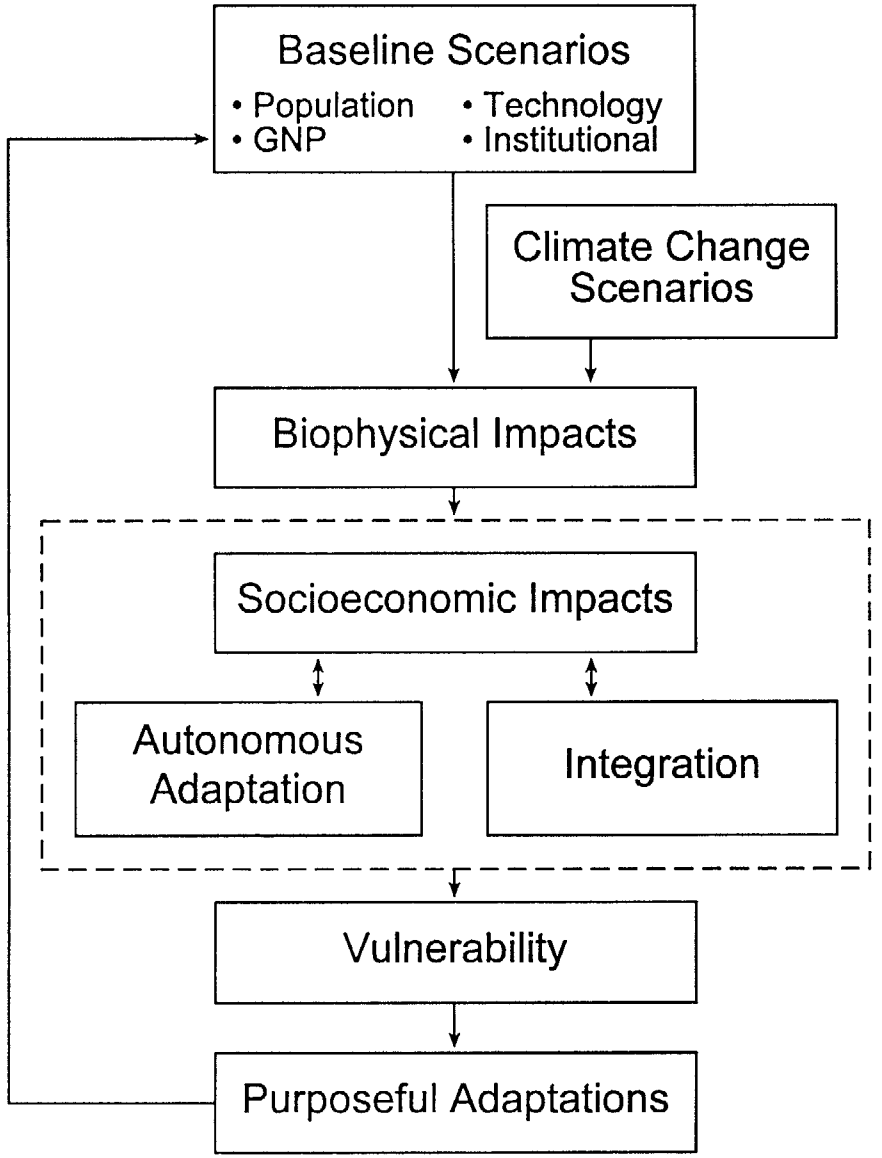
What Are Baseline Scenarios?

- Baseline scenarios are estimates of how socioeconomic and environmental conditions are anticipated to change in the absence of climate change within the relevant timeframe

Why Use Baseline Scenarios?

- To establish a plausible reference point against which changes induced by climate change can be measured

How Baseline Scenarios Are Used



Stratus Consulting Inc.
Environment and Energy Research

Approach

- Examine current conditions
  - useful to develop a baseline based on recent data (e.g., 1995 or 1998 depending on data)
- Develop baseline scenario based on:
  - trends or projected changes in socioeconomic and biophysical conditions (not including climate change)
  - comparisons to other similar countries

Factors to Consider

- Demographic trends, e.g., population, education
- Economic situation and trends, e.g., changes in GDP, incomes, trade balance, product and factor prices
- Technology and infrastructure capacity
- Institutional conditions, e.g., trade policy, privatization, subsidies, regulation
- Land use and development trends, e.g., agricultural acreage, water and irrigation, conservation
- Environmental conditions and goals, e.g., air quality, water quality, habitat protection

IPCC Baseline Scenarios

- The goal of the IPCC Special Report on Emissions Scenarios (SRES) is to provide a consistent reference point for developing emissions, climate, and baseline scenarios, updating the previous IS92 scenarios.
- Termed 'storylines,' each of four scenarios (A1, A2, B1, and B2) describes a future global paradigm. Based generally on dominant social values and global relationships, the scenarios form a basis for projecting rates of change in indicators such as population, economic growth, and technological change.
- There is no 'disaster,' 'optimistic,' 'best guess,' or 'business-as-usual' scenario, just plausible futures.

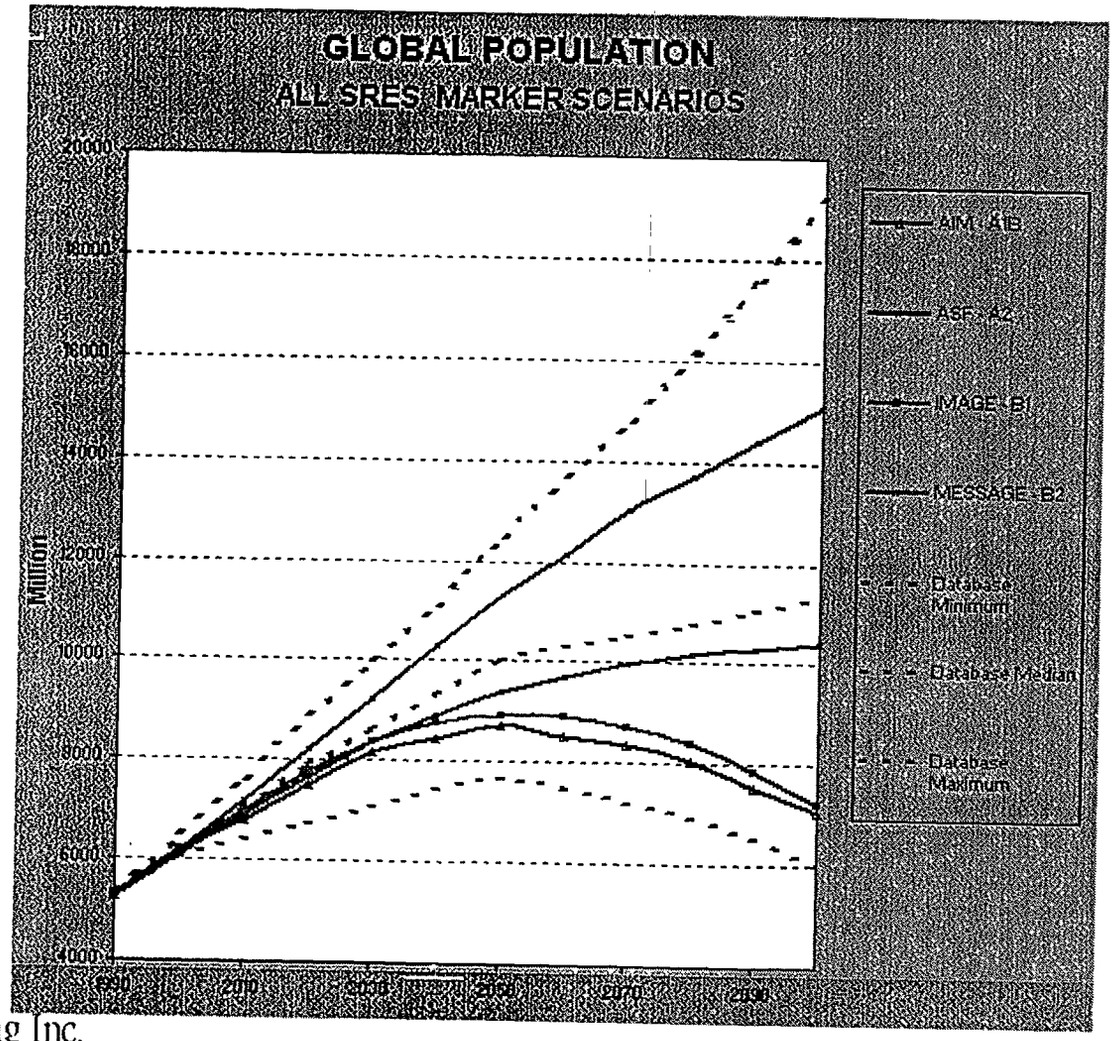
SRES Storylines

- Recognize the interrelationships between GHG emissions and socioeconomic systems
- Provide social, political, and technological context that make the scenarios more useful for analysis of impacts, adaptation, and mitigation
- Provide a guide for additional assumptions used by different user communities

A1 Summary

- Utilitarian values, affluence oriented
- Rapid economic growth (3% globally)
- Low population growth, long life, small families
- Rapid introduction and adoption of efficient technologies
- Intermediate GHG emissions
- Personal wealth emphasized over environmental quality
- Reduced differences in regional incomes
- Cultural differences throughout the world converge

Sample from SRES Website



Stratus Consulting Inc.
Environment and Energy Research

A2 Summary

- Local, community, and family centered values
- Greater regional emphasis both culturally and economically
- Less rapid economic growth (1.5% globally)
- High population growth
- Low per capita incomes
- Technology change and adoption depends on resources and culture
- Highest GHG emissions
- Focus on agricultural productivity to feed rapidly rising populations

B1 Summary

- High level of environmental and social concern and value
- Emphasis on globally sustainable and balanced development with investments in social infrastructure and environmental protection
- Moderate economic growth (2% globally)
- Low population growth
- Moderate per capita income, slightly less than A1
- Services emphasized over material goods, quality over quantity
- Mitigation technologies rapidly adopted and rapid decline in fossil fuels
- Low GHG emissions

B2 Summary

- High level of environmental and social concern and value
- Emphasis on decentralized decisionmaking and local self reliance
- Moderate economic growth (1% globally)
- Moderate population growth
- Moderate per capita income, slightly less than A1
- Less technology development and adoption, declining global investment, and less international diffusion
- Regional differences in energy use and innovation, transition out of fossil fuels is gradual
- Moderate GHG emissions

Tunisian Economic Goals and Trends

From the 9th Economic Development Plan

- Increasing trade liberalization
- Continue privatization of production in competitive sectors
- Increasing economic growth to 6%
- Improving capital and human resources
- Annual population growth of 1.6%
- Annual per capita income growth of 8.5%

Tunisian Agriculture

- Increase production (4.3% annual growth) and diversity
  - improve food security
  - increase export income
- Mobilization of water resources
  - increase storage capacity
  - improve efficiency and reuse of water

Developing a Baseline for Ag

- Define relevant analytic timeframe (e.g., intermediate run — 2030; long run — 2100)
- Annual rates of change for
  - crop yield
  - arable acreage
  - irrigated acreage
  - water use intensity (e.g., m^3/ha)
  - socioeconomics (e.g., population and GDP)
  - world commodity prices (e.g., from BLS)

Recent Example for Egypt

- Egyptian Agricultural Sector Models (EASM) used
- Two baseline scenarios, optimistic and pessimistic
- Scenarios based on a 1990 baseline using actual data
- Crop yield changes based on technological growth and several other parameters were taken from BLS
- Higher yields were assumed to require greater applications of water and nutrients

Yates, D. and Strzepek, K. (1998) "An Assessment of Integrated Climate Change Impacts on the Agricultural Economy of Egypt," Climatic Change, 38, 3, pp. 261-287.

Optimistic Scenario (2060)

- High rates of investments
- High non-Ag productivity rate increases
- High labor assimilation into economy and easy transition from Ag to non-Ag
- Growing non-Ag sector relative to Ag
- Less dependence on Ag sector

Pessimistic Scenario

- Generally opposite of optimistic scenario with low rates of investments and non-Ag productivity increases
- High labor intensity
- Ag sector continues to be dominant

Key Indicators for Egyptian Baseline

(1990 absolute; 2060-optimistic/pessimistic percentage change from 1990)

Indicator	1990	2060-Opt	2060-Pes
Population	54156	122%	122%
GDP Ag	1143	96%	135%
GDP non-Ag	4878	617%	224%
Food price index	1.16	6.90%	-3.40%

Stratus Consulting Inc.
Environment and Energy Research

Baseline Results from EASM

(1990 absolute; 2060-optimistic/pessimistic percentage change from 1990)

Indicator	1990	2060-Opt	2060-Pes
Total economic surplus	36995	518%	369%
Consumer surplus	28112	639%	451%
Producer surplus	8883	136%	108%

Stratus Consulting Inc.
Environment and Energy Research

Climate Change Results from EASM

(percentage changes from 2060-optimistic and 2060-pessimistic baseline scenarios, respectively)

Indicator	GFDL-opt	GFDL-pes
Total economic surplus	-2.9%	-5.6%
Consumer surplus	-1.6%	-4.5%
Producer surplus	-15%	-15%

Stratus Consulting Inc.
Environment and Energy Research

463

Overview of the Need for Climate Change Adaptation and Assessment

Brian Hurd, Stratus Consulting Inc.
P.O. 4059, Boulder, Colorado, 80306 USA

U.S. Agency for International Development Training Workshop on Vulnerability and Adaptation Assessment

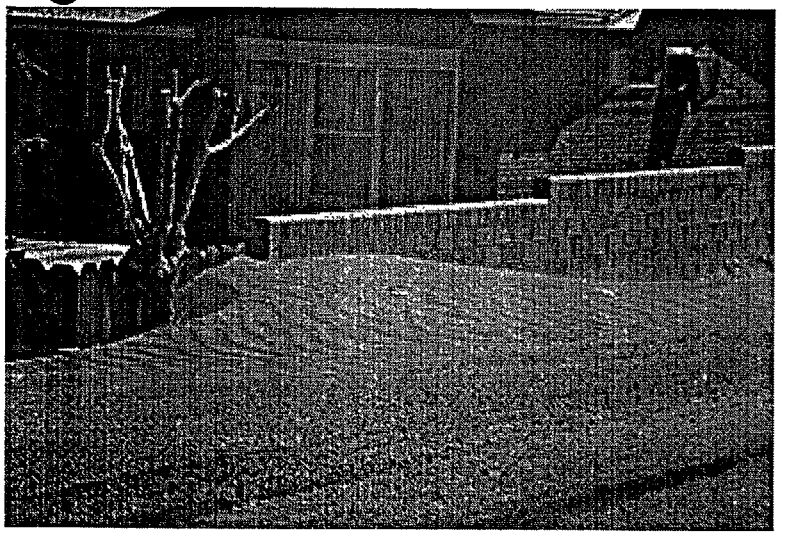
Dakar, Senegal
25-27 July 2000

Stratus Consulting Inc.
Environment and Energy Research

464

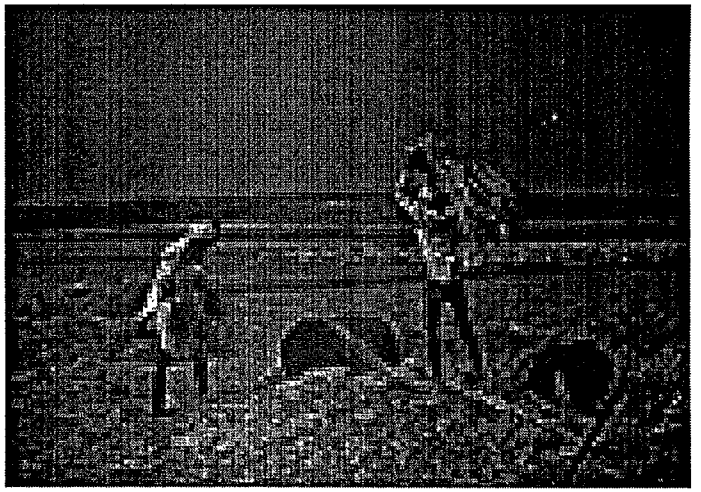
Why Do We Need to Think About Adaptation to Climate Change?

- The climate is already warming
- Current atmospheric concentrations of greenhouse gases may have committed us to a further 1°C of warming



- It is unlikely that emissions will be reduced enough to stabilize climate
- So, adaptation is inevitable

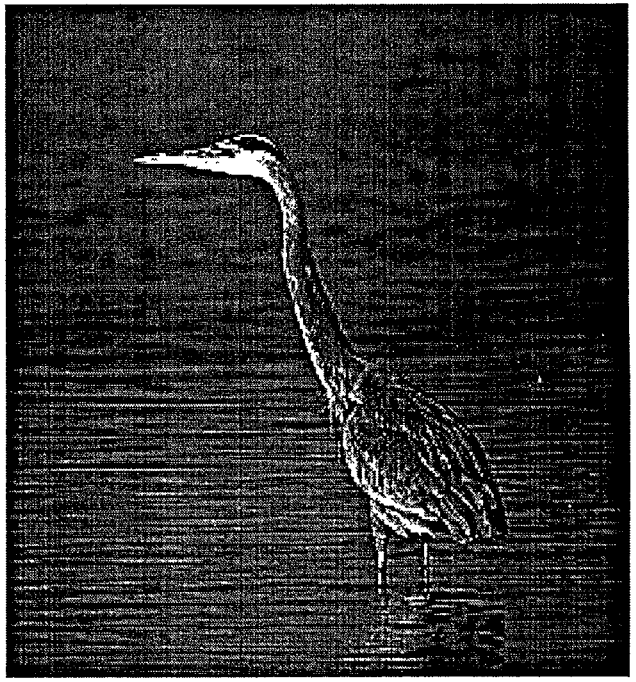
Adaptation Choices



- **Reactive**
  Climate changes and then actions are taken in response
  - Levees built after record floods
- **Anticipatory**
  Adaptation actions undertaken in advance of climate changes
  - An oil drilling platform is built higher to anticipate sea level rise

Why Not Just Wait for Climate to Change First?

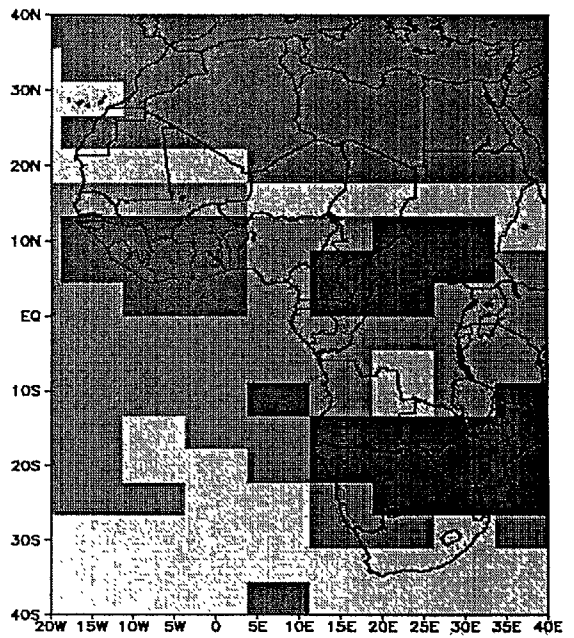
- Some impacts that could be anticipated may be irreversible, catastrophic, and costly to mitigate
  - loss of unique cultural or ecosystem resources
- Less costly mitigation opportunities may be missed
  - redirecting housing and construction away from vulnerable areas



Anticipating Climate Change is Difficult

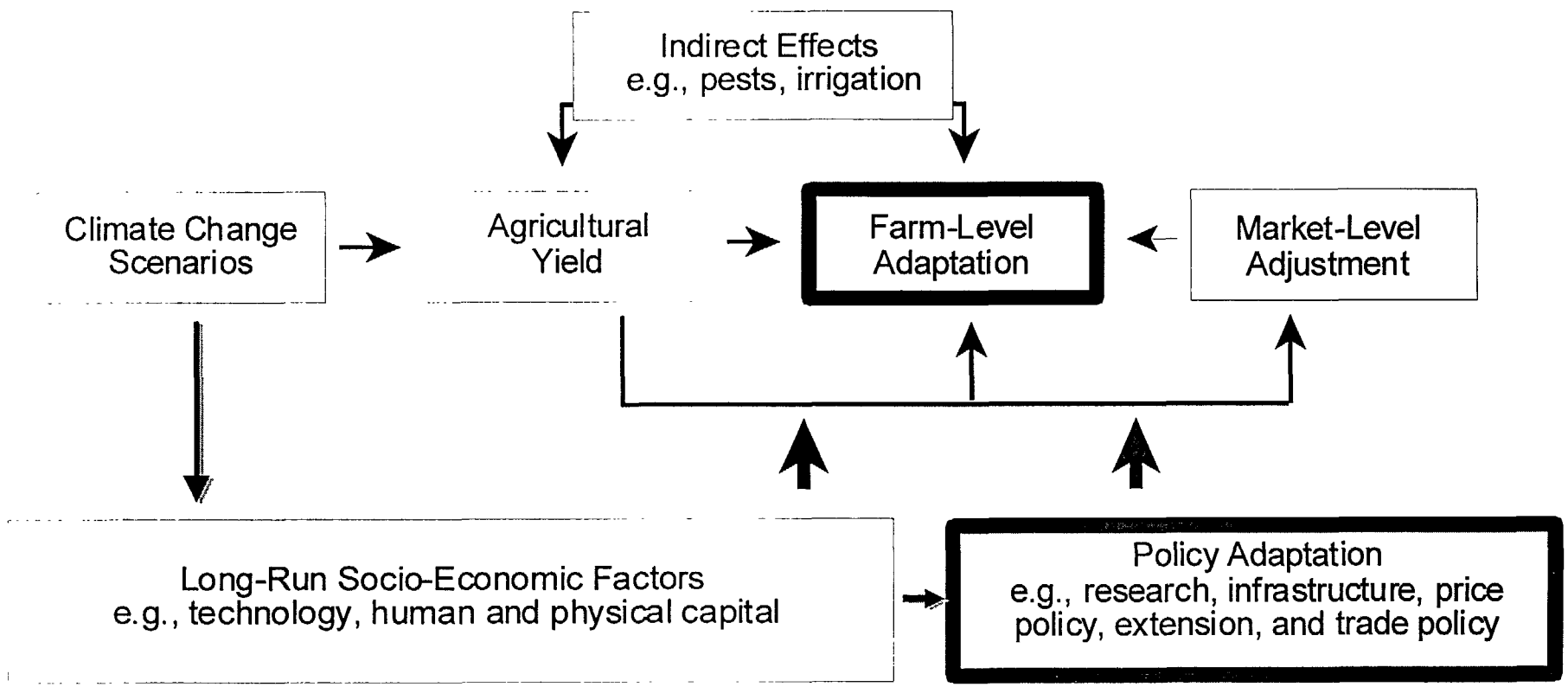
- Regional changes are uncertain
- GCM models often differ in estimates of the
  - Timing and trajectory
  - Magnitude, and even
  - Direction

  of modeled climate changes



Stratus Consulting Inc.
Environment and Energy Research

An Example of Agricultural Adaptation Response to Climate Change



Stratus Consulting Inc.
Environment and Energy Research

Source: Hurd, B., Stratus Consulting, 1999.

Anticipatory Adaptation Should Meet Two Criteria

- **Flexibility**
  - Performs well under a variety of climates
    - Robustness
    - Resiliency

- **Efficiency**
  - Benefits exceed costs
  - Consider
    - Timing of climate change benefits
    - Ancillary (or no-regrets) benefits under current climate (benefits independent of climate change)

Stratus Consulting Inc.
Environment and Energy Research

Many Anticipatory Adaptation Policies Make Sense Anyway

- Policies that promote adaptation to known climate variability most likely will help in adapting to climate change

  e.g., land management changes that help to reduce soil erosion increase resiliency to known climate variability and to potential future climate extremes

Anticipatory Adaptation Policies Can Be Prioritized

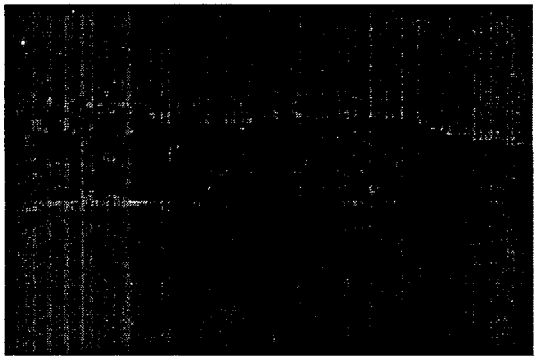
- Some adaptations can mitigate impacts even if implemented after climate changes
- Others must be implemented before climate changes
  - Irreversible/catastrophic impacts
  - Long-lived infrastructure
- Policies in the latter category are called high priority anticipatory adaptation policies

Examples of High Priority Anticipatory Adaptation Policies

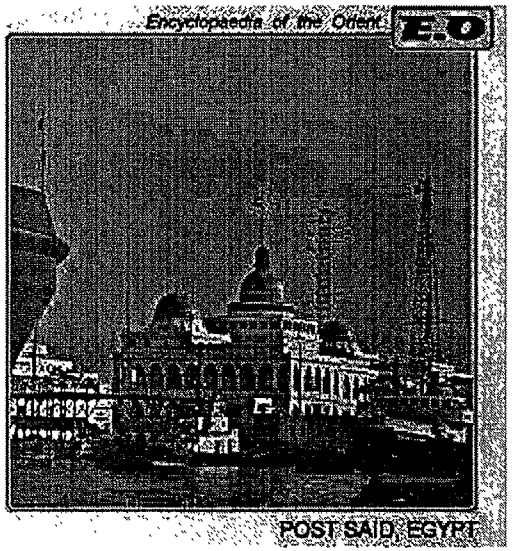
- Irreversible/catastrophic
  - Migration corridors to reduce species extinction
  - Evacuation plans for more intense coastal storms

- Long-lived decisions
  - Incorporating climate change in infrastructure design (e.g., storm sewers, housing developments)
  - Direct coastal development to less vulnerable areas

Adaptation to Sea Level Rise in Egypt



SLR of 50 cm is expected to inundate significant coastal resources affecting cities, agriculture, and freshwater.



Adaptation responses studied for Port Said include:

1. Beach nourishment
2. Breakwaters
3. Land use regulation
4. Integrated Coastal Zone Management (ICZM)
5. Land use change.

Stratus Consulting Inc.
Environment and Energy Research

Source: El-Raey, M., "Adaptation Studies for Impact of SLR of Port Said Governate, Egypt," August 1997.

Screen Adaptation Measures

- High priority adaptation
  - Irreversible or catastrophic effects
  - Long-lived decisions
  - Unfavorable trends
- Target of opportunity
- Effectiveness of adaptation measure

Screen Adaptation Measures (cont.)

- Other benefits
- Low cost
- Low barriers to implementation
- Consistency with other measures

Example Screening Adaptation Measures For Water Resources

Adaptation	High Priority	Target of Opportunity	Effectiveness	Other Benefits	Low Costs	Low Barriers
Marginal Increase in Size	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes
Interbasin Transfer	No	No	Yes	Yes	No	No
Market Allocation	No	No	Yes	Yes	Yes	No
Water Conservation	No	No	Yes	Yes	Yes	No

Stratus Consulting Inc.

Example: Water Resource Decision Matrix

Measures	Scenario	Objectives: Drinking Water	Irrigation	Water Quality	Flood Control	Score	Total Score[2]	Marginal Cost ($M)	Marginal Cost-Effectiveness
	Weight	3	1	2	3				
Current Policy	Wet	3	4	3	3	28			
	Dry	2	2	1	4	22	50	N/A	N/A
Marginal Increase in Size	Wet	4	5	2	4	33			
	Dry	3	3	1	5	29	62	$20	1.67
Water Conservation	Wet	4	4	4	3	33			
	Dry	3	2	2	4	27	60	$5	0.50
Market Allocation	Wet	5	2	3	3	32			
	Dry	4	1	1	4	27	59	$2	0.22

1. The 1-5 scale in this matrix is an arbitrary ranking of how well objectives are met under different scenarios and policies. Five is the highest score and one is the lowest score.
2. In this example, we simply added the wet and dry scores. This assumes each scenario has the same probability of occurrence. Probabilities for individual scenarios can be adjusted.

Moving Forward

- Prepare implementation strategies
- Write sectoral component of national communications
  - Summary of V&A assessment
  - Evaluation of measures
  - Summary of recommended measures
  - Implementation plan
- Integration of measures into other development plans and programs

ALYSSA HOLT
Stockholm Environment Institute

480

What is WEAP?

WEAP is a PC-based water planning tool that provides a comprehensive, flexible and user-friendly framework for water resource assessment. A growing number of water professionals are finding WEAP to be a useful addition to their toolbox of models, databases, spreadsheets and other software. This introduction summarizes WEAP's purpose, approach and structure. A detailed technical description is available in a separate publication, the WEAP User Guide.

Background Information

Many regions are facing formidable water management challenges. Allocation of limited water resources, environmental quality and policies for sustainable water use are issues of increasing concern. Conventional supply-oriented simulation models are not always adequate. Over the last decade, an integrated approach to water development has emerged which places water supply projects in the context of demand-side issues, water quality and ecosystem preservation.

WEAP aims to incorporate these values into a practical tool for water resources planning. WEAP is distinguished by its integrated approach to simulating water systems and by its policy orientation. WEAP places the demand side of the equation—water use patterns, equipment efficiencies, re-use, prices and allocation—on an equal footing with the supply side—streamflow, groundwater, reservoirs and water transfers. WEAP is a laboratory for examining alternative water development and management strategies.

WEAP is comprehensive, straightforward and easy-to-use, and attempts to assist rather than substitute for the skilled planner. As a database, WEAP provides a system for maintaining water demand and supply information. As a forecasting tool, WEAP simulates water demand, supply, flows, and storage, and pollution generation, treatment and discharge. As a policy analysis tool, WEAP evaluates a full range of water development and management options.

A Typical Application

A rapidly growing city situated on a river has expanding municipal and industrial water requirements. Agricultural users in the upstream region currently consume the bulk of available water in the basin. Minimum streamflows must be maintained for downstream users and riparian ecosystem preservation. Reservoir storage and groundwater are available, but are near their maximum yield. Wastewater must be treated to remove BOD and other pollutants. Water planners must develop a twenty-year strategy and a five-year action plan. They use WEAP to:

- project water requirements and wastewater outflows for several large users and for classes of smaller users under base case conditions (e.g., current trends with no major policy interventions);
- simulate water supply, return flow and pollution levels over the twenty-year period, and evaluate the sufficiency and reliability of supply, and the compatibility with minimum streamflow and environmental targets;
- identify strategic options including a transfer of water rights from agricultural users to the municipal supply system, changes in water pricing structure, programs to increase the efficiency and re-use of water, construction of a new wastewater treatment plant, short-term overwithdrawal of groundwater, construction of a reservoir to normalize water availability, and development of a water transfer from a neighboring basin; and
- create policy scenarios, which include sets of actions for managing demand and enhancing supply, and determine a least-cost integrated plan by comparing scenarios in terms of water sufficiency, groundwater sustainability, minimum streamflow requirements and economic costs and benefits.

Development

The Stockholm Environment Institute provided primary support for the development of WEAP. The Hydrologic Engineering Center of the US Army Corps of Engineers funded significant enhancements. A number of agencies, including the World Bank, USAID and the Global Infrastructure Fund of Japan have provided project support. WEAP has been applied in water assessments in the United States, Mexico, Brazil, Argentina, Italy, Israel, Egypt, The Netherlands, Sweden, Botswana, China, South Korea, India and Nepal.

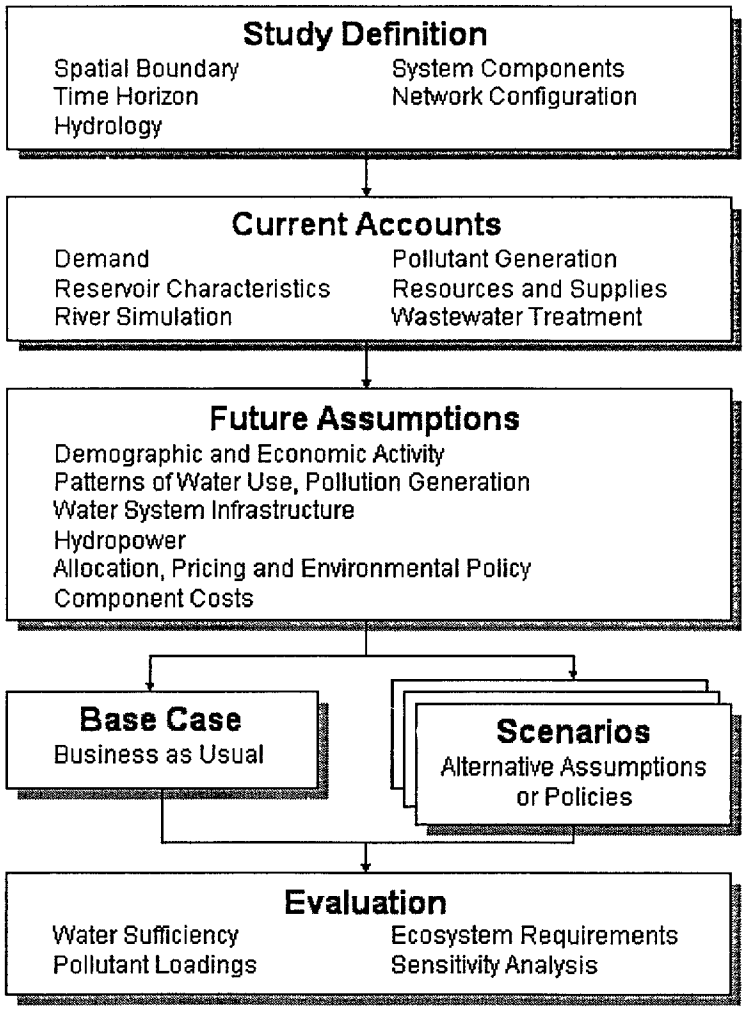
Approach

Operating on the basic principle of water balance accounting, WEAP is applicable to municipal and agricultural systems, single subbasins or complex river systems. Moreover, WEAP can address an immense range of issues, e.g., sectoral demand analyses, water conservation, water rights and allocation priorities, streamflow simulations, reservoir operations, hydropower generation, pollution loading and project benefit-cost analyses.

The analyst represents the system in terms of its various supply sources (e.g., rivers, creeks, groundwater, reservoirs); withdrawal, transmission and wastewater treatment facilities; water demands and pollution generation. The

data structure and level of detail may be easily customized to meet the requirements of a particular analysis, and to reflect the limits imposed by restricted data.

WEAP applications generally include several steps. The study definition sets up the time frame, spatial boundary, system components and configuration of the problem. The current accounts provide a snapshot of actual water demand, pollution loads, resources and supplies for the system. Alternative sets of future assumptions are based on policies, costs and factors that affect demand, pollution, supply and hydrology. The base case projection serves as a reference. Scenarios are constructed consisting of alternative sets of assumptions or policies. Finally, the scenarios are evaluated with regard to water sufficiency, costs and benefits, compatibility with environmental targets, and sensitivity to uncertainty in key variables.



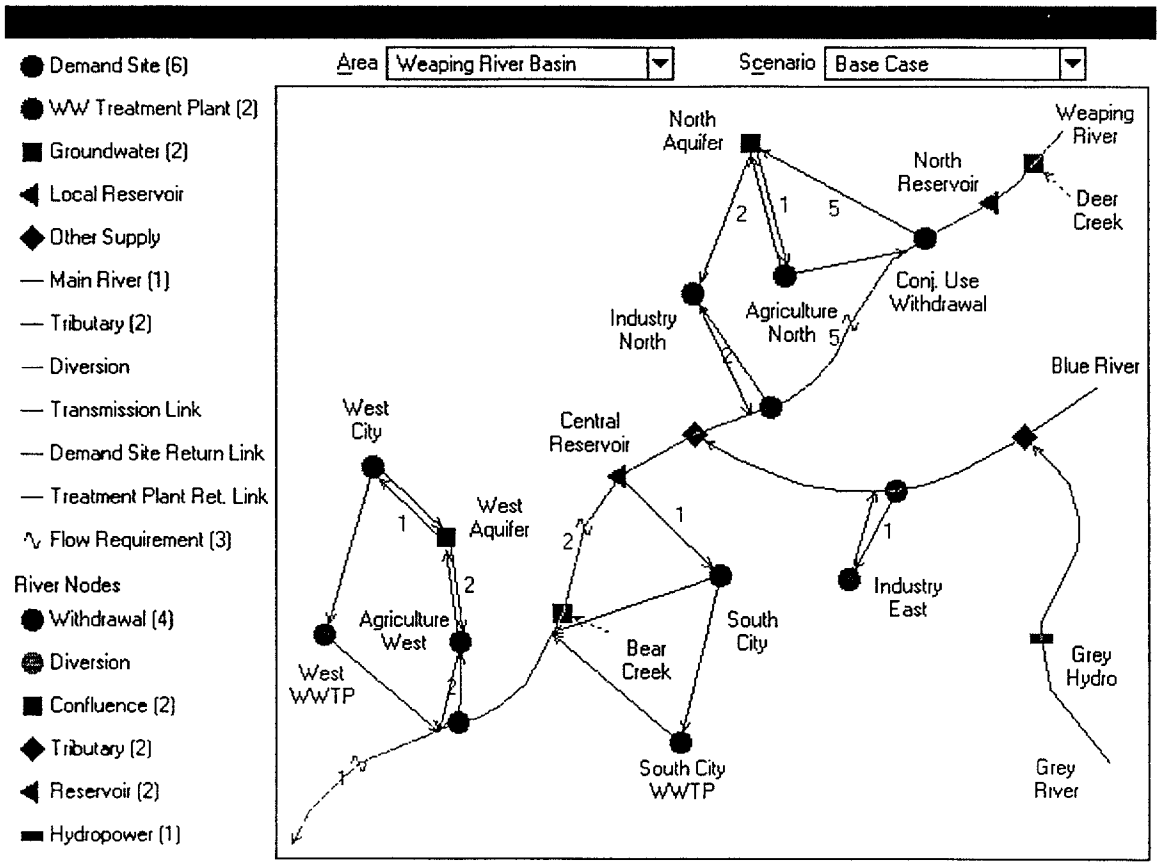
Scenarios

Scenario analysis is central to WEAP. Scenarios are used to interrogate the model with an enormous range of "what if" questions, such as:

- What if the population growth and economic development patterns change?
- What if a reservoir is built or operated differently?
- What if groundwater is more fully exploited?
- What if water conservation is introduced?
- What if ecosystem requirements are tightened?
- What if new sources of water pollution are added?
- What if a conjunctive use program is established to store excess surface water in underground aquifers?
- What if a water recycling program is implemented?
- What if cropping patterns, irrigation efficiency or acreage changes?
- What if new supply sources or wastewater treatment plants are constructed?
- What if leaky transmission systems are repaired?
- What if hydrologic conditions change?

Ease of Use

An intuitive graphical interface provides a simple yet powerful means for building the configuration, editing data, and viewing results. The user designs a schematic of the water system using the mouse to "drag and drop" system elements, which can all be overlaid on a scanned map. Click on any element to edit its associated data or view results of the simulation. Context-sensitive help is available throughout WEAP. The expandable and adaptable data structures of WEAP accommodate the evolving needs of water analysts as better information becomes available and planning issues change.

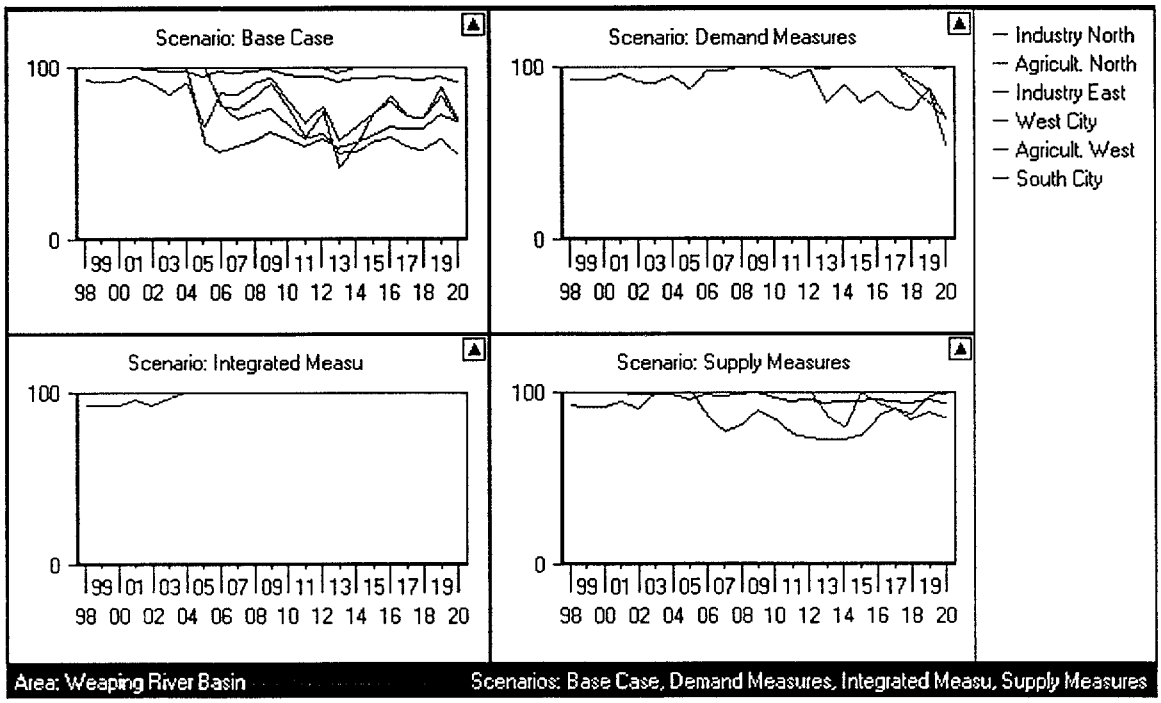


Reports

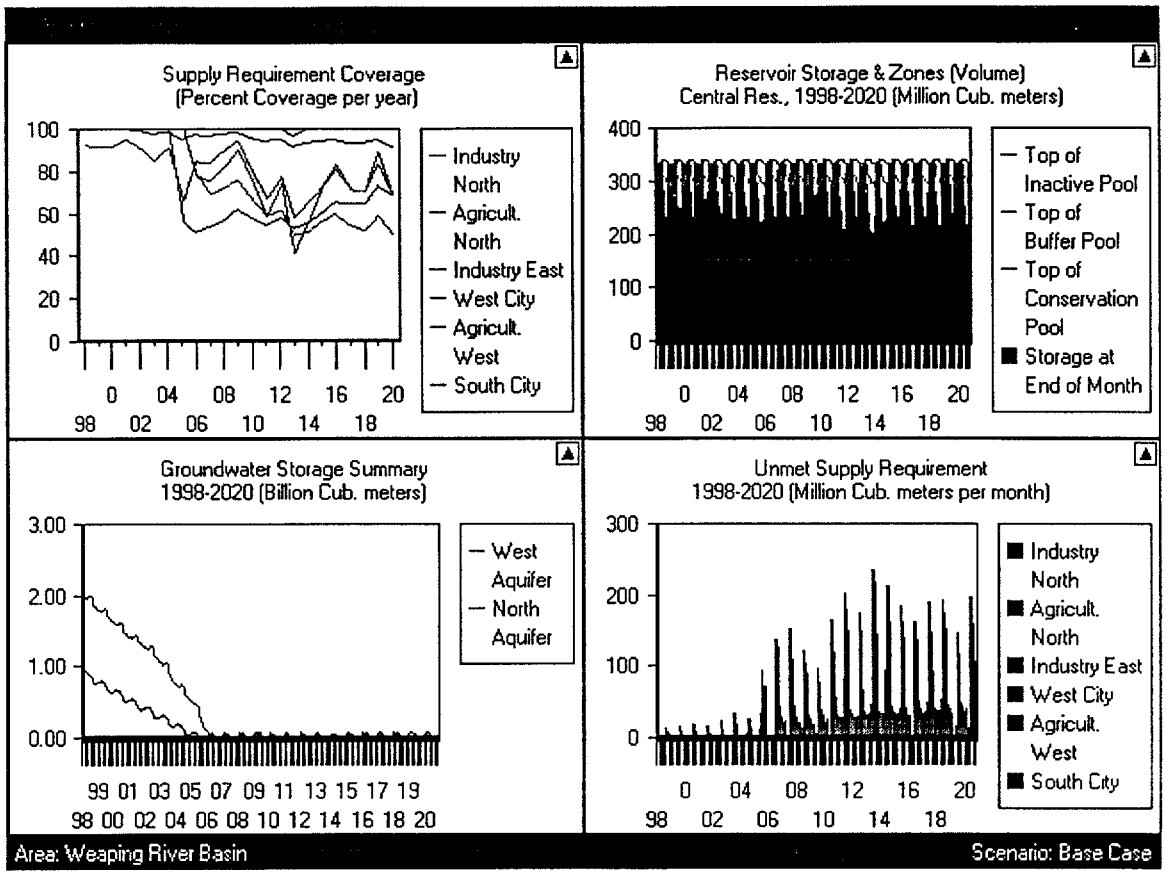
WEAP offers dozens of customizable graphical reports that cover all aspects of your simulation, ranging from broad summaries to detailed mass balances of any point in the system. Most aspects of the reports can be customized: units, time scale (monthly or yearly), time period, time interval (selected years or selected months over many years), graph type (bar, line, pie), and which system elements are included. Graphs provide a quick visual overview of results, while table provide the details. Both graphs and tables can be saved to files for import into word processors or spreadsheets. Once you have customized a report, you can save it as a "favorite" for later retrieval. Up to six "favorites" can be displayed side by side by grouping them into an "overview". Using favorites and overviews, you can easily assemble a customized set of reports that highlight the key results of your analysis.

Supply Requirement Coverage

(Percent Coverage per year)



486 27



Highlights

- Graphical drag and drop interface
- Integrated water resources planning system
- Flexible and expandable data structures
- Easy-to-use menu-driven interface
- Straightforward data entry screens
- Comprehensive and flexible reporting system
- Links to spreadsheets and word processors
- Context-sensitive help and User Guide
- Minimal hardware requirements

WEAP

Water Evaluation and Planning System

Alyssa H

SEI Boston / The Te Institute

Boston, MA

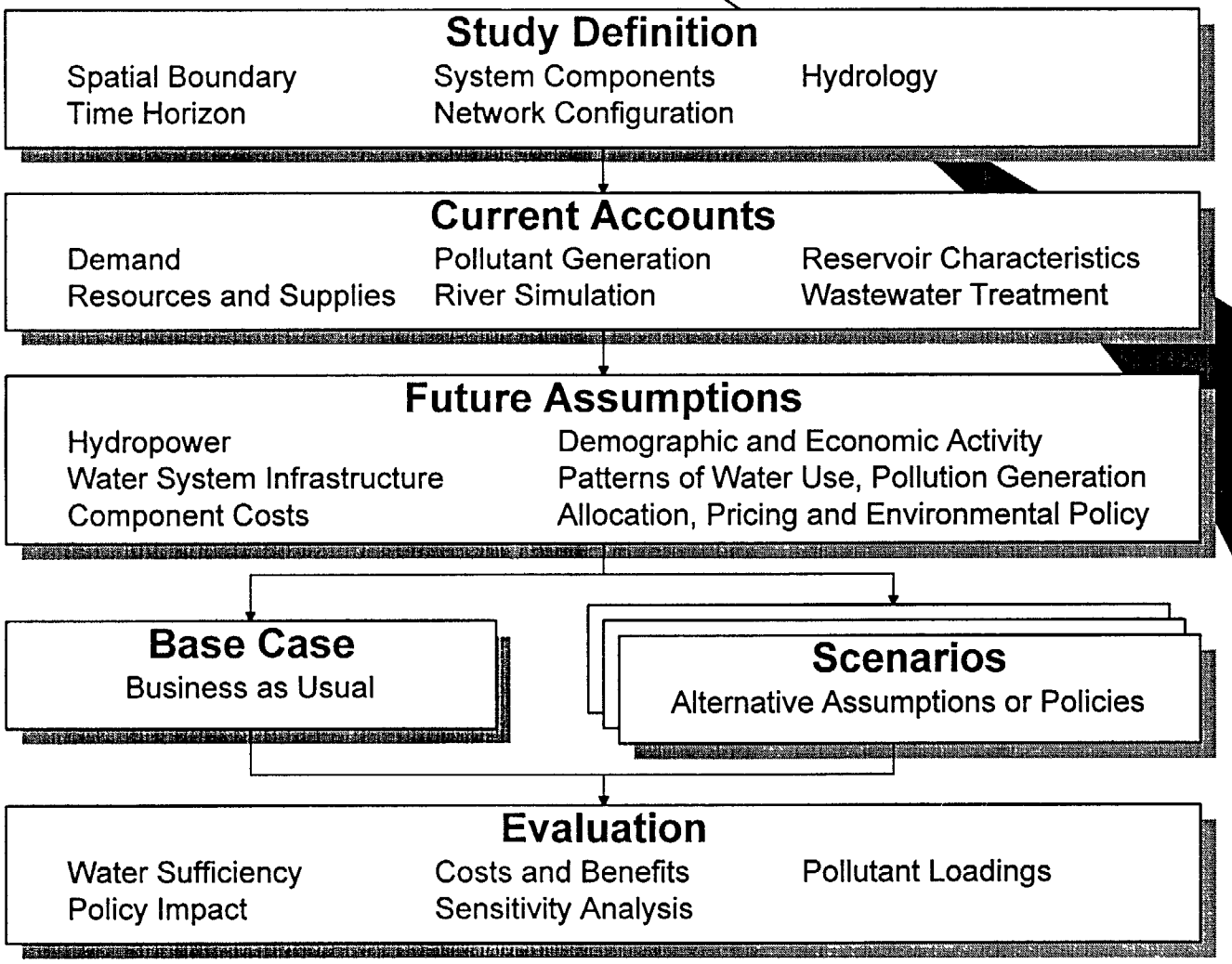
Climate Change Workshop July 2000 Da

688

Design Principles

- Integrated Analysis
- End-use Orientation
- Scenario Approach
- Flexible
- User Friendly
- Transparent

Integrated Water Resources Planning Framework



SELECT WEAP PROJECTS

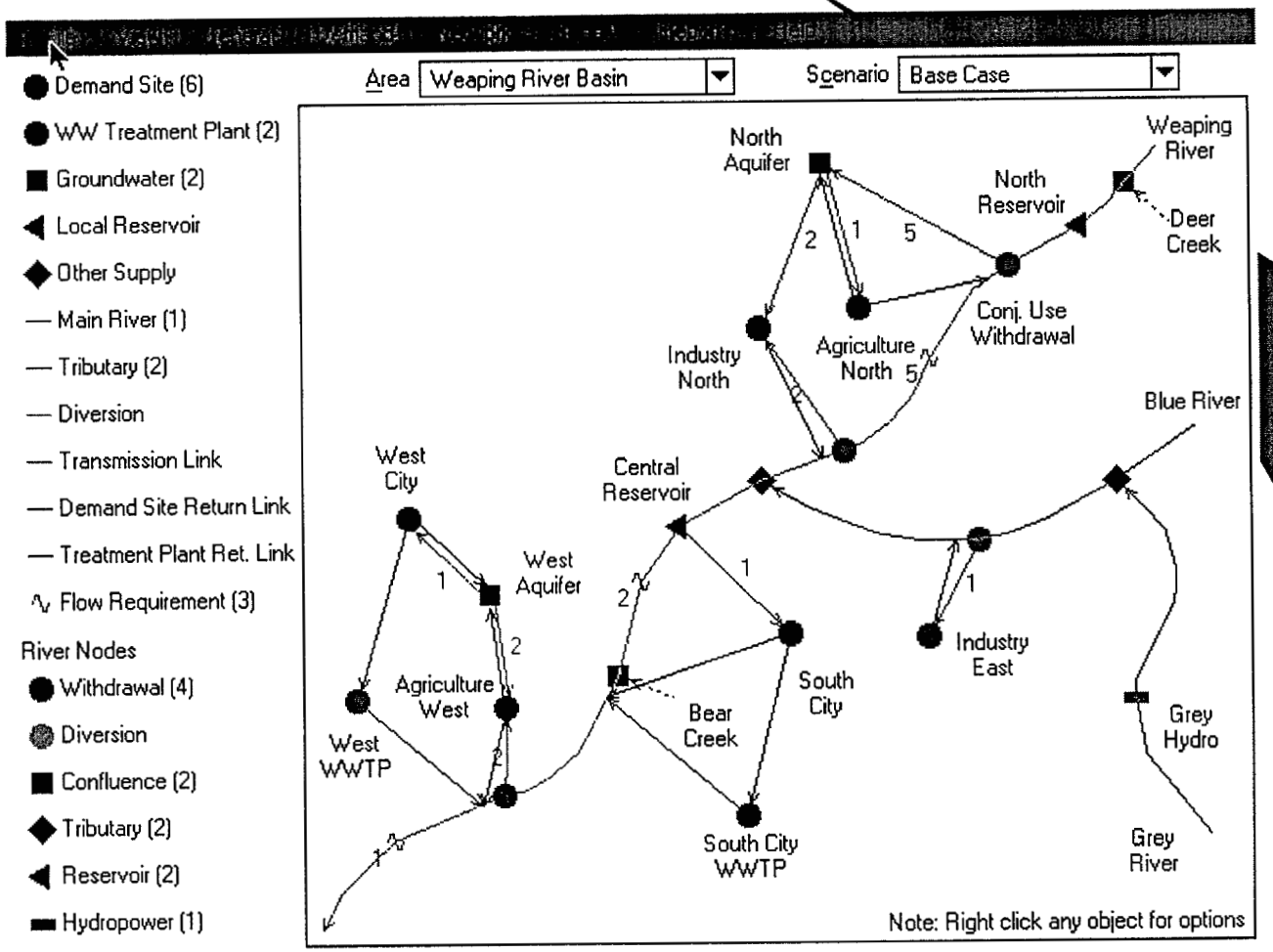
INTERNATIONAL

- Aral Sea
- Beijing (BEMPAS)
- Rio San Juan
- Rajasthan, India
- Nile, Egypt
- Argentina
- Northeast China

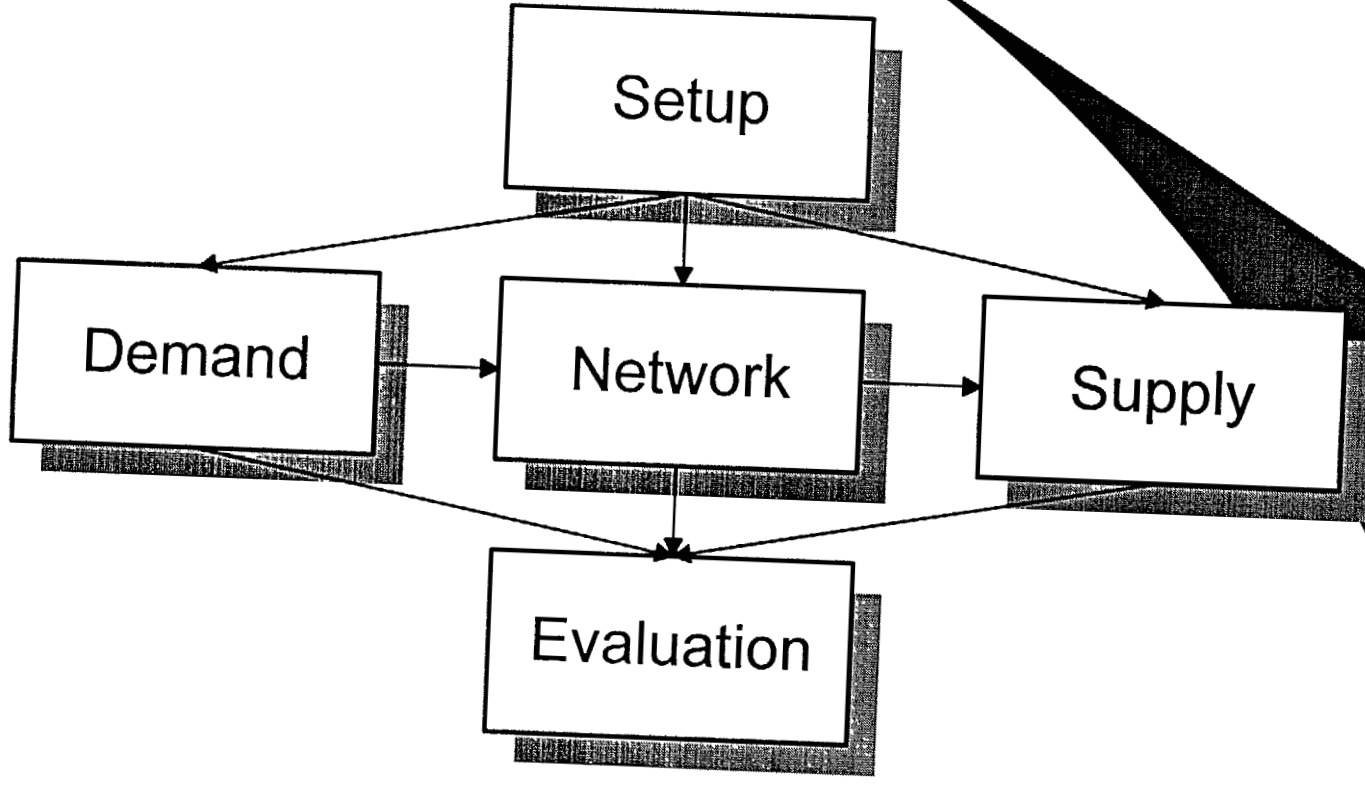
UNITED STATES

- San Joaquin (CALFED)
- Chattahoochee River (GA)
- Apalachicola-Flint Basin (GA, AL, FL)
- Neponset River (MA)
- Texas
- Mississippi, Missouri, and Ohio Rivers

WEAP Schematic



WEAP Program Structure



Illustrative Demand Structure

SECTOR	SUBSECTOR	END-USE	DEVICE
Agriculture	Cotton	Irrigation	Furrow
	Rice	...	Sprinkler
	Wheat		Drip
	...		
Industry	Electric Power	Cooling	[illegible]
	Petroleum	Processing	[illegible]
	Paper	Others	...
	...		
Municipal	Urban	Single Family	Kitchen
	Rural	Multi-family	Bathing
	...	...	Washer
			Toilet
			...

Entering Demand Data

Shortcut to Weap

	1998		Driving Act.		2000	2005	2010	2020
South City	1.000			INT	.	.	.	.
Municipal	3.750	MILL	population	GRW	.	.	.	.

Activity Levels

Subsector Name	1998	Scale	Driving Activity	Proj. Meth	2000	2005	2010	2020
Single Family	42.000	PERCN	% of pop	INT	.	.	.	50.000
Multifamily	58.000	PERCN	% of pop	INT	.	.	.	50.000

<F4=End-use>
<F10=Main>

Area: Weaping River Basin

Scenario: Base Case

ALYSSA HOLT
Stockholm Environment Institute

480

WEAP

Water Evaluation and Planning System

Alyssa H

SEI Boston / The Te Institute

Boston, MA

Climate Change Workshop July 2000 Da

688

Design Principles

- Integrated Analysis
- End-use Orientation
- Scenario Approach
- Flexible
- User Friendly
- Transparent

SELECT WEAP PROJECTS

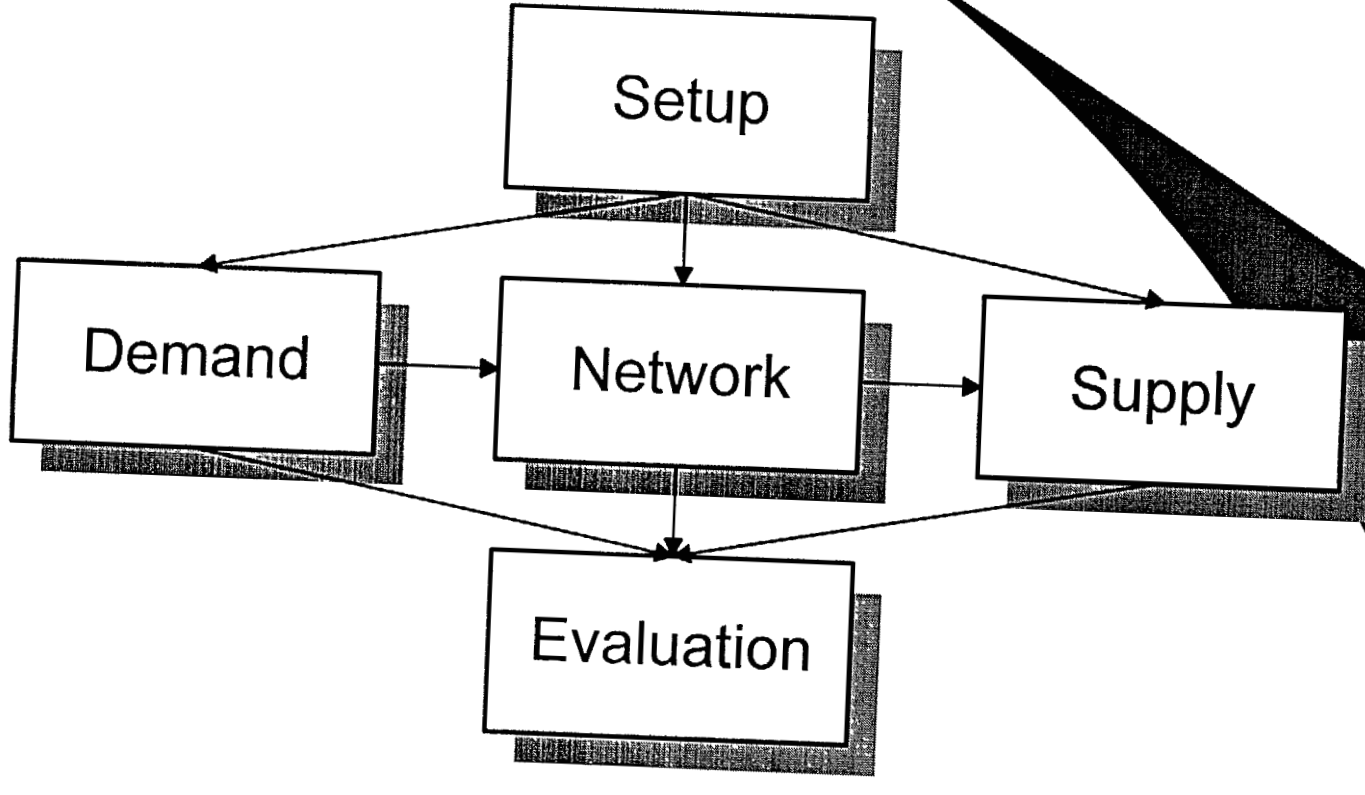
INTERNATIONAL

- Aral Sea
- Beijing (BEMPAS)
- Rio San Juan
- Rajasthan, India
- Nile, Egypt
- Argentina
- Northeast China

UNITED STATES

- San Joaquin (CALFED)
- Chattahoochee River (GA)
- Apalachicola-Flint Basin (GA, AL, FL)
- Neponset River (MA)
- Texas
- Mississippi, Missouri, and Ohio Rivers

WEAP Program Structure



Illustrative Demand Structure

SECTOR	SUBSECTOR	END-USE	DEVICE
Agriculture	Cotton	Irrigation	Furrow
	Rice	...	Sprinkler
	Wheat		Drip
	...		
Industry	Electric Power	Cooling	[illegible]
	Petroleum	Processing	[illegible]
	Paper	Others	...
	...		
Municipal	Urban	Single Family	Kitchen
	Rural	Multi-family	Bathing
	...	...	Washer
			Toilet
			...

Entering Demand Data

Shortcut to Weap

	1998		Driving Act.		2000	2005	2010	2020
South City	1.000			INT	.	.	.	.
Municipal	3.750	MILL	population	GRW	.	.	.	.

Activity Levels

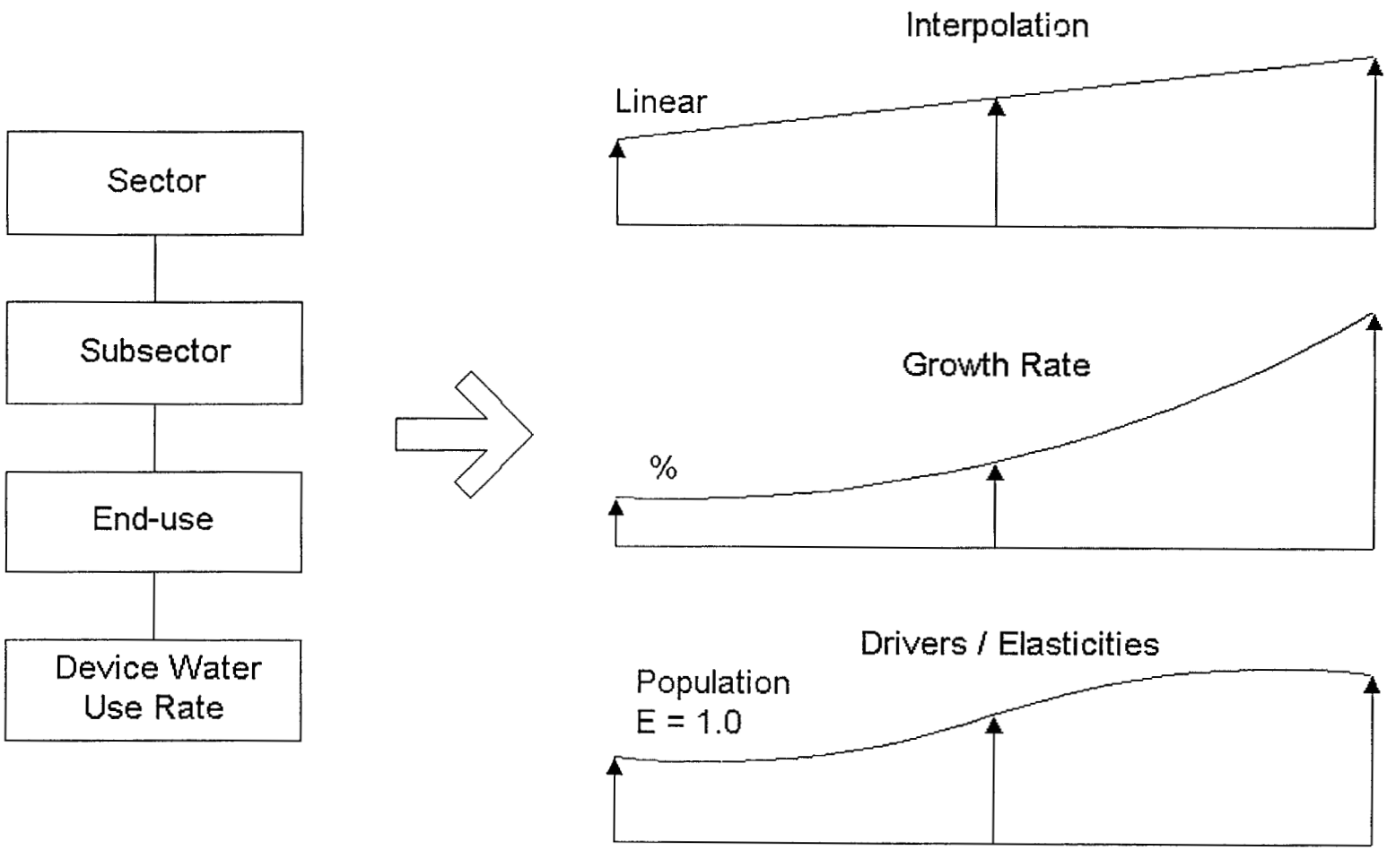
Subsector Name	1998	Scale	Driving Activity	Proj. Meth	2000	2005	2010	2020
Single Family	42.000	PERCN	% of pop	INT	.	.	.	50.000
Multifamily	58.000	PERCN	% of pop	INT	.	.	.	50.000

<F4=End-use>
<F10=Main>

Area: Weaping River Basin

Scenario: Base Case

Demand Projection Options



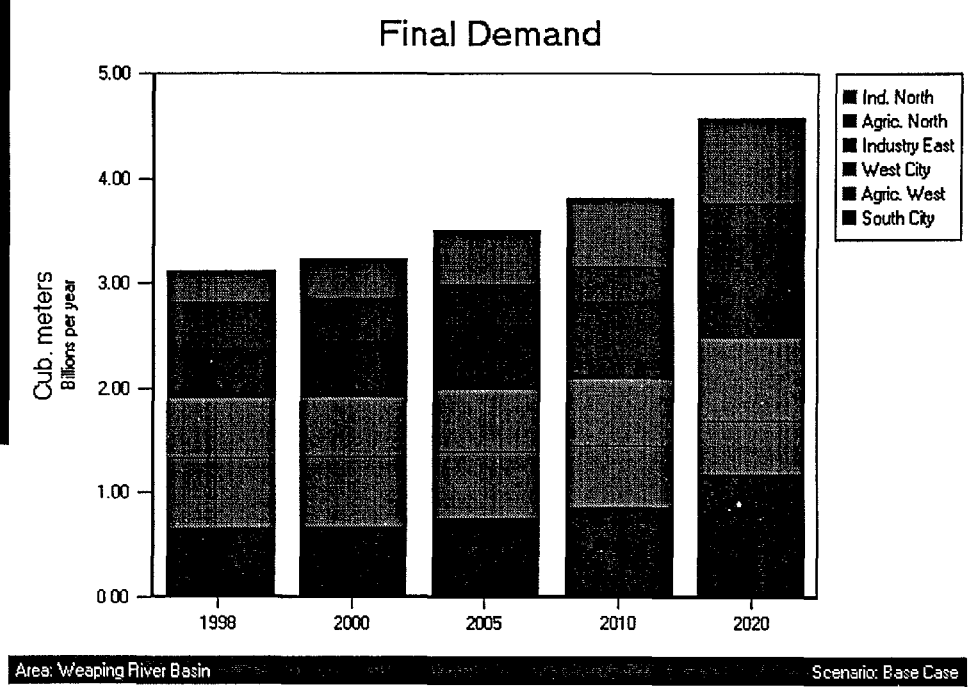
Water Demand Results

Final Demand
(Million Cub. meters)

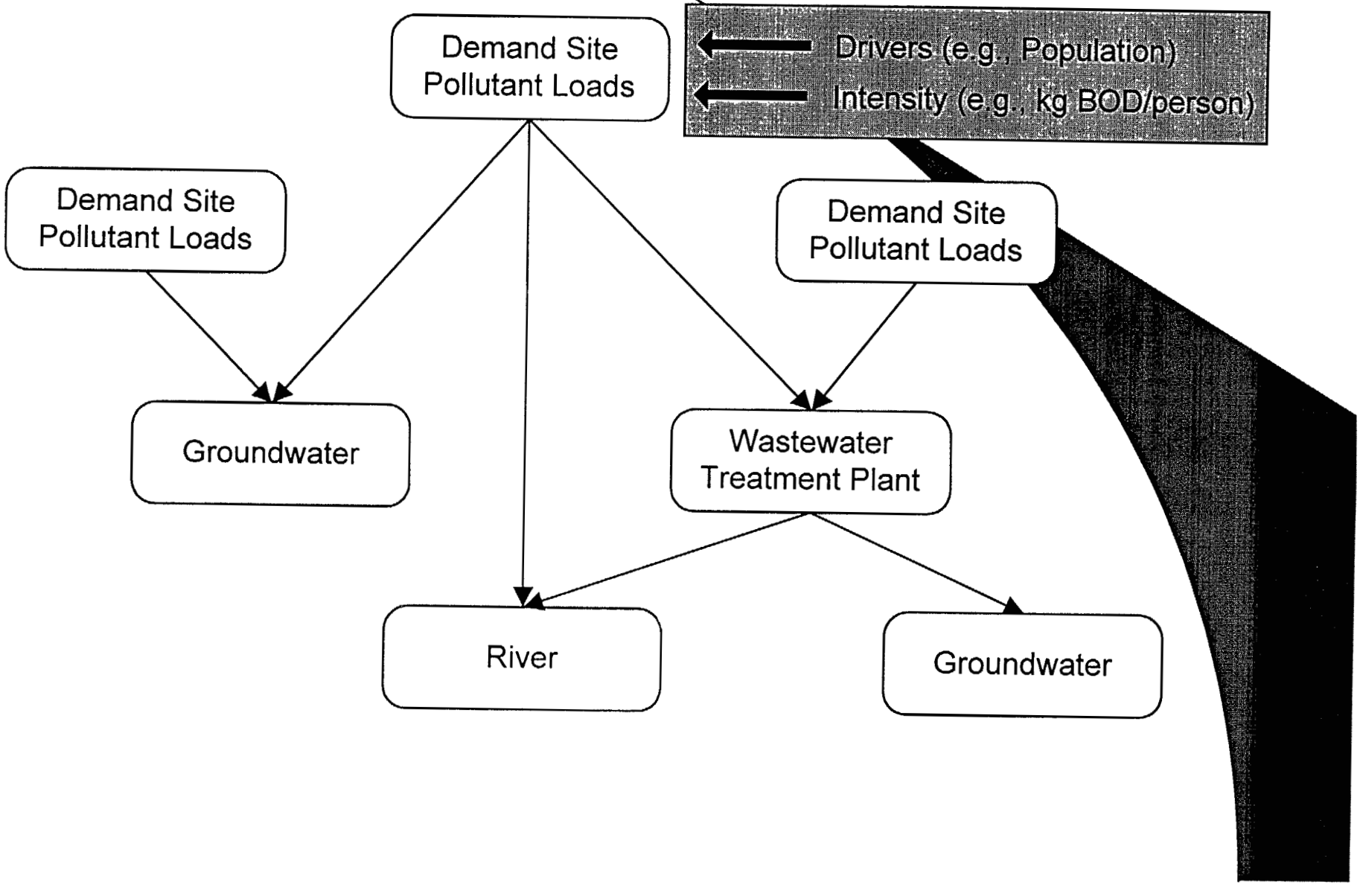
	1998	2000	2005	2010	2020
South City	642.54	668.03	748.32	850.30	1163.27
Agric. West	689.75	673.52	634.04	596.10	524.60
West City	567.00	573.18	600.84	641.23	794.16
Industry East	480.00	520.94	616.79	728.27	989.37
Agric. North	433.13	417.19	380.21	346.09	290.16
Ind. North	300.00	370.25	524.17	647.11	800.00
Total	3112.41	3223.11	3504.38	3809.10	4561.56

Preparing Report...

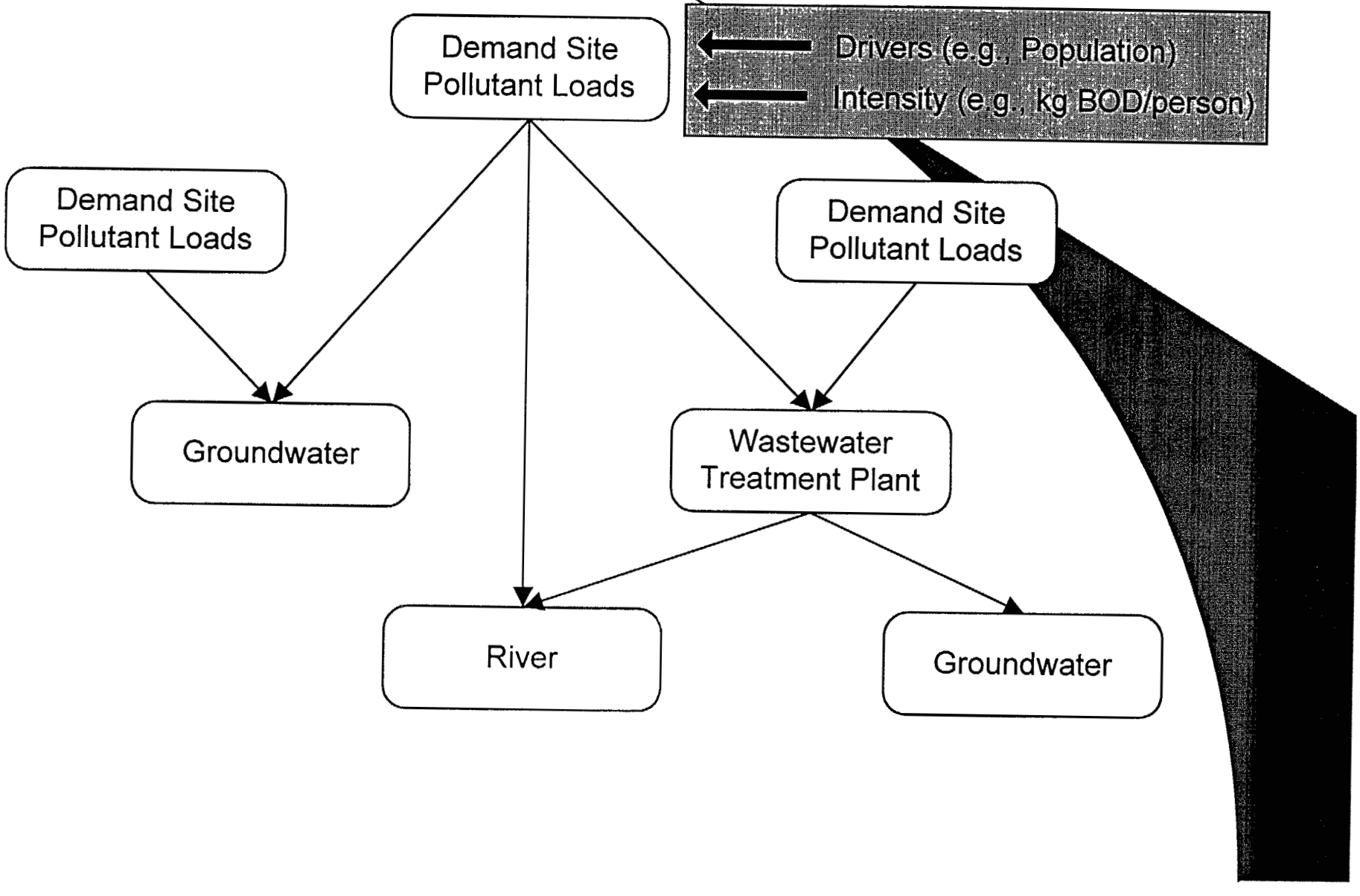
Area: Weaping River Basin



Illustrative Pollutant Loadings



Illustrative Pollutant Loadings



Stream Headflow

Historical Vs. Simplified Method

Shortcut to Weap

	Normal	Very Wet	Wet	Dry	Very Dry
Jan	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80
Feb	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80
Mar	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80
Apr	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80
May	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80
Jun	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80
Jul	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80
Aug	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80
Sep	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80
Oct	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80
Nov	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80
Dec	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80

Area: Weaping River Basin

Stream Headflow

Historical Vs. Simplified Method

Shortcut to Weap

	Normal	Very Wet	Wet	Dry	Very Dry
Jan	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80
Feb	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80
Mar	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80
Apr	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80
May	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80
Jun	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80
Jul	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80
Aug	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80
Sep	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80
Oct	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80
Nov	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80
Dec	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80

Area: Weaping River Basin

WEAP Supply Reports

- Reliability of Supply
- Instream Flow Sufficiency
- Mass Balance for any Element in System
- Streamflow
- Evaporation
- Surface/Groundwater Interaction
- Pollutant Loads

WEAP Supply Reports (cont.)

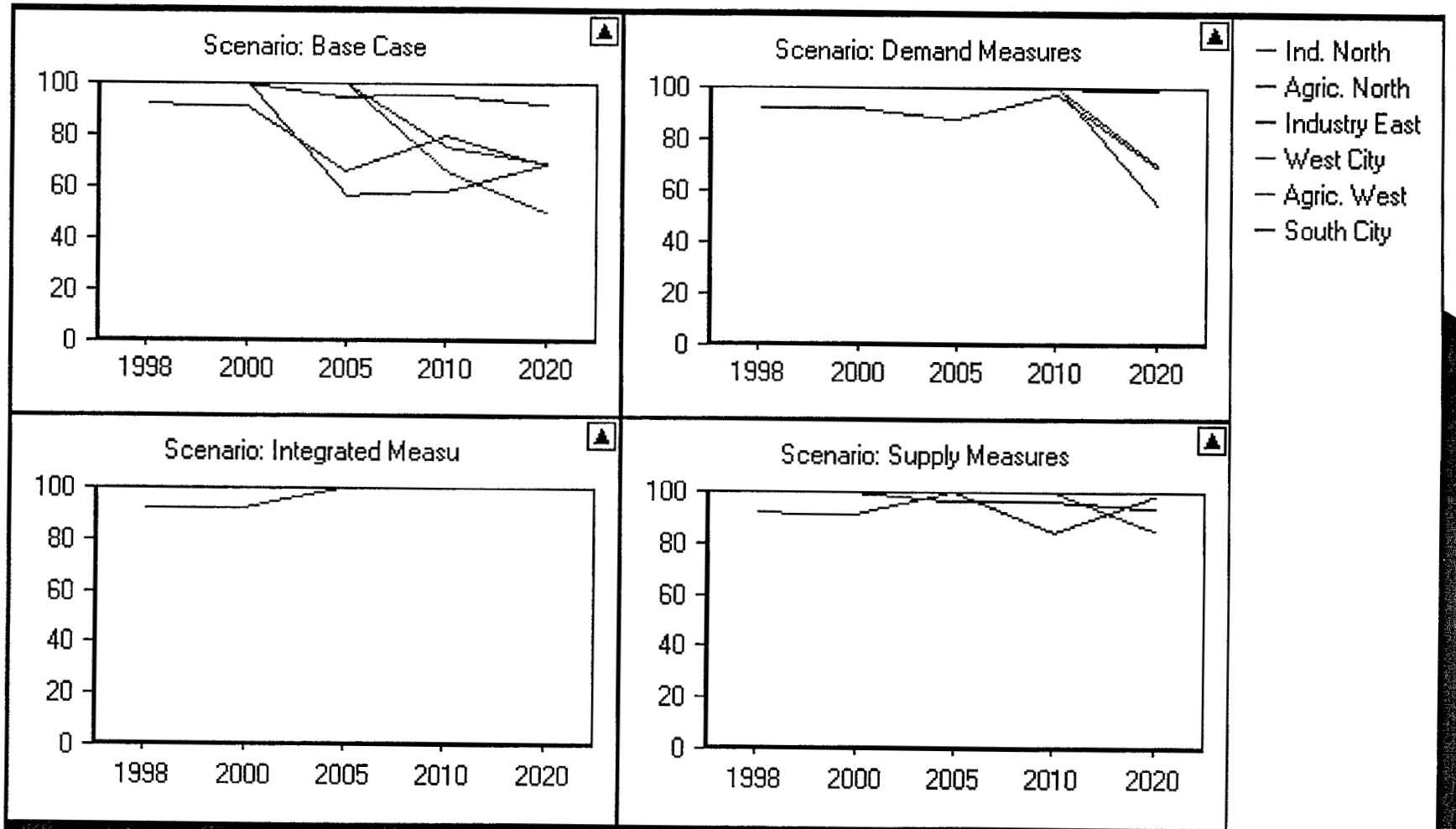
- Return Flows
- Supply by Source
- Reservoir Storage
- Hydropower Generation
- Costs

Results cont.

Reports Editor File Help

Supply Requirement Coverage

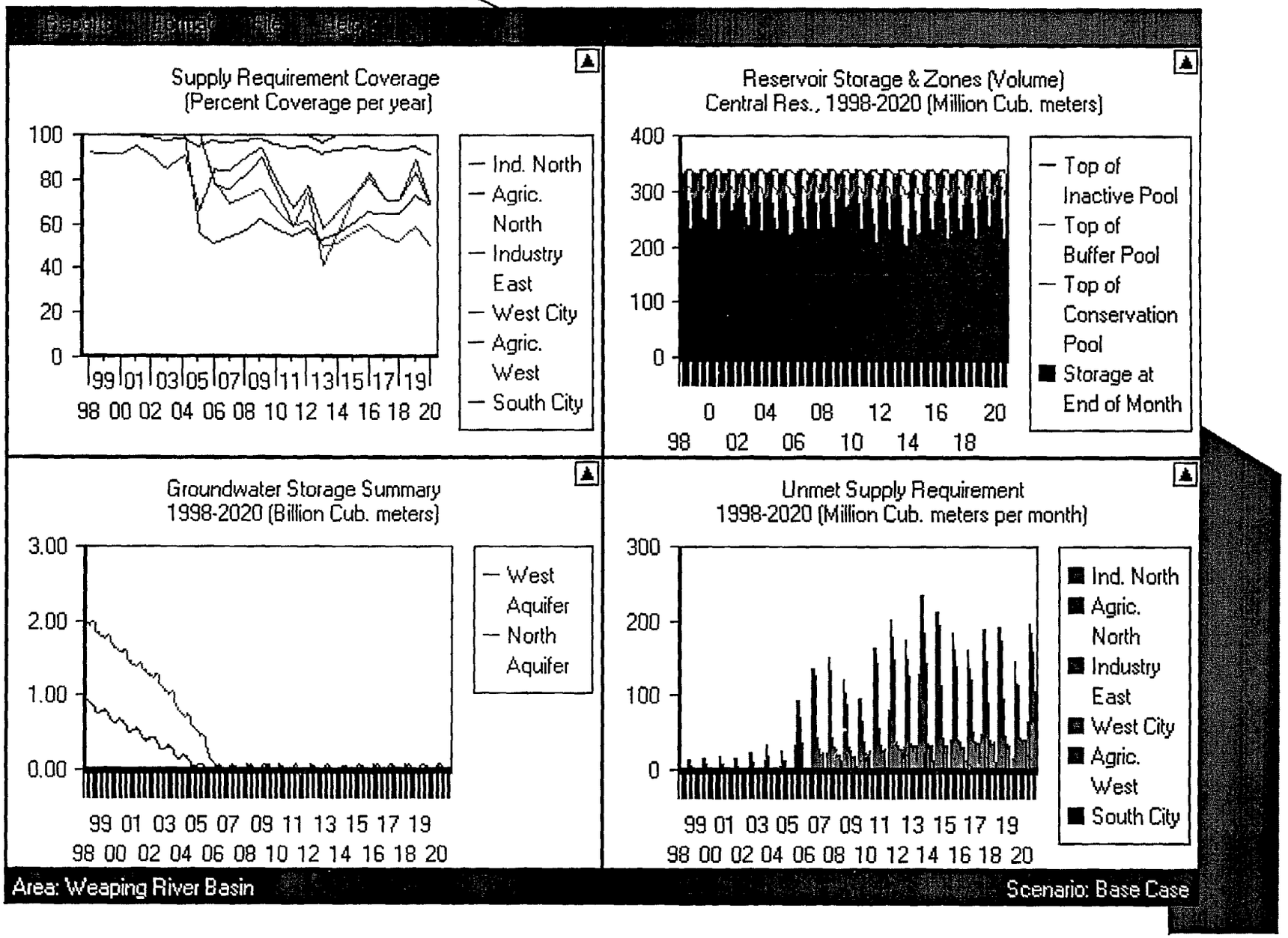
(Percent Coverage per year)



Area: Weaping River Basin

Scenarios: Base Case, Demand Measures, Integrated Measu, Supply Measures

Results cont.



Vulnerability and Adaptation to Climate Change: Water Resources

Alyssa Holt
SEI Boston / The Tellus Institute
Boston, MA

Climate Change Workshop, July 2000 Dakar, Senegal

Effective Vulnerability and Adaptation Assessments

- Defining Vulnerability and Adaptation (V&A) Assessment
  - Often V&A is *Analysis* not *Assessment*
  - Why?? Because the focus is on biophysical impacts
  - e.g. hydrologic response, crop yields, forests, etc.
- However, **Assessment** is an integrating process
- Requiring the Interface of physical and social s*cience* and Public Policy

515

Effective V&A Assessments

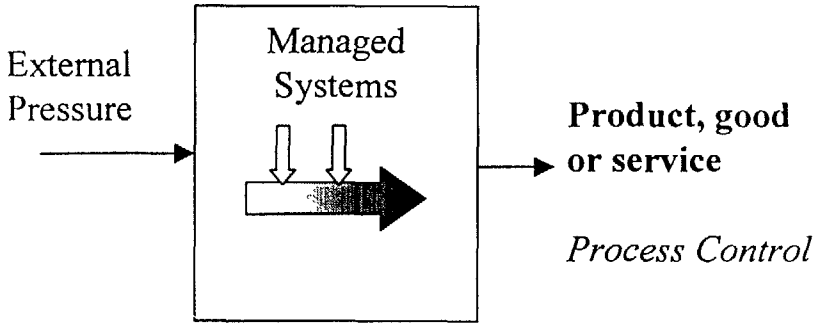
- General Questions
  - What is the assessment trying to influence?
  - How can the science/policy interface be most effective?
  - How can the participants be most effective in the process?
- General Problems
  - Participants bring differing objectives/expertise
  - These differences often lead to dissention/differing opinions
- The assessment process requires
  - 1. Value
  - 2. Credibility
  - 3. Legitimacy
  - 4. Consistent Participation

Effective V&A Assessments.. Cont.

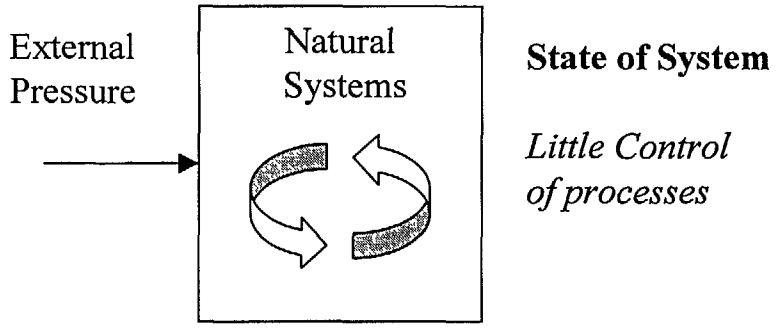
- V&A Assessments - An Interdisciplinary process
  - The Assessment process often requires a tool
  - The tool is usually a model or suite of models
  - These models serve as the interface
  - This interface is a bridge for dialogue between scientists and policy makers

Water Resources - A Critical V&A Sector

- Often Critical to both Managed and Natural Systems
- Human Activity Influences Both Systems



Example: Agriculture



Example: Wetlands

Examples of Adaptation - Water Supply

- Construction/Modification of physical **infrastructure**
  - Canal linings
  - Closed conduits instead of open channels
  - Integrating separate reservoirs into a single system
  - Reservoirs/Hydroplants/Delivery systems
  - Raising dam wall height
  - Increasing canal size
  - Removing sediment from reservoirs for more storage
  - Inter-basin water transfers
- Adaptive **management** of existing water supply systems
  - Change operating rules
  - Use conjunctive surface/groundwater supply
  - Physically integrate reservoir operation system
  - Co-ordinate supply/demand

Examples of Adaptation - Water Demand

- Policy, Conservation, Efficiency, and Technology
  - Industrial
    - Water Re-use and Recycling
    - Closed cycle and/or air cooling
    - More efficient hydropower turbines
    - Cooling ponds, wet tower and dry towers
  - Energy (hydro-power)
    - Reservoir operation: reduce evaportion, match demands
    - Co-generation (beneficial use of waste heat)
    - Additional reservoirs and hydropower stations
    - Low head run of the river hydropower
    - Market/price-driven transfers to other activities
    - Using water price to shift water use between sectors

Entering Pollution Data

Shortcut to Weap

Pollutant	Unit	Note
TSS	kg	From Muncipal and Agricutural Sources
BOD	kg	From Municipal, Agric. and Industrial Sources
Fecal Coliform	MPN	From Municipal Sources
Nitrogen	kg	From Municipal and Agricultural Sources
Phosphorous	kg	From Municipal and Agricultural Sources
Chromium	kg	From Industrial Sources
Lead	kg	From Industrial and Municipal Sources

Area: Weaping River Basin

Shortcut to Weap

Pollutant	Base Year 1998		Driving Activity	Proj Meth	Projected Values 2000	2005	2010	2020
TSS	3.750	MILL	cap	DRV	4.016	4.567	5.042	6.146
BOD	3.750	MILL	cap	DRV	4.016	4.567	5.042	6.146
Fecal Coliform	3.750	MILL	cap	DRV	4.016	4.567	5.042	6.146
Nitrogen	3.750	MILL	cap	DRV	4.016	4.567	5.042	6.146
Phosphorous	3.750	MILL	cap	DRV	4.016	4.567	5.042	6.146
Chromium	0.000			INT	.	.	.	.
Lead	0.000			INT	.	.	.	.

<R1-Help> <R2-Options> <R4-Intensity>
<R5-Locations> <R6-Next> <R10-Main>

Area: Weaping River Basin Scenario: Base Case

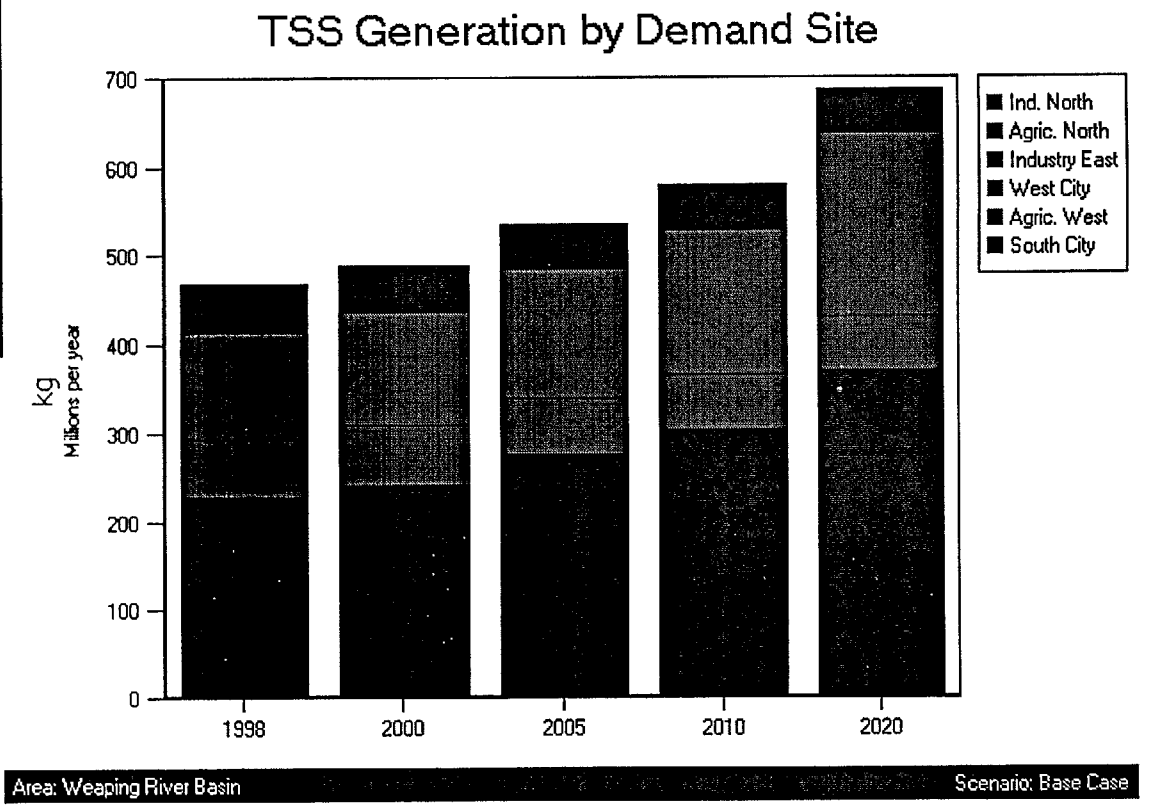
Total Pollution Generated

TSS Generation by Demand Site
(Million kg)

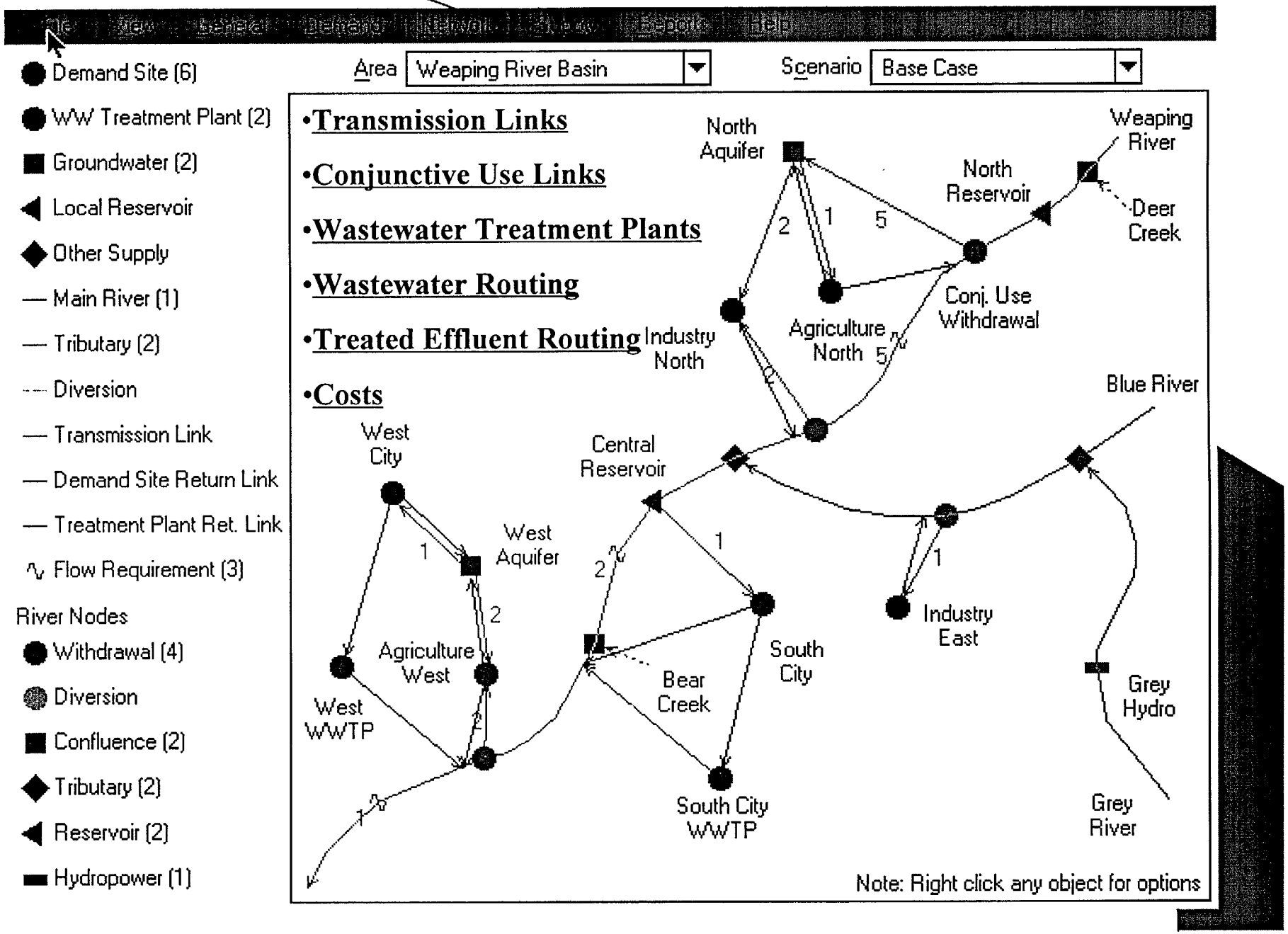
	1998	2000	2005	2010	2020
South City	225.00	240.94	273.99	302.51	368.76
Agric. West	67.50	66.83	65.20	63.61	60.53
West City	121.50	127.65	144.43	163.40	209.17
Industry East	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Agric. North	53.10	52.58	51.29	50.04	47.62
Ind. North	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	467.10	488.00	534.91	579.56	686.08

Preparing Report...

Area: Weaping River Basin



WEAP's Network



Supply Sources

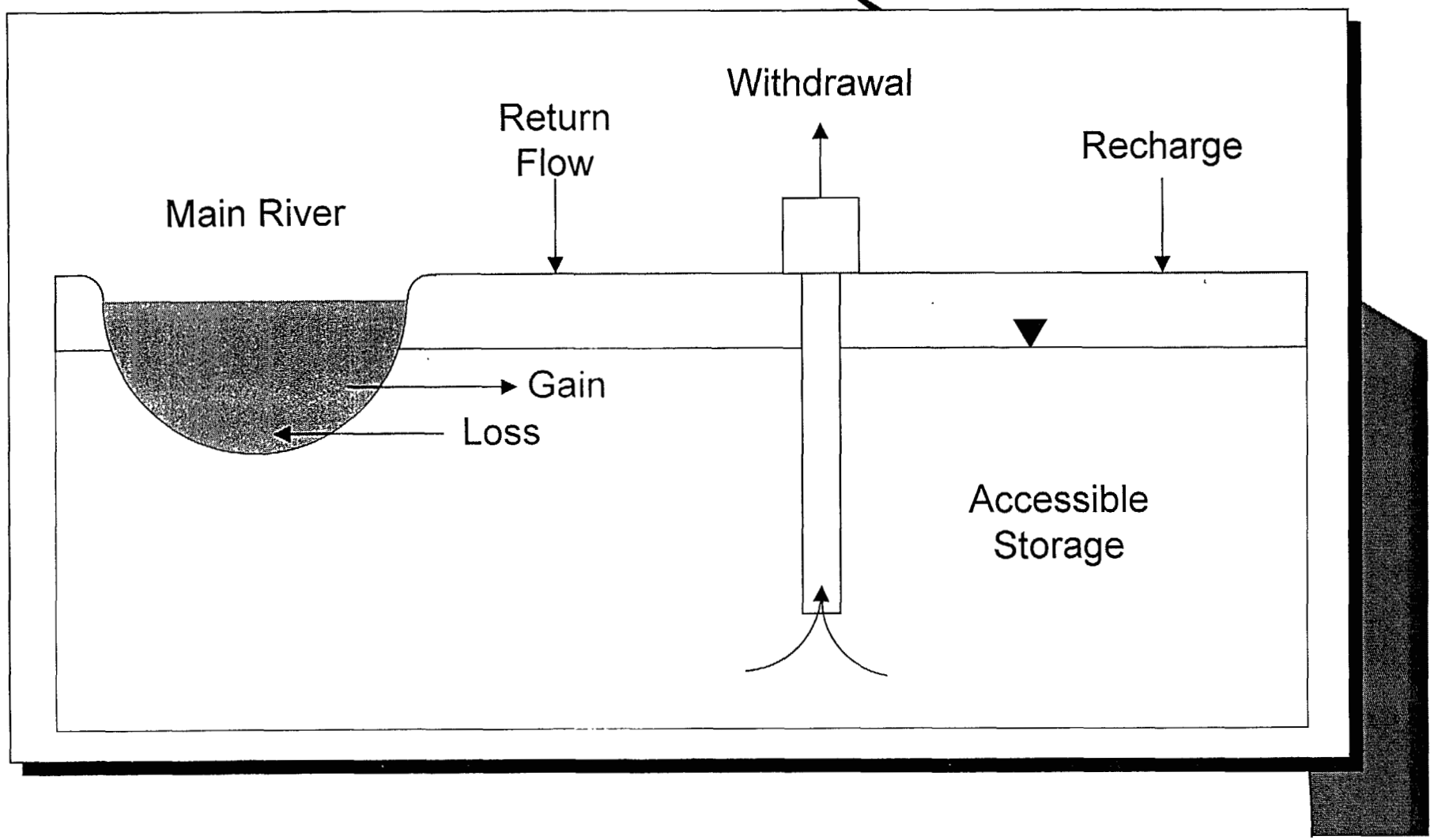
Local Supply Data

- Local Reservoir
- Groundwater
- Other

River Supply Data

- Headflow
- Confluence
- Diversion
- River Reservoir

Groundwater Inflow and Outflow



Stream Headflow

Historical Vs. Simplified Method

Shortcut to Weap

	Normal	Very Wet	Wet	Dry	Very Dry
Jan	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80
Feb	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80
Mar	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80
Apr	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80
May	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80
Jun	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80
Jul	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80
Aug	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80
Sep	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80
Oct	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80
Nov	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80
Dec	1.00	1.20	1.10	0.90	0.80

Area: Weaping River Basin

Entering Reservoir Data

Shortcut to Weap

Base Year 1998

Total Storage (m^3)

434.000 Million

Initial Storage (m^3)

322.000 Million

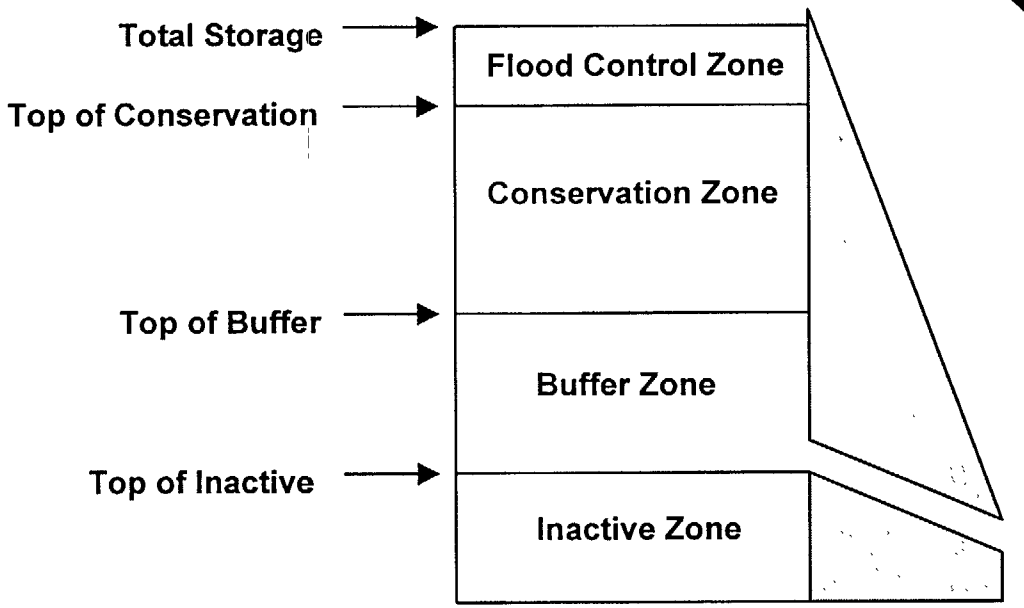
V-S-E Function

Volume (m^3) Scale: Million	Surface Area (m^2) Scale: Million	Elevation (m) Scale:
434.000	26.731	46.299
337.400	21.836	45.702
318.259	20.971	45.574
299.410	20.143	45.445
269.713	18.831	45.233
242.002	17.576	45.019
216.105	16.351	44.806
192.144	15.081	44.592
170.083	13.833	44.375
149.887	12.714	44.166

	Net Evapo-ration (mm)
Jan	+44.20
Feb	+55.63
Mar	+82.80
Apr	+112.01
May	+170.43
Jun	+186.18
Jul	+191.52
Aug	+48.51
Sep	+83.31
Oct	+69.09
Nov	+83.06
Dec	+64.52

Area: Weaping River Basin River: Weaping River Scenario: Base Case

Reservoir Zones



WEAP Demand Reports

- Annual Demand by Demand Site
- Annual Demand by Sector, Subsector or End-use
- Pollution Generation by Demand Site
- Pollution Generation by Pollutant
- Costs

WEAP Supply Reports

- Reliability of Supply
- Instream Flow Sufficiency
- Mass Balance for any Element in System
- Streamflow
- Evaporation
- Surface/Groundwater Interaction
- Pollutant Loads

WEAP Supply Reports (cont.)

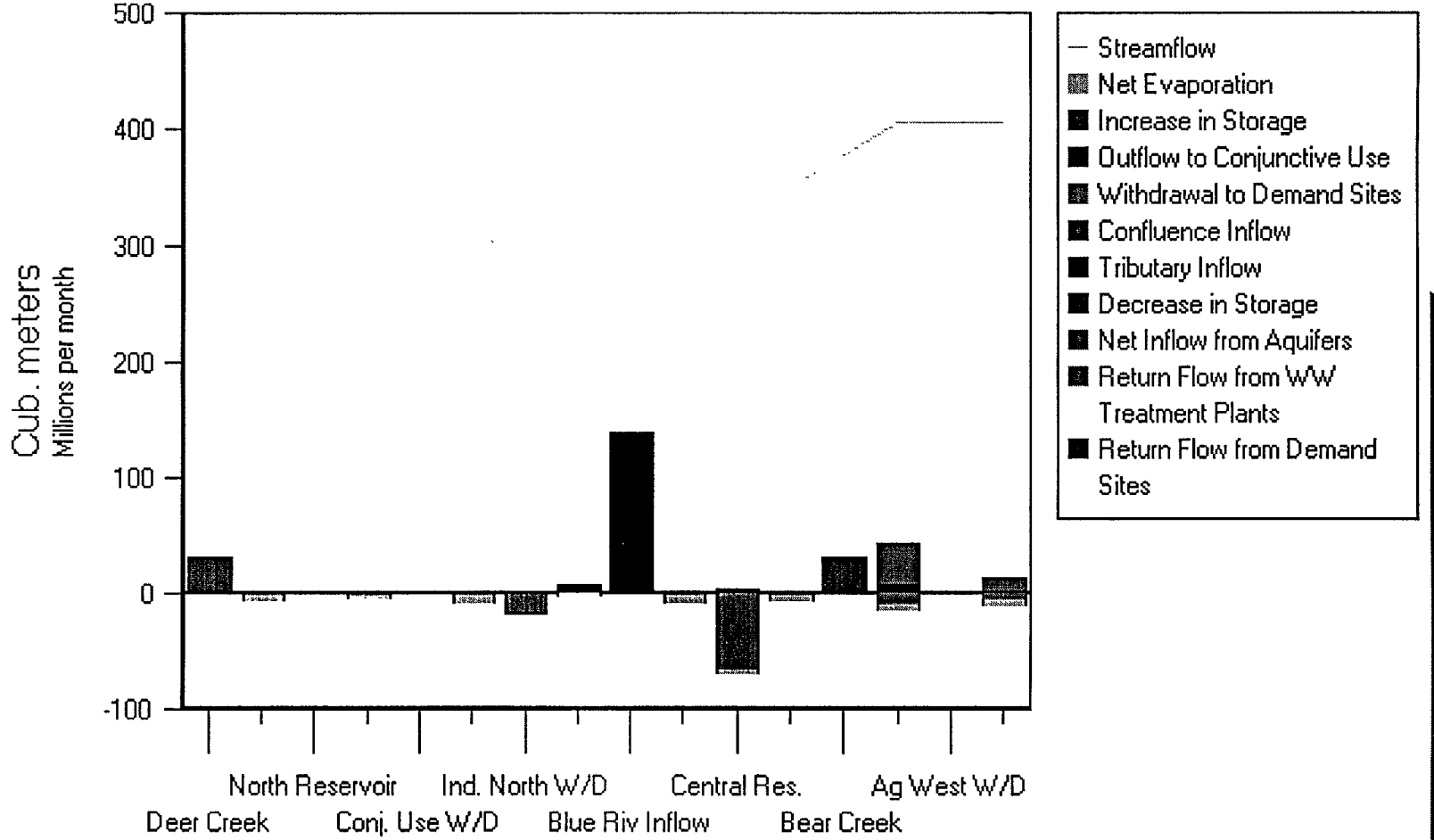
- Return Flows
- Supply by Source
- Reservoir Storage
- Hydropower Generation
- Costs

Results

Reports Format File Help

Weaping River Streamflow

December, 1998



Area: Weaping River Basin

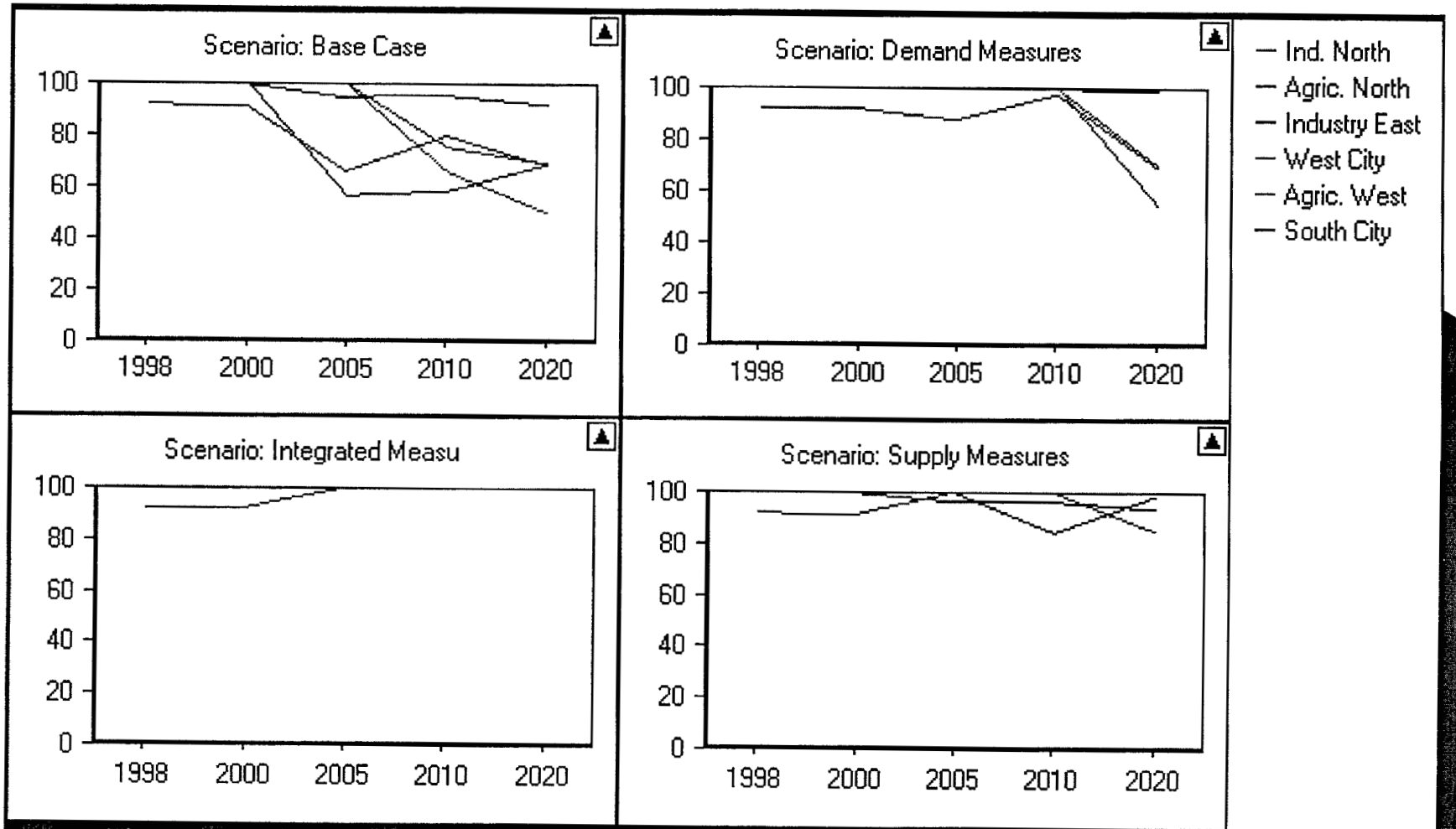
Scenario: Base Case

Results cont.

Reports Editor File Help

Supply Requirement Coverage

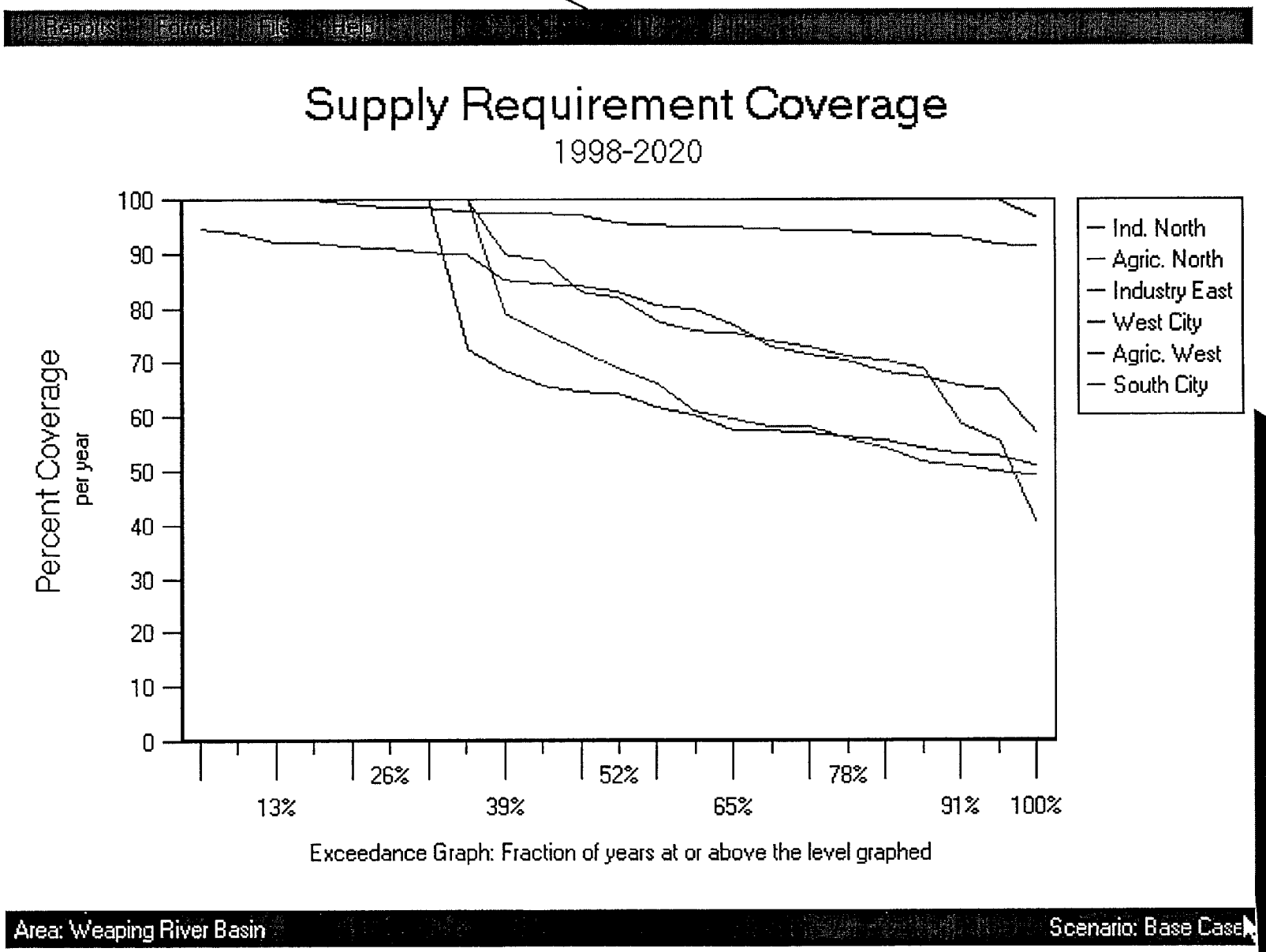
(Percent Coverage per year)



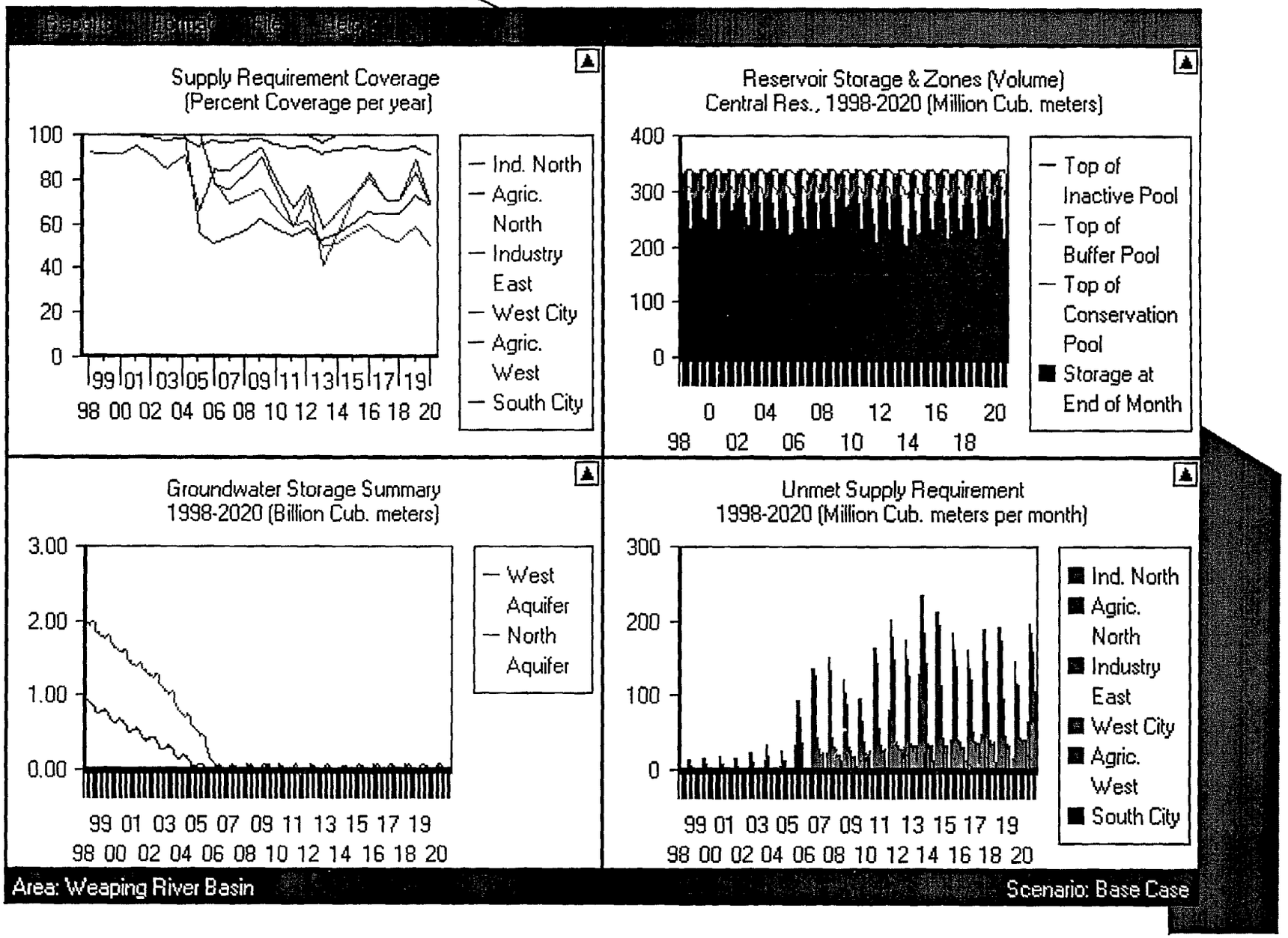
Area: Weaping River Basin

Scenarios: Base Case, Demand Measures, Integrated Measu, Supply Measures

Results cont.



Results cont.



Vulnerability and Adaptation to Climate Change: Water Resources

Alyssa Holt
SEI Boston / The Tellus Institute
Boston, MA

Climate Change Workshop, July 2000 Dakar, Senegal

Effective Vulnerability and Adaptation Assessments

- Defining Vulnerability and Adaptation (V&A) Assessment
  - Often V&A is *Analysis* not *Assessment*
  - Why?? Because the focus is on biophysical impacts
  - e.g. hydrologic response, crop yields, forests, etc.
- However, **Assessment** is an integrating process
- Requiring the Interface of physical and social s*cience* and Public Policy

515

Effective V&A Assessments

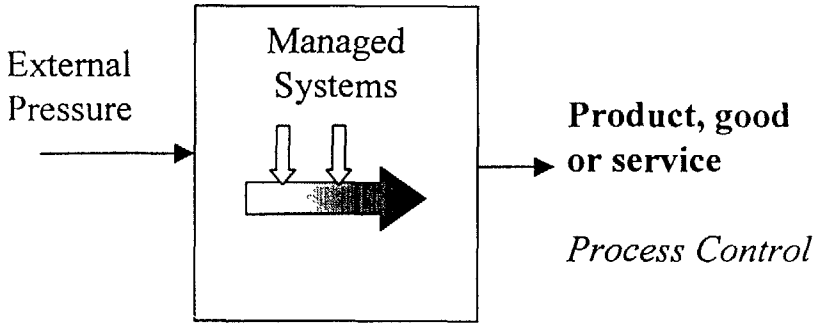
- General Questions
  - What is the assessment trying to influence?
  - How can the science/policy interface be most effective?
  - How can the participants be most effective in the process?
- General Problems
  - Participants bring differing objectives/expertise
  - These differences often lead to dissention/differing opinions
- The assessment process requires
  - 1. Value
  - 2. Credibility
  - 3. Legitimacy
  - 4. Consistent Participation

Effective V&A Assessments.. Cont.

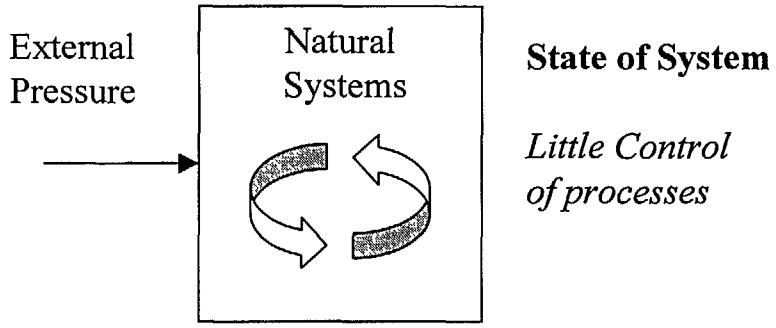
- V&A Assessments - An Interdisciplinary process
  - The Assessment process often requires a tool
  - The tool is usually a model or suite of models
  - These models serve as the interface
  - This interface is a bridge for dialogue between scientists and policy makers

Water Resources - A Critical V&A Sector

- Often Critical to both Managed and Natural Systems
- Human Activity Influences Both Systems



Example: Agriculture



Example: Wetlands

Examples of Adaptation - Water Supply

- Construction/Modification of physical **infrastructure**
  - Canal linings
  - Closed conduits instead of open channels
  - Integrating separate reservoirs into a single system
  - Reservoirs/Hydroplants/Delivery systems
  - Raising dam wall height
  - Increasing canal size
  - Removing sediment from reservoirs for more storage
  - Inter-basin water transfers
- Adaptive **management** of existing water supply systems
  - Change operating rules
  - Use conjunctive surface/groundwater supply
  - Physically integrate reservoir operation system
  - Co-ordinate supply/demand

Examples of Adaptation - Water Demand

- Policy, Conservation, Efficiency, and Technology
  - Domestic
    - Municipal and in-home re-use
    - Leak repair
    - Rainwater collection for non-potable uses
    - low flow appliances
    - Dual supply systems (potable and non-potable)
  - Agricultural
    - Irrigigation timing and efficiency
    - Lining of canals, Closed Conduits
    - Drainage re-use, Use of wastewater effluent
    - High value/low water use crops
    - Drip, micro-spray, low-energy, precision application irrigation systems
    - Salt tolerant crops that can use drain water

Examples of Adaptation - Water Demand

- Policy, Conservation, Efficiency, and Technology
  - Industrial
    - Water Re-use and Recycling
    - Closed cycle and/or air cooling
    - More efficient hydropower turbines
    - Cooling ponds, wet tower and dry towers
  - Energy (hydro-power)
    - Reservoir operation: reduce evaportion, match demands
    - Co-generation (beneficial use of waste heat)
    - Additional reservoirs and hydropower stations
    - Low head run of the river hydropower
    - Market/price-driven transfers to other activities
    - Using water price to shift water use between sectors

Tools in Water Resource V&A Studies

- **Hydrologic Models** (physical processes)
  - Simulate river basin hydrologic processes
  - Examples - Water Balance, Rainfall-Runoff, lake simulation, stream water quality models
- **Water Resource Models** (physical and management)
  - Simulate current and future supply/demand of system
  - Operating rules and policies
  - Environmental impacts
  - Hydroelectric production
  - Decision Support Systems (DSS) for policy interaction

Tools in Water Resource V&A Studies

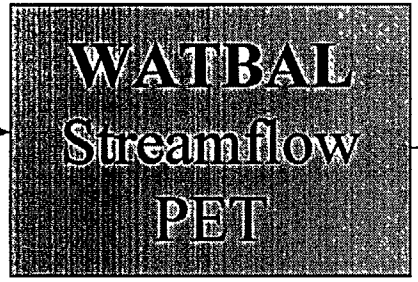
- **Economic Models**
  - Macro Economic
    - Multiple sectors of the economy
    - General Equilibrium - all markets are in equilibrium
  - Sectoral level
    - Single market or closely related markets (e.g. Agriculture)
  - Firm level
    - farm-level model (linear programming approach)
    - microsimulation

Tools to be introduced at workshop

- Hydrology (Excel Water Balance Model)
- Crop Models (CERES, **vulnerability,** adaptation)
- Irrigation Demand Model (CROPWAT)
- Water Resource Evaluation Model (WEAP)

Water Balance Model (WATBAL)

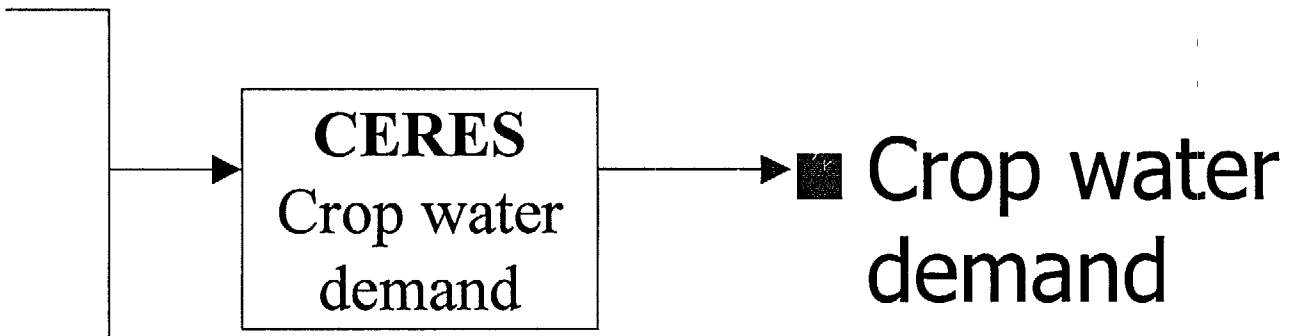
- Monthly precipitation
- Temperature
- Soil moisture capacity
- Relative humidity
- Radiation
- Observed runoff



- Runoff

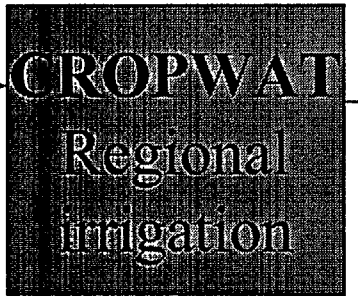
Crop Model (CERES)

- Daily climate data
- Soil type
- Cultivar type



Irrigation Demand Model (CROPWAT)

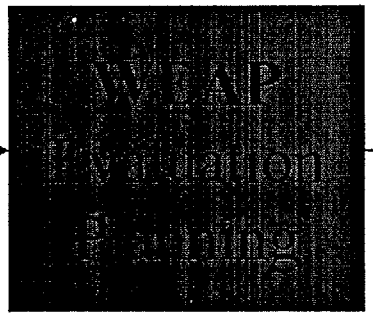
- Climate
- Cropping pattern
- Crop water demands



- Irrigation demand

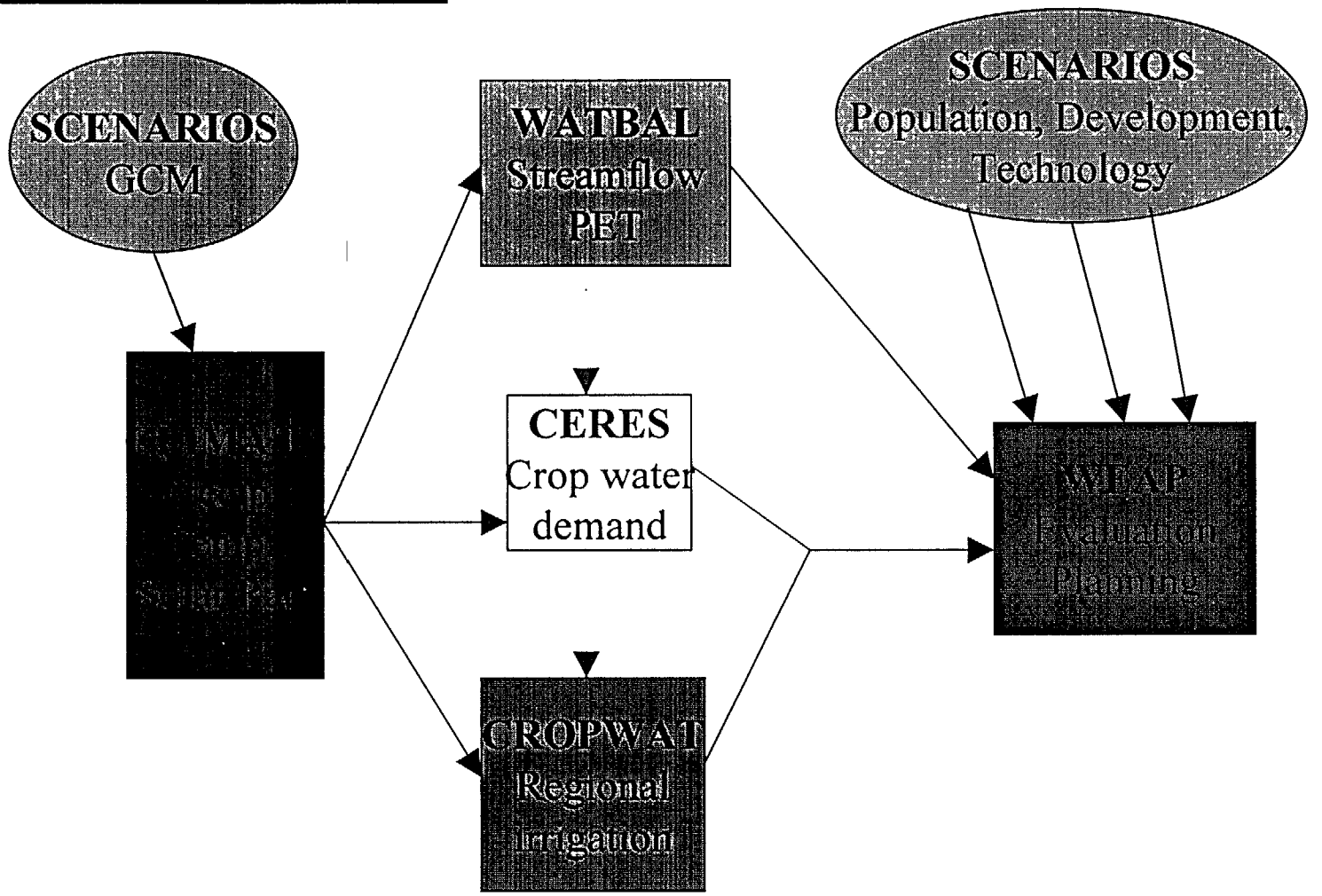
Water Resources Evaluation Model (WEAP)

- Runoff
- Irrigation demand
- Other demands
- Policy
- Operations



- Information on system network
- Reliability of system

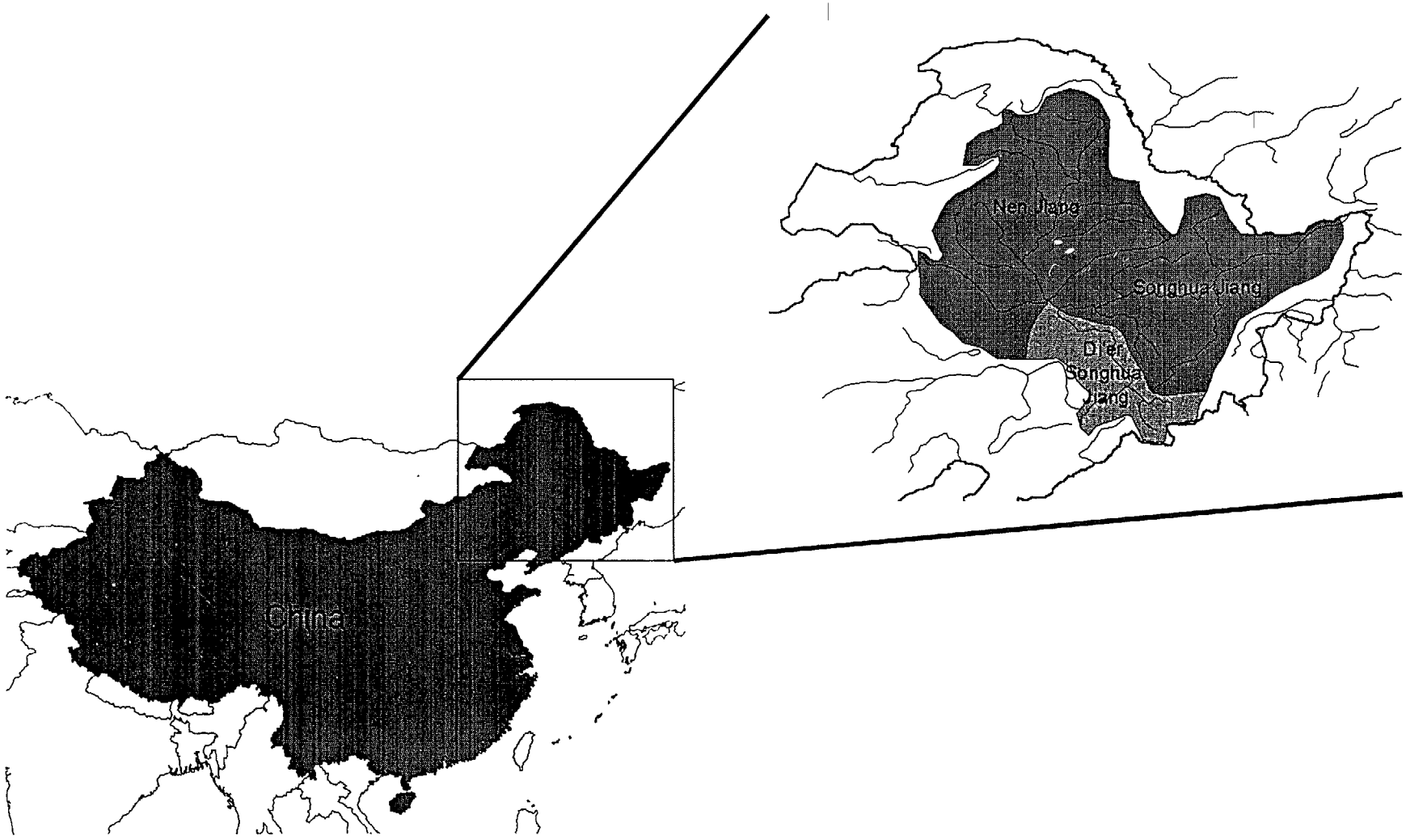
Interaction of model components



V&A Assessment: A Case Study of China
The Songhua River

- Addressing adaptation options required an integrated framework that was multi-disciplinary in nature
  - Vulnerability Assessment
    - Agriculture (crop yields: soy, maize, other)
    - Hydrology (Water supply to reservoirs)
  - Adaptation Assessment
    - Water Resource Evaluation and Planning (infrastructure)
    - Reservoir operation and water transmission and delivery

A Case Study of the Songhua River...



A Case Study of the Songhua River..

- Example Scenarios
  - **Scenario A**
    - high economic development
    - lower population growth
    - increase in irrigation and other efficiencies (technology)
  - **Secanrio B**
    - opposite assumptions from scenario A
- Indicators:
  - Component demand and supply
  - Reliability of system to supply demands
  - Instream flow

A Case Study of China... Dialogue

- **General Message from Scientists to Policy Makers**
  - Regional water stress for agricultural
  - Competing water uses will require efficient irrigated agriculture
  - Drainage investments may be necessary
  - Concern with water quality

Adaptation Questionnaire

(long term assessment or national action plan or communication)

1.Briefly describe a vulnerability to climate change (could be caused by or exacerbated by climate change)

2. Identify a proactive adaptation (typically by a government or institution) that could reduce the vulnerability. How would it help reduce negative or increase positive effects of climate change?

3. What information is needed to convince the minister to adopt the adaptation. (Be as specific as you can; if you cannot, just describe general assessment needs.) (Use qualitative and/or quantitative approaches)

3a. How would you demonstrate that there are vulnerabilities under climate change (don't forget about the baseline)?

3b. How would you show that the adaptation reduces the vulnerability to climate change (can also show that reduces vulnerability under current climate).

4. What technical assistance (e.g., data, models, training) might you need to answer these questions?

Willy Makundi **Lawrence Berkeley National Laboratory**

Dr Willy Makundi is a Scientist at the Lawrence Berkeley National Laboratory in Berkeley, California, USA. Mr. Makundi has extensive experience with forestry and climate change issues, including modeling of greenhouse gas (GHG) flows and mitigation assessment. He has served as a lead author for the IPCC Second and Third Assessment Reports as well as a Convening Lead Author for the Special Report on Land Use, Land Use Change and Forestry. He has provided technical assistance to various country teams from developing and in-transition countries working on Inventory, Mitigation and Vulnerability issues.

Brian H. Hurd, PhD **Stratus Consulting**

Brian H. Hurd is a Senior Associate in the climate change group at Stratus Consulting, an environment and energy research firm located in Boulder, Colorado, USA. After earning a Bachelor of Arts (BA) degree in Economics at the University of Colorado, he completed his Master's of Science (MS) and PhD studies in agricultural economics at the University of California, Davis, where his dissertation analyzed technology changes in production agriculture. His interest in interdisciplinary research and contributing to public decision-making regarding natural resources has led him to his current focus on climate change impacts and adaptations. Mr. Hurd has developed regional and national models for water resource impacts, analyzed land use changes in forestry and agriculture and investigated climate-change adaptation and mitigation strategies. He has served a variety of public- and private-sector clients, including the U.S. Environmental Protection Agency, U.S. Department of Energy, National Science Foundation, National Institute for Global Environmental Change, Pew Center on Global Climate Change, and the Electric Power Research Institute. His contributions are published in several peer-reviewed journals, including *Climate Research, Journal of Agricultural and Resource Economics*, *Risk Analysis*, *American Journal of Agricultural Economics*, and the *Journal of the American Water Resources Association;* and in the book chapter, «Economic Effects of Climate Change on U.S. Water Resources» published in *The Impact of Climate Change on the United States Economy* (Cambridge Univ. Press).

Greg Kiker **University of Natal, South Africa**

Greg Kiker is currently a lecturer and researcher at the School of Bioresources Engineering and Environmental Hydrology at the University of Natal in Pietermaritzburg, South Africa. His educational training in Agricultural and Biological Engineering includes Bachelor (BS) and Master's of Science (MS) degrees from the University of Florida and a PhD from Cornell University. Currently, he is serving as the Technical Coordinator of the Vulnerability and Adaptation Section of the South African Country Study on Climate Change. In the past, he has served as Technical Advisor to Country Studies in Zimbabwe, Gambia and the countries of Central America.

Alyssa Holt **Stockholm Environment Institute**

Ms. Holt is a Research Associate at the Stockholm Environment Institute in Boston, MA (SEI-B). Her work at SEI-B focuses on integrated freshwater assessment, modeling water management scenarios, water policy, and the application of SEI-B's Water Evaluation and Planning System (WEAP) model. Ms. Holt is involved in developing analytical methods used in the SEI-B water research program, conducting water studies and training courses, preparing publications, and representing SEI-B at seminars. She has
conducted river basin simulation analyses for evaluation of water availability for food production (China, USA, Brazil, Argentina, Danube Basin). She is also involved with the World Water Council's World Water Vision. Before joining SEI-B Ms. Holt worked on a Land Use Change Project at the Institute for International Applied Systems Analysis (IIASA) developing a GIS-based water demand estimation methodology. Ms. Holt holds a Bachelor of Science (BS) degree in Civil/ Environmental Engineering and a Master's of Science (MS) in Water Resource Engineering from the University of Colorado at Boulder