



orchis
ingénierie



Erasmus+

**Techniques alternatives de gestion de
l'eau et génie végétal :
intégration au contexte de gestion de
l'eau et d'urbanisme en milieu
méditerranéen**

William Fettig : william.fettig@orchis-be.com

Montpellier le 29/03/2017

1. Problématique : cycle naturel et gestion urbaine

L'eau naturelle et utile

L'eau et les sols

→ Forêt, agriculture, désert

L'eau naturelle

→ Cours d'eau, littoral, lac...

L'eau par temps de pluie !

→ Ruissellement, inondation

Les usages de l'eau

→ Potabilisation, transport, traitement

L'eau, l'homme et la société

L'eau symbolique et culturelle

→ Romantisme, peur et espoirs

L'eau, source de plaisirs

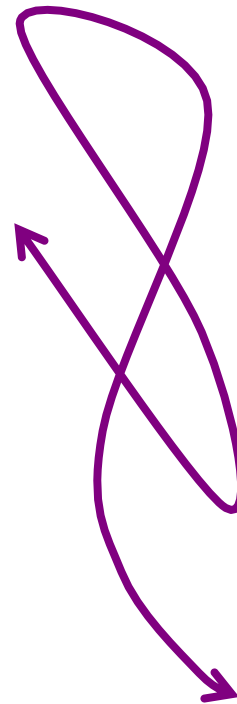
→ Bain, baignade, fontaine...

L'eau meurtrière

→ Noyade, pollution, maladie

L'eau structure nos habitats

→ Loi, impôt, urbanisme, paysage



**La gestion intégrée de l'eau :
Large, interconnectée et complexe**

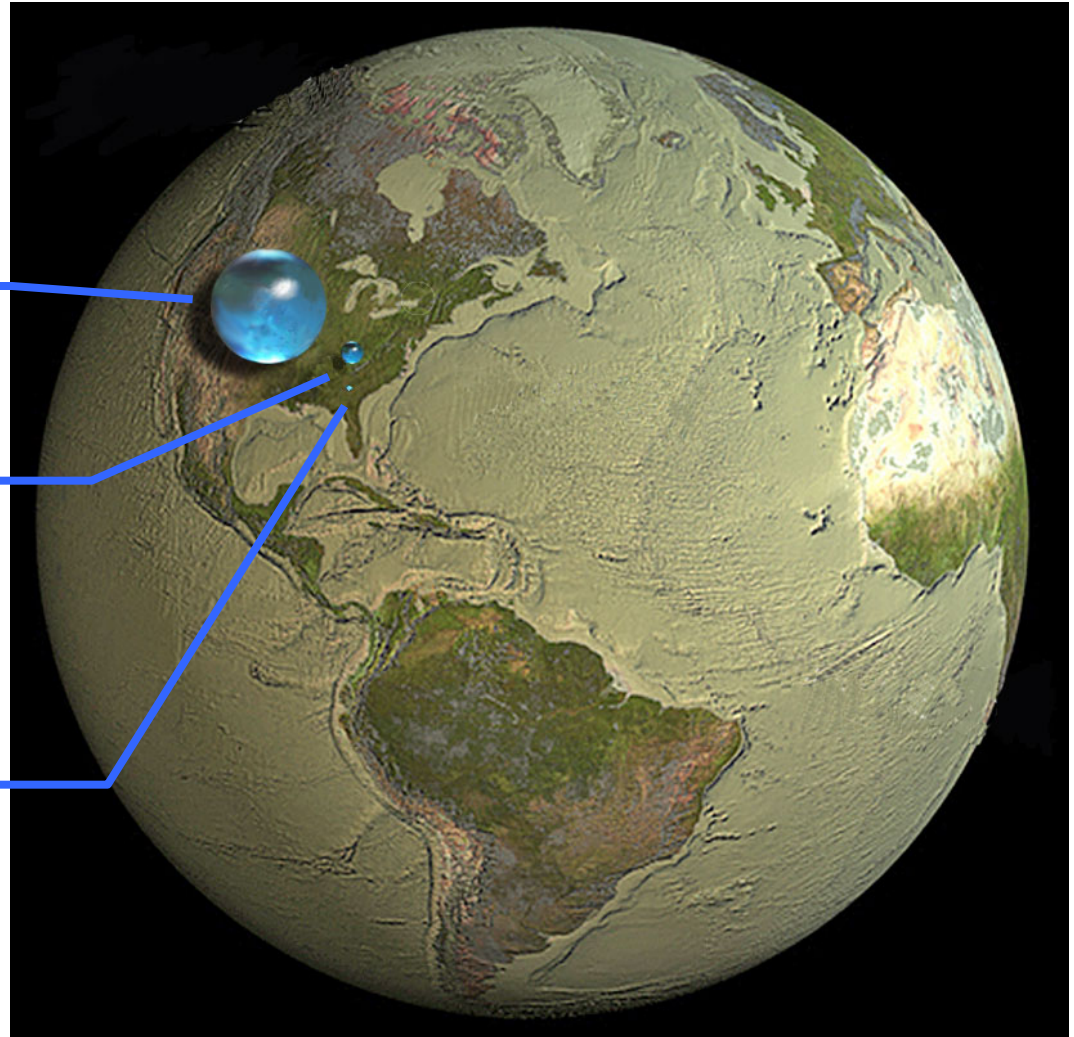
L'eau couvre 71 % de la surface du globe

**Volume d'eau
total**

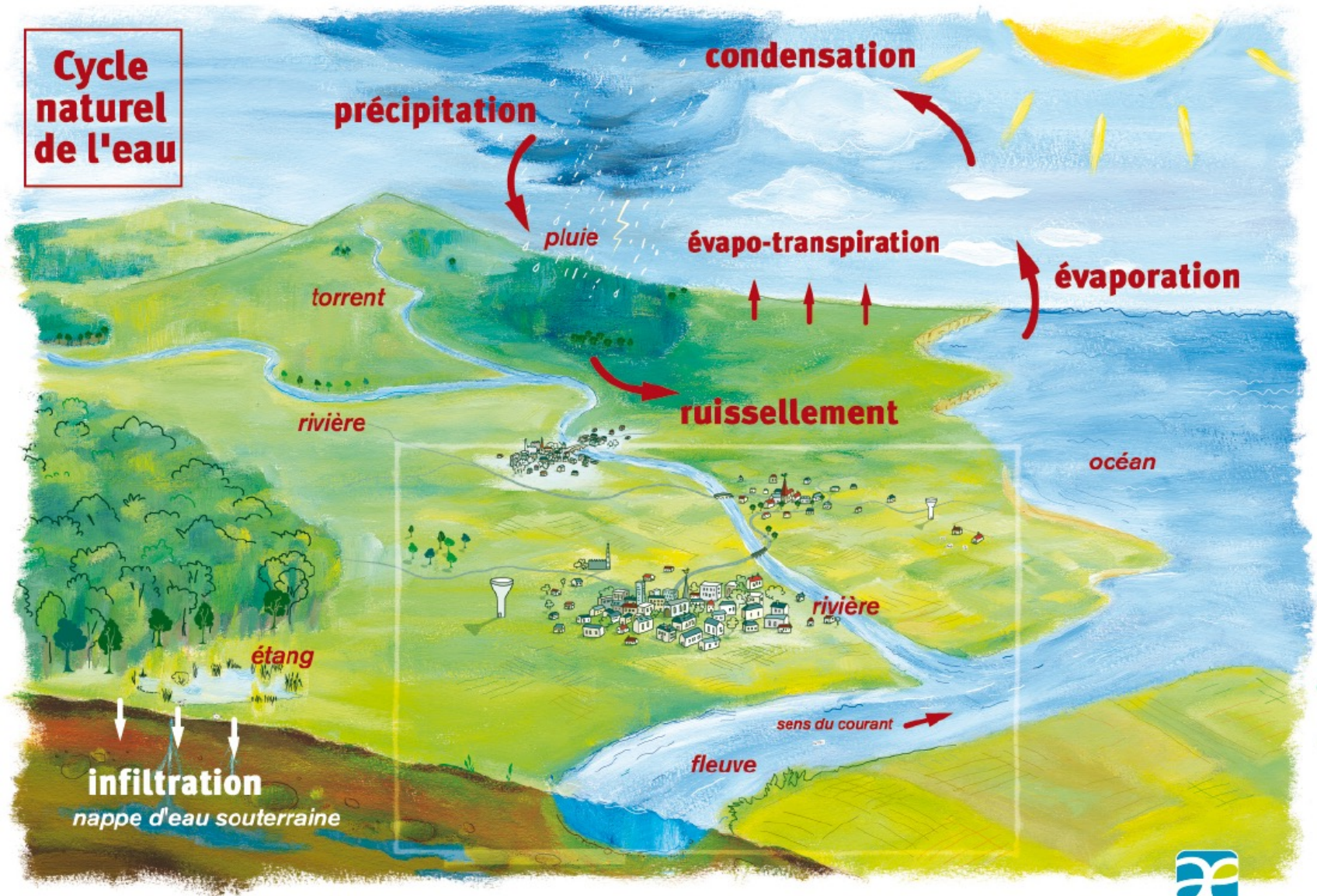
**Volume d'eau
douce
2.5 %**

**Volume d'eau
douce disponible
< 0.02 %**

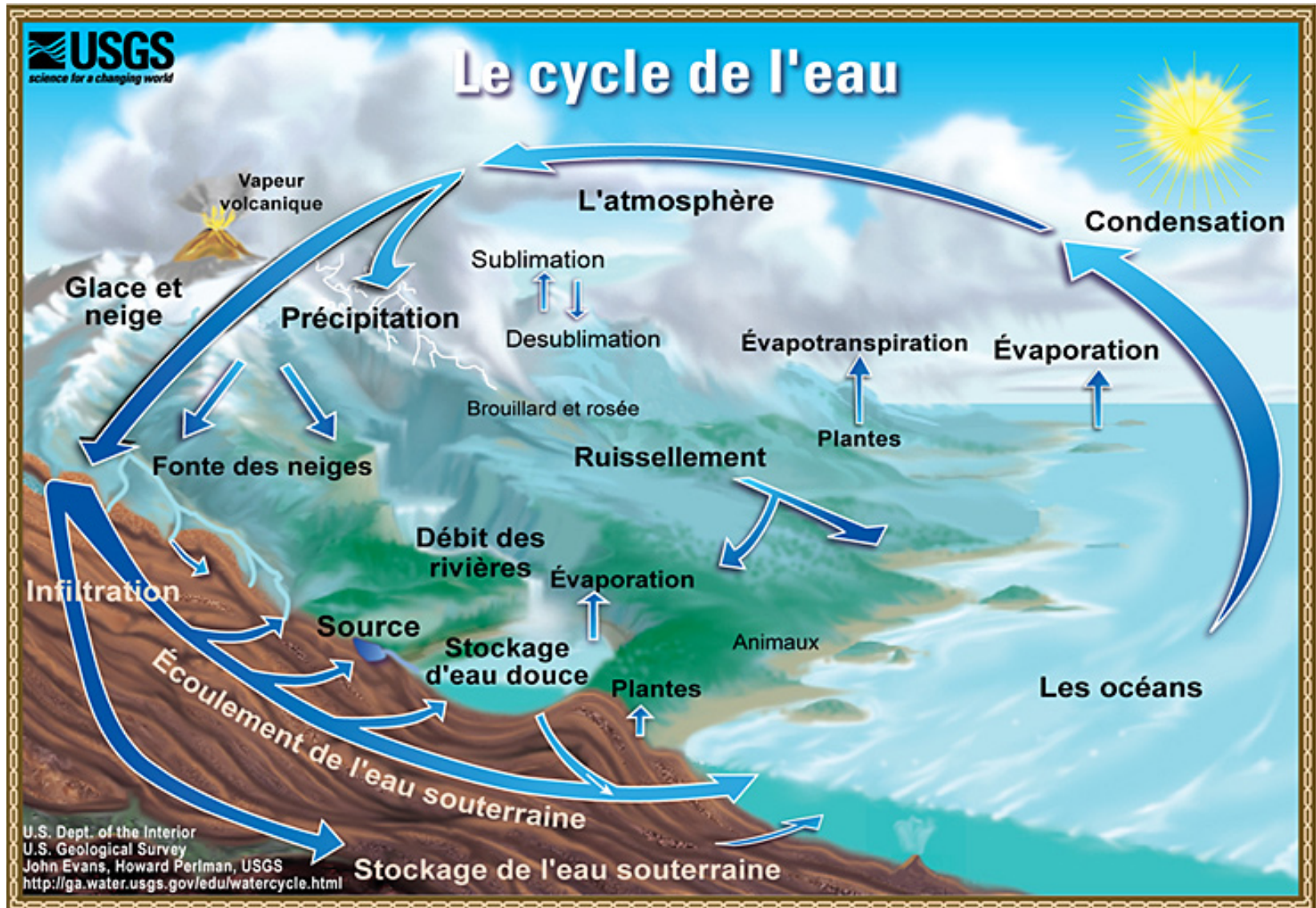
60 km de diamètre



1. Le Cycle de l'Eau



1. Cycle de l'eau et flux urbains de pollution



1. Les chiffres clés de la gestion de l'eau

- Pluviométrie :
- EH :
- Disponibilité en eau :
- Consommation d'eaux :
- Irrigation :
- Orage de référence :
- Rétention :
- Prix de l'Eau :

1. Les chiffres clés de la gestion de l'eau

- Disponibilité en eau : 3 500 m³/an et EH
- Consommation d'eaux : 150l/j ou 50 m³/an
- Pression au sol :
 - A 10 m de profondeur :
- Le poids d'un mètre cube d'eau :

Usages & Volumes

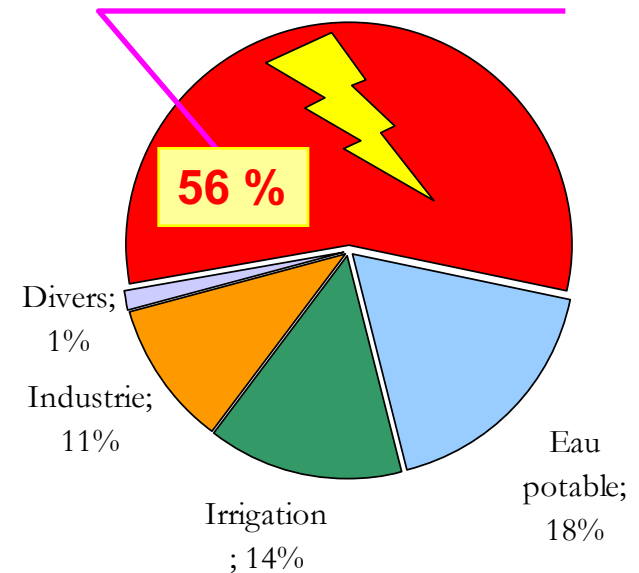
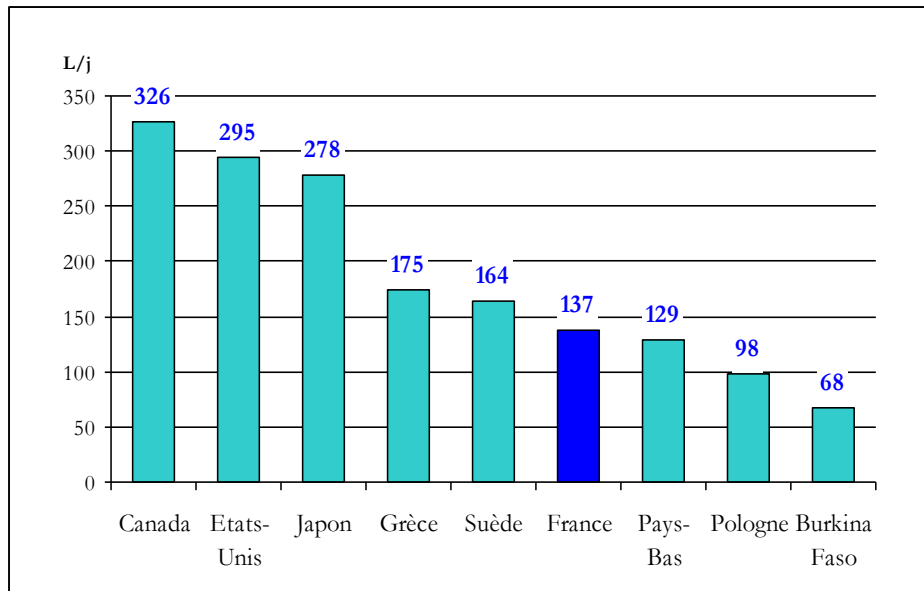
Irrigation	5	mm/j
Eaux	150	l/j
Rétention	120	l/m ²
Pluviométrie	650	mm/an
Orage de référence	100	mm/6h

Les prix caractéristiques

Eau potable & Assainissement	3	€/m ³
Potabilisation	1	€/m ³
Assainissement	2	€/m ³
Bassin de rétention	50	€/m ³
Ville	200	€/m ³
Récupération Eaux Pluviales	1000	€/m ³
Toiture végétale	100	€/m ²
Assainissement	500	€/EH
ANC	1200	€/EH
Réseaux	300	€/ml
Taxe imperméabilisation	1	€/m ²
Service écosystémique	250	€/E.H.

- Consommation :
 - 165 l/j par E.H. (2004)
 - ou 120 m³/foyer

Nîmes et le Pont du Gard 1 500 L/ j



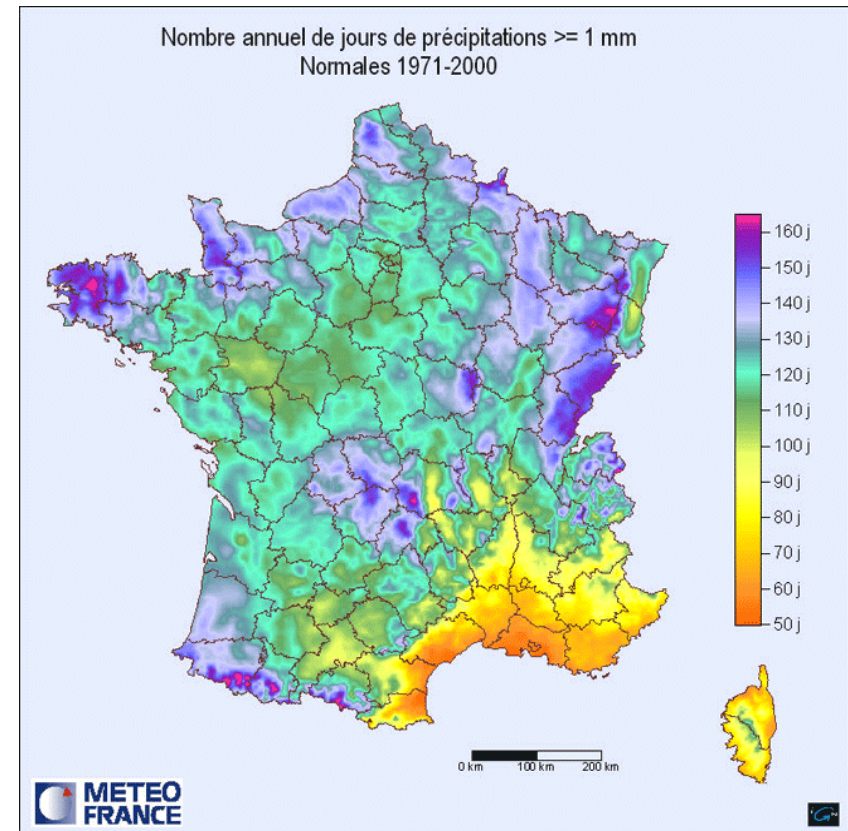
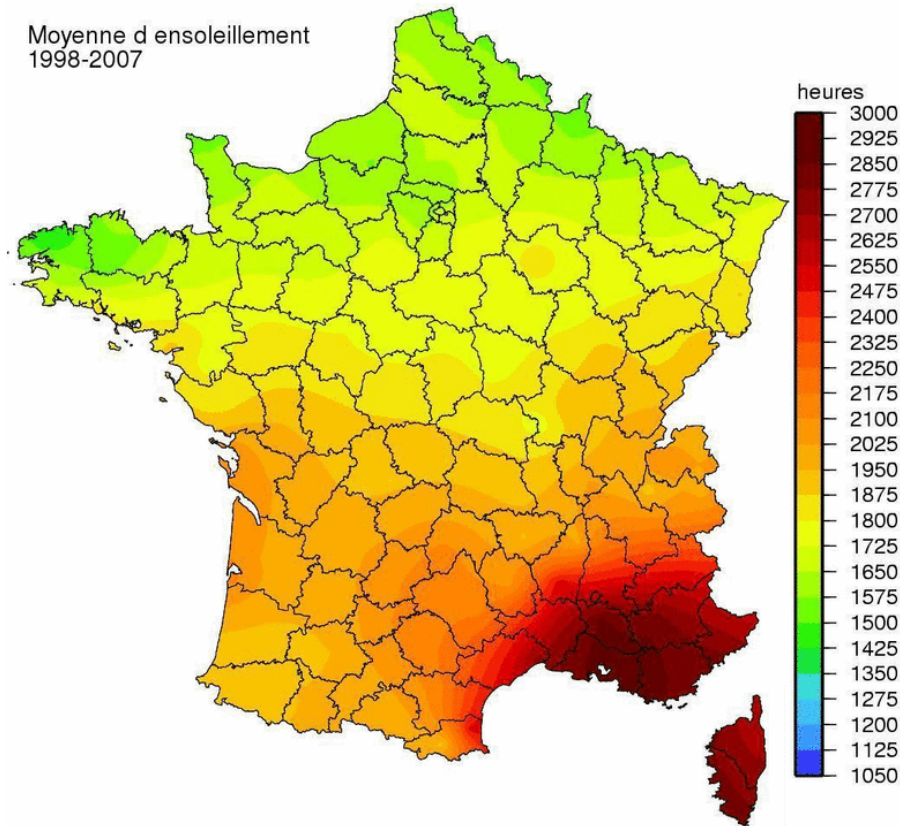
Soit 34 Milliards m³/an (2001)

1. Contexte méditerranéen

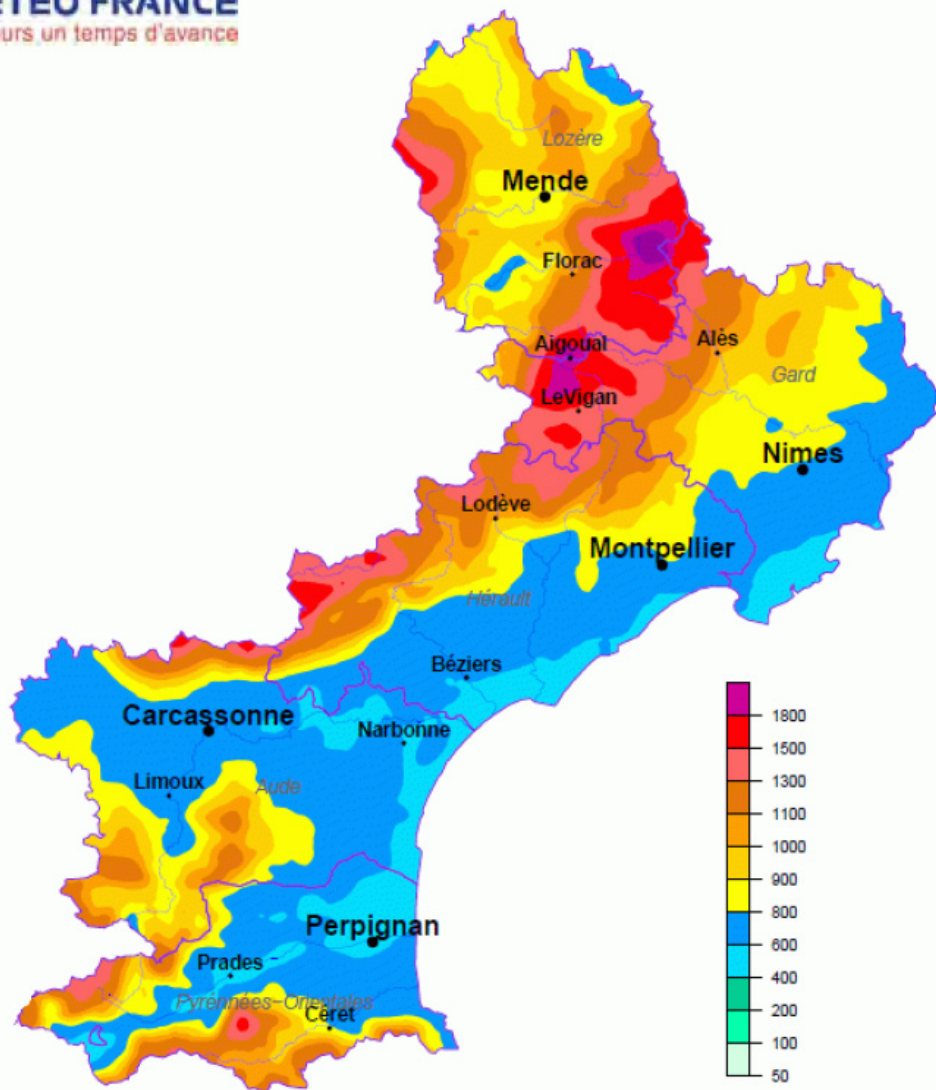
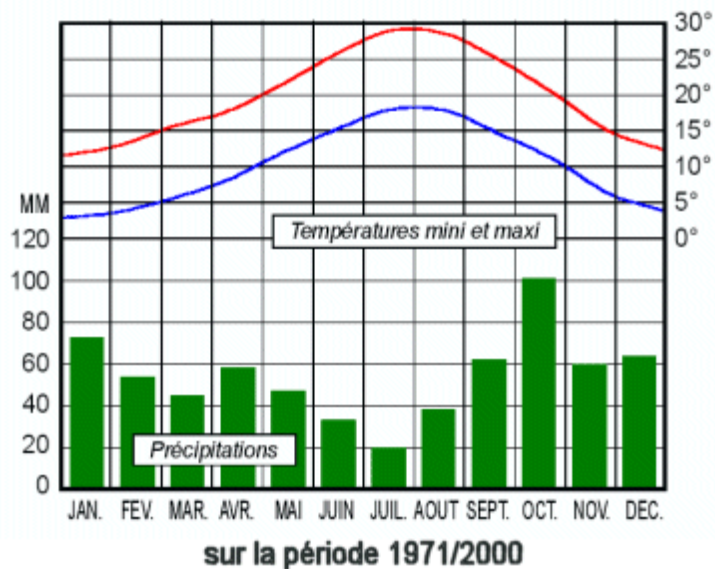
1. La gestion urbaine de l'eau, face à des paysages dynamiques

1. Contexte climatique méditerranéen

- Nombre de jours $P > 1 \text{ mm} = 60$ jours
- Nombre de jours d'ensoleillement environ 250 jours



Normales de températures et de précipitations à Montpellier



Moyenne des précipitations en France :
870 mm/an

- Les inondations en France (hors DOM-Tom)
 - Une commune sur trois est concernée
 - deux millions de riverains y sont directement exposés
 - près de 80 % du coût des catastrophes naturelles
 - Premières causes de décès par risques naturels
 - 203 morts en LR sur la période 1988 – 2014 (8/an...)

1. Pluie Cévenole

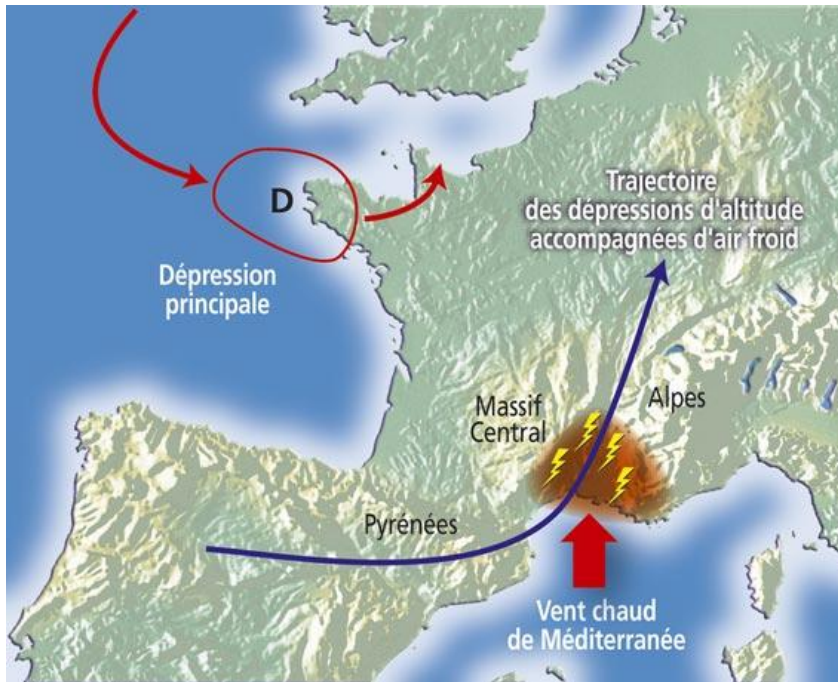
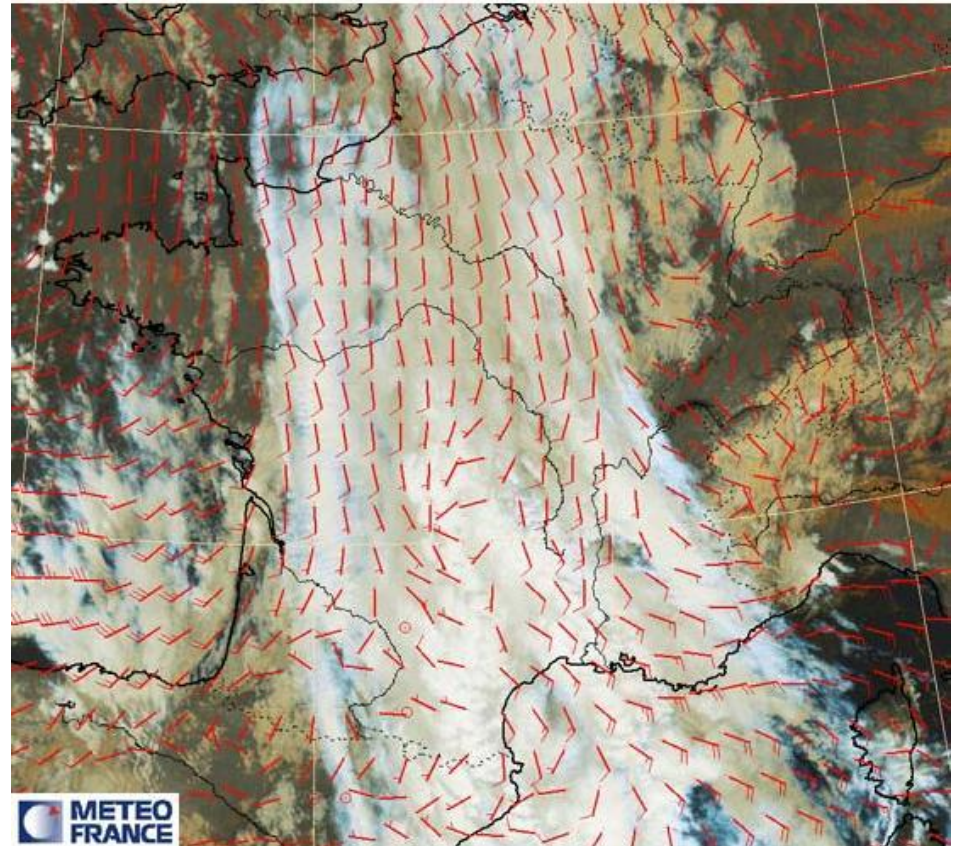


Image satellite du 29/09/2000 à 04h48 (satellite défilant NOAA) - Vent à 10m



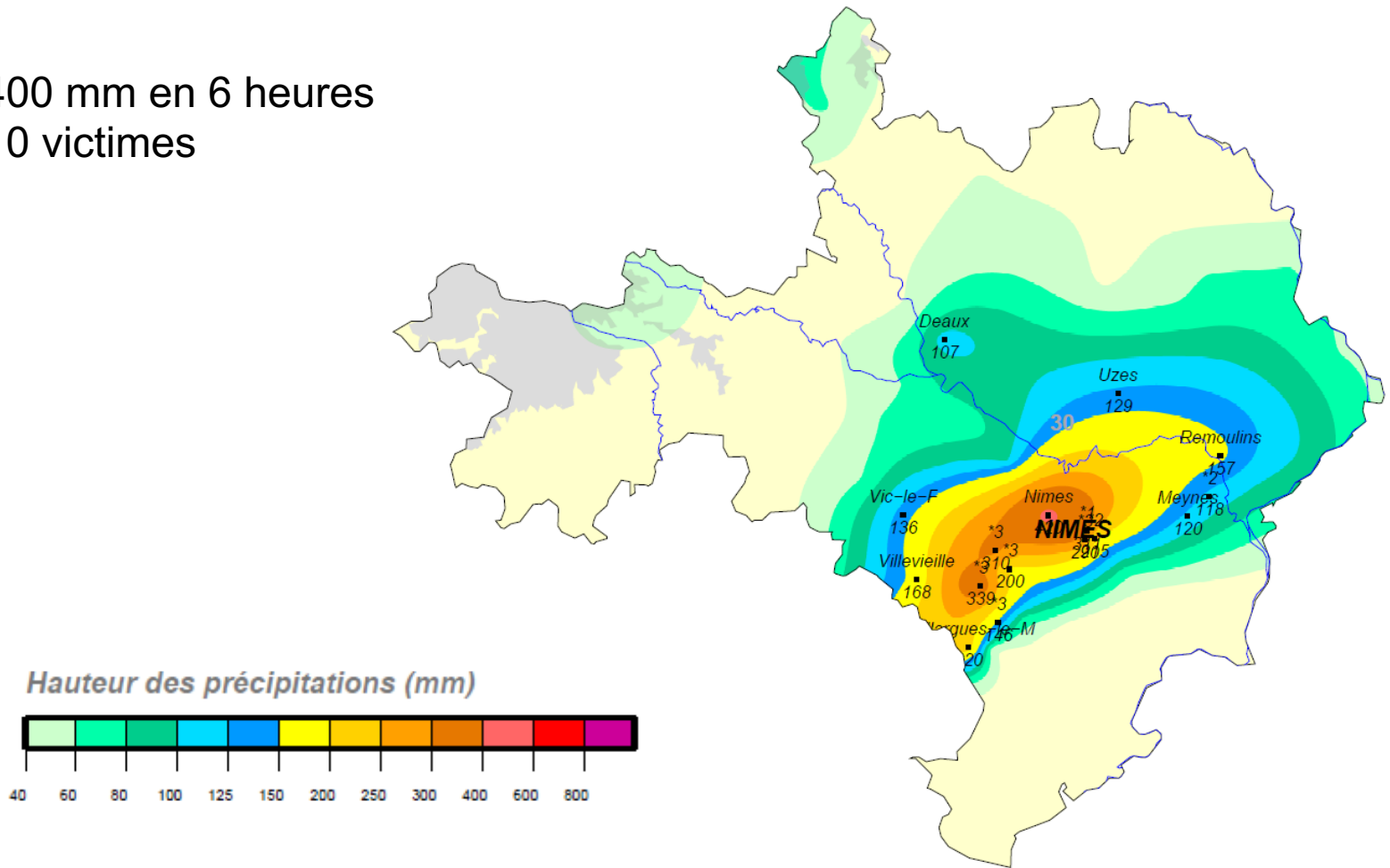
1. Vaison la Romaine le 22 septembre 1992

- 300 mm (dont 150 mm en 2 h)
- 41 morts (et 320 maisons endommagées).



1. Nîmes 3 octobre 1988

400 mm en 6 heures
10 victimes



*1: poste DDE, *2: CNARBRL, *3: observation de particuliers

— 20 km —



Nîmes 3 octobre 1988

1. Montpellier 29 Septembre 2014



Le génie végétal « ça ne marche pas ! »
« Les toitures végétalisées et les espaces verts,
c'est un truc des pays nordiques »

- **Raisons :**
 - des sécheresses drastiques
 - Des épisodes pluviométriques qui arrachent tout

... et pourtant

Des jardins de Babylone à la récupération d'eau de pluie



Déjà au 1er s. av. JC - Lavogne



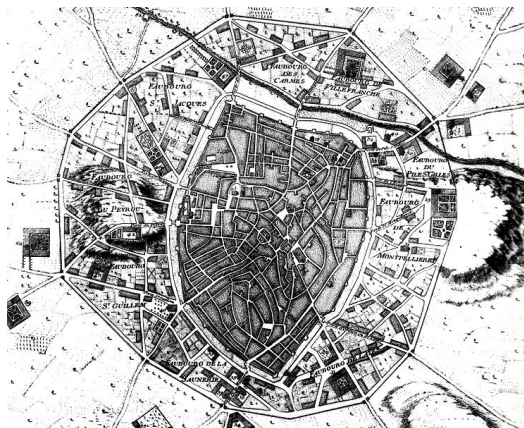
Citernes de la Vallée du Tarn

1. Contexte et problématique

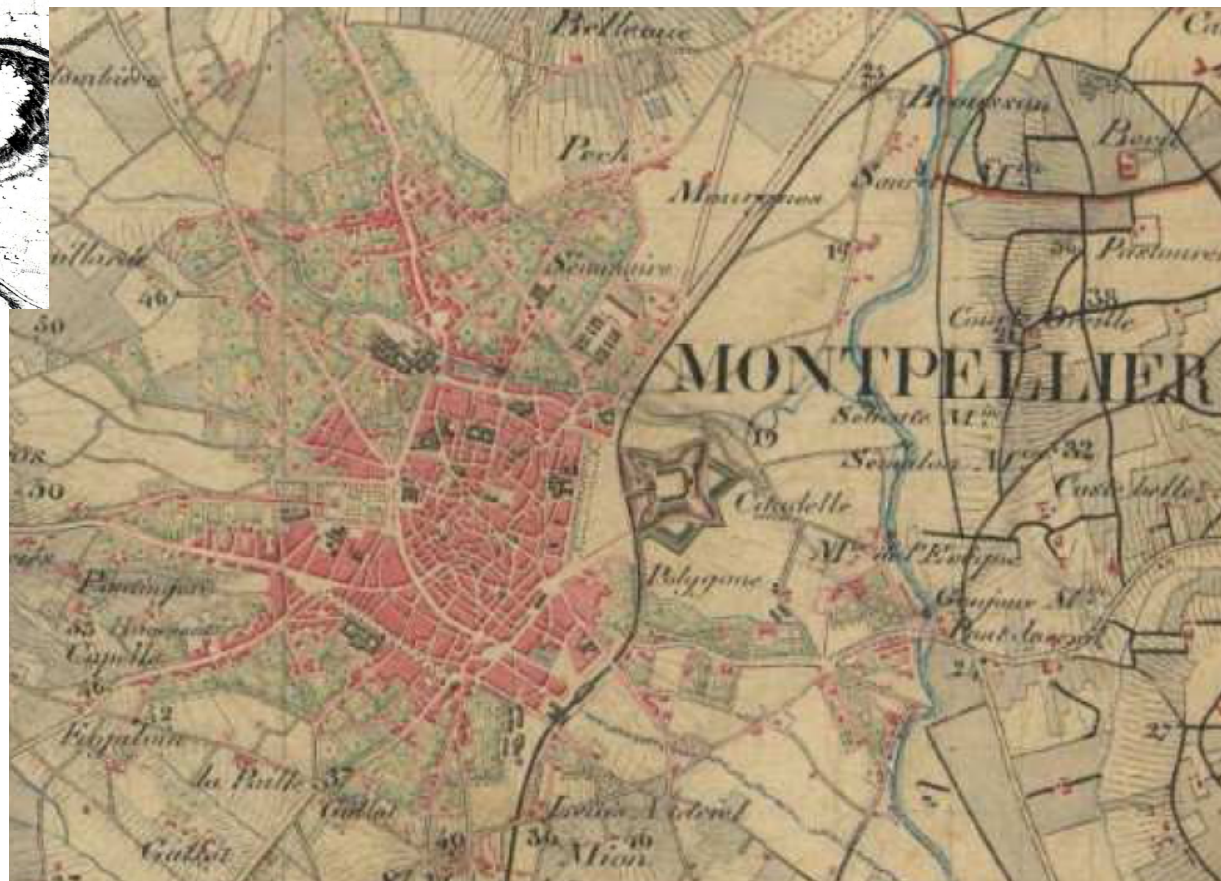
- Forte pression urbaine, une région qui construit
- Attrait touristique



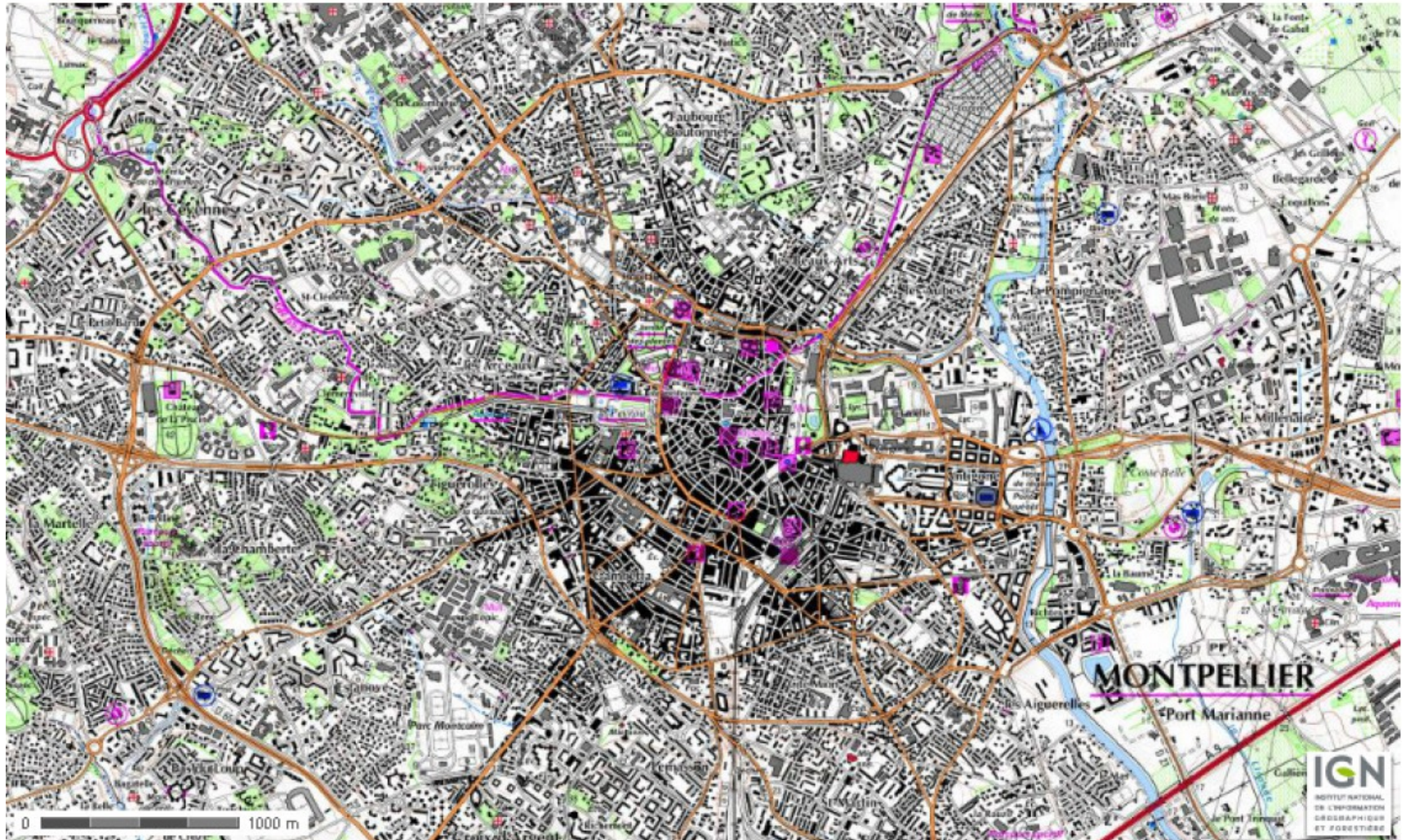
Vers 1737



État Major – XIX



- IGN – 2008...

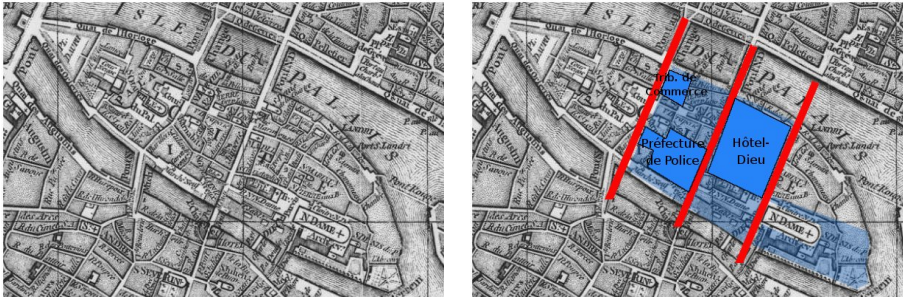


III. De l'hygiénisme au « Tout réseaux »

- **Symboles de l'hygiénisme :**

- **Louis Pasteur** : théorie microbienne des maladies contagieuses
- **Urbanisme, Haussmann (1852 à 1870)** :

*Ouverture des villes
« meilleure circulation de
l'air », axes de communication
et création d'espaces...*



Île de la Cité (Paris) avant et
après le Baron Haussmann

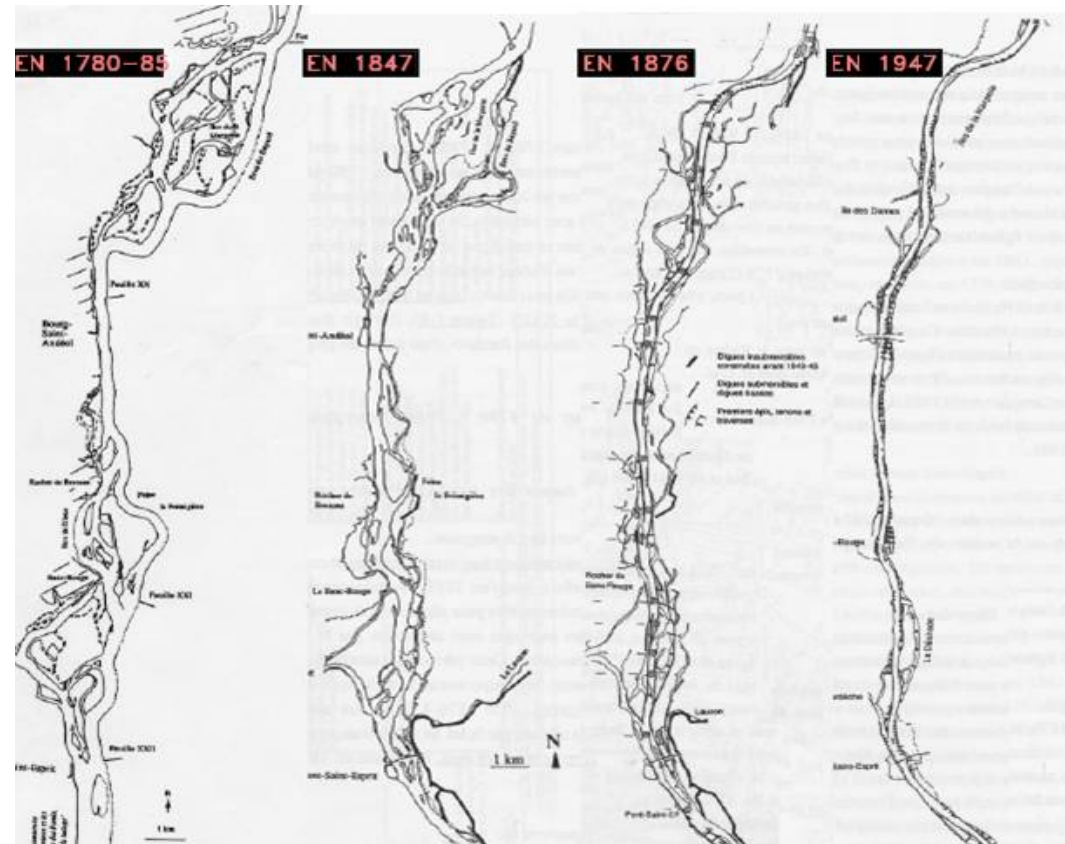
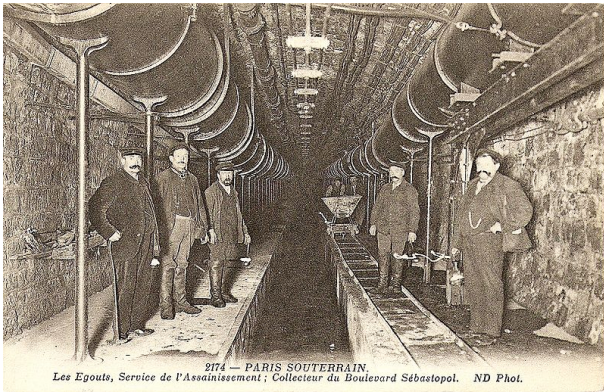
- **Architecture scientifique** : modèle hospitalier
et sanatoriums (Paris 1904)
- **Design et Architecture**

Table Tulipe (1953)
Gateway Arch (1963)
Saarinen Eero



- **Agriculture moderne** : des champs devenus stériles

- **Approche hygiéniste** : impact général sur « l'homme à l'eau »



Aujourd'hui **2400 kilomètres** !



Plan du lit du Rhône entre Donzère et Mondragon 1780 à 1947

Le Verdanson à Montpellier

Maera et l'agglomération de Montpellier pour 490 000 habitants...



En Chiffre :

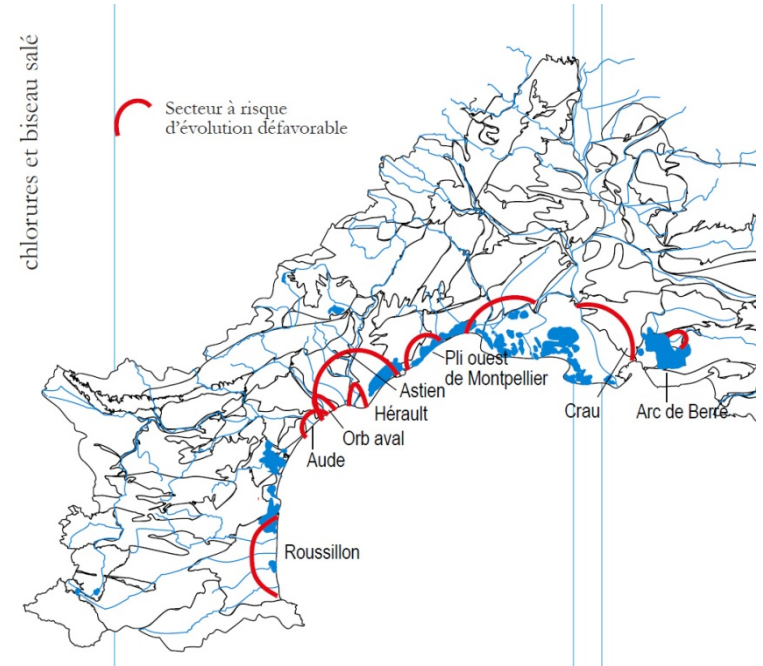
- 1.6 m de diamètre
- 20 km dont 11 km maritime
- 30 m de profondeur
- Prix : 319 €/E.H.
- Émissaire : 3250 €/m

Maera	150 M€	
STEP	70 M€	46,7%
Coût de l'émissaire	65 M€	43,3%
Marchés Annexes (Etudes, M.O...)	15 M€	10,0%

→ Capacité d'irrigation de **3 000 à 6 000 ha**

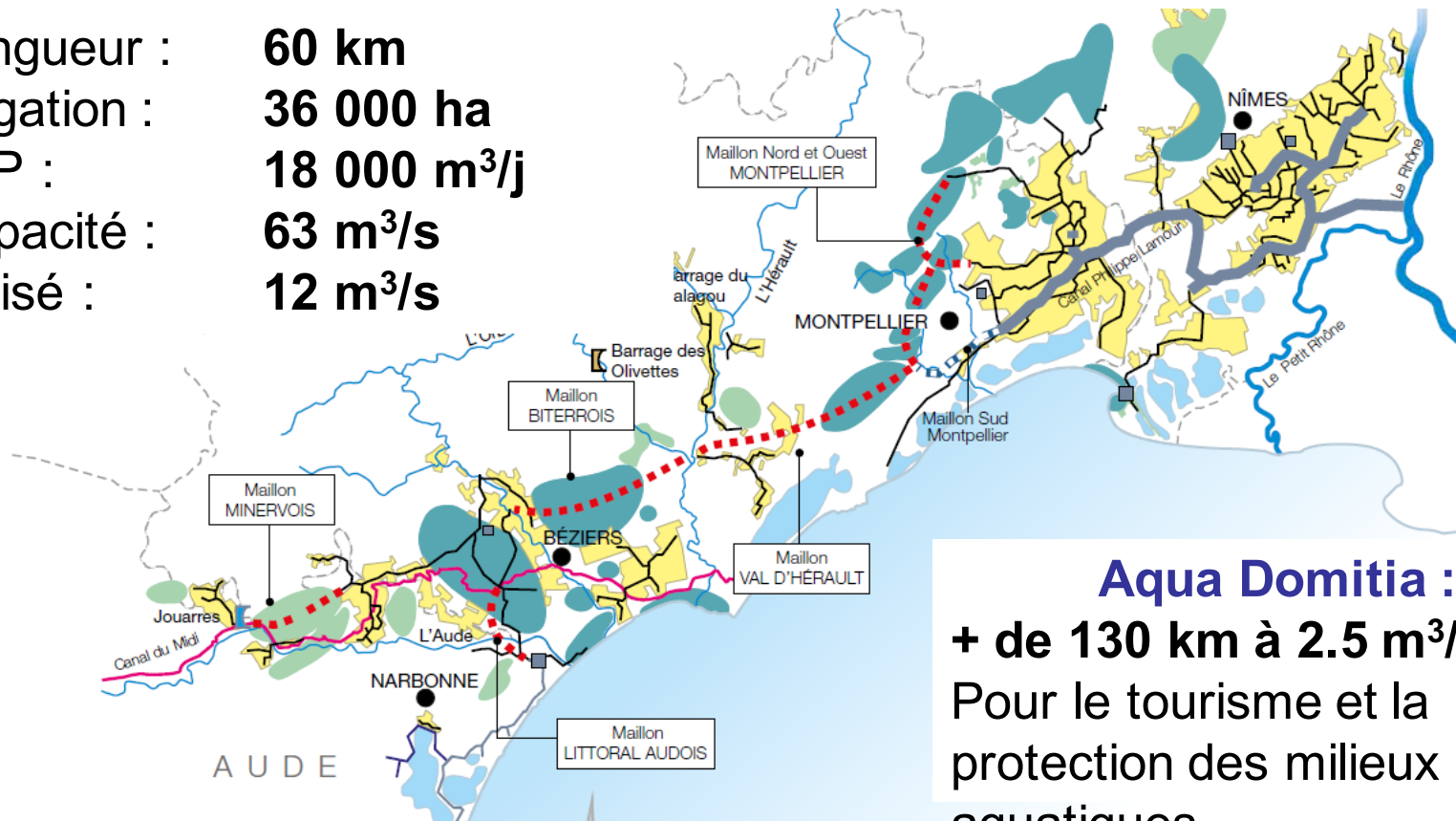
Le contexte local :

- Problème de biseau salé
- Le Lez artificiel
- Contrôler la pollution...
- 1 seul ouvrage ... ?



1. Aqua Domitia (11 avril 2012)

- Longueur : 60 km
- Irrigation : 36 000 ha
- AEP : 18 000 m³/j
- Capacité : 63 m³/s
- Utilisé : 12 m³/s

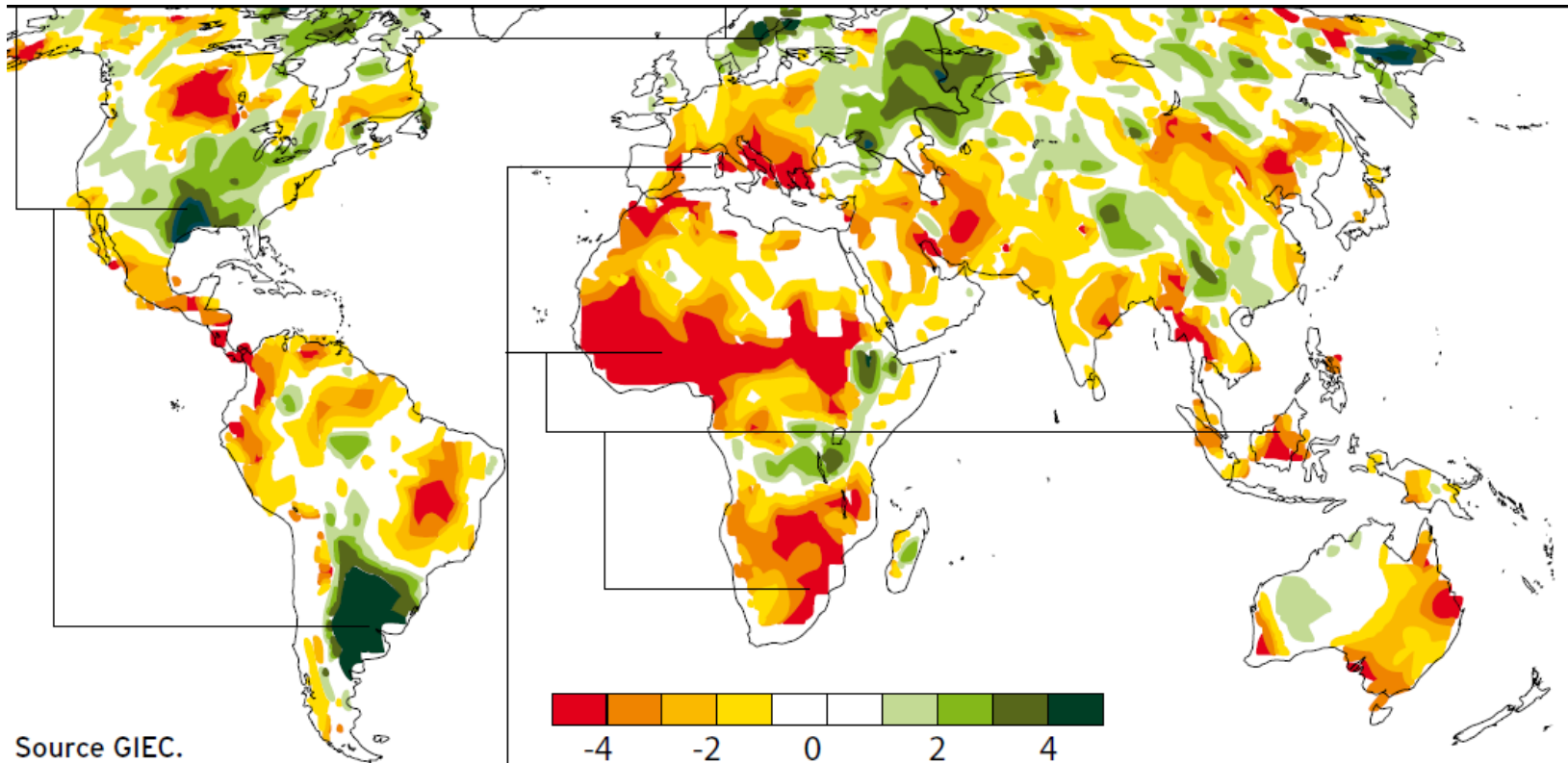


« Le projet Aqua Domitia n'est donc pas une opération « commerciale » pouvant s'autofinancer à court terme. C'est un projet d'aménagement du territoire qui ne s'amortira que sur le long terme et qui nécessitera une mobilisation importante de crédits publics. »

1. Estuaire de l'Orb à Portiragnes (34) :



Évolution du taux d'humidité des sols entre 1900 et 2002



1. Changement climatique – Prévisions du GIEC

- Intensification des phénomènes « exceptionnels »
 - **Inondation, tempêtes, sécheresses**
- Augmentation du niveau de la mer
 - **+1 m en LR (MISEEVA)**
- Un climat plus sec :
 - **+1.4 à 2.8 °C l'été +1 à 1.9 °C l'hiver (Météo France)**
- Des pluies plus fortes mais moins de pluviométrie :
 - **moins 180 mm/an d'ici 2050 (Météo France)**

Des conséquences directes sur :

- **Ressource en eau**
- **Gestion des pluies : sécheresse et inondations**
- **Agriculture et biodiversité**
- **Végétalisation & paysage**

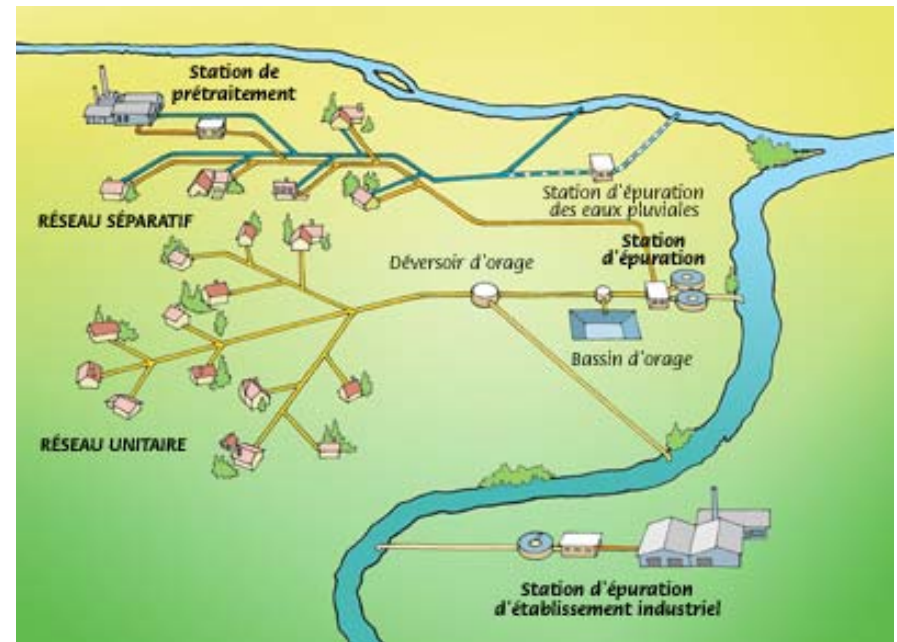
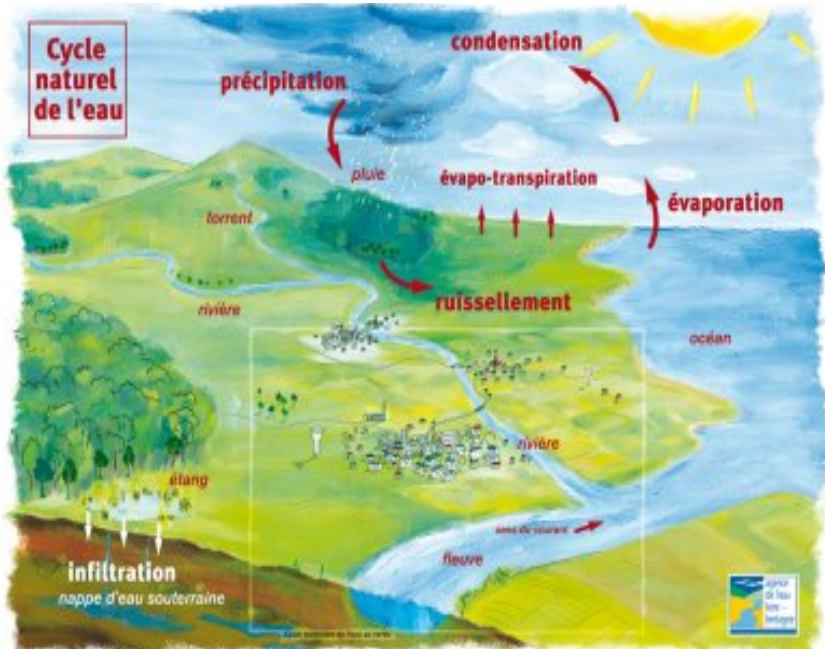
1. Un monde nouveau face à des problématiques

- Augmentation de la population et une population qui s'urbanise... vers une augmentation des besoins et pression sur les ressources
- Production agricole et irrigation
- Gaz à effet de serre et besoins énergétiques
- L'industrie et l'emploi...
- Tourisme et attractivité des territoires

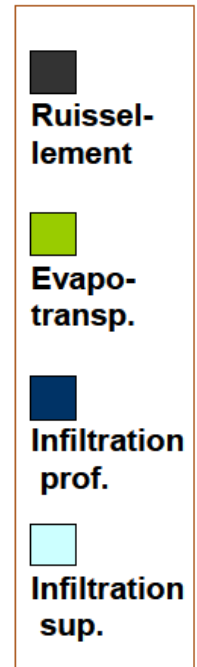
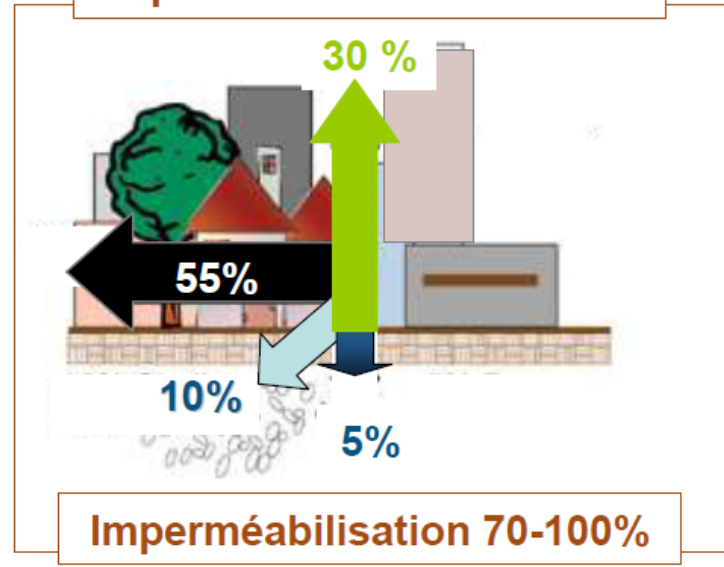
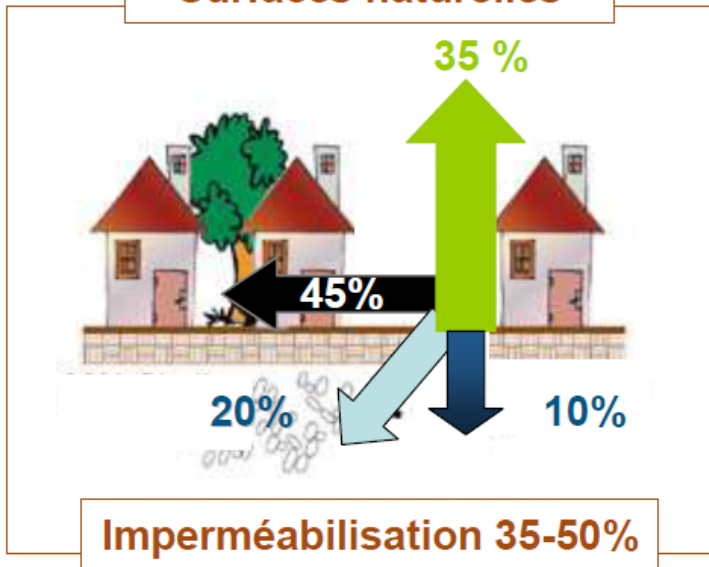
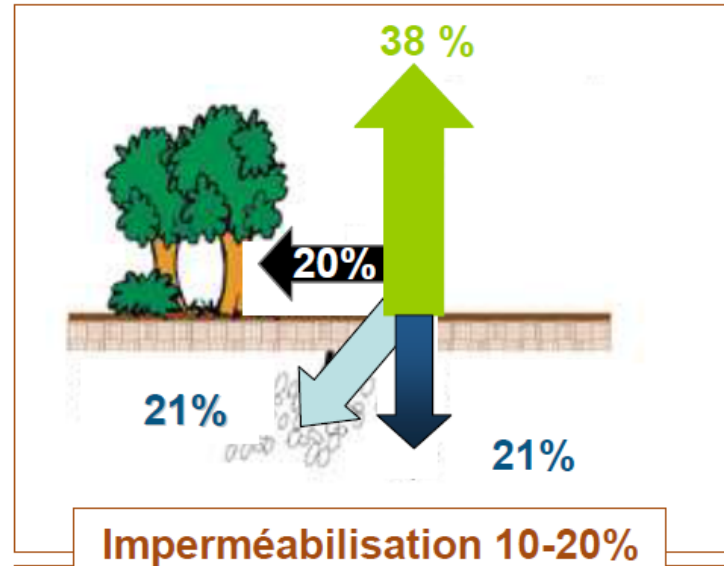
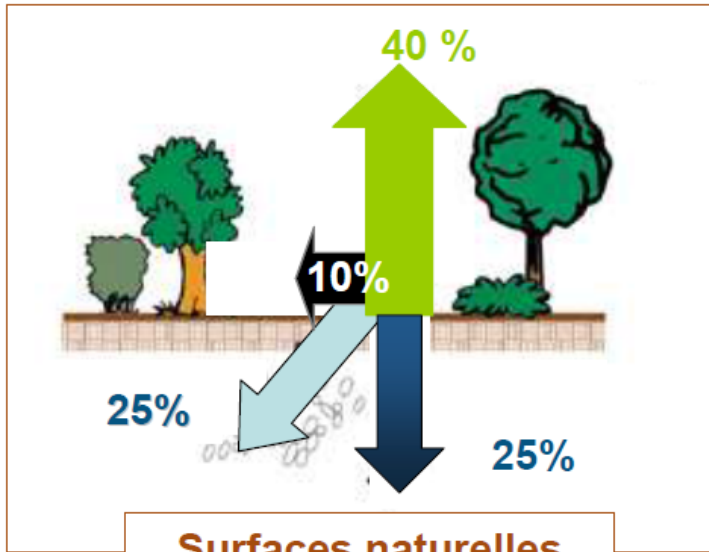
1. La gestion « Tout réseaux » en quelques illustrations

1. Deux approches de la gestion de l'eau

Du cycle de l'eau à la gestion urbaine de l'eau... Deux approches

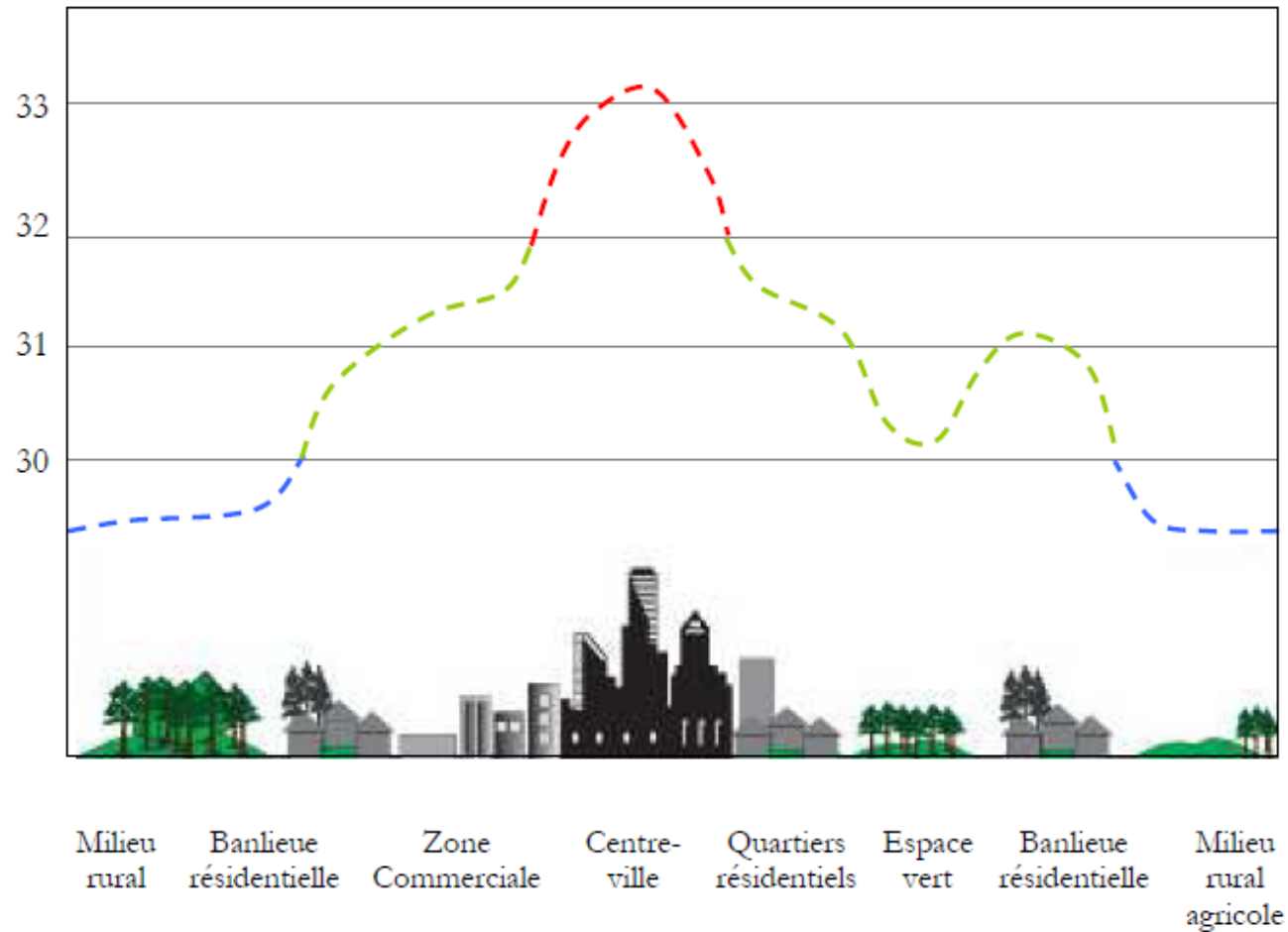


1. Infiltration et imperméabilisation



1. Thermique urbaine

Choque thermique et limitation de la pluviométrie locale...





- Directement : disparition des espèces
- Indirectement : morcellement des biotopes
- La perte de biodiversité ⁽¹⁾ :
 - 100 fois plus dans quelques décennies -
 - 10 000 fois que le taux « naturel »
- Depuis XVII^{ème} s., les espèces éteintes : 113 espèces d'oiseaux / sur 9 900
83 de mammifères / sur 4 800
- **La biodiversité en ville** :
 - Quartiers centraux et densément bâtis 12 - 20.
 - Zone d'hébergement : 21 à 40
- **Hygiénisme vs écosystème** :
- Écosystème = Patrimoine et rempart naturelle (Médicament, bien-être, alimentation...)
 - 2010 : année de la biodiversité

Pertes des services écosystèmes : 50 Milliards €/an

Qui doit assurer ces coûts ?

(1) Michel Loreau Pr. d'écologie à l'université Mac-Gill de Montréal

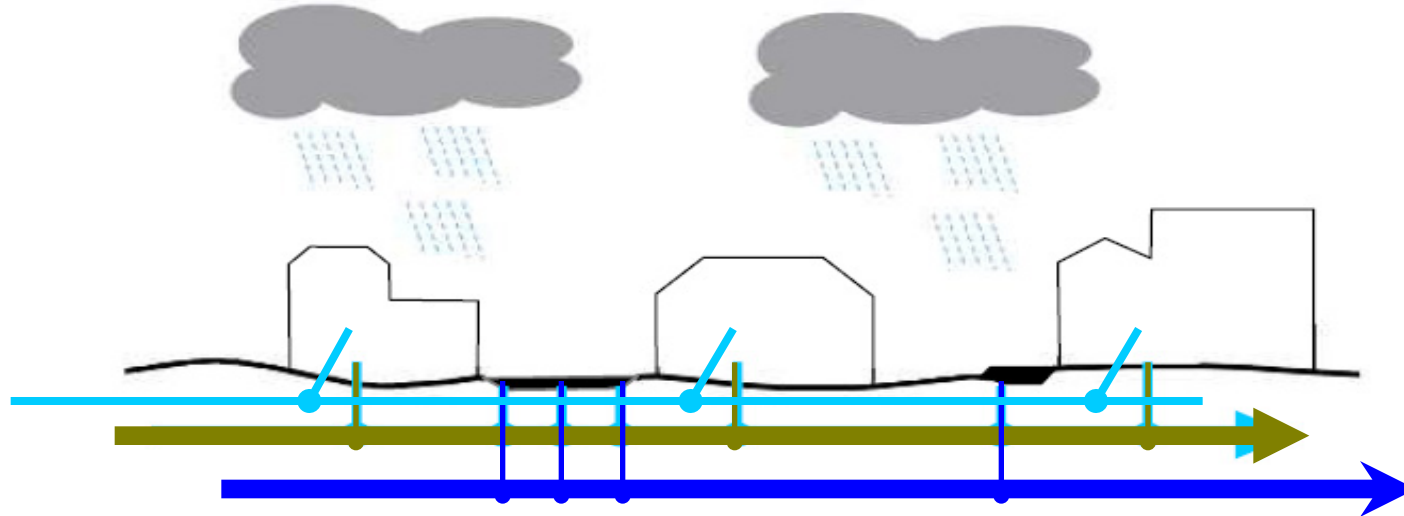
(2) Pour 2000 - 2050 « L'économie des écosystèmes et de la biodiversité ». © CE 2008

- **Pollution (1)**
 - 10 % des STEP's non-conforme en 2009
 - 20 % des réseaux ont « d'importantes avaries »
- **Érosion des sols**
- **Mauvais qualité des réserves en eau**
- **Vulnérabilité aux risques d'inondation**
- **Affecte la recharge des nappes phréatiques**



(1) « La bataille de l'assainissement » - Rapport MEEDD 2009

1. L'Effet de l'Urbanisation



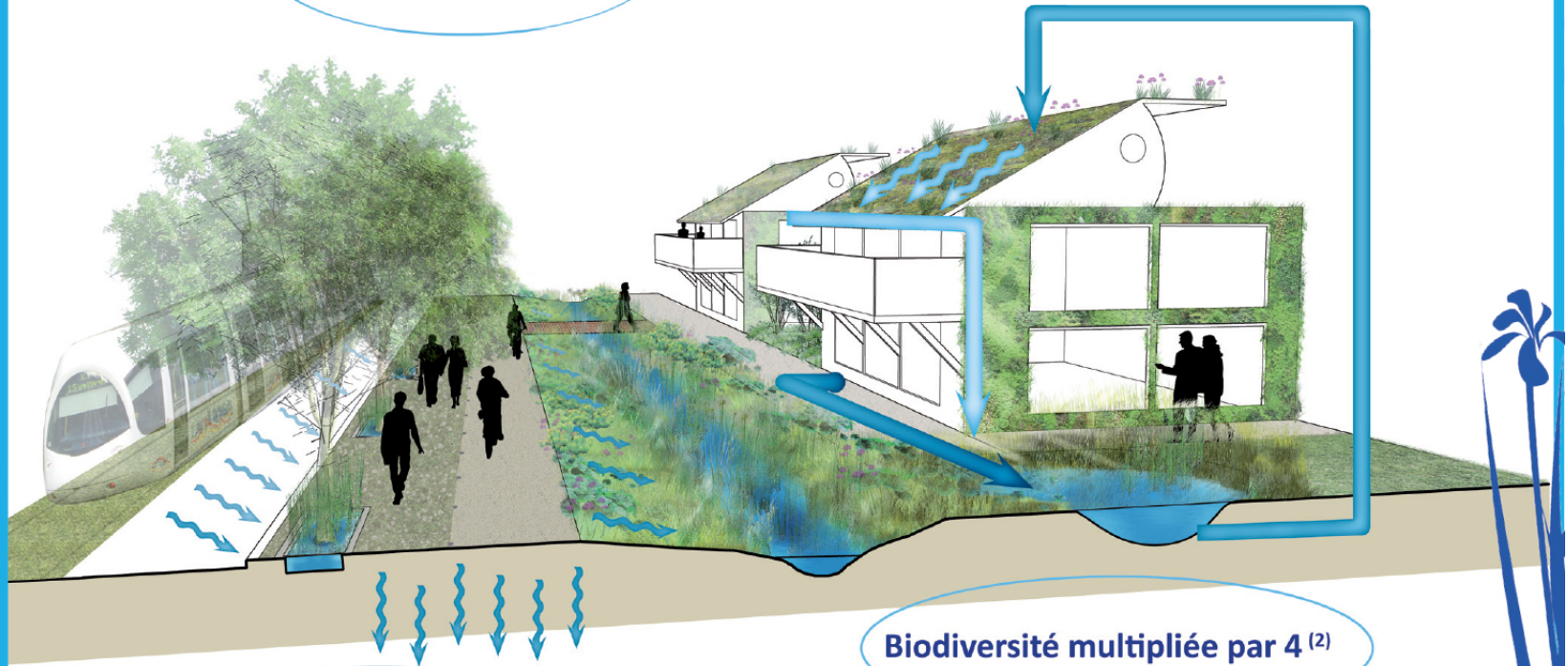
- Diminution de l'infiltration (recharge des nappes)
- Diminution de l'évapotranspiration / évaporation (ICU)
- Augmentation des ruissellements (inondation)
- Milieux récepteurs pollués
- Perte globale de la biodiversité

**L'aménagement urbain nécessite un système d'assainissement dédié
« évacuer le plus vite possible et le plus loin »
Conséquence : concentration des flux « Inondation & Pollution »**

1. *La gestion environnementale de l'eau :
quelles solutions ?*

80 % d'eau réutilisée

Régulation thermique et gain d'énergie



Infrastructures divisées par 3⁽¹⁾

Biodiversité multipliée par 4⁽²⁾

(1) Remarque : Réseaux et station de traitement

(2) Source : Richesse spécifique de la flore aquatique EPCN. 2009

1. Gestion Intégrée des eaux pluviales

1. Valoriser les eaux pluviales

- Laisser la place à l'infiltration
- Permettre l'interconnexion des espaces
- Assurer le traitement des eaux de ruissellement
- Moins coûteux que les ouvrages bétons,

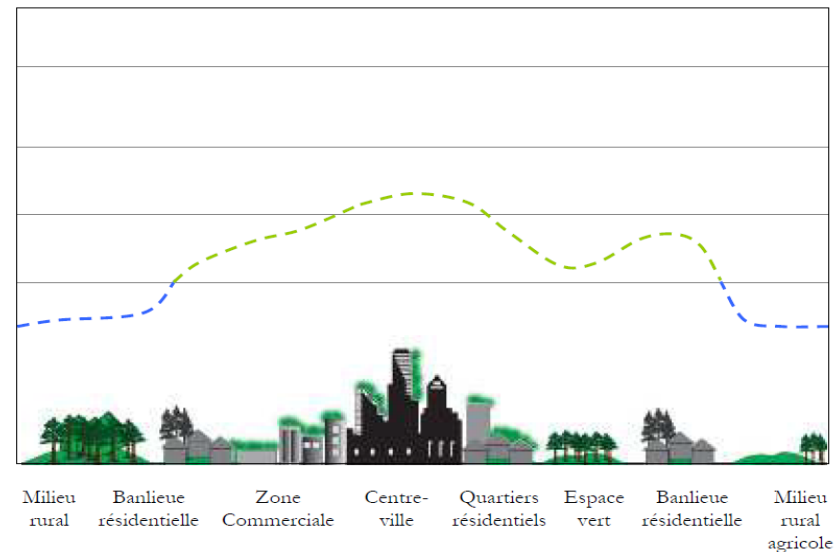
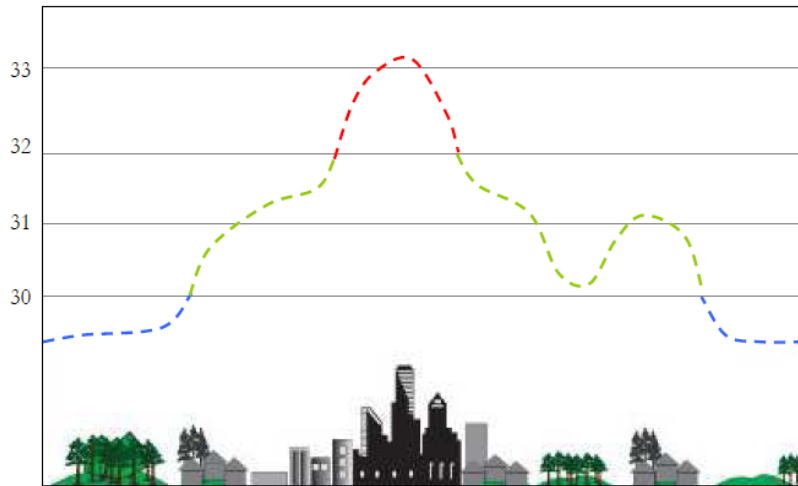
si pensés à l'amont...



1. Végétation et thermique Urbaine

1. Végétalisation et régulation thermique

Profil de température type en fin d'après-midi



Un arbre, c'est 100 à 200L/jour

1 m² de pelouse refroidit 100 à 200 m³ d'air par jour

Végétalisation de 6% des espaces urbains,

Amélioration thermiques de 1 à 2 °C en milieu urbain

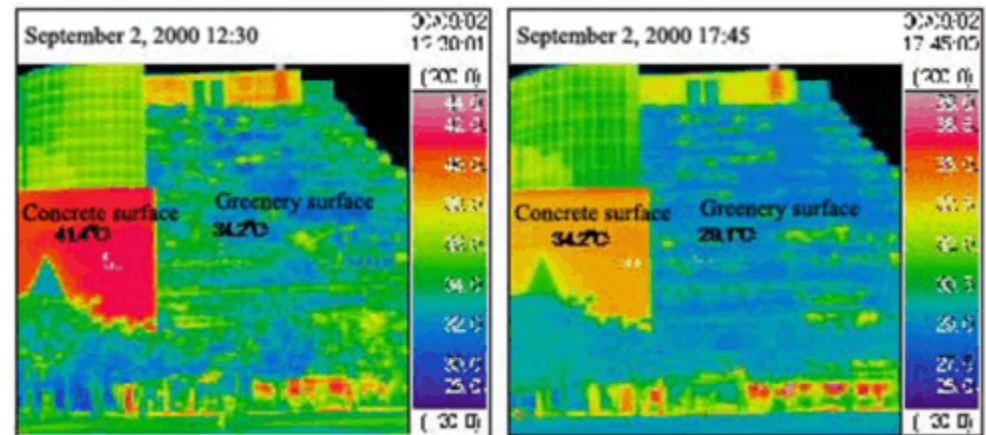
→ Autant d'économies énergétiques...

1. Toiture Végétale & Thermique

$\Delta=15^{\circ}\text{C}$ avec surface de béton



ACROS Fukuoka Japan
Prefectural International Hall
Architecte : Emilia Ambasz

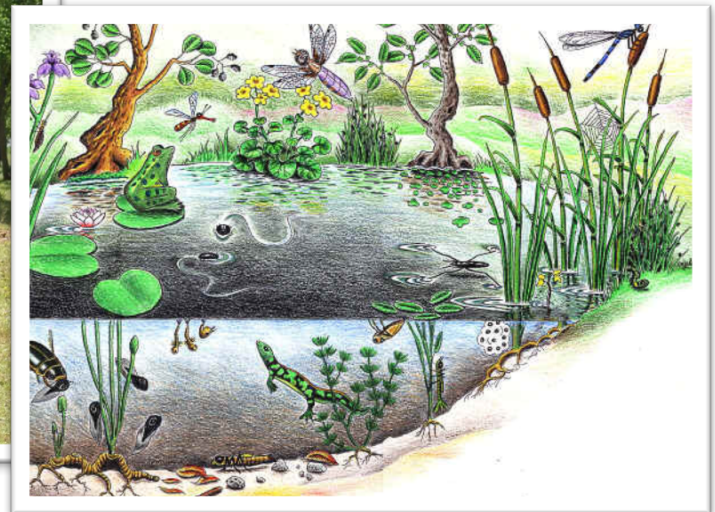
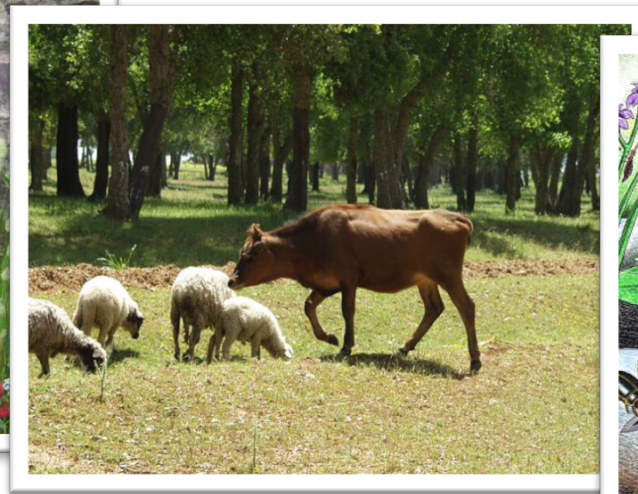


1. Biodiversité

1. Protection des milieux et des ressources

Restaurer les milieux aquatiques et développer la biodiversité

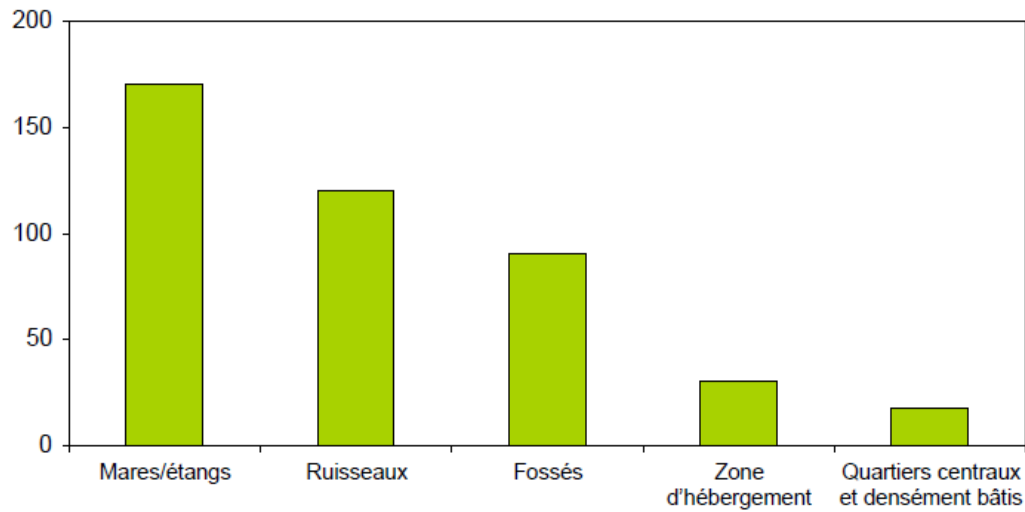
- **Les services écosystémiques :**
 - Pollinisation : 153 Milliards € / an
 - Les Araignées dévorent 400 Millions d’Insectes / an par hectare
- **Gestion différenciée et biodiversité :**
 - Place aux délaissés urbains
 - 1 Arbre *vs* 10 m² imperméabilisés...



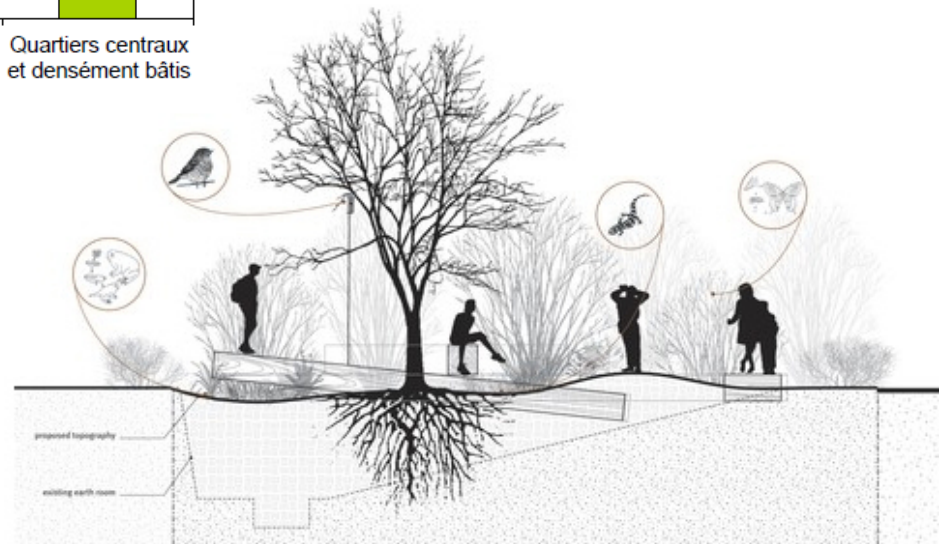
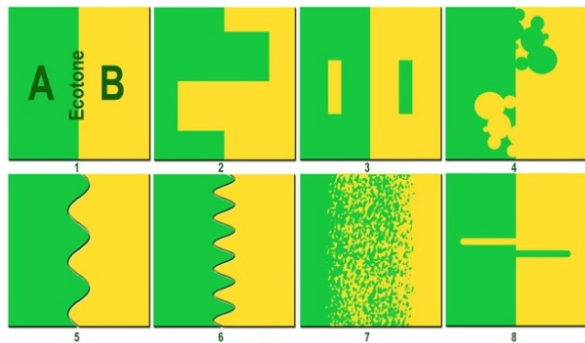
1. Étude INRA en 2005

1. Biodiversité

Richesse Spécifique



Biodiversité & richesse spécifique :
Indice mares & étang de 170



1. **Continuité écologique, corridors écologiques, trames bleues et vertes**

1. Trame Bleue, Verte, noues...

Amélioration du cadre de vie et développement des usages

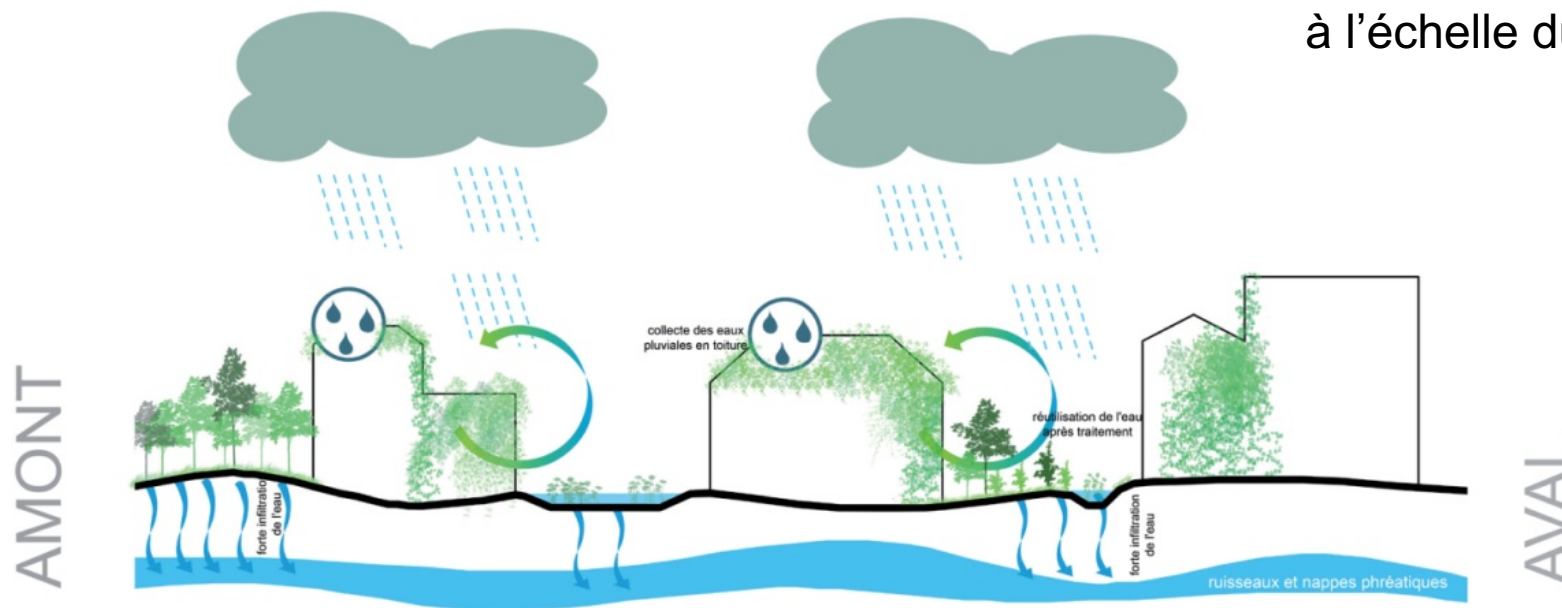


Noue végétalisée du quartier Malbosc au printemps

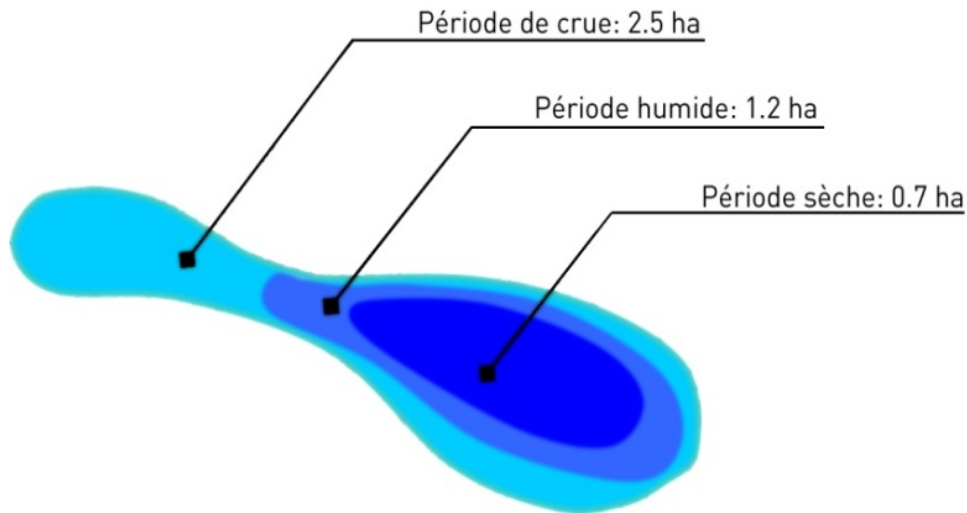
Bassins végétalisés au sein du quartier des Jardins de la Lironde.
(Architecte : E. Nebout)

1. La gestion environnementale de l'eau

à l'échelle du quartier



- Principes : Coûts - Biodiversité – Energie et Paysage
« **P**réservation des eaux , **R**estitution du cycle de l'eau, **E**conomies »
Système fonctionnels : restituer, traiter, dépolluer, recycler
- 90 % d'autonomie d'eau pour les espaces verts
 - + 80 % des eaux de ruissellement traitées
 - 55 % des eaux domestiques recyclées



Période sèche :

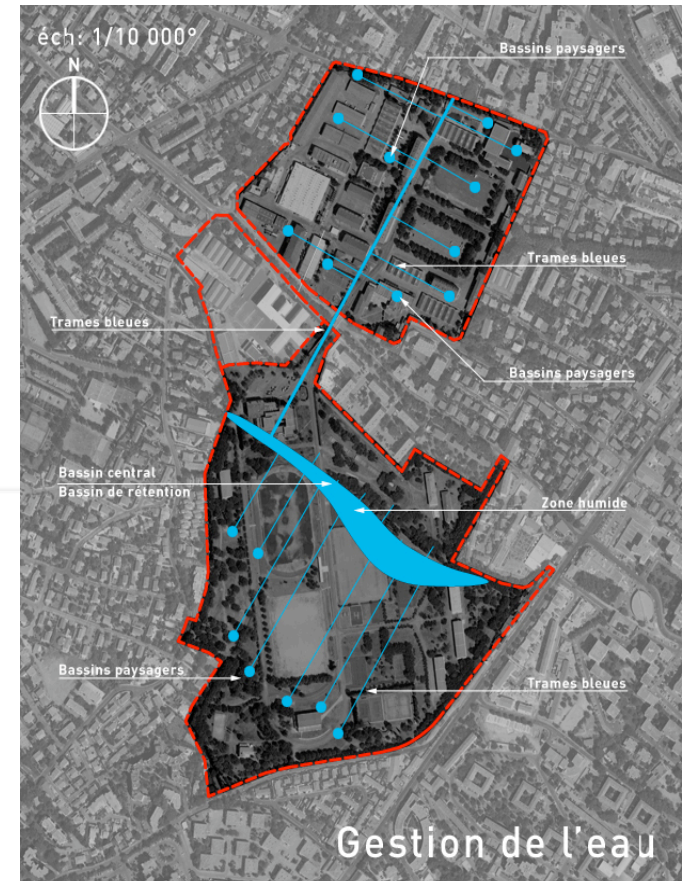
- Usage pour l'irrigation
- Espace vert, de détente et ludique

Période humide :

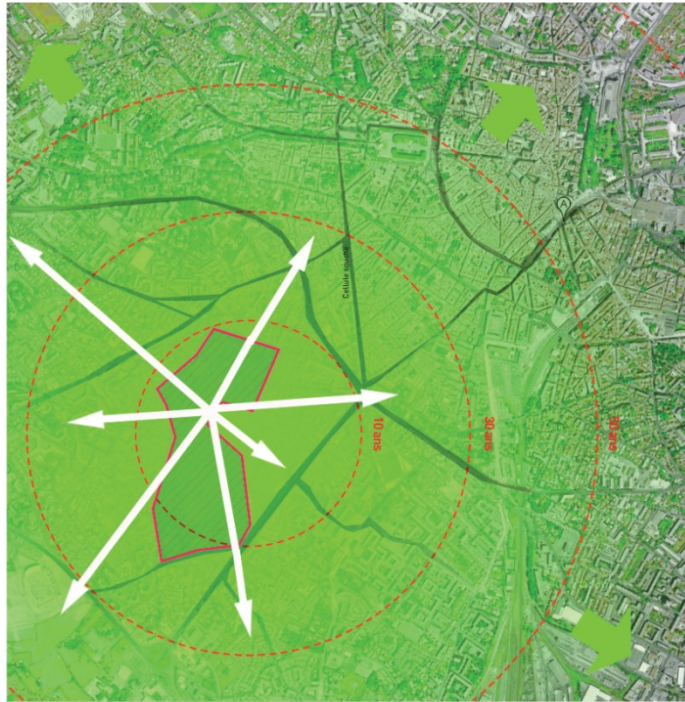
- Traitement biologique
- Développement de la faune et de la flore






Période de crue :

- Protection contre les inondations
- Récupération et traitement des eaux de ruissellement



Principe d'expansion du nouvel modèle écosystémique vivant au reste de la ville



-  Expansion du nouvel écosystème au reste de la ville
-  Expansion de la cellule souche au reste de l'organisme vivant qu'est la ville
-  Maillage à recréer
-  Cellule souche greffée
-  Réseaux viaires existants



1. Les Limites de la Gestion environnementale de l'eau

- **Foncier**
- **Régularité de fonctionnement** et difficultés de fixer des objectifs précis : méthodologies de validation à développer
- **Manque de recul** : sites expérimentaux restreints, difficilement accessibles et peu d'études disponibles (en France...)
- Sur les opérations réalisées : pas (peu...) de contrôle et de validation par rapport à des objectifs définis
- **Temps de réponse lents des hydrosystèmes** : ce qui limite une réelle évaluation des processus (en général mesure de correction avant même que l'on ait les résultats...)

- Emprises Foncières
- Coûts de Maintenance et d'entretien
- Acceptabilité sociale
- Sensibilité environnementale des usagers et réappropriation citoyenne de la question de l'eau
- Variabilité et fluctuation climatique
- Assurer les risques des zones « Marécageuses » : moustique, Malaria...
- Des aménagements qui évoluent plus vite que les techniques mises en œuvre
- Des études au « cas par cas »
- Manque de retour d'expérience
- Crédibilité des dispositifs mis en œuvre
- Encadrement Juridique et « obligation » de mise en œuvre
- Devenir dans le temps

1. Avantages

- Ça marche
- Des Impacts Environnementaux Largement Positif +++
- De véritables solutions de Développement Durable
- Rustique
- Préservation de l'Eau dans le temps !!!!