

2. Hydrosystèmes

ENPC, Ecole des Ponts ParisTech
LEESU, Laboratoire Eau Environnement et Systèmes Urbains

UFMG Universidade Federal de Minas Gerais
EHR Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos

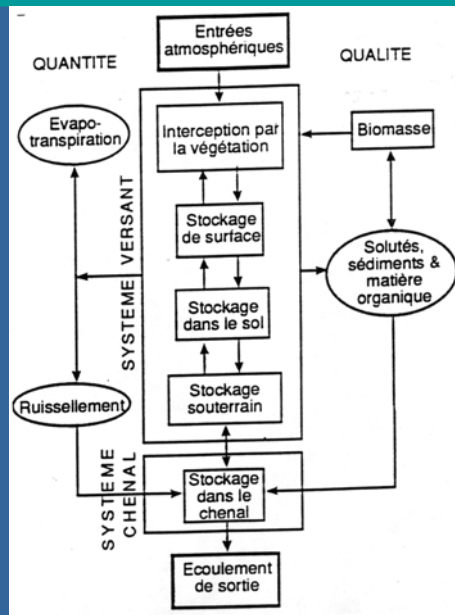
Martin.Seidl@leesu.enpc.fr
<http://edu.h2o.net>

Définitions

« Portion de l'espace où, dans les trois dimensions, sont superposés les milieux de l'atmosphère, de la surface du sol et du sous-sol, à travers lesquels les flux hydriques sont soumis à des modes particuliers de circulation. L'hydrosystème est le siège, sous l'effet de l'eau, de transformations car, en toutes ses phases, le cycle de l'eau a d'étroits rapports avec d'autres cycles physiques, géochimiques et biologiques de l'environnement terrestre » dictionnaire CNFSH.

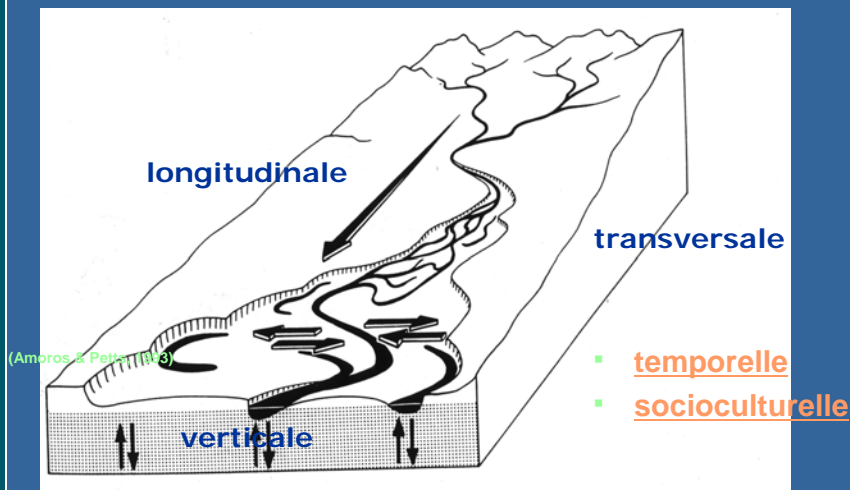
- **Processus, bilans, stocks, flux**
- **Approche globale et prise en compte des interférences et influences**
- **Objet qui se prête à la modélisation**

Cascade hydrologique



3

Dimensions d'un hydro système exemple d'une rivière



4

Dimension longitudinale amont - aval

Production

4

Transfert

6

Stockage

- **Zones de production**
 - introduction de l'eau et des sédiments
 - forte pente, courant fort, débit faible
 - forte érosion
 - eaux fraîches, bien oxygénées
 - rhytron : salmonidés, pas de plancton

- **Zone de transfert**

- **Zone de stockage**
 - Dépôt des matériaux transportés
 - pente faible, courant faible, débit fort
 - eaux chaudes et risque de désoxygénation
 - potamon : cyprinidés, plancton

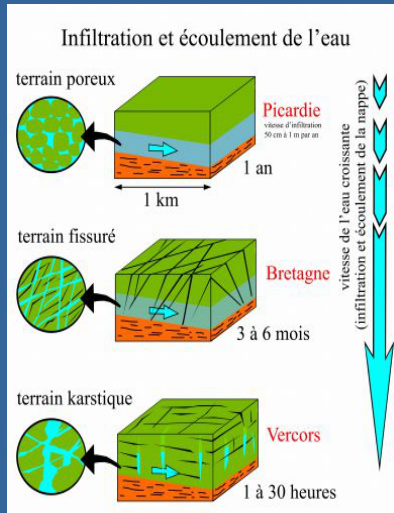
Continuum fluvial

5

Dimension longitudinale Amazone

6

Dimensions verticale les nappes



échanges verticaux

- sous écoulements
- nappes phréatiques
- eaux karstiques

7

Dimensions transversale : méandre



Ardeche /Tarne - craie



USA - monolithique

8

Dimension transversale : un système hiérarchisé

secteurs fonctionnels
ex. delta, plaine d'inondation

— limite du bassin-versant
- - - limite de la plaine alluviale
S1 à S6 : secteurs fonctionnels

unités fonctionnelles
ex. méandre

d'après Amoros et Petts, 1993

micro habitats
Ex. berge

- chaque unité est homogène
- échange de matière et d'énergie

MÉANDRE D'UN COURS D'EAU

Risque de fragilisation de la berge

Rive droite

Rive gauche

Berge concave Berge convexe

Zone d'érosion Zone de dépôt

Matériaux charriés par le cours d'eau

Avec le soutien de :

Échelles spatiales et temporelles

Nom d'unité	Superficie m ²	Echelle de temps (ans)
Secteur fonctionnel (tronçon)	10 ⁷ à 10 ⁸	10 ² à 10 ⁴
Ensemble fonctionnel	10 ⁴ à 10 ⁶	10 ¹ à 10 ³
Toposéquences (berge)	10 ² à 10 ⁴	10 ⁰ à 10 ²
Microhabitats (interface)	10 ⁰ à 10 ³	10 ⁻¹ à 10 ¹

11

Dimension sociale

- eau « ressource »
quantité - usages
qualité - usages
- eau « contrainte »
vitesse
hauteur

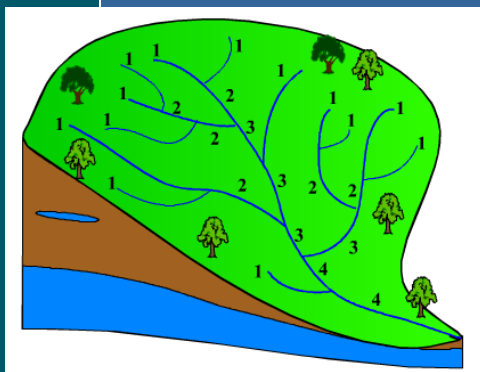
12

Dimension temporelle

- Échelle brève et aléatoire : crue
 - Perturbation physique => peuplements
- Échelle annuelle : hautes eaux et étiages
 - moteur des flux bidirectionnels
- de 10 à 100 ans : morphodynamique fluviale
 - modification des biotopes
 - interférences avec les successions écologiques
- de 1000 à 10000 ans : processus géomorphologiques globaux
 - changements climatiques
 - affectent l'ensemble de l'écosystème

13

Hydrologie : ordre de Strahler



hydram.epfl.ch

- 1-4 : amont / production
- 4-6 : transfert
- 7-: fleuve de plaine stockage

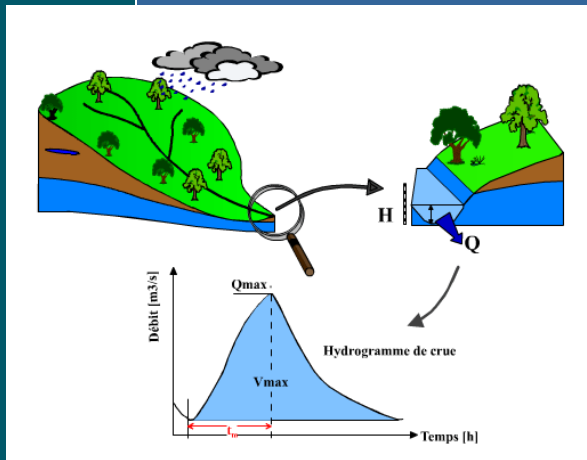
* Tout cours d'eau dépourvu de tributaires est d'ordre un.

* Le cours d'eau formé par la confluence de deux cours d'eau d'ordre différent prend l'ordre du plus élevé des deux.

* Le cours d'eau formé par la confluence de deux cours d'eau du même ordre est augmenté de un.

14

Hydrologie : le bassin versant

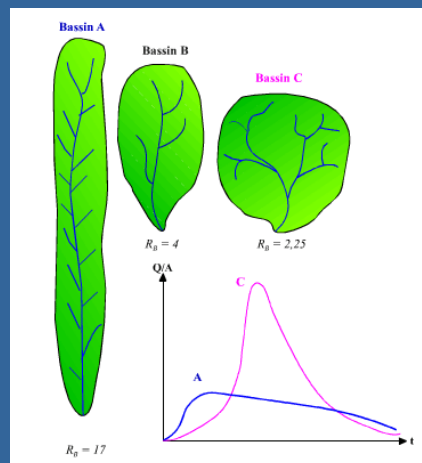


hydram.epfl.ch

Le bassin versant qui peut être considéré comme un " système " et une surface élémentaire hydrologiquement close, c'est-à-dire qu'aucun écoulement n'y pénètre de l'extérieur et que tous les excédents de précipitations s'évaporent ou s'écoulent par une seule section à l'exutoire.

15

Bassins - débits

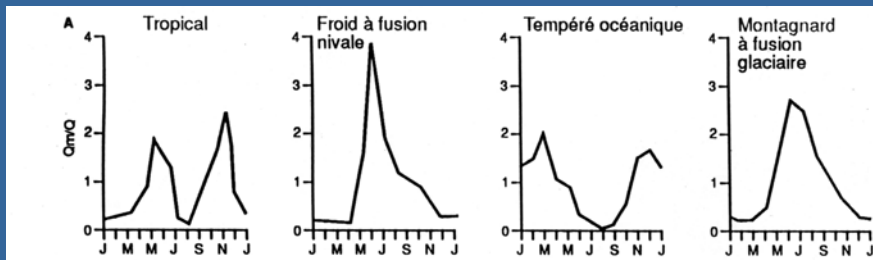


hydram.epfl.ch

Bassins versants hypothétiques de différents rapports de confluence R_b et schématisation des hydrogrammes correspondant.

16

Régimes hydrologiques

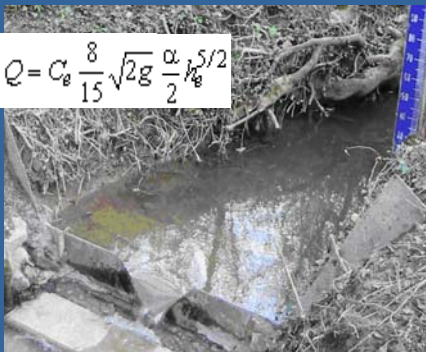


Q/Q-moyen

D'après Amoros et Petts, 1993

17

Hydrologie - mesure débit



$$Q = C_e \frac{8}{15} \sqrt{2g} \frac{\alpha}{2} h_e^{5/2}$$

- Q** - le débit (m³/s);
- C_e** - le coefficient *f* (a , h/p, p/B);
- g** - l'accélération la pesanteur 9.8 (m/s²);
- a** - l'angle d'ouverture de l'échancrure
- h_e** - la charge piézométrique fictive ou hauteur de la surface liquide amont par rapport au point bas de l'échancrure (m).

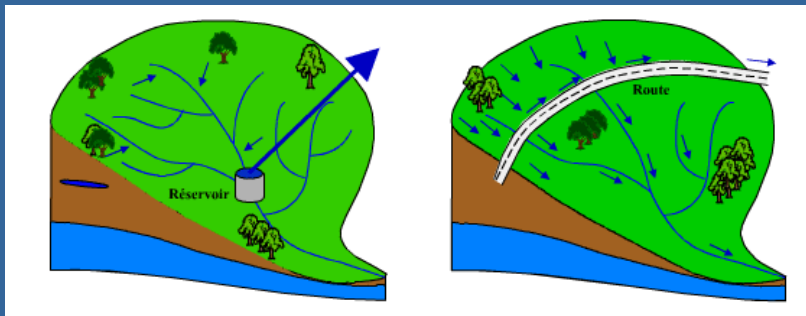
18

Interventions humaines :

- canalisation des cours d'eau
- imperméabilisation des sols
- pollution des eaux
 - matière organique
 - nutriments
 - micro polluants

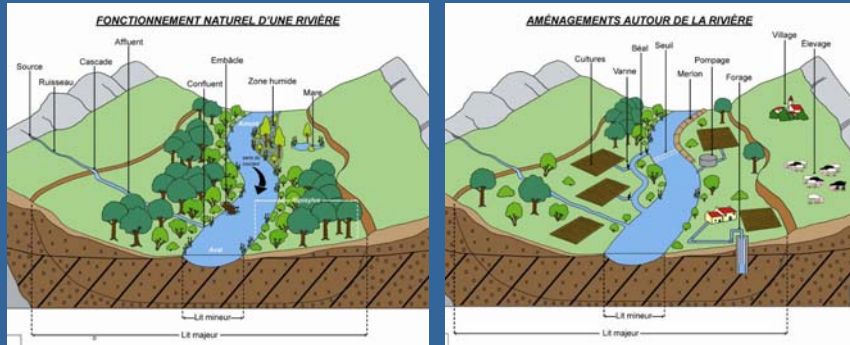
19

Interventions humaines échelle bassin versant



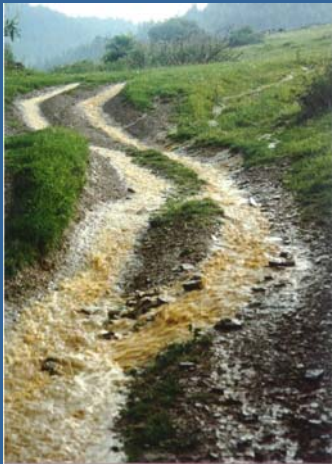
20

Interventions humaines échelle bassin versant

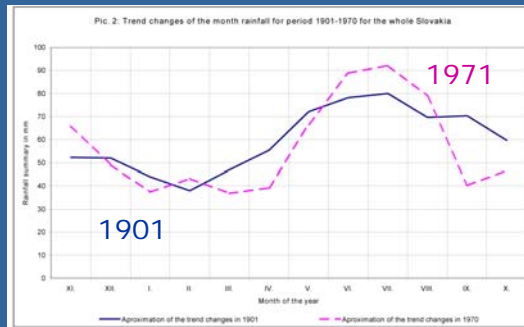


21

Déboisement : érosion & climat



"Roads" for the quick outflow of rain water. Cergov Mountain (July 1999).



Pluviométrie annuelle modifiée

22

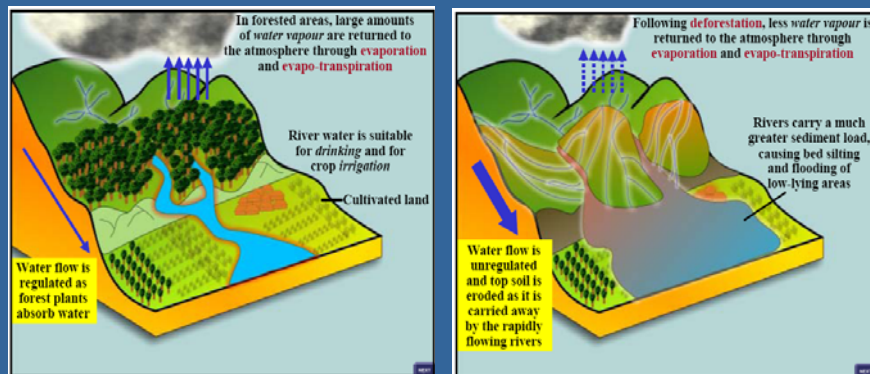
Deforestation & hydrology

Trees, and plants in general, affect the water cycle significantly:

- * their canopies intercept a proportion of precipitation, which is then evaporated back to the atmosphere (canopy interception);
- * their litter, stems and trunks slow down surface runoff;
- * their roots create macropores - large conduits - in the soil that increase infiltration of water;
- * they contribute to terrestrial evaporation and reduce soil moisture via transpiration;
- * their litter and other organic residue change soil properties that affect the capacity of soil to store water.
- * their leaves control the humidity of the atmosphere by transpiration. 99% of the water pulled up by the roots move up to the leaves for transpiration

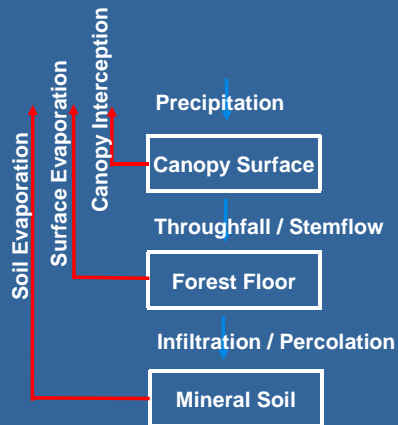
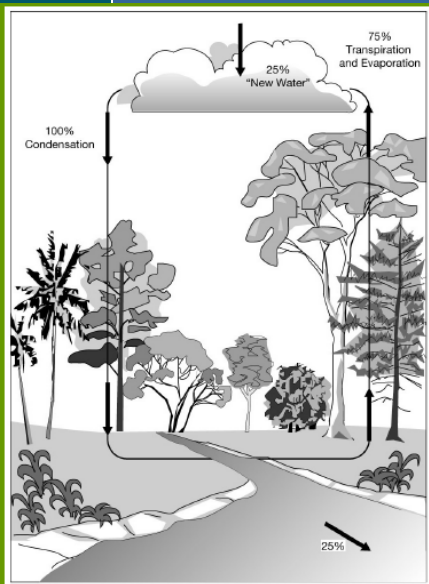
23

Deforestation & hydrology

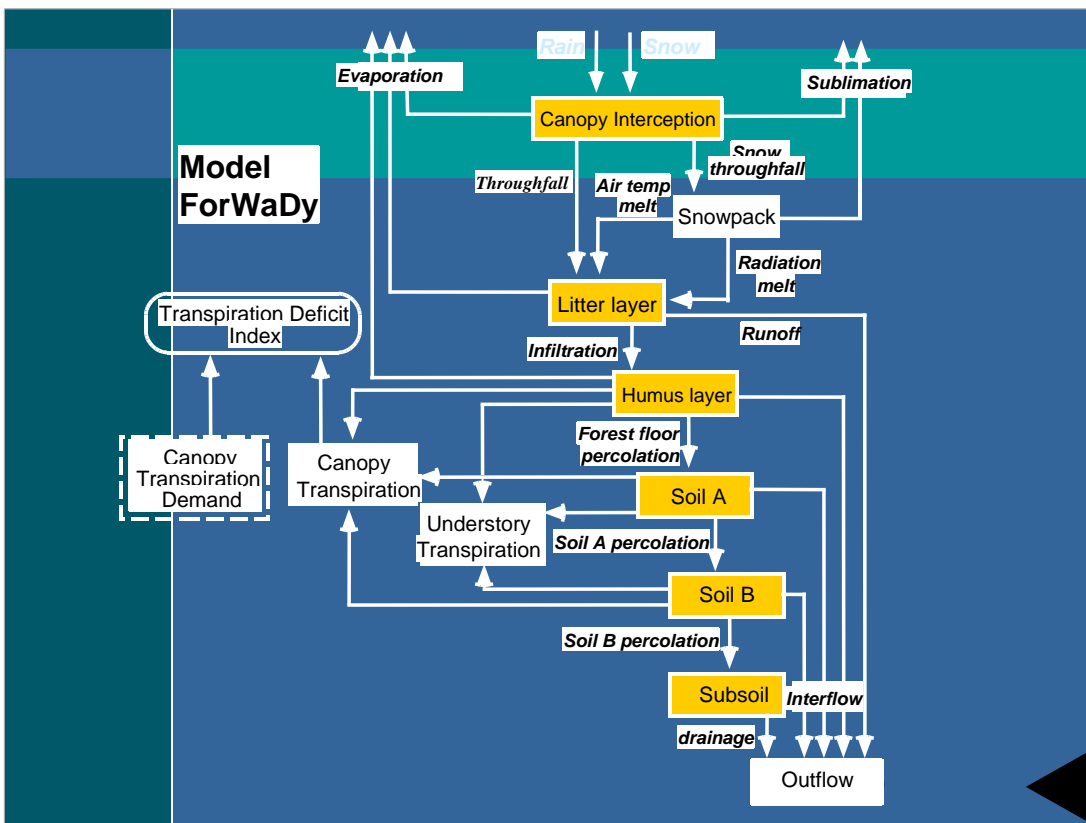


24

Deforestation & hydrology

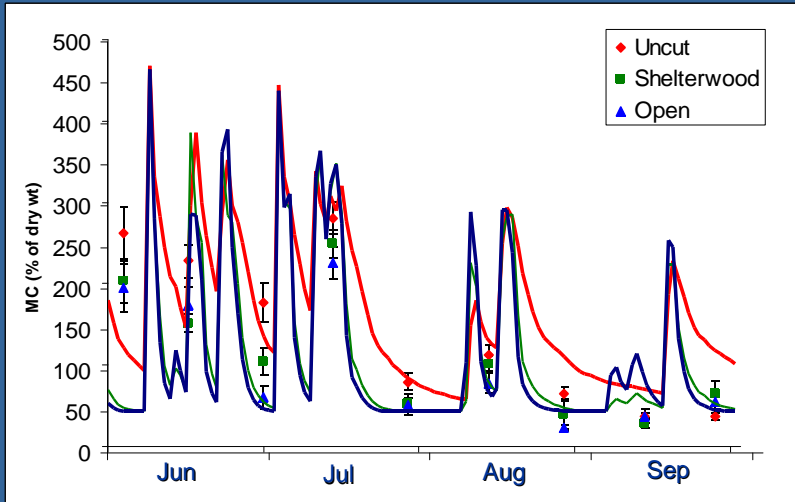


75% of water is recycled within the forest system - Important implications for climate change after deforestation

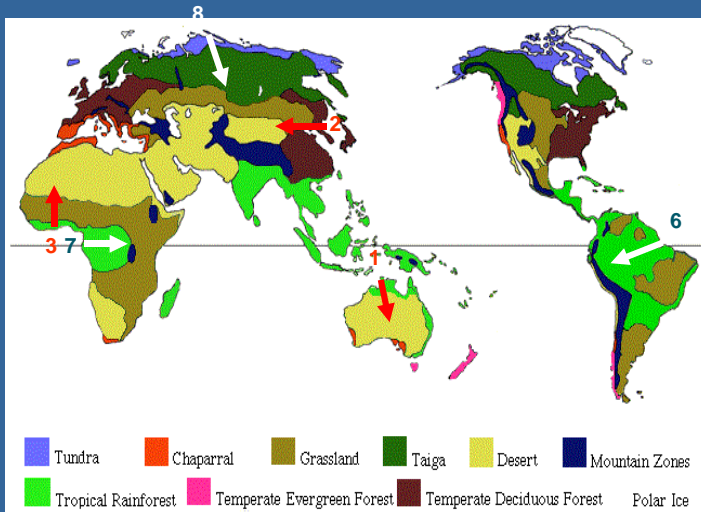


Deforestation & hydrology

Simulated vs measured moisture content in the LF layer at MASS for Summer 1998



27

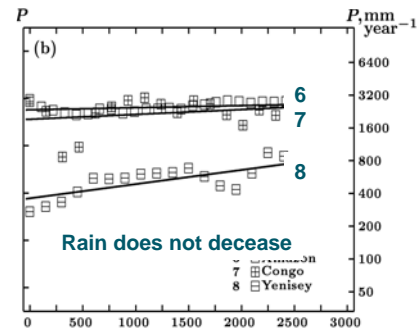
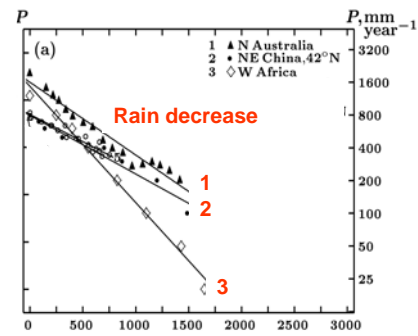


There are two types of rainfall distributions along the distance from the seacoast

28

Deforestation & hydrology

(A. M. Makarieva and V. G. Gorshkov: Biotic pump of atmospheric moisture as driver of the hydrological cycle on land, Hydrol. Earth Syst. Sci., 11, 1013–1033, 2007.



Deforestation & hydrology

The water cycle is also affected by deforestation. Trees extract groundwater through their roots and release it into the atmosphere. When part of a forest is removed, the trees no longer evaporate away this water, resulting in a much drier climate. Deforestation reduces the content of water in the soil and groundwater as well as atmospheric moisture. Deforestation reduces soil cohesion, so that erosion, flooding and landslides ensue. Forests enhance the recharge of aquifers in some locales, however, forests are a major source of aquifer depletion on most locales.

Deforestation & hydrology

Undisturbed forest has very low rates of soil loss, approximately 2 t/km²/y. Deforestation generally increases rates of soil erosion, by increasing the amount of runoff and reducing the protection of the soil from tree litter. Engineering operations increase also erosion through the development of roads and the use of mechanized equipment.

China's Loess Plateau was cleared of forest millennia ago. Since then it has been eroding, creating dramatic incised valleys, and providing the sediment that gives the Yellow River its yellow color and that causes the flooding of the river in the lower reaches.

Tree roots bind soil together, and if the soil is sufficiently shallow they act to keep the soil in place by also binding with underlying bedrock. Tree removal on steep slopes with shallow soil thus increases the risk of landslides, which can threaten people living nearby.

...

[retour sommaire](#)