

L'EAU POUR RESTAURER DU CLIMAT UN NOUVEAU PARADIGME DE L'EAU

**VOUS POUVEZ LIRE EN LIGNE L'INTÉGRALITÉ DE CET OUVRAGE EN ANGLAIS
SUR LE SITE www.waterparadigm.org
EN L'ABSENCE D'UNE TRADUCTION EN FRANÇAIS, VOUS EN TROUVEREZ CI-
DESSOUS UN RÉSUMÉ ASSEZ DÉTAILLÉ**

- *Michal Kravčík – ingénieur hydrologue, a travaillé en hydrologie à l'Institut d'Écologie de l'Académie des Sciences Slovaque, fondateur de l'ONG « people and water », prix Goldman pour l'environnement*
- *Jan Pokorný – docteur en sciences naturelles, chercheur à l'Institut des Systèmes Biologiques et Écologiques de l'Académie des Sciences de la République Tchèque*
- *Juraj Kohutiar – ingénieur hydrologue, a travaillé en hydrologie à l'Institut d'Écologie de l'Académie des Sciences Slovaque, consultant pour l'ONG « people and water »*
- *Martin Kováč – ingénieur hydrologue, a travaillé sur les zones de protection du patrimoine national slovaque, spécialiste de la prévention des inondations*
- *Eugen Tóth – docteur de l'Université de Mathématiques-Physique Commenius, travaille sur les systèmes d'information géographiques*

L'histoire de l'humanité est marquée par la naissance et le chute de civilisations. Des civilisations brillantes se sont développées en Afrique du Nord, près de l'Euphrate et du Nil, dans des contrées aujourd'hui arides : elles ont pu décliner ou chuter à cause du manque ou de la disparition d'une eau abondante auparavant.

La nécessité d'un nouveau paradigme

Au XX^e siècle, les peuples ont cherché à diriger et à maîtriser le cours de l'eau. Le slogan communiste « nous commandons au vent et à la pluie » a été crédible pour des solutions immédiates, mais bien pire que les anciens cultes de l'eau du point de vue de l'aspect soutenable.

Il apparaît nécessaire de formuler un nouveau paradigme suite à l'échec des concepts traditionnels (nous parlerons du « vieux paradigme de l'eau ») pour offrir des solutions pérennes aux questions brûlantes des ressources en eau et de la circulation de l'eau.

Ce paradigme est apparu lentement au sein d'associations civiques concernées par les aspects scientifiques et pratiques de ces problèmes.

Un angle de vue différent :

Ce travail n'est pas fondé sur des connaissances nouvelles ou révolutionnaires, sa nouveauté tient plus à penser au travers de connaissances existantes en prenant en compte leurs conséquences logiques. Malgré ce fait, nos sommes convaincus que c'est un travail pionnier qui change fondamentalement la pratique de la gestion de l'eau et qui doit être une source d'inspiration pour la recherche future de la part de la communauté scientifique.

Des programmes de recherche sont engagés à un niveau considérable autour du changement climatique depuis plusieurs années dans le monde entier. Ils réduisent la totalité de ce changement, malgré tout, presque exclusivement à la question des émissions de gaz « à effet de serre ». Beaucoup de scientifiques indiquent eux-même que le lien entre le cycle de l'eau, l'hydrosphère et le changement climatique est insuffisamment étudié.

Alors que l'attention se concentre sur l'effet du changement climatique sur le cycle de l'eau, le paradigme alternatif recommande de concentrer son attention sur l'impact des changements dans le cycle de l'eau sur le changement climatique.

Si la vue présentée ici est correcte, elle ouvre la possibilité de solutions constructives à beaucoup de problèmes associés au changement climatique : le plan proposé pour saturer le petit cycle de l'eau à travers la conservation de l'eau de pluie dans le sol est, pour les auteurs, une solution révolutionnaire aux problèmes qui se posent.

Les idées ont des conséquences.

Une vue distordue d'un problème peut souvent aboutir à des mesures contre-productives, le problème de l'eau doit être traité à tous les niveaux (international, national, régional, local, communal et individuel), le présent paradigme s'applique à tous ces niveaux.

« Penser globalement, agir localement », des solutions soutenables au niveau local contribuent à la stabilité des cycles de l'eau au niveau régional, et global. L'acceptation du nouveau paradigme a des conséquences bien au delà de l'eau et contribue au bien commun.

L'eau et sa circulation dans la nature

Les quatre milieux de l'eau.

Il y a environ 1.400 millions de km³ d'eau sur Terre. Les mers représentent 70,8 % de la surface du globe et 97,25 % de l'eau, elles régulent la température. Au niveau des terres émergées : les glaces et la neige représentent 2,05 % de l'eau, les rivières, lacs et mers intérieures 0,01 %, les eaux souterraines 0,68 %, l'humidité des sols 0,005 %. L'eau dans l'atmosphère en représente 0,001 %, et l'eau dans les organismes vivants 0,00004 % soit 600 km³ d'eau. La végétation a un rôle important pour la stabilité thermique.

Eau et énergie thermique.

La vapeur d'eau est le gaz à effet de serre le plus répandu dans l'atmosphère : son taux oscille entre 1 et 4 %, alors que le CO² ne représente que 0,0383 %. L'eau a la capacité thermique la plus haute des matériaux connus.

L'évaporation utilise une partie de l'énergie provenant du rayonnement solaire touchant le sol, elle a un effet de refroidissement, puis la vapeur d'eau se condense en altitude en libérant de l'énergie thermique, et tombe en pluie.

Les nuages reflètent une partie du rayonnement thermique du soleil et capturent une partie du rayonnement de la Terre qui sinon partirait dans l'espace.

Plus il y a d'eau dans l'atmosphère, plus régulier est le climat, quand l'eau manque dans le sol et l'atmosphère, habituellement les températures extrêmes dominant.

Malgré cela, le rôle de l'eau est un de ceux qui fait le moins l'objet de recherches et cette question est rarement discutée.

Évaporation et végétation.

Si les rayons solaires tombent sur une surface qui retient bien l'eau, la plupart de l'énergie solaire sert à l'évaporation. Sur une surface drainée ou sèche, elle se transforme essentiellement en énergie thermique induisant un réchauffement. La végétation joue un grand rôle en stockant de l'eau, puis en l'évaporant par la transpiration à travers les stomates des feuilles. La végétation a ainsi un effet significatif de refroidissement de l'air.

Avec la déforestation, l'agriculture, l'urbanisation, l'effet de l'eau sur les sols a changé : ainsi, l'humanité, sans le vouloir, a modifié massivement les flux de l'eau et de l'énergie.

Le grand cycle de l'eau.

550.000 km³ d'eau s'évapore chaque année, dont 86 % environ sur les océans et 14 % sur les continents. 74 % de cette eau tombe sur les océans et 26 % sur les continents. Il y a donc transfert d'eau des océans vers les continents.

Une partie de l'eau des précipitations est absorbée par le sol, et elle peut s'ajouter à la circulation des eaux souterraines.

Une autre partie est absorbée par la végétation et une part s'évapore à nouveau.

Le reste coule dans les eaux de surface, et par le réseau des rivières et fleuves, retourne aux océans. Ainsi se constitue le grand cycle de l'eau. En situation d'équilibre, la quantité d'eau qui coule des continents vers les mers est la même que celle qui tombe en pluie ou neige sur les continents.

Mais mêmes des écarts relativement petits avec l'état d'équilibre peuvent causer de grands problèmes sur les continents, surtout s'il s'agit d'écarts sur le long terme et s'ils affectent plus de bassins fluviaux. Si plus d'eau coule des continents vers les océans que ce que les continents reçoivent en précipitations, la terre perd de l'eau et s'assèche. Ceci survient, par exemple lorsque l'humanité diminue systématiquement l'infiltration dans les sols à travers ses activités (déforestation, agriculture, urbanisation) ou canalise les eaux pour les évacuer plus vite vers les rivières puis la mer.

L'humidité des sols décroît, le niveau des nappes phréatiques diminue, la végétation en subit les conséquences et l'évaporation diminue. Cette augmentation du volume d'eau s'écoulant des continents vers les océans peut contribuer à la montée des océans.

Inconsciemment, l'homme crée par ses activités des modifications qui vont dans le sens de la désertification des continents.

A travers une activité consciente dans la direction opposée, l'humanité peut stopper ce processus en agissant pour conserver l'eau dans les sols.

Le petit cycle de l'eau.

C'est une circulation de l'eau fermée à travers laquelle de l'eau évaporée sur un territoire y retourne sous forme de précipitations. En Slovaquie, le niveau des précipitations est de 720 mm/an, dont 310 mm provient de la mer. La terre alimente donc la plus grosse part de ses précipitations (410 mm), et elles contribuent à la saturation en eau du sol. A travers le petit cycle de l'eau, entre la moitié et les 2/3 des précipitations entrent dans ce cycle répété.

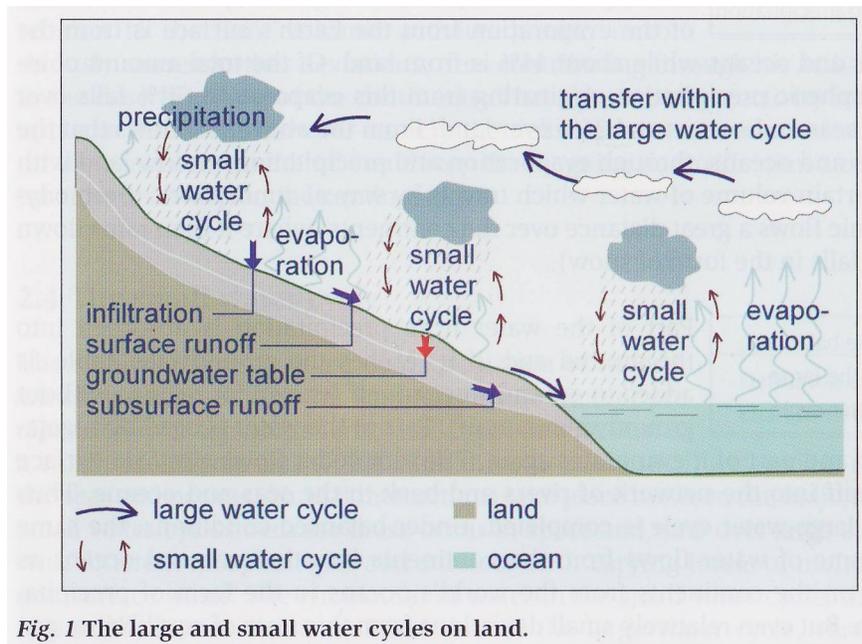


Fig. 1 The large and small water cycles on land.

L'humanité ne peut transformer et drainer les sols indéfiniment sans avoir aussi un impact sur les précipitations et la température.

Si nous voulons stabiliser les précipitations sur un territoire, il est essentiel de favoriser l'évaporation dans ce même territoire.

L'évaporation sur une zone est en gros la différence entre les précipitations et l'écoulement. Si nous avons un fort écoulement d'eau provenant d'une région, ce sera au détriment de l'évaporation et cela amènera une diminution des précipitations.

Le volume d'eau concerné par le petit cycle de l'eau décroîtra graduellement. A l'opposé, en diminuant l'écoulement, nous favorisons l'évaporation et « cultivons » la pluie.

Déstructuration du cycle de l'eau :

Si il y a une diminution importante du couvert végétal (par la déforestation, les activités agricoles, l'urbanisation) l'énergie du soleil au niveau des terres tombe sur une zone à faible évapo-transpiration végétale et une part majeure de celle-ci se transforme en chaleur. Ceci conduit à des divergences de températures, et la différence avec les zones ayant un autre régime thermique s'accroît, ainsi que la circulation de l'air. La vapeur d'eau est conduite ailleurs par l'air chaud. Les pluies légères et fréquentes diminuent, et il y a augmentation de pluies intenses et plus rares dues à l'eau provenant de la mer. Le petit cycle est ouvert, et le grand cycle de l'eau commence à prédominer.

Contrairement au « doux » petit cycle de l'eau, il signifie érosion et lavage des sols de leurs nutriments qui sont entraînés à la mer.

Le retour à la domination du petit cycle de l'eau, qui est avantageux pour l'humanité et la terre, dépend du renouvellement d'un couvert végétal fonctionnel sur les territoires avec des eaux de surface.

L'équilibre du cycle de l'eau :

Nous exprimons la circulation de l'eau dans un système (bassin hydrologique, ou ses parties) par la relation entre les éléments qui entrent dans le système et les éléments qui en sortent ; un élément négligé existe entre l'entrée (précipitations) et la sortie (écoulement, évaporation), il s'agit de la modification du volume d'eau du système.

Une valeur de 1 % peut être retenue comme valeur moyenne au cours du XX^e siècle de la diminution annuelle des réserves d'eau du sol et l'augmentation du ruissellement. Cette valeur tend vers zéro dans les espaces naturels non modifiés par l'homme et dépasse 1 % dans les zones très urbanisées avec eaux totalement conduites à l'assainissement. Elle est à multiplier par le nombre des années, ce qui rend certain qu'un volume d'eau énorme a été perdu par le sol. Une part de ce volume a contribué à hausser le niveau des océans.

La surveillance de l'équilibre au niveau de l'eau sur un territoire est une mission de base pour les hydrologues et les météorologues, à travers des mesures régulières, et l'étude par les Instituts des séries de données sur le long terme.

Condition de la stabilité du climat :

Une condition nécessaire mais non suffisante d'un climat stable est un cycle de l'eau stable, où les précipitations totales équivalent au total de l'eau qui en sort. Une différence positive nous indique que le système gagne de l'eau (à travers la saturation des sols), négative qu'il en perd en s'asséchant. La plupart des modèles climatiques ne donnent pas cette information, soit qu'ils ne la calculent pas, soit qu'ils la considèrent négligeable.

Aujourd'hui le niveau des mers monte alors que celui des nappes phréatiques diminue. Ceci, avec des faibles écarts sur de nombreuses années, mène à un assèchement des territoires, sans que les hydrologues en aient même constaté la raison.

Exemples de l'équilibre du cycle de l'eau à divers niveaux.

La part de l'eau de pluie drainée (ruissellement ou eau évacuée par des réseaux d'assainissement) est de 34 à 37 % sur des espaces naturels, mais de 72 à 76 % en zone urbanisée (au détriment de l'infiltration et de l'évaporation)

Rôle des plantes dans la circulation de l'eau et dans la transformation de l'énergie solaire.

La végétation a un effet pour tempérer les effets thermique du soleil. Le rôle de l'eau et de la végétation dans le concept d'effet de serre global et de changement climatique a été énormément négligé. Il apparaît la possibilité d'alléger l'effet du changement climatique par la gestion de l'eau et de la végétation.

Le flux de l'énergie solaire et sa distribution dans les territoires

Il arrive en moyenne 1,4 kW d'énergie du soleil par an sur 1 m² d'atmosphère terrestre. Une partie (30%) est reflétée vers l'espace, 47 % rayonne en ondes thermiques et 23 % servent à faire évaporer l'eau.

Le rayonnement solaire qui arrive au sol se divise en deux :
le rayonnement solaire direct (qui cause les ombres) et le rayonnement diffus réfracté en traversant l'atmosphère.

Ce rayonnement représente 1.100 Wh/m² en zones tempérées. Une journée ensoleillée (en République tchèque) le pic peut être de 900 Wh/m², et une journée couverte de 150 Wh/m².

La distribution de l'énergie solaire dépend aussi de la nature de la surface du sol. Elle est partiellement réfléchi (l'albédo exprime le ratio d'énergie réfléchi dans le rayonnement total)

La végétation reflète de 5 à 15 % des radiations, les surfaces sèches reflètent jusqu'à 35 % du rayonnement et la neige jusqu'à 90 %.

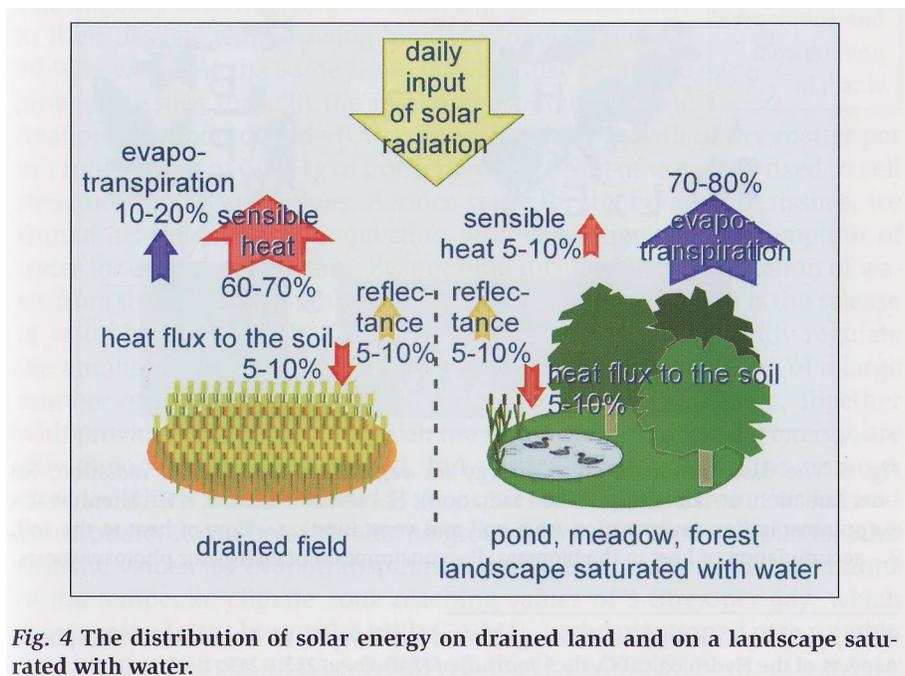


Fig. 4 The distribution of solar energy on drained land and on a landscape saturated with water.

FIG 4 distribution de l'énergie solaire sur un sol sec et sur un sol saturé d'eau

Le sort de l'énergie solaire incidente dépend en grande partie de la présence d'eau dans l'écosystème, qui détermine fortement la manière dont cette énergie se répartira entre chaleur sensible (réchauffement) et latente (servant à l'évaporation de l'eau, sans réchauffement)

La chaleur latente de l'eau à 25° est de 2.243,7 kJ/kg : c'est la quantité de chaleur absorbée par l'évaporation de chaque litre d'eau (refroidissement) ou dissipée lors de la condensation de vapeur d'eau dans un lieu plus froid (réchauffement).

Ce rôle de l'eau n'est possible sur le sol que si elle est présente : sinon, une grande partie du rayonnement solaire est transformée en chaleur sensible et la température augmente.

Sur un sol assoiffé, jusqu'à 60 % du rayonnement se transforme en chaleur sensible, et dans une zone saturée d'eau, jusqu'à 80 % du rayonnement peut être transformé en chaleur latente d'évaporation de l'eau et seule une faible partie du rayonnement solaire devient de la chaleur sensible.

Flore, eau et distribution de la chaleur.

La différence entre les deux types de sols (drainé et saturé d'eau) réside dans la manière dont l'énergie solaire est dissipée, c'est à dire dans sa transformation en autres formes d'énergie. Il en résulte que les écosystèmes peuvent jouer un rôle significatif à travers la régulation active de l'eau présente, pour influencer la distribution de l'énergie solaire dans ses deux composantes : chaleur sensible et chaleur latente.

Le rôle principal de la végétation pour le climat tient à son influence dans la transformation du rayonnement solaire.

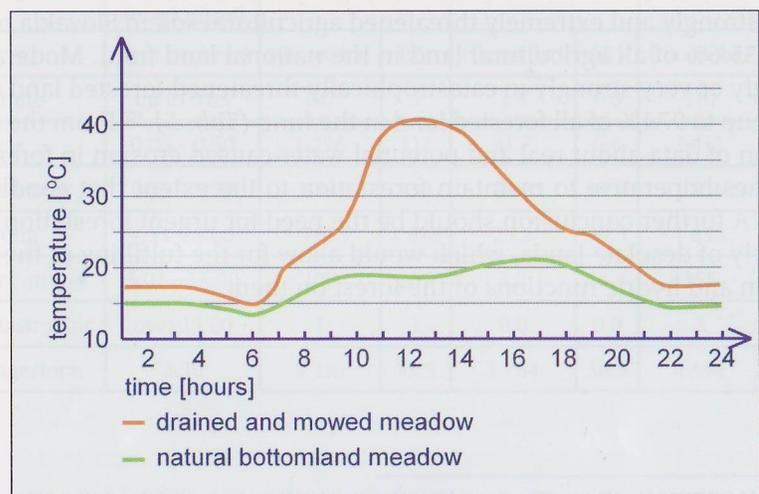


Fig. 11 The daily course of temperatures on the surface of soil on a drained and mowed meadow and on a natural bottomland meadow.

FIG 11 températures journalières de surface sur une prairie drainée comparée à une prairie naturelle

En plus de l'eau fixée pour créer les tissus des plantes, il y a l'eau de l'évapo-transpiration. Les plantes ouvrent et ferment constamment leurs pores ou stomates sur la surface de leurs feuilles. On peut dire que le sol « sue » à travers les plantes ; en zone tempérée, ceci représente jusqu'à 3 litres par jour et par m², soit une chaleur latente (refroidissement) de 2,1 kWh. Le pourcentage d'énergie solaire transformée en évapo-transpiration varie fortement, allant de 0 à 80 %. Par une journée ensoleillée, en zone tempérée, l'évaporation peut atteindre plusieurs mm d'eau (au maximum 5) si cette eau est disponible. Certaines plantes évaporent jusqu'à 20 l d'eau par m², pour autant que cette eau est disponible.

Un arbre est une unité d'air conditionné : un arbre de 10 m de diamètre de couronne (80 m² de surface)

peut évaporer 400 litres par jour soit 280 kWh de chaleur consommée pour passer cette eau de l'état liquide à l'état gazeux. Ceci équivaut à 10 unités d'air conditionné de 20-30 kW mais avec une maintenance minimale et que des matériaux renouvelables !

L'énergie solaire est emmenée par la vapeur vers des endroits frais (nuages) où elle est rendue par la condensation. Elle régule la température différemment d'un conditionneur qui la rend à côté. Sur la thermographie d'une ville, on peut voir, par jour ensoleillé, des façades à 30° mais les arbres d'un parc à 17°.

L'assèchement à large échelle crée des « zones chaudes » : 10 km² de surface sèche (petite ville) relâche un jour ensoleillé une chaleur sensible égale à la capacité de toutes les centrales électriques de Slovaquie (6.000 MW).

L'effet des activités humaines sur la terre n'est pas bien appréciée : avec l'effet du drainage des terres cultivées, la végétation chute alors qu'elle est utile au régime des pluies et à la distribution des températures. Nous devenons graduellement victimes de la dégradation et de la désertification de vastes surfaces jadis fertiles.

L'eau négligée dans les modèles climatiques.

Le réchauffement climatique est considéré à présent comme lié à la concentration croissante en gaz à effet de serre (CO², NH⁴, N²O, hydrofluorocarbones). L'eau a été beaucoup négligée dans ces modèles. Selon le GIEC, par rapport à la période pré-industrielle, l'industrialisation globale (les effets de l'activité humaine) a amené un réchauffement dû au rayonnement de 1,6 W/m² : c'est comme si 1,6 W d'énergie tombait en plus sur chaque m². En comparaison de ce chiffre, l'effet de la gestion de l'eau sur les conditions climatiques est bien supérieur.

Avec une gestion adaptée de l'eau et de la végétation, nous pouvons freiner le réchauffement climatique au niveau local. À un niveau plus large, nous pouvons espérer tempérer le changement climatique.

L'impact de l'exploitation de la terre sur la circulation de l'eau.

Peu de civilisations ont mis au point une méthode permettant de transformer la terre de l'état naturel à l'état civilisé tout en conservant l'eau dans l'environnement et en assurant son abondance à long terme. La déforestation a débuté avec l'activité humaine, pour libérer des surfaces agricoles. Au III^e siècle avant JC, tout le Moyen-Orient était couvert de forêts épaisses de cèdres. Ils ont été largement utilisés pour le bâtiment et la construction des bateaux phéniciens. La forêt a été tellement dévastée que l'empereur Hadrien, au début du II^e siècle, a interdit leur abattage. De nos jours, seul l'olivier cultivé, qui va par ses racines chercher l'eau profondément, y subsiste.

La déforestation pourrait avoir été, avec la destruction de l'environnement, selon certains auteurs, la cause de la chute de l'Empire Romain. Il pourrait en être de même pour les civilisations anciennes de l'Afghanistan et de la vallée de l'Indus, qui s'effondra après la déforestation autour de 1.400 avant JC.

La déforestation.

Elle a été plus intensive en Europe dans la première moitié du dernier millénaire, aux États-Unis, du XVII^e au XX^e siècle et a atteint un pic dans de nombreux pays développés au XX^e siècle. Selon les données de la FAO, elle représente 120.000 km²/an, et est plus rapide que la repousse naturelle, sauf en Europe et aux États-Unis. Les forêts ont diminué de qualité, la disparition des forêts primaires a accru la vitesse de ruissellement des eaux de pluie et s'est accompagnée de l'érosion rapide des sols, avec un changement au niveau du micro-climat.

Terres agricoles.

Une des plus grandes révolutions dans l'histoire humaine est l'invention de l'agriculture, qui s'est développée dans des vallées alluviales (Croissant fertile, Chine). Avec la révolution néolithique, des surfaces ont été irriguées, un petit nombre de céréales sélectionnées. En Europe, blé et orge, issues d'herbes de steppe, ont dominé ; ils nécessitent un sol drainé de son eau. Pour la culture, des sols ont été drainés, mais il a fallu les irriguer à nouveau.

Il y a eu un assèchement du climat sur de grandes régions, dont on ne sait pas la raison, plusieurs fois pendant la première moitié de l'Holocène. Nous ne savons pas si les anciennes civilisations y ont contribué. Nous ne savons pas si le drainage des sols a été la raison de l'extinction de certaines de ces civilisations. Nous assistons, quelques soient les différences, à un processus similaire de déshydratation de la terre, avec des conséquences inconnues.

Le sort de sumériens :

En Mésopotamie du sud, du 4^e au 2^e millénaire avant JC, il y eut expansion du blé et de l'orge avec un système de canaux des eaux de l'Euphrate et du Tigre. un cycle annuel d'irrigation et de drainage. Le sol devint finalement salin, les rendements diminuèrent, le pouvoir sumérien s'affaiblit et le pays devint un désert. D'autres civilisations ont subi un sort similaire, sur des périodes de 2 à 4 millénaires suivies d'une diminution des pluies et en conséquence une extinction ou une transformation de la civilisation.

Les révolutions agricoles suivantes :

Au Moyen-Âge, l'introduction du joug qui permet des labours profonds, amena une rotation entre trois céréales. Puis, le boom des fertilisants et des insecticides, des plantes sélectionnées pour des rendements plus élevés et la mécanisation ont été à la base de la « révolution verte » au milieu du XX^e siècle. La technique occidentale se répandit sur le Monde pour nourrir une population croissante.

La révolution socialiste a collectivisé les petites exploitations paysannes, créé de grandes unités de centaines d'hectares, sans barrières naturelles limitant l'érosion de surface. Elles ont été présentées comme un grand bond en avant. Pour plus de rendement, un drainage extensif a été développé, gravitaire ou mécanique. L'irrigation additionnelle n'a pas remplacé la nécessité de conserver l'eau de pluie dans les sols.

Érosion, dégradation et entraînement des sols.

Selon des chiffres du Ministère slovaque de l'Environnement :

47 % des sols subissent une faible érosion, 25 % une érosion forte ou modérée, soit 72 % des sols plus ou moins érodés. La qualité des sols diminue, ainsi que les zones de désolation.

Le déplacement des sols par l'érosion est le phénomène le moins étudié. Elle représente 0,06 mm/an sur les prairies permanentes, 1,8 mm/an sur les champs de céréales, 3,4 mm sur les sols nus au-dessus de la zone arborée en montagne : l'érosion moyenne en Slovaquie est de 23 mm/an. Ceci signifie que de nombreuses régions de Slovaquie perdent des sols agricoles précieux qui se sont constitués au cours de centaines voire de milliers d'années.

En raison du fait que les sols se constituent lentement, ils devraient être considérés comme une ressource non-renouvelable : nous pouvons donc dire que nous saons nos fondations elles-mêmes. L'absence de vision globale des cours d'eau a amené l'accélération du ruissellement de l'eau et l'accroissement du risque d'inondation avec la baisse de la capacité du sol à retenir l'eau.

Villes :

Les premiers systèmes d'assainissement datent de 2.600 ans avant JC (vallée de d'Indus). Dans la large majorité des villes ils n'ont été réalisés qu'à la seconde révolution urbaine, voir récemment. Avec l'industrie, le développement du marché et de la mobilité de la force de travail, la population mondiale a été multipliée par 6 depuis l'an 1.800.

Les villes modernes sont caractérisées par leurs surfaces imperméables et leur système d'assainissement. A la différence des cités de l'Antiquité et du Moyen-Âge, nos cités sont pavées et recouvertes de revêtements imperméables, avec un usage massif du ciment et de l'asphalte, qui prédominent dans les villes et dans la transformation des environnements ruraux en environnements urbains. L'eau de pluie est devenue une charge, elle est évacuée par l'assainissement, souvent mélangée aux eaux usées. Les surfaces imperméables deviennent des « zones chaudes », qui transforment l'énergie incidente sur le sol en

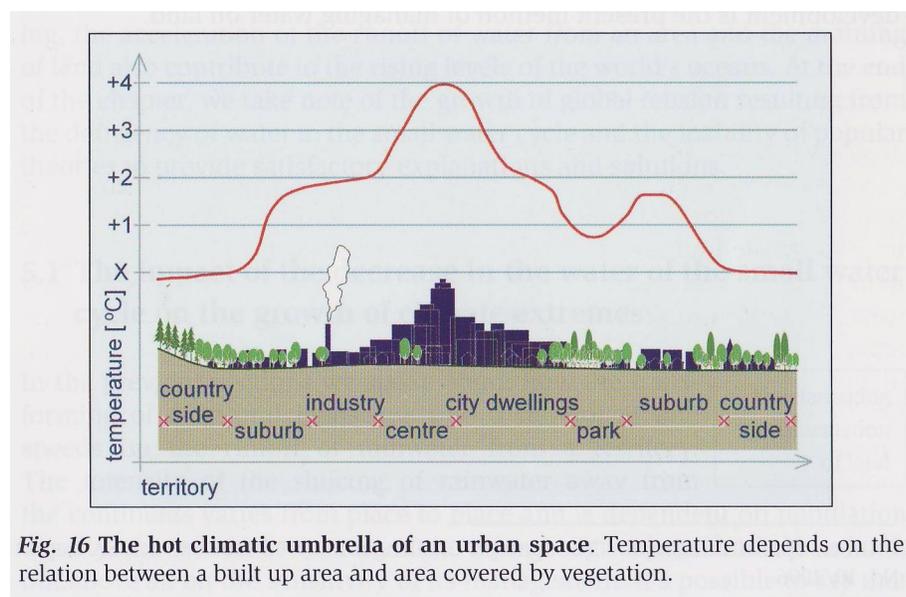


Fig. 16 The hot climatic umbrella of an urban space. Temperature depends on the relation between a built up area and area covered by vegetation.

FIG 16 l'ombrelle climatique chaude sur l'espace urbain

chaleur sensible.

Aujourd'hui, presque toute l'eau de pluie des villes est évacuée vers les rivières puis la mer par le biais de l'assainissement. Suivant des estimations, plus de 20 milliards de m³ d'eau de pluie sont évacuées chaque année du continent européen, ce qui en 50 ans fait 1000 milliards de m³ ou 1.000 km³ d'eau qui dans le passé saturait l'écosystème et remplissait les nappes, puis, par l'évaporation, humidifiait et rafraîchissait l'atmosphère.

De plus, l'écoulement rapide sur les environnements urbain pavés avec systèmes d'assainissement favorise une occurrence plus élevée des inondations menaçant la population en aval.

Nous avons drainé pendant longtemps les sols de l'environnement où nous vivons. Ceci a conduit à un manque à long terme des ressources en eau des sols, avec une montée en température dans les villes et une décroissance de l'humidité de l'air avec des désordres environnementaux typiques de l'environnement urbain.

Les villes qui laissent des millions de m³ d'eau s'écouler dans l'assainissement connaîtront un jour ou l'autre des manques d'eau potable ou d'eau d'usage.

Dans les pays plus pauvres, c'est la déforestation autour des villes pour le bois qui change le micro-climat. Ceci engendre un changement lent dans le régime des vents, qui l'été, repoussent les pluies vers les régions de montagne plus fraîches, ce qui augmente le risque de pluies torrentielles en montagne et d'inondations dans les plaines et les vallées.

Nous avons ici un effet plus direct et logique du changement climatique et de la montées des extrêmes climatiques que l'impact des 30 % de croissance en 150 ans du taux de CO² dans l'atmosphère.

La gestion de l'eau est insoutenable :

Plus de 50 % des habitants de la Terre vivent en ville, et cette proportion continue d'augmenter significativement. Les villes sont une sorte de fabrique de prospérité de l'âge nouveau, qui absorbent lentement leurs environs. L'humanité a « transformé pour elle-même » plus de 40 % de la surface des continents qu'elle cultive, exploite ou habite. Il faut insister sur le fait que ce n'est pas la croissance de la population qui pose un problème pour un développement soutenable à long terme, mais la méthode actuelle de gestion de l'eau sur les sols.

Les conséquences de la diminution de l'eau dans le petit cycle de l'eau.

L'augmentation de la proportion d'eau évacuée des territoires, la diminution de l'infiltration de l'eau dans les sols et la baisse de la végétation causent un réchauffement de la surface du sol. Avec la fonte des glaciers due au réchauffement global, l'augmentation de l'évacuation de l'eau et l'assèchement des terres contribuent à la montée du niveau des océans.

La spirale de l'assèchement des sols.

Même si la diminution de l'eau infiltrée dans les sols est faible, elle se traduit par une baisse de la saturation en eau des sols, donc une baisse de l'évaporation, et par suite, une augmentation de la part d'énergie solaire transformée en chaleur sensible. Plus les sols sont secs et drainés, plus ils sont durcis et plus il leur devient difficile d'absorber les précipitations ultérieures. Les sols drainés se comportent en îlots thermiques qui repoussent les précipitations de la zone concernée. De cycle en cycle, le volume d'eau du cycle sur le territoire décroît, ce qui peut atteindre plusieurs % en un siècle. Un effet de synergie des micro-processus grandit en macro-processus d'approfondissement du changement climatique régional, continental et global.

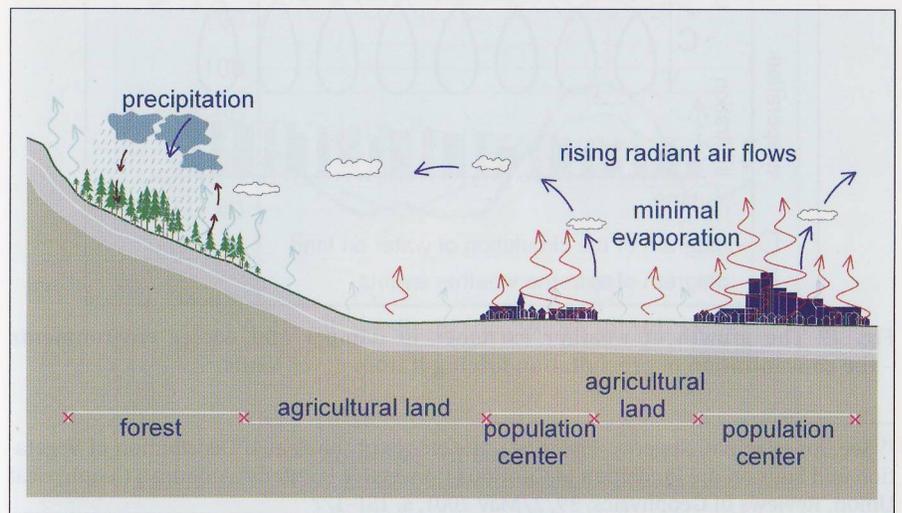


Fig. 18 The impact of the transformation of land on the destruction of small water cycles. Rising radiant flows push clouds to cooler environments.

FIG 18 l'impact de la transformation des territoires sur la destruction du petit cycle de l'eau

Les zones naturelles affectées.

Ces zones représentent la part la plus stable de l'environnement des continents. Malgré cela, elles ne peuvent éviter les changements dans le total de précipitations et dans les désordres climatiques extrêmes.

L'air chaud et sec des zones urbanisées et des zones de culture agricole se dilate et repousse les précipitations vers les zones plus fraîches des forêts, des zones humides ou montagneuses. Ceci amène une concentration de nuages dans ces régions, où l'eau tombe plus facilement, en créant parfois des

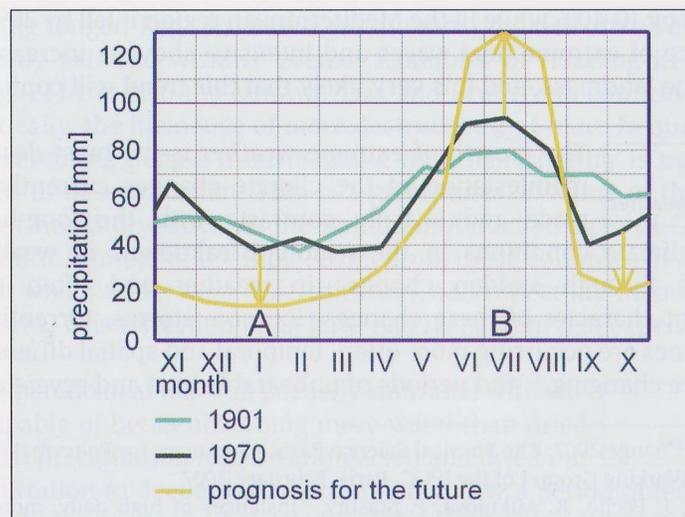


Fig. 22 Precipitation trends in Slovakia. Periods of "drought" are lengthening (A) and the time period in which most precipitation falls is getting shorter (B).

FIG 22 évolution des précipitations en Slovaquie.

tragiques vagues d'inondations, qui affectent les zones agricoles ou urbaines en contrebas, même si ces régions reçoivent moins de pluie.

Au cours du XX^e siècle, les précipitations totales ont augmenté dans les zones montagneuses de Slovaquie, alors qu'elles diminuaient en plaine. Simultanément, la période où il tombait peu de pluies s'est allongée, pendant que la période où il tombait la majorité des pluies diminuait. Le même phénomène existe au niveau continental : le niveau des pluies a augmenté sur l'Europe du Nord, au XX^e siècle, de 10 à 40 %, alors qu'il chutait de 20 % en zone méditerranéenne.

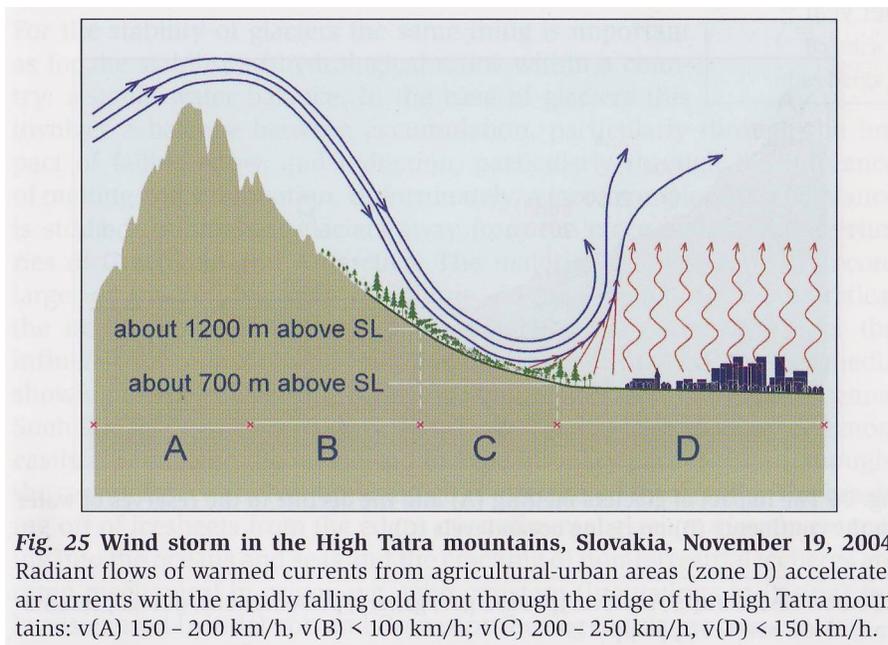
En même temps, augmentait l'occurrence de vagues de chaleur extrêmes et d'orages violents sur la plupart des régions.

Croissance des extrêmes climatiques.

Les accidents climatiques sont liés aux changements de temps soudain. Des tempêtes extrêmes, des pluies torrentielles et des cyclones se produisent plus souvent. Les exemples d'inondations sur le cours du Danube et de ses affluents le confirment, et fait que les gens ne voient pas que le pays s'engage vers un processus de désertification.

Le sol sec favorise l'écoulement.

Une pluie sur un sol partiellement saturé d'eau s'infiltré mieux que sur un sol sec, où, paradoxalement, elle ne s'infiltré qu'après 10 mn ou plus, car le sol se comporte au début comme une surface imperméable. Les pluies violentes coulent ainsi rapidement vers les rivières où elles causent débordements et inondations.



La transformation de la Terre en désert.

FIG 25 exemple d'une tempête dans les hautes montagnes des Tatras, 19 novembre 2004

Une sécheresse sur le long terme entraîne une désertification (transformation en semi-désert ou désert), avec un petit cycle de l'eau minimal ou inexistant. Ceci peut arriver en raison du développement urbain, ou d'une agriculture ou d'un élevage trop intensifs. Ceci affecte la région côtière de l'Afrique du Nord, qui compte des centaines de villes et qui fut autrefois le grenier de l'Empire Romain.

L'impact de la décroissance de l'eau dans le petit cycle de l'eau sur la hausse du niveau des océans.

Cette hausse est attribuée à la fonte des glaciers. Elle était de 1 mm/an au début du XX^e siècle, elle est à présent de 2,4 mm/an. L'eau stockée dans les glaciers représente 1,7 % des stocks d'eau mondiaux, et près de 70 % de l'eau douce mondiale.

Il y a 20.000 ans, à la fin de l'ère glaciaire, les océans étaient 125 m plus bas qu'aujourd'hui. Près de 90 % de la glace mondiale se trouve en Antarctique, et la glace du Groenland compte pour environ 10 %, la fonte de toutes les glaces de ces deux régions ferait monter les océans de 60 à 80 mètres, alors que celle des glaciers des autres continents ne causerait qu'un demi-mètre d'élévation. La fonte des icebergs flottant marins n'aurait pas de conséquence, puisque d'après le principe d'Archimède, leur volume immergé correspond au même volume d'eau.

Glaciers terrestres.

L'épaisseur de glace de la partie centrale de l'Antarctique semble augmenter. Le Groenland semble baisser dans le total des glaces. L'épisode actuel de réchauffement des continents va conduire, par exemple, à une baisse rapide de l'épaisseur des glaciers alpins, qui sont entourés des « zones chaudes » des régions industrielles européennes.

Drainage des terres et élévation du niveau des océans.

Cette explication suscite des préventions importantes et une opposition intellectuelle. Un accroissement de seulement 1 % par an du volume d'eau déversé dans les fleuves et coulant dans les océans aboutirait au bout de 100 ans à 10 cm de hausse du niveau de ceux-ci.

L'eau manquant dans le sol.

Une chose est certaine : la quantité d'eau dans le sol de l'humanité « civilisée » n'est pas la même qu'avant qu'elle ne soit là. A l'heure actuelle, nous ne savons pas quelle est la quantité d'eau non-glaciaire qui contribue à la hausse du niveau des océans. C'est celle dont nous sentons le plus le manque. C'est une tâche pour la communauté scientifique de commencer à étudier cette question plus sérieusement.

L'impact de la diminution du petit cycle de l'eau dans la montée de la tension globale.

Durant le XX^e siècle, la température moyenne a monté de 1,1° en Slovaquie, pendant que la moyenne des précipitations chutait de 5,6 % (mais de plus de 10 % dans la plaine du sud). Pendant la même période d'un siècle, les précipitations sur les montagnes du nord du pays ont augmenté de 3 %. De plus, un déclin de l'humidité relative de l'air (jusqu'à 5%) a été mesuré. Tout confirme que le Sud de la Slovaquie s'assèche, et la concentration spatiale des pluies s'accompagne d'une concentration dans le temps. Les périodes de sécheresse s'allongent, la période de fortes précipitations diminue, les vagues d'inondations augmentent et s'étendent aux zones chaudes où il pleut le moins. La Petite Slovaquie, si elle n'est pas la plus problématique dans le monde, peut être considérée comme un exemple typique des problèmes hydrologiques du monde moderne.