

1. La pression humaine sur les ressources en eau : la raréfaction de l'eau et la croissance des inégalités

A. Le cycle naturel de l'eau : la planète bleue

1. Des ressources renouvelables mais non inépuisables et inégales

Hydrosphère	1 400 millions de km ³	100 %
Eau de mer		97,5 %
Eau douce	35 millions de km ³	2,5 %
	Dont glaciers	2 %
	Dont eau libre	0,5 %
Dont glaciers	24 millions de km ³	68,9 % de l'eau douce
Dont réserves souterraines	11 millions de km ³	30,8 % de l'eau douce
Dont eaux de surface (cours d'eau et lacs) disponibles pour l'homme	105 000 km ³	0,3 % de l'eau douce

Les stocks sont gigantesques mais l'eau disponible est limitée.

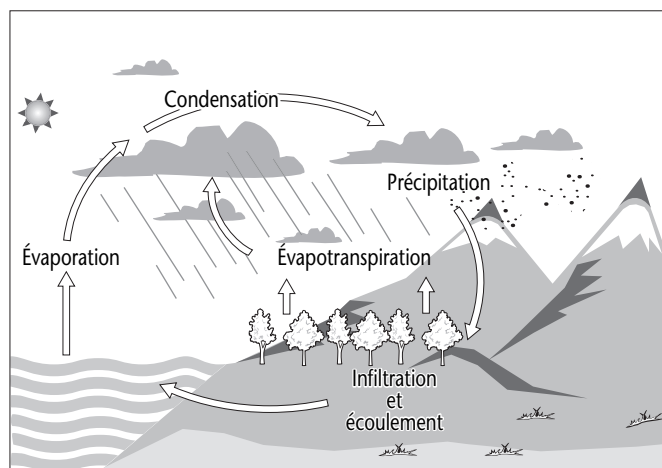
L'originalité de la Terre est d'être la planète de l'eau. L'hydrosphère, ensemble des masses d'eau présentes à la surface du globe terrestre, occupe un volume de l'ordre de 1 400 millions de km³, ce qui est considérable. Elle existe sous trois formes : gazeuse avec la vapeur d'eau présente dans l'air, solide avec la neige et les glaciers, liquide avec l'eau des océans, des fleuves et des nappes souterraines.

Mais l'eau douce, la seule utilisable par l'homme, par opposition à l'eau de mer salée (71 % de la surface, 97,5 % du volume), ne représente qu'une infime partie (2,5 %) de l'eau de la planète. Encore faut-il tenir compte du fait que l'essentiel de cette eau (2%) est piégé à l'état solide, donc non mobilisable par les techniques actuelles, dans les inlandsis de l'Arctique et de l'Antarctique et dans les glaciers des hautes montagnes. L'eau douce à l'état liquide ne représente donc que 0,5 % du volume

total. Elle se concentre surtout en profondeur dans les nappes phréatiques et les nappes souterraines. Les eaux de surface (cours d'eau et lacs), alimentées par les précipitations et les plus accessibles pour l'homme, sont estimées à seulement 0,3 % du stock global d'eau douce. « Si l'on arrêtait un instant les rivières de couler, la quantité d'eau qu'elles contiennent correspondrait à 0,005 % de l'eau totale » (J.-M. Fritsch, « La crise de l'eau n'aura pas lieu », *La Recherche*, n° 421, juillet-août 2008).

Renouvelable ne veut pas dire non épuisable.

Document 1. Le cycle de l'eau



Source : d'après *Le Monde*, Dossiers et Documents, octobre 1997.

La quantité disponible en eau est toujours la même. À l'exception des nappes fossiles, l'eau est une ressource renouvelable. La terre la recycle en permanence et les prélèvements humains sont infimes, comparés à la circulation globale. Les moteurs du cycle de l'eau sont l'énergie solaire et la gravité. L'eau s'évapore sur la mer et sur les continents, se condense dans les nuages et retombe en pluie ou en neige à la surface du globe. Une faible partie ruisselle vers les océans, une autre partie s'infiltré sous terre. Une molécule H_2O reste une semaine dans l'atmosphère, 16 jours dans les rivières, 17 ans dans les lacs, 1 400 ans dans les eaux souterraines, 2 500 ans dans les océans, plusieurs centaines de milliers d'années dans les inlandsis.

Si les hommes prélèvent environ 10 % du flux des eaux continentales, l'éternel retour du cycle de l'eau ne peut s'analyser à l'échelle planétaire car il est fragmenté en de multiples circuits locaux qui offrent des ressources très inégales. Celles-ci sont épuisables par excès d'exploitation quand les prélèvements humains captent

entièrement les apports naturels ou les empêchent de se renouveler. C'est en particulier le cas en zone aride ou semi-aride (sud-ouest des États-Unis, Libye, Arabie Saoudite...), où l'utilisation de l'eau menace le niveau des cours d'eau et celui des nappes souterraines constituées d'eau fossile donc épuisable à l'image du pétrole.

La qualité de l'eau peut être aussi dégradée par des pollutions diverses liées à l'activité humaine qui la rendent ainsi dangereuse dans des territoires plus ou moins localisés. 1 m³ d'eau souillée rend inutilisable 8 à 10 m³ d'eau libre. Il s'agit des excès d'intrants chimiques ou des effluents de l'élevage dans l'agriculture productiviste, du déficit des réseaux d'égouts dans les pays pauvres ou de négligence dans la gestion des émissions industrielles qui multiplient les pluies acides et transforment les cours d'eau en cloaques. Ces flux d'eaux usées auraient été multipliés par 20 au cours du XX^e siècle (de 50 MM de m³ en 1900 à 1 000 MM de m³ à l'heure actuelle). Ils réduisent parfois durablement les quantités d'eau utilisable et en particulier dans les régions déjà déficitaires.

Des clivages planétaires existent au niveau des flux.

À première vue, l'humanité ne manque pas d'eau ; la ressource est globalement suffisante. La quantité d'eau douce nécessaire à un homme pour survivre est estimée à environ 1 000 m³ par an et chaque habitant de la planète dispose aujourd'hui de 6 800 m³/hab/an. Ces chiffres donnent une impression d'abondance mais ils doivent être nuancés.

Les disparités sont énormes dans l'espace. Elles tiennent à l'inégalité des ressources, à la répartition des densités de population et à la surcharge démographique : un Islandais dispose de 607 000 m³, un Koweïti de 10 m³. Si la République du Congo jouit d'un potentiel de 270 000 m³ par habitant et par an, un Libyen se contente de 113 m³.

Les inégalités de dotation se manifestent au niveau des continents, des États, des bassins versants. Elles sont aussi zonales.

Au niveau des continents, l'Amérique, avec 41 % des ressources pour 14 % de la population, bénéficie d'une situation privilégiée. Les lacs du Canada et de l'Alaska donnent un avantage de premier ordre à l'Amérique du Nord. Et l'Amérique du Sud où coule l'Amazone, détient 26 % des réserves mondiales pour 6 % de la population. L'Europe (13 % des habitants de la planète et 11 % des ressources) a une situation contrastée. L'Europe du Nord est bien dotée mais les régions médianes et méditerranéennes connaissent une situation plus difficile. À l'opposé, l'Asie représente 60 % des habitants de la planète pour 36 % des réserves ; l'Afrique 8 % pour 15 % des ressources.

Document 2. Les « géants » de l'eau

Rang	États	Ressources totales en km ³
1	Brésil	6 950
2	Russie	4 333
3	Canada	2 901
4	Chine	2 800
5	Indonésie	2 530
6	États-Unis	2 478
7	Bangladesh	2 357
8	Inde	2 085
9	Venezuela	1 317
10	Myanmar	1 082
11	Colombie	1 070
12	Congo	1 019
Total des géants		30 922
Total mondial		53 362

Source: G. Mutin, *Documentation photographique*, n° 8014, 2000.

Document 3. Les records de vulnérabilité

États	Ressource totale en km ³ /an
Koweït	0,20
Kirghizistan	0,47
Qatar	0,53
Bahrein	1,16
Émirats arabes unis	1,50
Djibouti	3,00
Libye	6,00
Arabie Saoudite	6,00
Jordanie	8,80
Chypre	9,00
Oman	9,85

Source: FAO.

Quelques États font figure de géants mondiaux en terme de ressources.

Tout dépend de la surface des États et de leur appartenance à tel ou tel ensemble climatique. Les douze premiers contrôlent trois quarts des écoulements (voir tableau 2). Certains correspondent aux territoires les plus arrosés du monde disposant ainsi de grands organismes fluviaux. C'est le cas du Bangladesh, de la Colombie ou du Congo. La Russie, le Canada ou la Chine ont une étendue de taille continentale qui permet un bilan hydrique national important tout en ayant des ressources contrastées. Le Brésil est au premier rang (6 950 km³) : l'essentiel de son immense territoire s'étend en zone très pluvieuse. À l'inverse, vingt pays sont en situation très difficile. La Libye, les pays du golfe Persique ou Chypre ont de faibles ressources... Le Koweït est le recordman mondial de la pénurie : 0,2 km³. Quant aux pays industrialisés européens, ils disposent de volumes compris entre 10 et 200 km³/an (France : 185).

Mais les moyennes masquent aussi de fortes disparités à l'intérieur des États. Le Nordeste brésilien est aride au sein d'un pays recordman des ressources. La Chine du Nord manque d'eau alors que le sud du pays est excédentaire. La Californie souffre de pénuries alors que le nord-ouest des États-Unis bénéficie de pluies océaniques régulières.

Les irrégularités concernent aussi les bassins versants. On définit le bassin versant (BV) comme la surface topographique où les précipitations s'écoulent vers un exutoire commun. Il est séparé de son voisin par la ligne de partage des eaux. Les principaux bassins versants du monde s'individualisent par leur superficie et par le débit des cours d'eau qui les traversent. Celui-ci est fonction de l'importance des pluies et de leur rythme. Ainsi le bassin versant du Rhône dépend du climat alpin et du climat méditerranéen alors que le débit de la Seine a un caractère océanique ce qui explique que la gestion des eaux en France soit faite dans le cadre de 6 BV et non dans le cadre des régions administratives. Le plus grand BV dans le monde (superficie et débit équatorial) est celui de l'Amazonie. À l'opposé, le Nil a un BV immense (6000 km de long) qui concerne plusieurs États mais a un débit faible à l'embouchure puisque ce fleuve, né sous les pluies équatoriales, est soumis à la fois à l'évaporation et à l'irrigation dans le désert égyptien.

En fait, les inégalités fondamentales sont climatiques. Sous les tropiques, les régions arides et semi-arides des latitudes tropicales ne reçoivent que 6% des précipitations et 2% de l'approvisionnement par les cours d'eau. Les régions intertropicales humides concentrent 53% des écoulements, les zones tempérées 45%; elles se partagent donc l'essentiel du réseau hydrographique. Restent les zones polaires englacées.

Il existe un rapport étroit entre les ressources en eau et les phénomènes climatiques comme les précipitations et les températures.

La ressource dépend des pluies.

En moyenne, la Terre reçoit 800 mm d'eau et elle en perd par évapotranspiration 500 mm. Ces chiffres résument en fait des réalités très variées. Le bilan hydrique fait apparaître des **différences entre les principaux domaines zonaux climatiques**.

Certaines régions doivent tenir compte des contraintes annuelles. Les zones polaires connaissent le froid et ont de faibles précipitations. Sous les tropiques, les déserts (Sahara, Kalahari, Atacama...) sont soumis à l'aridité avec des précipitations inférieures à 100 mm et de fortes températures favorisant l'évaporation ce qui ne permet pas à la végétation de se développer. À l'opposé, les pluies sont abondantes et régulières sous l'équateur, les organismes fluviaux sont gigantesques comme le Congo ou l'Amazone. Ailleurs le total des pluies est médian dans des systèmes où les contraintes sont plutôt saisonnières entre une saison froide et une saison chaude aux latitudes tempérées, entre une saison sèche et une saison humide dans le domaine tropical humide.

Ce système est affecté par des perturbations azonales.

Les littoraux sont très arrosés aux latitudes tempérées à l'ouest des continents et à l'est dans la zone intertropicale. L'effet de continentalité fait qu'il pleut moins à l'intérieur des continents puisque 35 % des précipitations continentales viennent des océans : 1 000 mm à Brest, 500 mm à Moscou, 300 mm en Sibérie.

Surtout l'Asie est particulièrement arrosée au sud et à l'est alors que l'Inde et la Chine devraient, à ces latitudes, connaître le climat du Sahara. La région est en effet affectée par la mousson.

La ressource dépend des vents.

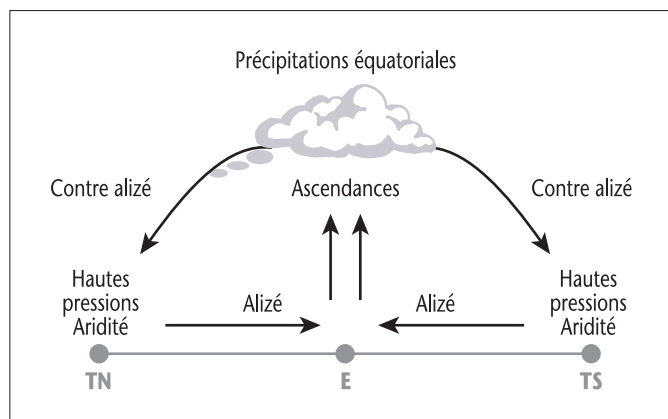
Les précipitations sont très liées aux flux d'air qui circulent à la surface du globe et qui dépendent eux-mêmes des différences de pression. Le vent va toujours en effet des zones de hautes pressions vers les zones de basses pressions. Il existe plusieurs grands types de courants.

La circulation atmosphérique générale est organisée autour des anticyclones situés au niveau des tropiques. Ces cellules de haute pression éjectent vers les périphéries cycloniques des flux d'air déviés par la force de Coriolis vers la droite dans l'hémisphère Nord, vers la gauche dans l'hémisphère Sud. Ces flux deviennent les alizés dans la zone intertropicale et la grande circulation d'ouest aux latitudes

tempérées (cf. carte 1, p. 12). Chargés d'humidité sur les océans, ils apportent plus de pluies sur les littoraux situés à l'est des continents entre les tropiques et à l'ouest aux latitudes tempérées.

Au niveau de l'équateur, les alizés des deux hémisphères se rencontrent; l'ascendance d'air ainsi produite se traduit par un phénomène de condensation, à l'origine des pluies équatoriales. En altitude les flux se séparent pour former les contre-alizés. Ils se tassent aux tropiques (hautes pressions dynamiques) et bloquent ainsi la possibilité d'ascendance et de condensation au niveau des déserts. (cf. doc. 4, p. 14). Ainsi s'explique l'aridité.

Document 4. La circulation dans la zone intertropicale



La mousson asiatique est un vent régional alternant lié à des changements de pression d'origine thermique. La mousson est froide et sèche en hiver; elle souffle en direction de la mer à partir du continent eurasiatique soumis à de basses températures et à de hautes pressions. Quand les températures et les pressions s'inversent en été, elle devient chaude et humide et de fortes pluies tombent sur le continent entre juin et septembre. D'elle dépend la vie des populations des plaines rizicoles surpeuplées d'Asie. Qu'elle soit trop forte ou qu'elle arrive en retard, les récoltes sont perdues. Le nord de l'Inde, à l'été 2009, a connu sa pire sécheresse depuis trente ans. La mousson n'est survenue qu'à la fin du mois d'août et la maturation du riz n'a pu se faire correctement. À bout de ressources, des familles entières du Pendjab ont dû quitter leur lopin pour les bidonvilles de Delhi et certains paysans se sont suicidés.

Dans la zone chaude, **les cyclones tropicaux** sont responsables de pluies diluviennes à l'est des continents. Ce sont des cellules dépressionnaires accompagnées par des ascendances d'air et des vents tourbillonnaires très violents (300 km/h) qui naissent sur les océans aux saisons intermédiaires lorsque la température de la mer est plus