

1

La genèse du nouveau paradigme de l'eau et les opportunités associées à son utilisation

*«Rendez les choses aussi simples que possibles
mais pas plus simples.»*

Albert Einstein

C'est quoi un paradigme ?

Le terme *paradigme* renvoie à un modèle de pensée cohérent regroupant des éléments épistémologiques, théoriques et conceptuels qui guident la recherche et la réflexion au sein d'une communauté de chercheurs dans une branche scientifique spécifique. Ce concept est particulièrement associé à Thomas Kuhn (1922-1996), un professeur américain de philosophie et d'histoire des sciences. Kuhn a développé sa théorie de la révolution scientifique pendant ses études doctorales, en examinant le traité d'Aristote sur la physique, une référence incontournable jusqu'à l'époque d'Isaac Newton. La logique ambiguë d'Aristote, en désaccord avec les thèses de Newton, a choqué Kuhn. Cependant, en adoptant une approche conceptuelle différente envers Aristote et certains de ses postulats de base, Kuhn a finalement compris le sens de l'œuvre

aristotélicienne sur la physique, qui l'avait initialement intrigué².

La pensée conformiste

Kuhn a noté de manière paradoxale que, dans la physique d'Aristote, le concept de mouvement diffère de l'interprétation de Newton (et de la sienne propre). Il englobe non seulement les variations de la position de l'objet d'étude, mais également les changements de sa croissance, les fluctuations de sa température et les évolutions de divers paramètres³. Tout comme Kuhn a dû prendre ses distances par rapport aux idées conventionnelles pour comprendre Aristote, une compréhension de l'œuvre présentée ici peut également nécessiter une certaine dissociation par rapport aux théories consensuelles et aux modes de perception largement partagés.

Lorsque, par exemple, nous faisons référence à l'eau dans ce livre, sauf indication contraire, nous nous référons à celle des rivières et des lacs, visible à nos yeux, ainsi qu'à ses diverses manifestations dans la nature, se présentant sous différentes formes, états et occurrences. Nous portons également notre attention sur la vapeur d'eau et les nuages dans l'atmosphère, les eaux dans les sols et les étangs, et celles présentes dans les organismes vivants, en particulier les plantes.

2. Thomas Kuhn, "What Are Scientific Revolutions?" dans *The Probabilistic Revolution*, Volume I: Ideas in History, eds. Lorenz Kruger, Lorraine, J. Daston, and Michael Heidelberger (Cambridge, MA: MIT Press, 1987).

3. Ibid.

La potentialité de transcender un paradigme

Outre ses nombreuses contributions dans les domaines de la philosophie et des diverses disciplines scientifiques, Aristote a rédigé le traité intitulé *Météorologiques*. Contrairement à la compréhension contemporaine assez restreinte de ce domaine scientifique, qui se limite généralement aux phénomènes atmosphériques, Aristote abordait ce sujet dans un sens beaucoup plus grand, englobant un large éventail de connaissances et de concepts liés à la Terre.

Les *météorologiques* n'étaient pas parmi les œuvres les plus abouties d'Aristote. Cependant, en raison de l'autorité considérable de ce brillant philosophe, qui s'est étendue de l'Antiquité au début de l'Époque moderne grâce à sa production philosophique prolifique, rares étaient ceux qui osaient le remettre en question dans d'autres domaines de la connaissance. L'essor des expéditions d'exploration à partir du XVI^e siècle, accompagné de nouvelles découvertes géographiques, a progressivement révélé les erreurs évidentes présentes dans de nombreux raisonnements et postulats des *météorologiques*. Dans ce cas, le traité d'Aristote peut être cité en exemple d'un paradigme devenu obsolète, nécessitant ainsi d'être remplacé par un nouveau modèle plus en accord avec la réalité.

L'eau : une expression mythique et spirituelle

Le thème central de ce livre explore la création d'un paradigme sur l'eau, c'est-à-dire un ensemble de suppositions, de concepts et de postulats avancés

par divers groupes sociaux (non limités aux scientifiques) concernant l'eau. Bien que l'eau ne puisse être entièrement définie par des formules scientifiques, elle demeure un sujet évident pour un paradigme. Les poètes ont célébré la symbolique de l'eau, et dès les débuts de la philosophie dans la Grèce antique, elle était considérée par les penseurs comme l'un des fondements du monde. Selon Homère, l'océan était «le père de tous les dieux⁴». Thalès de Milet considérait l'eau comme la substance élémentaire fondamentale du monde⁵.

Selon Empédocle et d'autres penseurs, l'eau, associée à la terre, au feu et à l'air, formait l'un des quatre éléments essentiels constituant l'univers. En tant que source de vie, l'eau revêt également une signification symbolique de purification dans les religions du monde. Dans la Bible, le jardin d'Éden, le paradis originel, est irrigué par quatre rivières, dont l'Euphrate et le Tigre. Le rituel du baptême d'eau officialise la conversion au christianisme. Les hindous, aspirant à la libération, se plongent dans le Gange, et le paradis décrit dans le Coran est abondant en eau et en rivières. Dans les perceptions spirituelles de l'humanité, l'harmonie avec l'eau et son cycle naturel est vue comme un don, une bienveillance ou une bénédiction, tandis que tout déséquilibre ou perturbation dans cette relation est considéré comme une punition, un mal ou une malédiction.

4. Homère, *L'Iliade* (VIII^e siècle av. J.-C.).

5. Diogène Laërce, *Vies, doctrines et sentences des philosophes illustres* (III^e siècle) : «Ce philosophe admettait l'eau pour principe de toutes choses».

L'ascension et la décadence des sociétés

L'eau représente avant tout un élément essentiel à la vie. Selon les théories contemporaines, la vie a débuté dans l'eau avant de s'étendre sur la terre, et sans l'eau, la vie serait impossible. L'eau a également joué un rôle crucial dans l'évolution des civilisations humaines. En effet, les plus grandes civilisations ont émergé directement autour de sources d'eau telles que le Nil en Égypte, l'Euphrate et le Tigre en Mésopotamie, et le fleuve Jaune en Chine. La prospérité de ces civilisations dépendait étroitement de la disponibilité de l'eau. L'eau comble les besoins fondamentaux et avancés des êtres humains, en leur fournissant la subsistance, la protection, l'énergie, le transport, le repos, l'hygiène, l'harmonie et l'inspiration. À travers l'histoire, nous constatons que des civilisations ont prospéré autour de terres fertiles, caractérisées par une végétation abondante et une disponibilité d'eau. Il est plausible que le déclin ou l'extinction de nombreuses civilisations ait été causé par la dégradation des sources d'eau. Aujourd'hui, nous avons connaissance des preuves archéologiques révélant des civilisations anciennes qui prospéraient autrefois dans des régions désertiques ou semi-arides d'Afrique du Nord, du Moyen-Orient, de l'Irak, de l'Iran, et d'autres parties du monde. Cependant, nous ne considérons pas toujours que ces civilisations ont peut-être disparu en raison de processus similaires à ceux que nous vivons quotidiennement depuis ces dernières décennies.

La nécessité d'un changement de paradigme

L'interaction entre les civilisations et l'eau a évolué à travers l'histoire. À certaines époques et chez certains peuples, l'eau était vénérée. Au ^{xx}e siècle, la tendance a été de confiner et de contrôler au maximum l'eau. Étant donné que l'eau ne pouvait pas être entièrement gérée et contrôlée, une approche plus réfléchie s'est avérée nécessaire. La formulation d'un nouveau paradigme découle ainsi des limites inhérentes aux idées traditionnelles (que nous appelons dans cet ouvrage le *vieux paradigme*) pour offrir des solutions durables aux questions cruciales liées aux ressources en eau et à leur cycle.

Ce nouveau paradigme a émergé progressivement grâce aux efforts d'une association civique impliquée dans les aspects scientifiques et pratiques de ces problématiques. Les premiers rapports ont été publiés au début des années 1990⁶.

Son apparition a été accompagnée d'un examen progressif des connaissances accumulées au fil des années, élargissant ainsi la perception cognitive de l'eau et de ses états. Cette publication témoigne de l'intérêt et de l'attention d'un groupe de citoyens envers les questions d'intérêt public. Elle vise à réévaluer l'approche actuelle de l'eau et de son cycle, jugée obsolète et insatisfaisante.

6. *The Principles of Water Management Policies and Proposed Measures – An Alternative Proposal, Water for the Third Millennium, Slovak River Network, Košice, 1993.*

Les quatre environnements de l'eau

Les environnements de l'eau

La Terre compte environ 1400 millions de kilomètres cubes d'eau. Lorsque nous évoquons l'eau dans ce document, nous faisons référence à l'eau présente dans ses *quatre environnements* : les mers et les océans, les terres, l'atmosphère et les organismes vivants (tableau 1). De plus, nous considérons l'eau dans toutes ses phases : gazeuse, liquide et solide.

L'eau dans les océans

L'eau du premier environnement, représentée par les mers et les océans, englobe 70,8% de la superficie terrestre et constitue la majeure partie, atteignant jusqu'à 97,25%, du volume total d'eau sur Terre. Ces mers et océans jouent un rôle essentiel dans la régulation thermique globale, une fonction cruciale pour notre planète. Les variations de température y sont minimales tout au long de l'année. Dans un scénario dépourvu de mers et d'océans, les fluctuations extrêmes de température (telles que celles observées, par exemple, sur la Lune) affecteraient la Terre, rendant impossible la vie telle que nous la connaissons. Une augmentation des variations de température par rapport à leurs niveaux actuels pourrait avoir des conséquences dévastatrices sur la sécurité alimentaire mondiale. Parmi les nombreuses fonctions des mers et des océans, cette publication se penchera

spécifiquement sur leur rôle dans les précipitations sur Terre.

L'eau sur la Terre

Notre conception de l'eau dans le second environnement terrestre est souvent déformée, se limitant à l'eau présente dans les rivières ou les réservoirs naturels et artificiels. Cependant, l'eau à l'état solide (glaciers, neige) représente 2,05% du volume total d'eau sur Terre et contient jusqu'à 70% des réserves mondiales d'eau douce (tableau 2). Les eaux de surface visibles dans les rivières ne constituent qu'une infime partie, soit 0,0001%, tandis que dans les lacs (y compris les lacs salés et les mers intérieures), représentent 0,01% du volume total d'eau sur Terre. L'eau souterraine et l'humidité du sol, aux côtés des glaciers, constituent la plus grande réserve d'eau terrestre (0,685%), surpassant plusieurs fois le volume d'eau présent dans toutes les rivières et les lacs du monde. L'eau présente dans le sol se révèle, en termes de quantité et d'utilité, plus significative que celle observée dans les rivières. Toutefois, ce trésor inexploité et insaisissable est souvent négligé, risquant ainsi sa disparition. Cet ouvrage s'engage particulièrement dans la préservation et la sauvegarde de cette ressource cruciale en utilisant l'eau du troisième environnement.

L'eau dans l'atmosphère

Le volume d'eau présent dans l'atmosphère, sous ses trois états, est environ dix fois supérieur au volume total d'eau présent dans toutes les rivières. Théoriquement, si l'intégralité de l'eau atmosphérique se transformait en précipitations, elle formerait une couche imaginaire d'eau d'une épaisseur de 25 mm sur toute la surface terrestre. De la même manière que les mers et les océans jouent un rôle crucial dans la régulation thermique globale de notre planète, l'eau présente dans l'atmosphère assume un rôle majeur dans la thermorégulation à l'échelle locale.

L'eau dans le biote

L'eau nous entoure non seulement à l'extérieur, mais elle fait également partie intégrante de notre être. L'eau, présente dans les organismes vivants, constitue environ 0,00004% du volume total d'eau sur Terre, représentant la plus petite proportion parmi les quatre environnements. Malgré sa faible présence sur notre planète, elle revêt une importance fondamentale pour chaque forme individuelle de vie. Dans le corps humain, par exemple, l'eau représente plus de 60% du poids, et tous les processus physiologiques s'y déroulent dans un milieu principalement composé d'eau. La teneur en eau des plantes varie selon les espèces et est souvent beaucoup plus élevée que dans les tissus animaux. Les volumes d'eau stockés dans la végétation et le sol, grâce à sa présence, ne sont pas négligeables. La végétation terrestre joue

un rôle essentiel, notamment dans la régulation de l'évaporation du sol, contribuant ainsi de manière significative à maintenir la stabilité thermique. La survie de toutes les formes de vie supérieures sur Terre dépend de manière cruciale de l'existence et de la prospérité de la végétation.

Tab. 1 La répartition des stocks d'eau sur Terre⁹

Réservoir	Volume d'eau (en millions de km ³)	Pourcentage par rapport au total
Océans et mers	1370	97.25
Icebergs et glaciers	29	2.05
Nappes phréatiques	9.5	0.68
Lacs	0.125	0.01
Humidité des sols	0.065	0.005
Atmosphère	0.013	0.001
Rivières	0.0017	0.0001
Biosphères	0.0006	0.00004
Réservoir global total d'eau	1408.7053	100

9. Selon diverses ressources encyclopédiques.

Tab. 2 Superficie des continents, des océans, des déserts et du territoire glaciaire et le nombre d'habitants, par continent¹⁰

	Superficie en km ²	Terres glaciaires en km ²	Hauteur moyenne des continents en m d'altitude	Superficie du désert de plus de 20 000 km ² en km ²	Nombre d'habitants en millions (année 2000)
Continents dans leur ensemble	149 409 000	16 081 030		13 771 000	6 076
Europe ¹¹	10 382 000	115 000	290		729
Asie	44 410 000	89 000	960	3 480 000	3 686
Afrique	30 329 000	15	650	8 922 000	796
Amérique du Nord et centrale ¹²	24 360 000	2 049 000	715	39 000	835
Amérique du sud	17 843 000	25 000	580	160 000	
Australie et Océanie	8 910 000	1 015	340	1 170 000	30
Antarctique	13 175 000	13 802 000	2 000		
Océans	361 455 000		Profondeur moyenne de l'océan en m		
Pacifique	179 680 000		4 028		
Atlantique	94 243 000		3 542		
Indien	76 170 000		3 710		
Mer arctique	11 362 000		1 228		
Terre au total	510 864 000				

10. <http://www.geohive.com> et autres ressources encyclopédiques.

11. La superficie glaciaire des Alpes totalise 3 600 km².

12. Y compris le Groenland, qui malgré des liens politiques et historiques avec le Danemark et l'Europe appartient géographiquement au continent nord-américain. Son territoire de glace totalise 1 802 600 km².

climatisation. Elle impacte également de manière importante, en fonction de sa quantité, de son type et de sa qualité, le ruissellement de surface dans les bassins versants. En revanche, des activités humaines telles que la déforestation, l'agriculture conventionnelle exposant les sols, et l'imperméabilisation des sols par l'urbanisation modifient la quantité et la distribution de l'eau sur les terres émergées, entraînant des changements massifs et involontaires dans les flux d'eau et d'énergie. (Pour plus de détails, voir le chapitre 3.)

Caractéristiques du processus d'épuration et de déplacement

La chaleur et la gravitation constituent le moteur du cycle global de l'eau, comprenant les cycles majeurs et mineurs (figure 1). L'eau, agissant comme le sang et la lymphe de la vie, circule, coule et vibre entre les mers, la terre et l'atmosphère sous l'influence de l'énergie solaire et de la gravité. Lors de son passage à travers l'atmosphère, elle absorbe des composés tels que le dioxyde de carbone, l'ammoniac, ainsi que d'autres gaz et impuretés. De même, elle se charge en divers minéraux en ruisselant à travers la surface terrestre ou en s'infiltrant dans le sol et le sous-sol. Grâce à ces mouvements, l'eau exerce une action d'entraînement, de nettoyage et de régulation sur les écosystèmes, mais elle peut également éroder le sol lors du ruissellement. Chaque année, on estime que l'eau transporte environ 3,5 milliards de tonnes de substances minérales et organiques qui enrichissent en nutriments les mers et les océans.

Mais une érosion trop sévère du sol et de ses sédiments fertiles, aggravée par les pratiques humaines et les pluies plus intenses du changement climatique, nécessite de ralentir le ruissellement des eaux de pluie sur les terres. Les rivières doivent retrouver le débit équilibré qui transporte vers la mer les excédents d'eau que la terre et l'atmosphère, suffisamment saturées, n'ont pas absorbés.

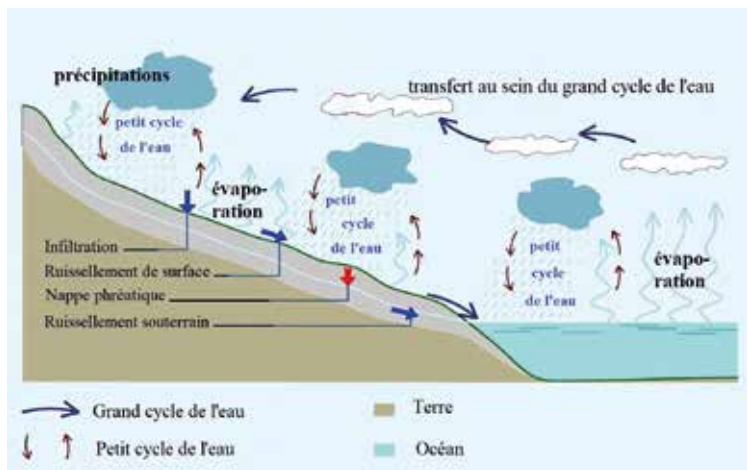


Fig. 1 Le grand et les petits cycles d'eau

Le grand cycle de l'eau

Évaporation des océans et précipitations

Le grand cycle de l'eau représente l'échange d'eau entre les océans et la terre. Chaque année, environ 550 000 km³ d'eau s'évaporent dans l'atmosphère.

De cette évaporation, environ 86% du volume provient des mers et des océans, tandis que 14% provient de la terre. Parmi l'ensemble des précipitations atmosphériques résultant de cette évaporation, 74% retombent sur les mers et les océans, tandis que 26% atteignent les terres. Ainsi, les mers et les océans, par le biais de l'évaporation et de la précipitation, contribuent à fournir à la terre un certain volume d'eau. Ce dernier se déplace à travers des flux thermodynamiques atmosphériques sur de vastes distances dans les continents, où il se manifeste ultérieurement sous forme de pluie ou de neige.

L'équilibre du grand cycle de l'eau

Une partie de l'eau issue des précipitations est absorbée par le sol, atteint la nappe phréatique et se joint au ruissellement des eaux souterraines, sauf dans les régions où ce ruissellement est absent. Une fraction de cette eau est utilisée par la végétation, tandis qu'une autre portion s'évapore à nouveau. Le reste s'écoule en surface dans le réseau des rivières, retourne ainsi aux mers et aux océans, et ainsi, le grand cycle de l'eau se boucle.

Dans des conditions équilibrées, le volume d'eau qui quitte les continents pour rejoindre les mers et les océans est équivalent à celui provenant des océans sous forme de précipitations après évaporation-condensation. Même de légères variations par rapport à cet équilibre peuvent entraîner d'importants problèmes continentaux, surtout à long terme et lorsqu'elles touchent la plupart des bassins hydrographiques. Un excédent d'eau s'écoulant

des continents vers les océans par rapport à celle transférée de l'océan à la terre par les précipitations entraîne un assèchement.

Cela survient lorsque l'humanité limite de manière systématique l'infiltration d'eau de pluie dans le sol par des activités telles que la déforestation, les pratiques agricoles et l'urbanisation, canalisant rapidement cette eau vers les rivières et finalement vers la mer.

Cette réduction d'humidité du sol entraîne une diminution de la nappe phréatique, un dépérissement de la végétation et une baisse de l'évaporation. Si le débit d'eau sortant des continents vers les mers et les océans augmente et que l'évaporation de l'eau des océans ne croît pas de manière adéquate, notamment en raison d'une augmentation de l'évaporation liée au réchauffement climatique, ce surplus contribue à l'élévation du niveau des océans.

Influences humaines et autres

En plus des altérations du bilan hydrique global engendrées par des phénomènes indépendants de la volonté humaine, tels que les cycles solaires, les changements de position de la Terre par rapport au soleil et l'activité volcanique, l'homme, de manière inconsciente, engendre de nouvelles perturbations, contribuant ainsi, par ses activités, à la désertification des continents. Cependant, grâce à des actions délibérées et réfléchies orientées dans la direction opposée – à savoir la préservation intentionnelle de l'eau sur les continents – l'humanité pourrait