

Chantal Gevrey

PETITE PLANÈTE, GRANDS DÉFIS

L'ABC DE LA GÉOGRAPHIE : LA DISCIPLINE ET SES OUTILS

Dossier n° 1

© Chantal Gevrey 2012

Toute reproduction interdite sans l'autorisation de l'auteur

PETITE PLANÈTE, GRANDS DÉFIS

Dossier n° 1 – L'ABC de la géographie : la discipline et ses outils

Dossier n° 2 – Le milieu physique et les ressources

Dossier n° 3 – La question démographique

Dossier n° 4 – Le développement économique

Dossier n° 5 – L'équilibre géopolitique

Dossier n° 6 – L'environnement : La Terre, un héritage en péril ?

Chacun des dossiers n° 2 à 6 (le dossier n° 1 constituant une introduction à la discipline) de l'ensemble *Petite planète, grands défis* aborde l'une des grandes problématiques de notre époque, sous l'angle de la géographie – une dimension souvent méconnue et pourtant essentielle des questions d'actualité, car les faits se situent non seulement dans le temps mais aussi dans l'espace.

Initialement conçu sous la forme d'un manuel pour le cégep, plus particulièrement adapté au cours « Initiation à la carte du monde », le projet de publication a été abandonné par l'éditeur peu avant la date prévue pour la parution, soit avril 2012. La rédaction proprement dite était alors pratiquement terminée, mais il restait beaucoup à faire. J'aurais trouvé dommage, cependant, de ne pas partager le matériel déjà disponible, car le contenu informatif demeure pertinent et actuel, susceptible d'intéresser un large public – étudiant ou non.

À quoi s'attendre, en tant qu'utilisateur ?

- Il s'agit d'un ouvrage d'initiation, qui s'en tient à un aperçu de base des questions abordées. Des études de cas (rubrique « Sous la loupe »), ainsi que des liens occasionnels vers des dossiers disponibles sur le Web, permettent d'approfondir davantage certains sujets.
- Les éléments à caractère strictement pédagogique ont été retirés, la perspective n'étant plus celle d'un outil d'enseignement dans le cadre d'une classe.
- Afin de respecter la *Loi sur le droit d'auteur*, les hors-textes ne figurent que sous la forme de liens vers les sites d'où ils proviennent. À l'exception des schémas et tableaux dont je suis l'auteure, les illustrations n'ont donc pas été « traitées » comme elles le seraient dans un livre (simplification, harmonisation, traduction, et autres adaptations) et surtout, il est impossible de prévoir jusqu'à quand un lien demeurera actif. Elles sont donc données à titre plutôt indicatif.
- Les exemples fournis tiennent compte de la situation mondiale jusqu'au 28 juin 2013, date de la dernière mise à jour. Au-delà, il vous appartiendra d'adapter le propos au besoin.

Conditions d'utilisation

L'accès à ce fichier est libre et gratuit, en vue d'une utilisation personnelle ou pédagogique uniquement. Toute reproduction, modification, rediffusion ou utilisation à des fins commerciales est strictement interdite. Il ne peut être hébergé, en totalité ou en partie, sur un autre site que celui de l'auteure, ni intégré à d'autres fichiers, même avec mention de l'auteure, à moins d'une autorisation formelle de sa part.

Pour citer ce dossier : Chantal Gevrey. « Dossier n° 1 – L'ABC de la géographie : la discipline et ses outils », *Petite planète, grands défis*, [pdf], 2012, p. xx, <http://www.petiteplanetegrandsdefis.com> (date de consultation).

<http://www.petiteplanetegrandsdefis.com>

<http://www.chantalgevrey.com>

Table des matières

Découvrons la discipline géographie

1 Qu'est-ce que la géographie ?	5
2 L'approche géographique	6
3 Le métier de géographe	7
4 À quoi sert la géographie ?	8
Sous la loupe...	9
- Le plus grand centre intellectuel de l'Antiquité : Alexandrie (Égypte)	
- Comment la science vint à l'Occident	
- Au XV ^e siècle, sous Henri le Navigateur, le Portugal connaît une fantastique expansion grâce au développement des connaissances maritimes	
Pour aller plus loin	13
Bibliographie	14

La carte, outil privilégié du géographe

1 L'évolution de la cartographie	17
2 Les repères cartographiques	18
3 La production d'une carte	20
4 L'utilisation d'une carte	22
Sous la loupe... (section non disponible)	
Pour aller plus loin	28
Bibliographie	29

PETITE PLANÈTE, GRANDS DÉFIS **Découvrons la discipline géographie**

Photo

Johannes Vermeer (1632-1675). *Le Géographe*, huile sur toile, 46,6x53 cm, 1669 dans PICTURALISSIME.COM, s.d. [En ligne], http://www.picturalissime.com/g/vermeer_geographe_1.htm (Page consultée le 28 juin 2013)

Née dans l'Antiquité grecque en tant que science, la géographie ne s'attache pas seulement, dès cette époque, à décrire les paysages que les explorateurs découvrent dans de lointaines contrées. Elle devient vite un outil au service de la puissance politique, notamment avec le développement de la cartographie, dont elle est inséparable. Aujourd'hui, le champ d'application de la géographie s'est considérablement diversifié.

1 Qu'est-ce que la géographie ?

Le terme «géographie» dérive de deux mots grecs : *Gé*, entité mythologique correspondant à la Terre, et *graphein*, qui signifie décrire. On le doit, semble-t-il, à Ératosthène (III^e siècle av. J.-C.) qui fut tout à la fois mathématicien, philosophe et géographe. Il était aussi le directeur de la bibliothèque d'Alexandrie d'Égypte, cette extraordinaire institution où vivaient les plus éminents savants et où s'effectuait la recherche de pointe de cette époque. Ératosthène calcula notamment la circonférence de la Terre, alors que sa rotondité n'était pas même encore admise. Claude Ptolémée, astronome grec vivant à Alexandrie au II^e siècle de notre ère, fut un autre précurseur de la géographie, jetant par ses observations les bases des travaux cartographiques de ses successeurs. Il a laissé bon nombre d'écrits, alors que ceux d'Ératosthène ont été perdus.

[Sous la loupe – Extrait de *Cosmos*, p. 9]

Née d'une légitime curiosité à l'égard de notre planète, qui dans l'Antiquité restait encore largement à découvrir, la géographie a d'abord étudié les territoires (l'espace physique marqué ou non par la présence humaine) dans une perspective rationnelle de repérage, d'observation et de classification des phénomènes. Toutefois, dès le I^{er} siècle av. J.-C., Strabon, un Grec vivant à Rome, considérait cette discipline comme essentielle pour quiconque voulait conquérir et gouverner. Sa *Géographie* (l'unique vestige original qui nous soit parvenu de la cartographie antique) décrit, région par région, le monde méditerranéen et ce qui était connu alors des côtes européennes, mais Strabon avance aussi l'hypothèse d'un lien entre la puissance de la Grèce et sa situation maritime. Une telle relation se trouve confirmée par l'abondante production cartographique des missionnaires et des explorateurs tels que Marco Polo au Moyen Âge, des cartographes arabes du VIII^e au XV^e siècle, des navigateurs modernes comme Alexander von Humboldt (XVIII^e siècle).

[Sous la loupe – L'influence de la conquête arabe, p. 11]

À compter du XIX^e siècle, les géographes européens comme Carl Ritter et Élisée Reclus portent une attention accrue à l'influence humaine dans le processus géographique. Le second se montre également soucieux de la diffusion des connaissances géographiques, mais la discipline, au XIX^e siècle, est avant tout allemande. Friedrich Ratzel, l'un des principaux fondateurs de la géopolitique, crée le vocable d'«**anthropogéographie**» et établit une correspondance entre les divers milieux naturels et les sociétés humaines, dans une perspective **déterministe**, ainsi qu'une analogie entre ces dernières et les organismes vivants. Il introduit donc une vision dynamique et, ce qui est plus délicat, il légitime en quelque sorte les entreprises des peuples les plus expansionnistes en ouvrant la porte à la notion d'espace vital (*voir le dossier n° 5 : L'équilibre géopolitique*). Parmi les géographes français du temps, le plus connu demeure sans doute Paul Vidal de La Blache, une référence jusqu'à la fin des années 1960. Il a notamment dissocié l'enseignement de la géographie de celui de l'histoire, publié de nombreux ouvrages (cartes murales pour les écoles, atlas, livres, articles) et élaboré une monumentale *Géographie universelle*. Paul Vidal de La Blache conserve la vision descriptive classique de la géographie. Toutefois, il porte un intérêt particulier à la géographie régionale. Pressentant sans doute le rôle qu'allaient bientôt jouer les circulations planétaires, il introduit les concepts de flux et de polarité (par exemple à propos des liens entre une métropole et sa région), tient compte aussi des interactions économiques. Il rejette le déterminisme au profit de ce que nous nommons aujourd'hui «**possibilisme**». La géographie moderne lui doit donc plusieurs nouvelles idées, popularisées ensuite par ses élèves devenus d'éminents chercheurs. Ces derniers ont également contribué à fractionner et à spécialiser les champs d'intérêt d'une discipline devenue plus complexe. Pensons par exemple à la biogéographie, à la climatologie ou à la géographie urbaine.

Anthropogéographie – Ratzel associe le facteur humain, négligé par les géographes jusque-là, aux facteurs naturels, unifiant ainsi la géographie dans la perspective d'une complémentarité de la nature et de la vie. Influencé par la théorie de l'évolution de Darwin, il applique aux États le besoin d'espace et d'expansion qu'on observe chez les organismes vivants.

Déterminisme – Théorie selon laquelle les faits sont causés par une condition préexistante (principe de causalité qui s'oppose donc au libre-arbitre).

Possibilisme – Terme proposé par le géographe français Paul Vidal de la Blache en relation avec le concept, aujourd'hui délaissé, de «genres de vie». Il correspond au rejet de l'idée selon laquelle les humains sont conditionnés par leur environnement et postule au contraire que les techniques et les choix d'une société modèlent l'environnement.

Dans la seconde moitié du XX^e siècle, la géographie devient une science sociale, davantage axée sur l'étude des phénomènes économiques, du fait urbain, des mobilités. Si elle ne considère plus que la nature détermine les sociétés (déterminisme), elle confirme toutefois le lien déjà noté par Strabon dans l'Antiquité entre les avantages du milieu et la puissance politique. Ainsi, dans cette branche particulière qu'est la géopolitique, le géographe français Yves Lacoste donne à un ouvrage très remarqué, en 1976, ce titre : *La géographie, ça sert d'abord à faire la guerre*. Cette discipline a heureusement aussi de nombreuses applications pacifiques, telles que l'aménagement et la mise en valeur des territoires ou la protection de l'environnement.

La géographie constitue aujourd'hui un champ d'études très diversifié, dont les spécialistes se concentrent soit sur une approche particulière – par exemple la géopolitique ou les risques naturels –, soit sur une région donnée. Ainsi le géographe québécois Rodolphe de Koninck s'est-il consacré à l'étude des questions relatives au Sud-Est asiatique. Mais dans tous les cas, la géographie se différencie des autres disciplines en plaçant l'espace au cœur des problématiques analysées.

2 L'approche géographique

Bien des sujets d'étude de la géographie ne sont pas exclusifs à cette discipline, mais la géographie jette sur eux un regard particulier, qualifié d'«approche géographique» et caractérisé par la priorité accordée à l'aspect spatial des phénomènes. Se situer dans l'espace, décrire et analyser l'espace dans lequel nous vivons (notre territoire), en comprendre l'évolution, l'aménager et, de plus en plus, le préserver, voilà autant de préoccupations au cœur de cette discipline.

Ainsi, la géographie s'attache à décrire et classer non seulement les formes du relief, les milieux climatiques ou la végétation (l'environnement physique de l'humanité), mais aussi les populations elles-mêmes. Celles-ci forment l'**anthroposphère**, une composante de la sphère terrestre au même titre que l'atmosphère ou la biosphère. On a longtemps distingué la géographie «physique» de la géographie «humaine». Aujourd'hui, une approche plus globale, ou systémique, prévaut. Celle-ci essaie de prendre en compte toute la complexité des interactions entre l'humain et les différents milieux où il exerce ses activités. De quelle façon le milieu influence-t-il les comportements humains, et réciproquement ? De quelle façon l'humanité marque-t-elle de sa présence et de ses besoins spécifiques l'espace qu'elle occupe ? C'est cette préoccupation qui définit le point de vue de la géographie et le distingue de l'approche d'autres disciplines comme l'anthropologie, la politique, l'économie ou la sociologie, pour les sciences humaines d'une part, de la biologie, de la géologie et d'autres sciences dites pures, de l'autre. Au carrefour des sciences humaines et des sciences de la nature, elle met en évidence les liens homme-espace et introduit des explications inédites aux phénomènes plus étroitement analysés par chacune des disciplines que nous avons mentionnées. Car il ne suffit évidemment pas de décrire. Face à un phénomène naturel ou social, le géographe cherchera à :

- le délimiter dans l'espace (localiser, circonscrire des aires, cartographier) ;
- vérifier la dynamique de son expansion (ce phénomène est-il stable ? s'il progresse dans l'espace, dans quelle direction, à quel rythme, avec quelle intensité ?) ; on détermine alors des flux, un réseau de relations, des hiérarchies ;
- expliquer les caractéristiques observées (quelles causes peut-on leur attribuer ? selon quels mécanismes agissent-elles, et avec quelles conséquences ?) ;
- comparer les phénomènes entre eux selon ces critères ;
- déceler les interactions qui s'exercent entre les milieux d'une part, entre les populations d'autre part, et finalement entre les milieux et les populations. Jusqu'à quel point, par exemple, les données du milieu physique influencent-elles l'organisation des sociétés ?

Anthroposphère – Littéralement, la sphère humaine (du grec *anthropos*, humain), c'est-à-dire un écosystème où l'humain est au centre des interactions.

Le champ d'étude du géographe, c'est donc le groupe humain en relation avec un territoire, réalisant un équilibre de plus en plus complexe et changeant. Même les réalités immatérielles – comme les cultures – s'inscrivent dans des paysages qui révèlent, à qui sait les lire, les secrets de leur évolution.

3 Le métier de géographe

3.1 Portrait d'un géographe contemporain : Rodolphe de Koninck

Rodolphe de Koninck [1] se définit comme un géographe de terrain. Cependant, l'éducation représente pour lui une priorité et il accorde une très grande importance à l'interdisciplinarité.

Diplômé des universités de Bordeaux (France), Laval à Québec et Singapour, il mène une brillante carrière de chercheur et de pédagogue. D'abord professeur titulaire du département de géographie de l'université Laval, il dirige ensuite la Chaire de recherche senior en études asiatiques de l'université de Montréal, tout en enseignant ailleurs dans le monde à titre de professeur invité. On lui doit des dizaines d'ouvrages et d'articles scientifiques, dont *Profession géographe* (2008) dans lequel il décrit l'évolution de la discipline et celle de sa carrière, ainsi que ses thèmes de prédilection. Un autre ouvrage, *Le monde à la carte* (1990), a connu un succès international et fait l'objet d'une série télévisée diffusée jusqu'en 2006. Rodolphe de Koninck a été rédacteur des *Cahiers de géographie du Québec* de 1982 à 1990. Il a été lauréat du prix Jacques Rousseau de l'ACFAS en 1998 et du prix Innis-Gérin de la Société Royale du Canada en 1999.

Lire ou écouter Rodolphe de Koninck, c'est découvrir que la géographie peut être aussi une aventure et une passion.

[1] Rodolphe de Koninck

Le géographe québécois Rodolphe de Koninck est à la fois un chercheur, un homme de terrain et un pédagogue de réputation internationale.

Photo

Bernard Lambert. «Photo de Rodolphe de Koninck», *Forum* (12 novembre 2007), Université de Montréal, [En ligne], <http://www.nouvelles.umontreal.ca/archives/2007-2008/content/view/616/309/index.html> (Page consultée le 28 juin 2013)

3.2 À quoi mène une formation en géographie ?

Tous les géographes ne se destinent pas à une carrière universitaire ou à d'autres niveaux d'enseignement, car la géographie est un domaine d'emploi en pleine expansion. Les gouvernements et les entreprises multiplient les projets internationaux, se préparent aux conséquences du changement climatique et se préoccupent du développement durable. Une formation en géographie ouvre des perspectives de carrière dans les domaines de la coopération, de l'aménagement urbain, de l'aménagement touristique, du développement des communautés autochtones, de la conservation de la biodiversité, de la gestion de l'eau et des sols, de l'étude des mouvements démographiques, des systèmes de transport, pour ne citer que quelques exemples. Les diplômés utilisent des méthodes comme l'observation sur le terrain, l'enquête, l'interprétation d'images de satellites, la géomatique. Ils ont développé de solides capacités d'analyse et savent réaliser des synthèses. Ces aptitudes sont très recherchées et la maîtrise d'une troisième langue constitue un atout déterminant pour une carrière internationale. Selon le professeur Claude Comtois, de l'Université de Montréal, le taux de placement des titulaires de doctorat est de 100 % (Kettani, 2011).

4 À quoi sert la géographie ?

Décrire les formes du relief, les paysages, et ainsi de suite permet certes à ceux qui n'ont pas la chance de les voir par eux-mêmes de s'en faire une idée. Aux époques où n'existaient ni photographie, ni télévision, ni Internet, c'était déjà beaucoup.

Mais, nous l'avons souligné, le géographe ne veut pas juste regarder, il veut aussi comprendre. Ce paysage que nous avons sous les yeux, comment s'est-il formé ? Les sommets arrondis des Appalaches, par exemple, ne sont que les restes d'une chaîne de montagnes aux reliefs aussi hardis autrefois que les Rocheuses d'aujourd'hui. La végétation diffère selon les régions et l'altitude : pourquoi ? Les déplacements humains créent des flux aux directions parfaitement identifiables, le climat se modifie. La Terre est une planète dynamique et nous devons nous adapter à son évolution si nous voulons survivre. Certaines régions présentent d'ailleurs plus de risques, ou plus de ressources, que d'autres. Il est important d'en comprendre la logique afin d'explorer et exploiter les richesses naturelles dans les meilleures conditions. Sur le plan politique, les caractéristiques du territoire jouent un grand rôle. Par exemple, on utilisera des repères topographiques pour délimiter un État. Les conditions de circulation, les protections naturelles, les ressources, expliquent des entreprises coloniales, des conquêtes, ou au contraire le succès de la résistance à celles-ci. Aucune guerre ne peut faire abstraction des caractéristiques du territoire. «On n'a pas d'histoire sans géographie», affirme l'essayiste français Pascal Bruckner (Bruckner, 2006).

[Sous la loupe – L'expansion du Portugal au XV^e siècle, p. 11]

Ce ne sont là que quelques exemples. Ils illustrent cependant l'importance de l'apport de la géographie à la compréhension de la dynamique des sociétés humaines et de la planète elle-même. Cela est également vrai à l'échelle plus modeste de notre environnement immédiat : région ou quartier, par exemple.

Le non spécialiste bénéficie, lui aussi, des outils et des concepts de la géographie. En tant que simples voyageurs, ne tirons-nous pas profit de savoir lire une carte ou un paysage, de pouvoir décoder les signes d'une culture ? N'aimerions-nous pas anticiper l'évolution de ce que nous voyons ? Notre compréhension de l'actualité s'enrichit, de même que celle des autres groupes humains et celle du passé. Il nous est plus facile de situer dans son contexte toute connaissance nouvelle, quelle qu'en soit l'origine. Au surplus, on ne peut ignorer que la géographie participe aujourd'hui à la construction même des paysages, entre autres par la planification du territoire et les études de localisation préalables à l'implantation d'entreprises, de grands projets urbains ou d'ingénierie.

Pour les citoyens du monde que nous sommes, se situer dans l'espace n'est pas moins important que se situer dans le temps.

Sous la loupe...

Le plus grand centre intellectuel de l'Antiquité : Alexandrie (Égypte)

Source :

Sagan, Carl. *Cosmos*, traduit de l'américain par Dominique Peters et Marie-Hélène Dumas, Montréal, Presses Sélect Ltée, 1981, 361 p. (P. 14-21)

« La découverte de la *petitesse* de la Terre a été faite, comme tant d'autres découvertes importantes, au Moyen-Orient, au III^e siècle avant Jésus-Christ, dans la plus grande métropole de l'époque : Alexandrie, en Égypte [2]. Là vivait un homme du nom d'Ératosthène. [...] Astronome, historien, géographe, philosophe, poète, critique de théâtre et mathématicien, son œuvre comprend des titres variés, comme *l'Astronomie* et *Se libérer de la Douleur*. Il dirigeait la grande bibliothèque d'Alexandrie, et c'est là qu'un jour un papyrus attira son attention sur un nouveau sujet. Il y lut qu'à Syène¹, ville frontière du Sud située près des premières chutes du Nil, le 21 juin à midi, un bâton planté à la verticale ne jetait pas d'ombre. Au solstice d'été, le jour le plus long de l'année, alors que midi approchait, les ombres des colonnes du temple raccourcissaient. À midi, elles avaient disparu. Et l'on pouvait voir le Soleil se refléter au fond d'un puits profond, qu'il surplombait très exactement.

[2] La mesure de l'angle solaire à Alexandrie et à Syène

cartes, schémas et textes explicatifs

Thérèse Éveilleau. «Mesurer la circonférence de la Terre», [En ligne], http://therese.eveilleau.pagesperso-orange.fr/pages/truc_mat/pratique/textes/eratoste.htm (Page consultée le 28 juin 2013)

«La mesure de la circonférence de la Terre par Ératosthène», Mathématiques, *Science étonnante* (blog), 3 octobre 2011, [En ligne], <http://sciencetonnante.wordpress.com/2011/10/03/la-mesure-de-la-circonference-de-la-terre-par-eratosthene/> (Page consultée le 28 juin 2013)

Tout autre que lui aurait négligé cette observation. Des bâtons verticaux, des ombres, un reflet au fond d'un puits, la position du Soleil, quelle importance pouvaient bien avoir des choses aussi simples et quotidiennes ? Mais Ératosthène était un esprit scientifique, et en réfléchissant sur ces apparentes banalités, il changea le monde ; on pourrait presque dire qu'il refit le monde. Car il eut la présence d'esprit de vérifier si, autour de midi, le 21 juin, à Alexandrie, un bâton vertical jetait une ombre. L'expérience fut positive.

Il se posa alors la question suivante : comment se fait-il qu'à Syène un bâton planté verticalement n'ait pas d'ombre, alors qu'au même moment, mais beaucoup plus au nord, à Alexandrie, il se produit l'effet contraire ? Prenons une carte de l'Égypte ancienne et deux épingles. Plantons-en une sur Alexandrie et l'autre sur Syène. Supposons qu'à un moment donné aucune de ces deux épingles ne projette d'ombre. Il n'y a là rien d'étonnant – puisqu'il s'agit d'une surface plane. La lumière l'éclaire directement. Le fait que les deux épingles projettent des ombres de longueurs identiques serait tout aussi normal, sur une surface plane : les rayons lumineux formeraient avec les deux épingles des angles de mesure égale. Mais comment faire pour qu'au même moment l'épingle plantée sur Syène n'ait pas d'ombre et que celle d'Alexandrie en projette une très nette ?

Ératosthène ne trouva qu'une seule réponse possible à cette question : il fallait que la surface de la Terre fût courbe. Et plus cette courbure serait marquée, plus la différence entre les longueurs des ombres serait grande. Le Soleil est si loin de nous que, lorsqu'ils atteignent la Terre, ses rayons sont parallèles. C'est donc l'angle qu'ils forment avec un objet qui détermine la longueur de l'ombre que celui-ci va projeter. D'après la différence observée entre la longueur

¹ Actuellement Assouan.

des ombres, Alexandrie devait se trouver approximativement à sept degrés de Syène ; ce qui veut dire que, si l'on prolonge des piquet verticaux plantés en ces deux endroits jusqu'au centre de la Terre, ils formeront en se coupant un angle de sept degrés. Sept degrés représentent à peu près le cinquantième de trois cent soixante degrés, mesure de la circonférence totale de la Terre. Ératosthène savait qu'il y avait près de huit cents kilomètres entre Alexandrie et Syène, car il avait engagé un homme pour parcourir cette distance et la mesurer. Cinquante fois huit cents kilomètres font quarante mille kilomètres : telle devait être la circonférence de la Terre.

Cette réponse était la bonne. Avec pour seuls instruments quelques bouts de bois, ses yeux, ses jambes, son intelligence et son goût de l'expérience, Ératosthène mesura la circonférence de la Terre avec un pourcentage d'erreur très faible. Ce résultat est d'autant plus extraordinaire que cela se passait il y a deux mille deux cents ans. Ératosthène est donc le premier homme qui ait essayé de mesurer la taille d'une planète, et qui y soit arrivé.

Les navigateurs méditerranéens étaient alors réputés, et Alexandrie certainement le plus grand port du monde. Sachant que la Terre était une sphère de modeste diamètre, comment ne pas être tenté par de nouvelles explorations, par la découverte de terres inconnues, et, pourquoi pas, le tour du monde ? Quatre siècles plus tôt, une flotte phénicienne au service du pharaon égyptien Nécho avait fait le tour de l'Afrique. Partis de la mer Rouge, probablement sur de frêles esquifs découverts, les marins avaient longé la côte Est de l'Afrique pour rejoindre l'Atlantique et remonter ensuite jusqu'à la Méditerranée. Ce voyage épique avait duré trois ans, à peu près le temps qu'il faut à un vaisseau spatial comme Voyager pour aller de la Terre à Saturne.

À la suite de la découverte d'Ératosthène, de longs voyages maritimes furent entrepris par des navigateurs aventureux et courageux. Leurs navires étaient minuscules, leurs instruments rudimentaires. Ils avançaient à l'estime et suivaient les côtes le plus longtemps possible. Au milieu de mers inconnues, en observant nuit après nuit la position des constellations par rapport à l'horizon, ils arrivaient à déterminer leur latitude, mais pas leur longitude. En retrouvant dans le ciel d'océans inexplorés des constellations déjà connues, ils durent éprouver un grand réconfort. Les étoiles sont les amies des explorateurs, celles des navires qui parcouraient alors les mers de la planète, et celles des vaisseaux spatiaux que nous lançons maintenant dans le ciel. Après Ératosthène, d'autres s'y risquèrent, mais il fallut attendre Magellan (1520) pour faire le tour de la Terre. C'est ainsi que, pendant des siècles, des marins se racontèrent des récits d'aventures et de courage, tandis qu'ils jouaient leur vie en mettant en pratique les calculs d'un savant d'Alexandrie.

À l'époque d'Ératosthène, on construisait des globes terrestres qui représentaient le monde vu de l'espace ; tant qu'il s'agissait de la Méditerranée, ils étaient à peu près justes, mais plus on s'éloignait du monde exploré, plus ils devenaient fantaisistes.

Ceux qui sont rentrés après avoir essayé de faire par mer le tour du monde n'ont jamais été dans leur course par un continent, car la mer s'étendait toujours devant eux grande ouverte, mais plutôt par manque de détermination et par insuffisance de vivres [...] Ératosthène nous dit que si la vaste étendue de l'océan Atlantique n'y faisait pas obstacle, nous pourrions facilement rejoindre les Indes par la mer en partant d'Ibérie [...]

Colomb était un amateur de cartes anciennes et il était un lecteur assidu des livres des géographes de l'Antiquité, comme Ératosthène, Strabon ou Ptolémée, ainsi que de tous les écrits qui les concernaient. Mais, pour que «l'aventure des Indes» réussisse, pour que les navires et les équipages résistent à la traversée, il fallait que la Terre soit plus petite que ne l'avait dit Ératosthène. Colomb tricha avec ses calculs, ce qui n'échappa pas aux membres de la faculté de Salamanque qui les vérifiaient. Il prit la plus petite circonférence de la Terre qu'il put trouver dans tous les livres qu'il avait à sa disposition, et la plus grande extension vers l'ouest du continent asiatique, en exagérant encore ces chiffres. Si les Amériques ne s'étaient pas trouvées sur son chemin, l'expédition de Christophe Colomb aurait été un échec total.

[...] En quittant la Terre, nous sommes désormais capables de l'examiner d'en haut, de vérifier qu'elle est bien une sphère solide de la taille annoncée par Ératosthène et que les contours de ses continents sont conformes aux tracés établis par les remarquables cartographes d'autrefois. Un tel spectacle aurait rempli d'aise Ératosthène et les autres géographes d'Alexandrie... »

Comment la science vint à l'Occident

Source :

Gauthier, Ursula. «Le secret perdu de l'islam» dans *Le nouvel Observateur* n° 2094, du 24 décembre 2004 au 5 janvier 2005, p. 62-63.

Autres références citées dans l'article :

Cosandey, David. *Le secret de l'Occident*, s. l., Arléa, 1997.

King, David (historien britannique). *Astronomy in the Service of Islam*, s.l., Aldershot, 1993.

Sabra, A.I. (historien des sciences à Harvard). *The Enterprise of Science in Islam*, Washington, MIT Press, 2003.

Temple, Robert. *Le génie de la Chine*, s.l., Philippe Piquier, 2000.

« Quand les armées du Prophète conquièrent, aux VII^e et VIII^e siècles, des territoires s'étendant de l'Espagne à la Perse, ils annexèrent également les œuvres de Platon, Aristote, Pythagore, Archimède, Hippocrate... Cette rencontre intellectuelle entre l'Arabie et la Grèce devait avoir des conséquences énormes pour l'islam et pour le monde.

C'est à Tolède, vers 1150, que les textes antiques commencent à être traduits de l'arabe vers le latin. Trois siècles de labeur intense finissent par transférer également le corpus scientifique arabe. [...] On pense que les théories développées par le mathématicien Al-Tusi (XIII^e siècle) afin de corriger les défauts du système de Ptolémée ont exercé une influence décisive sur la réflexion de Copernic.

Pourtant, selon A.I. Sabra, l'histoire de la science musulmane est "un champ quasi vierge". Des milliers de manuscrits conservés dans les bibliothèques du monde n'ont jamais été lus par les chercheurs modernes.

Selon David King, l'idée préconçue selon laquelle l'islam n'est pas compatible avec l'esprit scientifique n'a aucun fondement. Au contraire, les Arabes, devant naviguer dans les déserts, étaient depuis toujours familiarisés avec les étoiles. Mais l'exigence de se tourner vers La Mecque pour la prière rendait indispensable une science précise des dimensions et de la forme terrestres. Les plus grands esprits se sont donc attelés à la production de tables qui indiquaient la *qibla* (l'orientation sacrée) en tout point de l'immense monde musulman, de Cordoue à Ispahan. D'où un essor sans précédent de l'astronomie, de la géographie et des disciplines associées.

Plus fondamentalement, le Dieu de Mahomet commande au croyant de lire la nature pour y trouver Ses signes. La science est pour les musulmans une autre façon d'expérimenter l'unité de la création. «Toute personne qui étudie l'anatomie augmente sa foi dans l'omnipotence et l'unicité de Dieu tout-puissant», disait Averroès, le grand savant et philosophe andalou du XII^e siècle. [...]

Sous les coups simultanés des croisés à l'Ouest et des Mongols à l'Est, le déclin de l'empire arabe provoque un repli doctrinal, mettant fin au foisonnement des écoles théologiques. La synthèse miraculeuse étant perdue, le stéréotype de l'islam orthodoxe et obscurantiste pouvait naître. »

Au XV^e siècle, sous Henri le Navigateur, le Portugal connaît une fantastique expansion grâce au développement des connaissances maritimes

Source :

Taillemite, Étienne. *Sur des mers inconnues. Bougainville, Cook, La Pérouse*, Paris, Gallimard, 1987, p. 12-39.

« Les navigateurs et les cartographes les plus renommés sont attirés à Lisbonne, où sont financées de multiples expéditions lointaines. L'installation, à Sagres, d'un observatoire, d'une bibliothèque et d'une école de navigation

favorise la mise au point d'instruments, de cartes et de méthodes de navigation. Le Portugal² centralise les connaissances géographiques de l'Europe. On redécouvre des notions qui, courantes dans l'Antiquité, avaient été oubliées à partir du V^e siècle, en particulier sous l'influence de l'Église, qui considérait de nombreux manuscrits comme des hérésies païennes. Ainsi le voyage de Magellan réintroduit-il la notion de sphéricité de la Terre, révélée par le mathématicien grec Pythagore environ quinze siècles plus tôt.

La redécouverte des connaissances de l'Antiquité, jointe aux bilans des grands voyages des XII^e et XIII^e siècles, en particulier celui de Marco Polo en Asie centrale et en Chine, permet de dresser les premières cartes marines. Le tracé des côtes sur ces portulans, où sont consignées les distances de port à port, est rendu possible grâce à la boussole, nouvel instrument de base du navigateur. Mais ces cartes ne sont guère plus précises que celles de l'astronome Ptolémée au II^e siècle. On y trouve le tracé d'un continent situé aux antipodes, une *Terra incognita* dont le savant grec avait déjà supposé l'existence. »

² Comme l'Espagne, le Portugal a été colonisé pendant 8 siècles par les Arabes. Ces derniers régnaient alors sur un empire allant de la Chine aux rivages de l'Atlantique, ce qui explique leur intérêt pour le développement de la cartographie et des techniques maritimes, et également la transmission à l'Occident, grâce au commerce entre toutes ces régions, de nombreuses inventions asiatiques, par exemple la boussole. L'expédition de Christophe Colomb, pour le compte de l'Espagne, coïncide avec la fin de la reconquête (*Reconquista*) chrétienne de la péninsule ibérique. Christophe Colomb avait initialement proposé ses services au Portugal, qui, trop confiant dans sa supériorité maritime, estima ne pas avoir besoin d'une telle expédition. C'est ainsi que l'Espagne supplanta le Portugal au premier rang des grandes puissances.

Pour aller plus loin

À lire

- Claval, Paul. *Histoire de la géographie (4^e édition)*, Paris, PUF, 2011, 128 p. (Coll. «Que sais-je ?»)
Le développement de la géographie depuis l'antiquité, en relation avec les questionnements intellectuels, politiques et sociaux propres à chaque époque.

- De Koninck, Rodolphe. *Profession géographe*, Montréal, Presses de l'Université de Montréal, 2008, 72 pages (coll. «Profession»).

Réflexions sur la discipline et profil de la carrière d'un des géographes les plus connus du Québec.

- Kettani, Assia. «Université de Montréal : les sujets de recherche en géographie n'ont plus rien en commun avec les doctorats d'il y a un demi-siècle», *Le Devoir.com*, 29 octobre 2011, [En ligne], http://www.ledevoir.com/societe/education/334696/universite-de-montreal-les-sujets-de-recherche-en-geographie-n-ont-plus-rien-en-commun-avec-les-doctorats-d-il-y-a-un-demi-siecle?utm_source=infolettre-2011-10-29&utm_medium=email&utm_campaign=infolettre-quotidienne (Page consultée le 29 novembre 2011)

Les diplômés en géographie ont désormais un large éventail de possibilités professionnelles.

- George, Pierre et Fernand Verger (dir). *Dictionnaire de la géographie*, Paris, PUF, 2009, 472 p. (coll. «Quadrige»), édition en format poche.

Un grand classique, régulièrement réédité, pour comprendre le vocabulaire de la discipline.

À voir

- Arthus-Bertrand, Yann. *Home*, France, 2009, 120 min, coul., DVD,

Un documentaire hommage aux beautés de notre planète, filmées d'un hélicoptère, et un cri d'alarme pour leur préservation. On peut le visionner en HD sur ces sites : <http://www.homethemovie.org/> et <http://home-2009.com/fr/>, entre autres.

Sur le Web

- Département de géographie des universités, par exemple l'Université de Montréal (<http://www.geog.umontreal.ca/>), l'UQÀM (<http://www.geo.uqam.ca/>), l'Université de Sherbrooke (<http://www.usherbrooke.ca/geomatique/programmes-detudes/par-discipline/geographie/>), l'Université Laval (<http://www.ggr.ulaval.ca/>)

Pour un aperçu des programmes, champs d'étude et débouchés de la discipline.

- *Geobase*, Université Laval : http://supersite.bibl.ulaval.ca/mieux/chercher/portails/foresterie_geographie_geomatique/geographie/geographie_bd_imprimees

Base de données donnant accès à des milliers de références bibliographiques dans toutes les branches de la géographie.

- La Société de Géographie : <http://www.socgeo.org/> (site français)

Bibliothèque, librairie, fonds photographique, revues et publications diverses, cafés géographiques, lettre d'information électronique.

- Revue *Hérodote* : <http://www.herodote.org/index.php>

La revue traite une variété de sujets géographiques et géopolitiques. On peut lire sur le site de nombreux résumés d'articles et plusieurs articles dans leur intégralité.

Bibliographie

Bruckner, Pascal. *La tyrannie de la pénitence – Essai sur le masochisme occidental*, Paris, Grasset, 2006, p. 216.

Kettani, Assia. «Université de Montréal : les sujets de recherche en géographie n'ont plus rien en commun avec les doctorats d'il y a un demi-siècle», *Le Devoir.com*, 29 octobre 2011, [En ligne], http://www.ledevoir.com/societe/education/334696/universite-de-montreal-les-sujets-de-recherche-en-geographie-n-ont-plus-rien-en-commun-avec-les-doctorats-d-il-y-a-un-demi-siecle?utm_source=infolettre-2011-10-29&utm_medium=email&utm_campaign=infolettre-quotidienne (Page consultée le 29 novembre 2011)

«L'équipe administrative de la Chaire – Rodolphe de Koninck», *Site de la Chaire de recherche du Canada en Études asiatiques*, Université de Montréal, s.d., [En ligne], http://www.caac.umontreal.ca/fr/chai_team.html (Page consultée le 7 mars 2011)

Nancy, Dominique. «Rodolphe de Koninck, géographe explorateur», 28 avril 2008, dans *Forum*, Université de Montréal, s.d., [En ligne], <http://www.nouvelles.umontreal.ca/archives/20072008/content/view/1341/228/index.html> (Page consultée le 21 avril 2011)

PETITE PLANÈTE, GRANDS DÉFIS

La carte, outil privilégié du géographe

Image et dossier

IGN. «SEIG : Introduction : Carte et information géographique : qu'est ce que c'est ? à quoi ça sert ?», s.d., [En ligne], <http://seig.ensg.ign.fr/fichchem.php?NOFICHE=CHQ1&NOCONT=CONT4&NOCHEM=CHEMQ001&NOLISTE=0&RPHP=&RCO=&RCH=&RF=&RPF=> (Page consultée le 28 juin 2013)

Quels sont les outils du géographe ? L'observation sur le terrain, l'enquête, la gestion statistique des données, en font partie. Comme toute autre discipline de sciences humaines, la géographie s'appuie sur des faits vérifiables, décrit, analyse, compare, avant de livrer une réflexion synthétique documentée et rigoureuse. Toutefois, puisque la géographie analyse les phénomènes dans leur relation avec l'espace, l'outil qui la distingue est sans conteste la carte.

Le géographe n'est pas seulement appelé à interpréter les signes caractérisant l'espace, mais aussi à travailler sur cet espace, à l'organiser, comme c'est le cas pour les planificateurs du territoire. Autrefois l'apanage des explorateurs et des militaires, la cartographie est devenue l'auxiliaire d'une foule d'activités de développement. Afin de refléter les changements de plus en plus rapides qui surviennent dans nos paysages, ses méthodes ont évolué. Aujourd'hui, pour localiser, mesurer et représenter, nous disposons d'outils sophistiqués – comme la télédétection, grâce auxquels la carte rend parfois compte de réalités inaccessibles ou invisibles à nos yeux telles que les reliefs sous-marins et les régions plongées dans la nuit polaire. Elle rend compte également des phénomènes liés à l'occupation humaine. Dans la vie quotidienne, la carte nous rend service sous de multiples formes : du plan gribouillé rapidement à l'intention d'un visiteur occasionnel au repérage de notre maison sur *Google Street*, du planisphère donnant une vision d'ensemble de la planète à la carte détaillée du randonneur, en passant par le plan du réseau du métro et le système GPS sans lequel nous n'imaginons plus de nous diriger. Il est habituel et nécessaire de se repérer dans l'espace. Mais savons-nous vraiment lire une carte ?

Pour interpréter correctement tous ces renseignements, nous avons besoin de connaître les points de repère terrestres et célestes grâce auxquels nous nous situons dans l'espace, ainsi que les limites d'une transcription aussi fidèle que possible de la réalité sous la forme d'un document à deux dimensions. Enfin, nous devons décoder les indications qui permettent de calculer les distances et de «lire» les paysages à travers leur représentation sur papier ou sur écran.

1 L'évolution de la cartographie

La première carte connue a été trouvée, gravée sur le roc, dans un village **néolithique** de l'Italie centrale. Certains monuments, dont le mystère n'a pas été éclairci, ont pu jouer ce rôle dans les plus anciennes civilisations, sous la forme de ce que nous croyons être une projection de l'espace céleste sur la Terre (les menhirs, par exemple). Quoiqu'il en soit, il ne s'agissait pas d'une science de la représentation de la Terre. Comme nous l'avons mentionné, ce sont les Grecs qui ont dégagé progressivement la géographie de l'astronomie, elle-même liée à la religion, pour jeter les bases d'un raisonnement scientifique. Le monde méditerranéen est alors devenu un important foyer de cartographie, car il constituait le centre intellectuel, politique et économique de ce temps. L'historien et géographe grec Hécateé de Milet a réalisé la première mappemonde au V^e siècle avant notre ère. Ces cartes nous semblent aujourd'hui bien sommaires, mais elles représentaient une réelle avancée, et des géographes comme Ératosthène (– III^e siècle) ou Ptolémée (II^e siècle), jouissaient d'une très grande réputation [1]. Tout ce patrimoine, après la chute de l'Empire romain (V^e siècle), a été préservé et transmis à l'Occident chrétien par les monastères byzantins et les écoles arabes. Les cartes établies au Moyen Âge en Occident ont un caractère plus symbolique que scientifique, étant donné la primauté de la religion, mais les marchands, secondés par les explorateurs, vont se mettre à la recherche de routes maritimes et redécouvrir les connaissances de l'Antiquité grecque. C'est ainsi que Christophe Colomb, pariant sur la rotondité de la Terre, lance ses caravelles sur la route des Indes. Aurait-il tenté pareille aventure s'il n'avait sous-estimé l'immensité de l'océan ?

Néolithique – Période de la préhistoire allant du VII^e au III^e millénaire avant notre ère, connue aussi comme période de la pierre polie, qui a vu l'apparition de l'agriculture et de l'élevage.

[1] La carte du monde d'Ératosthène (–III^e siècle)

carte

«Le monde selon Ératosthène», cartes, *M@ths et tiques*, s.d., [En ligne], <http://ymonka.free.fr/maths-et-tiques/index.php/histoire-des-maths/cartes/selon-eratosthene> (Page consultée le 28 juin 2013)

Avec les grandes découvertes, les techniques de navigation progressent et les échanges internationaux se développent. Les Espagnols et les Portugais, qui dominent alors les mers, tracent des cartes marines détaillées : les **portulans** [2]. À cette époque, on sait mesurer la hauteur du soleil dans le ciel, qui permet de se situer en latitude. L'utilisation du papier et l'invention de l'imprimerie permettent désormais de reproduire fidèlement les cartes, bien que les navigateurs y introduisent volontairement de fausses informations afin de préserver le secret de leurs routes. Au XVI^e siècle, le géographe flamand Mercator met au point un système géométrique de **projection** inspiré d'une découverte chinoise. Au XVIII^e siècle, l'invention des montres à ressort résout le problème du calcul des longitudes. On peut en effet y lire l'heure même en l'absence de soleil et indépendamment de la position que l'on occupe, à la différence des horloges solaires et des clepsydres (horloges à eau). Ces dernières, notamment, n'étaient pas très utiles sur des bateaux en mouvement !

Portulan – Carte marine indiquant la position des ports et le tracé des côtes.
Projection – Méthode géométrique de transfert d'une surface courbe sur une surface plane.

[2] Un portulan

Carte

Bibliothèque nationale de France, Bibliothèque numérique Gallica. *Carte de Terre-Neuve et Acadie par Pierre Detcheverry* [...], s.d., [En ligne], <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b5905624p.item.f1.langFR> (Page consultée le 28 juin 2013)

Plus tard, à partir de la fin du XVIII^e siècle, la révolution industrielle rend disponibles des moyens de plus en plus perfectionnés, qui relèvent du domaine des organismes publics et des grandes firmes d'ingénierie. Puis la poursuite

d'objectifs militaires et la recherche spatiale accélèrent l'évolution, parallèlement aux progrès de l'informatique. En même temps, la carte devient un objet de consommation courante pour le grand public. Aujourd'hui, la carte en papier n'est plus qu'un élément parmi d'autres du produit cartographique.

2 Les repères cartographiques

Comment se situer avec précision ? Les mouvements de la Terre dans l'espace expliquent plusieurs caractéristiques de notre planète, telles que les rythmes diurnes et saisonniers, les vents, la direction des courants marins, les climats, la formation des reliefs (*voir la section 3*). Ils nous donnent également les points de repère dont nous avons besoin pour nous situer dans le temps et dans l'espace.

2.1 Les solstices et les équinoxes déterminent les latitudes

La Terre décrit autour du Soleil une orbite elliptique (révolution, ou translation) en 365 jours, 5 heures, 48 minutes et 46,08 secondes, soit 11 minutes de moins que les 365 jours $\frac{1}{4}$ de l'année civile. Cette orbite n'est pas tout à fait régulière, ce qui entraîne une légère différence dans la répartition de la chaleur dans les deux hémisphères.

Toute l'année, l'axe de rotation de la Terre reste incliné de $23^{\circ} 27'$ sur le plan de son orbite (ou écliptique). Cette distance angulaire se retrouve entre l'équateur et chacun des tropiques, ainsi qu'entre les pôles et les cercles polaires. C'est elle qui détermine la durée du jour et de la nuit sous chaque latitude, l'alternance des saisons, les différences entre les climats du globe. En effet, chaque hémisphère «penche» à son tour vers le Soleil et bénéficie d'un maximum de réchauffement, pendant que l'hiver s'installe dans l'autre. Le même lieu sera donc éclairé et réchauffé différemment tout au long de l'année, à mesure que la Terre se déplace sur son orbite [3][4][5].

[3] La révolution de la Terre sur son orbite

Schémas et texte explicatif

Philippe Merlin et Pierre Thomas. «Comment sont définis les solstices ?», *Planet Terre*, éducol, ENS Lyon, s.d., [En ligne], <http://planet-terre.ens-lyon.fr/article/solstice.xml> (Page consultée le 28 juin 2013)

[4] L'éclairement solaire et les saisons

Schéma

Bœuf, Philippe. «Pourquoi y a-t-il des saisons sur Terre ?», *Astronomie, Robert in space – AstroPhoto*, 29 mars 2012, [En ligne], <http://philippe.boeuf.pagesperso-orange.fr/robert/astro/astronomie/saisons.htm> (Page consultée le 28 juin 2013)

[5] L'angle d'incidence des rayons solaires, la surface de rayonnement et le degré de réchauffement atmosphérique

Schémas

Ibid., et :
«Pourquoi les saisons existent-elles ?», Module 3 – *L'étude de l'univers*, Chenelière, p. 284, s.d., [En ligne], http://www.cheneliere.info/cfiles/complementaire/carrefour_sciences9_9782765105664/errata/Chapitre_07.pdf (Page consultée le 28 juin 2013)

Le Soleil se trouve au **zénith** de l'équateur deux fois par an (aux **équinoxes**) et au zénith de chacun des tropiques une seule fois par an, au moment du **solstice** d'été de l'hémisphère correspondant. Les régions polaires, qui ne bénéficient à aucun moment de l'année d'un rayonnement direct, constituent la zone des climats froids. Soulignons que l'inégalité des températures ne résulte pas de la distance qui nous sépare du Soleil : la Terre en est même plus près en janvier (147,3 millions de kilomètres) qu'en juillet (152,1 millions de kilomètres). Elle résulte plutôt de l'angle d'incidence des rayons solaires. En effet, un rayonnement direct concentre sur une petite surface la totalité des calories reçues en une région du globe, tandis qu'un angle plus grand dû à la courbure de la Terre fait traverser aux rayons solaires une plus grande épaisseur d'atmosphère et disperse les calories sur une plus grande surface de sol. Le potentiel de réchauffement est alors bien moindre.

Zénith – Point le plus élevé d'un mouvement ascendant.

Équinoxe – Du latin *æquus* (égal) et *nox* (nuit). Période de l'année où les jours et les nuits sont de même durée.

Solstice – Époque de l'année où le Soleil atteint l'un des deux points extrêmes de l'orbite terrestre.

Les solstices et les équinoxes, ces moments clés de la course apparente du Soleil dans le ciel, ont permis d'établir les points de repère majeurs que sont les principaux parallèles : équateur, tropiques, cercles polaires.

- Au solstice d'été (21 juin et parfois le 20, selon les années, dans notre hémisphère), le Soleil se trouve au zénith du tropique de l'hémisphère considéré³, où il fournit un rayonnement plus direct et plus intense qu'à aucun autre moment. C'est aussi le jour le plus long de l'année, et celui où le cercle polaire de cet hémisphère reçoit 24 heures d'éclairément.
- Au solstice d'hiver (21 ou 22 décembre dans notre hémisphère), le Soleil passe au zénith du tropique de l'hémisphère opposé. C'est donc le jour où le Soleil est le plus bas sur l'horizon et le jour le plus court de l'année. Toutes les régions situées au-delà du cercle polaire sont plongées dans une nuit de 24 heures.
- Les équinoxes ont lieu au printemps (20 ou 21 mars) et à l'automne (22 ou 23 septembre). Le Soleil se trouve alors au zénith de l'équateur. Le cercle d'éclairément passant exactement par les pôles, les deux hémisphères sont également éclairés, avec des jours et des nuits d'égale durée.

2.2 La rotation détermine les longitudes

La Terre ne tourne pas seulement autour du Soleil, mais également sur elle-même, autour de l'axe des pôles, en une durée de 23 heures 56 minutes et 4,09 secondes qui constitue le jour **sidéral**. Au cours de ce mouvement, la Terre présente successivement au Soleil les différentes régions, ce qui détermine – entre autres – l'alternance des nuits et des jours, ainsi que la mesure du temps et des distances.

Sidéral – Relatif aux astres.

Bien que la durée des jours et des nuits varie selon le lieu et la saison, il y a toujours une moitié de la Terre qui est éclairée et l'autre qui reste dans l'ombre de la première. La partie éclairée change constamment à mesure que la Terre tourne (de l'ouest vers l'est). Nous voyons donc le Soleil se lever à l'est – le levant – et se coucher à l'ouest – le couchant. Il s'agit là d'un point de repère fondamental pour s'orienter [6]

En ce qui concerne la mesure du temps et des distances, un arc de 15 degrés correspond à une heure, soit la division des 360 degrés (ou méridiens) du cercle par les 24 heures d'une journée, un peu comme si la Terre était une orange formée de 24 quartiers. Les méridiens sont des lignes virtuelles joignant tous les points du globe où il est midi en même temps. Leur tracé va d'un pôle à l'autre, déterminé par les positions successives du cercle d'éclairément solaire à la surface de la Terre. À partir des méridiens, on calcule les distances en degrés dans le sens est-ouest (longitude).

³ Rappelons que les saisons sont inversées dans l'hémisphère Sud. Ainsi, lorsque l'été commence au Canada, c'est l'hiver qui commence en Australie.

16 Les méridiens et le calcul des longitudes

Schémas et texte explicatif

«Latitude and longitude», Map Maker, *National Atlas of the United States*, 14 janvier 2013, [En ligne], http://www.nationalatlas.gov/articles/mapping/a_latlong.html (Page consultée le 28 juin 2013)

Dans certains pays très étendus, comme la Russie ou le Canada, l'heure solaire varie beaucoup d'un endroit à l'autre. En réponse à cette difficulté, le système des fuseaux horaires a été implanté – d'abord aux États-Unis et au Canada – à la fin du XIX^e siècle, époque où commençaient à se généraliser les voyages en chemin de fer. Notons que, pour des raisons pratiques, les limites des fuseaux horaires s'adaptent plutôt aux découpages administratifs qu'au tracé des méridiens.

Le mouvement de rotation de la Terre a également une incidence sur tous les fluides du globe :

- l'air (direction des vents) ;
- les eaux (marées, courants marins) ;
- la partie liquide du noyau terrestre, qui détermine le champ magnétique de notre planète ;
- les masses rocheuses en fusion sous la croûte terrestre, animées par des **courants de convection** qui sont à l'origine de la formation des reliefs (*voir le dossier n° 2 : Le milieu physique et les ressources*).

Courants de convection – Courants dus à des différences de température et de densité. Par exemple, un fluide chauffé prend de l'expansion et tend à s'élever.

3 La production d'une carte

La carte est une image réduite et symbolique du monde connu, qui comporte aussi une part de construction mentale en vue de rendre l'espace signifiant. Il existe plusieurs types de cartes, dont la production ne va pas sans quelques difficultés.

Les cartes topographiques (*voir la carte 19, p. 26*) reproduisent tous les éléments du paysage : source, pont, boisé, colline, bâtiment isolé, etc. Indispensables aux explorateurs et aux militaires, appelés à se déplacer dans des milieux inconnus et souvent hostiles, elles permettent de tenir compte de chaque détail. On peut aussi leur superposer d'autres renseignements. La carte est rarement neutre. Elle véhicule des intentions, une culture. Elle peut suggérer une interprétation, par exemple en renforçant visuellement certains éléments au moyen de la couleur, du graphisme, de symboles, ou d'autres moyens.

Les cartes thématiques, comme celles qui illustrent les différents dossiers de cet ouvrage, rendent même compte des éléments non visibles du territoire : géologie, climats, flux de marchandises ou migrations humaines, découpage politique, caractéristiques socio-économiques, etc. Elles matérialisent les convergences et les dispersions (par exemple au moyen de flèches), les hiérarchies (par exemple la taille des villes). Elles peuvent suggérer une dynamique (par exemple la progression d'un cyclone, la diffusion de pratiques culturelles, etc.) ou permettre de déterminer l'emplacement d'entreprises, de comparer l'étendue des empires, de régler la circulation urbaine ou aérienne, de planifier les interventions sur le territoire. La mise à jour régulière d'autant de données représente un défi, car produire une nouvelle carte, du moins avec les techniques traditionnelles, est une entreprise de longue haleine.

Convertir un volume, ici une sphère (la Terre), en une surface plane (la carte) ne peut se faire sans des distorsions que l'on cherchera à minimiser. Il faut aussi réduire et altérer les proportions, sélectionner les éléments les plus significatifs à placer sur la carte, déterminer leur importance respective et finalement les représenter adéquatement. Produire une carte comporte plusieurs étapes.

Effectuer les levés topographiques consiste à faire un inventaire de tous les points du paysage qui figureront sur la carte, selon leur emplacement respectif exact en latitude, longitude et altitude. Cela suppose de s'orienter et de mesurer avec soin.

- Pour s'orienter, les points de repère les plus universels sont les astres. La course apparente du Soleil dans le ciel au cours de la journée nous donne trois des quatre points cardinaux : l'est (levant), l'ouest (couchant) et le sud (zénith). Dans notre hémisphère, l'étoile Polaire indique le nord magnétique, que nous donne aussi la boussole.
- La méthode de mesure traditionnelle consiste à arpenter le terrain. Différentes techniques permettent de mesurer même les endroits difficiles d'accès, mais elles ont l'inconvénient de la lenteur et il reste tout de même des lieux plus ou moins inaccessibles.
- La télédétection (photographie aérienne et images de satellites) représente à cet égard un progrès décisif, notamment pour des pays comme le Canada, dont le territoire comprend de vastes zones encore sauvages et d'importants obstacles naturels. De plus, l'intérêt stratégique des États-Unis pour les espaces nordiques a stimulé la recherche, de telle sorte que le Canada est devenu un leader dans le domaine de la production cartographique. La télédétection avantage aussi les pays moins développés, en particulier pour le repérage des ressources. Les satellites peuvent «voir» de nuit ou à travers la couche nuageuse. Leur altitude permet une vision à la fois très étendue et très précise. Des capteurs spéciaux fournissent, sur demande, des images spécifiques qui font ressortir, grâce à de «fausses couleurs» dont la carte [7] fournit un exemple, des détails que l'œil ne perçoit pas. Ainsi, la gamme de l'infrarouge soulignera en noir la présence d'eau dans les profondeurs du sol, ou les zones forestières en mauvaise santé au moyen de différentes nuances de rouge.

[7] Spatiocarte de Montréal

Remarquez les «fausses couleurs», et plus particulièrement les eaux apparaissant en noir.

Carte

Gouvernement du Québec. «Spatiocarte de Montréal (Image du satellite Landsat-ETM à 15 m de résolution - Feuillet 31H-no – Montréal)», *Portail de l'information géographique gouvernementale*, 7 mars 2011, [En ligne], http://www.quebecgeographique.gouv.qc.ca/education/images/teledetection2_g.jpg (Page consultée le 28 juin 2013)

La télédétection offre aussi l'avantage d'un calcul automatique des altitudes et de la transmission des images sous forme numérique, ce qui simplifie grandement la production des cartes. En outre, on peut déceler rapidement tout changement puisque le satellite effectue plusieurs passages par jour.

Qu'on les ait recueillies sous forme de mesures ou d'images, les données doivent ensuite être sélectionnées, ordonnées, traitées et présentées sur un support approprié à l'usage qui en sera fait : c'est la restitution cartographique. L'informatisation a ouvert des horizons pratiquement illimités au traitement cartographique. Changer de couleur et d'échelle, suggérer la troisième dimension, modifier rapidement une information, sont devenus un jeu d'enfant. La géomatique, une discipline faisant appel à des données informatiques de toutes provenances combinées avec un système de localisation géographique à base de coordonnées spatiales (système d'information géographique, ou SIG), a vu exploser ses applications, par exemple, dans le domaine de la gestion municipale. Des logiciels comme *Google Earth* et *Google Street* mettent à notre portée, en un clic, pratiquement n'importe quel lieu de la Terre et nous permettent de le visiter de façon très réaliste. Les appareils de géolocalisation tels que le GPS (*Global positioning system*) équipent nos téléphones et nos voitures, remplaçant les traditionnelles cartes routières.

Cependant, quel que soit le support choisi, la présentation de la carte obéit à un ensemble de conventions strictes concernant l'orientation, le titre, les symboles, les couleurs, la typographie, etc. Une carte doit toujours être très expressive et très lisible.

4 L'utilisation d'une carte

La carte, qu'il s'agisse d'un planisphère où s'étale l'ensemble du monde ou de la représentation détaillée d'une petite région, parle un langage qu'il faut comprendre pour en tirer tous les renseignements dont nous avons besoin et composer avec ses limites : situer et orienter les lieux au moyen des coordonnées, mesurer les distances et les surfaces au moyen de l'échelle, interpréter l'espace au moyen des projections et de la légende, se représenter les altitudes et les pentes au moyen d'un système de couleurs ou de courbes de niveau.

4.1 S'orienter

Tout lieu peut être défini par ses coordonnées géographiques, c'est-à-dire sa position à l'intersection d'un méridien et d'un parallèle [8]. Évidemment, tous les lieux ne se trouvent pas exactement sur le trajet d'un de ces deux axes. On établit donc une grille de référence (méridiens et parallèles) plus serrée qui permettra de calculer la position des lieux de façon suffisamment précise. Chaque degré (°) d'angle se divise en minutes (') et secondes ("), mais sur les cartes topographiques très détaillées on utilise plutôt des coordonnées décimales, ou planes (coordonnées topographiques), comme sur la figure [9]. En effet, la surface représentée étant trop petite pour rendre compte de la courbure de la Terre, la déformation due à la perte de la troisième dimension devient pratiquement indétectable. Les coordonnées numériques des systèmes d'information géographique (SIG) suivent le même principe.

[8] Les coordonnées géographiques

Schéma

«Se repérer sur Terre», *histgeo-cluny*, Le web pédagogique, 11 octobre 2012, [En ligne], <http://lewebpedagogique.com/hgcluny/2012/10/> (Page consultée le 28 juin 2013)

[9] Les coordonnées topographiques (planes)

Schéma et texte explicatif

Patrick Bouron. «Les deux principaux types de coordonnées», Les coordonnées planes, *Fiche 9 - Utilisation de la carte*, serveur éducatif dédié à l'information géographique, IGN et Ministère de l'Éducation Nationale, de la Recherche et de la Technologie, France, s.d., [En ligne], <http://seig.ensg.ign.fr/fichchap.php?NOCONT=&NOCHEM=CHEMS009&NOFICHE=FP28&NOLISTE=3&N=8&RPHP=&RCO=&RCH=&RF=&RPF=> (Page consultée le 28 juin 2013)

Les distances dans le sens nord-sud s'expriment en degrés de latitude. Rappelons que la latitude est la distance en degrés qui sépare un point quelconque de l'équateur, et tous les points situés à la même distance de l'équateur sont sur le même parallèle. Les parallèles sont des cercles de plus en plus petits, gradués de 0° (à l'équateur) à 90° (au pôle de chaque hémisphère).

Il est bon de savoir que le nord indiqué sur les cartes est le nord géographique, qui ne coïncide pas exactement avec le nord magnétique (le «vrai nord») donné de façon approximative par la boussole. Le pôle nord géographique correspond à la convergence des méridiens définis par le cercle d'éclairement solaire, autrement dit au point d'intersection de l'axe de rotation de la Terre avec la surface terrestre dans l'hémisphère Nord. Le nord magnétique correspond à la convergence des lignes de force du magnétisme terrestre. Les deux pôles Nord ne se situent pas au même endroit et l'écart entre les deux (déclinaison magnétique) varie au cours du temps, à un rythme d'environ 40 kilomètres par an (Commission géologique du Canada, 2008). Il se détermine en tenant compte de l'année de réalisation de la carte et du changement annuel. Un tel calcul peut être nécessaire si on doit s'orienter sur un territoire qui n'est pas balisé.

Les distances dans le sens est-ouest s'expriment en degrés de longitude. La longitude est la distance en degrés qui sépare un point du méridien de Greenwich, à Londres. Les méridiens sont en effet gradués de 0° (méridien de Greenwich, ou méridien d'origine, qui sert également de base au calcul du décalage horaire) à 180° (soit la ligne de changement de date, dans le Pacifique). À titre d'exemple, les coordonnées géographiques de Montréal s'expriment ainsi : 45°31' de latitude Nord et 73°34' de longitude Ouest.

En observant diverses cartes, on peut se demander comment il se fait que les cartographes tracent parfois des méridiens convergeant vers les pôles et des parallèles courbes, comme dans la réalité, et parfois une grille **orthogonale** de parallèles et de méridiens rectilignes se coupant à angle droit. Le mode de représentation des coordonnées dépend de la projection qui a été adoptée et de l'échelle de la carte.

Orthogonal – Du grec *orthos* (droit). Dont les axes ou les plans se coupent à angle droit.

4.2 Interpréter la carte

Les projections sont un transfert des différents points du territoire cartographié sur un support plan, la carte. Bien entendu, il est impossible de ne pas déformer la réalité en passant d'une sphère, objet à trois dimensions, à un plan, objet à deux dimensions. La ligne courbe du globe et la ligne droite de la feuille sur laquelle est tracée la carte ne coïncident qu'en un seul point. Plus on s'éloigne de ce point tangent, de part et d'autre, plus l'écart entre les deux lignes (la déformation) s'accroît. Cette observation illustre la difficulté de faire coïncider chaque point du globe avec son équivalent cartographique. On peut essayer de réduire la déformation au moyen de différents modèles géométriques, mais on ne peut l'éliminer totalement.

- Si les angles (par exemple le tracé des côtes) sont fidèles, les surfaces ne le sont plus. C'est le cas des projections dites conformes.
- Si l'on privilégie l'exactitude des surfaces, les angles seront déformés. C'est le cas des projections dites équivalentes.

Il existe des centaines de variantes dans chacune de ces deux grandes catégories de projections. Nous nous limiterons ici à quelques exemples de base pour en comprendre le principe.

Dans les projections cylindriques, la carte est traitée comme une feuille de papier enroulée en un cylindre autour du globe [10 A]. Imaginons le globe comme une sphère transparente sur laquelle on aurait tracé les méridiens et les parallèles. Une source lumineuse située au centre projette l'ombre de ces lignes sur le papier. Le résultat, une fois la feuille déroulée, est un quadrillage. Les parallèles ne sont plus courbes, mais droits. Les méridiens ne se rejoignent plus aux pôles. Les pôles ne sont plus des points mais des lignes. Les latitudes polaires ont donc été considérablement agrandies, à la manière d'un élastique que l'on étire, tandis que les régions proches de l'équateur (ligne tangente, le long de laquelle le papier touchait au globe) ont conservé leurs proportions.

[10 A] Le principe de la projection cylindrique

Schéma et dossier explicatif

Dana, Peter. «Projection of a Sphere onto a Cylinder (Tangent Case), *Map Projections Overview*, Department of Geography, University of Texas at Austin, 2000, [En ligne], http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/mapproj/mapproj_f.html (Page consultée le 28 juin 2013)

Cette projection, dite «de Mercator» [10 B] convenait aux navigateurs du XVI^e siècle, qui voyageaient surtout aux latitudes tropicales dans le cadre de leurs entreprises coloniales. Sur l'ensemble du planisphère, cependant, elle fausse les proportions des continents : le Groenland (2 millions de kilomètres carrés) apparaîtra par exemple aussi grand que l'Afrique (plus de 30 millions de kilomètres carrés). On utilise encore souvent ce type de projection, avec des variantes comme la projection cylindrique de Peters [10 C] qui permettent de réduire les distorsions. Par ailleurs, ainsi que nous l'avons souligné précédemment, cette déformation est négligeable sur les cartes topographiques, qui ne représentent qu'une portion minime du territoire.

[10 B] La projection cylindrique de Mercator

Schéma et dossier explicatif

Dana, Peter. «Mercator», Cylindrical Projections, Selected Map projections, *Map Projections Overview*, Department of Geography, University of Texas at Austin, 2000, [En ligne], http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/mapproj/mapproj_f.html (Page consultée le 28 juin 2013)

[10 C] La projection cylindrique de Peters

Schéma et dossier explicatif

Dana, Peter. «Peters», Cylindrical Projections, Selected Map projections, *Map Projections Overview*, Department of Geography, University of Texas at Austin, 2000, [En ligne], http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/mapproj/mapproj_f.html (Page consultée le 28 juin 2013)

La projection de Peters est une projection équivalente, qui privilégie le respect des surfaces. Celle de Mercator est une projection conforme et convenait aux navigateurs. Celle de Peters s'utilise beaucoup pour des cartes thématiques.

Dans les projections coniques, on imagine une feuille de papier enroulée autour d'un hémisphère seulement et tangente à un parallèle quelconque de cet hémisphère. Une fois la feuille déroulée, les méridiens deviennent des droites convergeant au-delà des pôles, et les parallèles sont courbes **[11 A]**. Les rapports de surface sont respectés, mais les angles (le tracé des continents) sont de plus en plus modifiés à mesure qu'on s'éloigne de la droite tangente. Cela se traduit, entre autres, par le fait que la direction du nord varie d'un méridien à l'autre **[11 B]**. C'est un type de projections qui convient surtout aux latitudes moyennes.

[11 A] Le principe de la projection conique

Schéma et dossier explicatif

Dana, Peter. «Projection of a Sphere onto a Cone (Tangent Case)», *Map Projections Overview*, Department of Geography, University of Texas at Austin, 2000, [En ligne], http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/mapproj/mapproj_f.html (Page consultée le 28 juin 2013)

[11 B] La projection conique conforme de Lambert

Schéma et dossier explicatif

«Lambert Azimuthal Equal Area», *Map Projections*, USGS, 3 août 2006, [En ligne], <http://egsc.usgs.gov/isb/pubs/MapProjections/projections.html> (Page consultée le 28 juin 2013)

Dans les projections horizontales ou azimutales (sur un plan), on n'enroule plus la feuille de papier, mais on la place simplement en contact avec un point quelconque du globe **[12 A]**. Sur la feuille, méridiens et parallèles convergent vers le point tangent. La déformation devient considérable à mesure que l'on s'éloigne de ce point. Bien qu'il existe quelques variantes permettant de corriger les distorsions, on devrait réserver les projections horizontales à la représentation de régions peu étendues ou de réseaux. L'une de ces variantes est la projection polaire **[12 B]**, créée pour répondre aux besoins de la circulation maritime et aérienne dans les hautes latitudes. Celle-ci peut être très expressive pour représenter les flux mondiaux, par exemple (*voir le dossier n° 4 : L'économie*).

[12 A] Le principe de la projection azimutale

Schéma et dossier explicatif

Dana, Peter. «Projection of a Sphere onto a Plane (Tangent Case)», *Map Projections Overview*, Department of Geography, University of Texas at Austin, 2000, [En ligne], http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/mapproj/mapproj_f.html (Page consultée le 28 juin 2013)

[12 B] Une projection polaire

Schéma et dossier explicatif

Dana, Peter. «Azimuthal Equidistant», Azimuthal Projections, Selected Map projections, *Map Projections Overview*. Department of Geography, University of Texas at Austin, 2000, [En ligne], http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/mapproj/mapproj_f.html (Page consultée le 28 juin 2013)

Aucune projection ne parvient à représenter la totalité du globe sans déformation, et le degré de distorsion augmente avec l'étendue représentée. On tiendra donc compte de l'échelle de la carte pour choisir la projection la plus appropriée. L'échelle est le degré de réduction du territoire représenté, rapport qui s'exprime généralement par une fraction : 1/25 000, par exemple. Ce chiffre signifie que chaque unité sur la carte (ici, 1 centimètre) correspond à 25 000 unités sur le terrain réel (ici, 25 000 centimètres, soit 250 mètres). C'est l'échelle numérique **[13]**. Une échelle graphique **[14]** s'y ajoute souvent, sur le cadre de la carte.

[13] L'échelle numérique

2 schémas et une légende

Canada. «Lire les distances sur une carte», Échelle cartographique, Sciences de la Terre, Ressources naturelles Canada, 20 septembre 2007, [En ligne], <http://www.mcan.gc.ca/sciences-terre/topo101/10499> (Page consultée le 28 juin 2013)

[14] L'échelle graphique

Schéma

Canada. «Lire les distances sur une carte», Échelle cartographique, Sciences de la Terre, Ressources naturelles Canada, 20 septembre 2007, [En ligne], <http://www.mcan.gc.ca/sciences-terre/topo101/10499> (Page consultée le 28 juin 2013)

Plus l'échelle est petite, plus le degré de réduction est important, comme si on avait pris davantage de recul. Une carte au 1/1 000 000 est à plus petite échelle qu'une carte au 1/25 000, car en divisant 1 par 1 000 000 on obtient un chiffre plus petit qu'en divisant 1 par 25 000. Les cartes à petite échelle représentent donc de grandes étendues (un continent, un pays) mais sont peu détaillées, tandis que les cartes à grande échelle représentent des surfaces limitées mais sont en revanche détaillées (carte topographique, plan de ville, par exemple). Ces dernières donnent une image plus réaliste de la zone cartographiée. Les cartes ci-après **[15 A][15 B]**, permettent de vérifier ces différences : une plus grande échelle est l'équivalent d'un zoom **[15 C]**.

[15 A] Une carte à grande échelle : un plan cadastral

Reproduction d'un plan

«Plan cadastral du village de Sainte-Adèle, 1882», Terrebonne, Cartes et plans de la région, GenWeb Laurentides, 10 mai 2010, [En ligne], <http://www.rootsweb.ancestry.com/~qclauren/plans/stadele.gif> (Page consultée le 28 juin 2013)

[15 B] Une carte à petite échelle : le sud du Québec

Carte

Québec. «Les échelles», La cartographie, *Le Québec géographique*, Portail de l'information géographique gouvernementale, 2008, [En ligne], <http://www.quebecgeographique.gouv.qc.ca/education/cartographie-echelle.asp> (Page consultée le 28 juin 2013)

[15 C] Expérimenter le changement d'échelle avec une carte interactive

Ibid et : «Coordonnées GPS», Accueil, Google et Altitude, 2013, [En ligne], <http://www.coordonnees-gps.fr/> (Page consultée le 28 juin 2013)

Selon l'échelle adoptée, les reliefs ne se présentent pas de la même façon. Sur une carte physiographique à petite échelle, on utilisera une gamme de couleurs et de nuances conventionnelles [16] :

- Gamme de vert pour les dépressions et les plaines, jaune pour les plateaux, brun pour les altitudes plus élevées, blanc pour les très hautes altitudes.
- Gamme du bleu ou du vert pour suggérer les différentes profondeurs des eaux, les tons clairs désignant les eaux superficielles et les plus foncés correspondant aux plus grandes profondeurs.

Les altitudes ou profondeurs de quelques points remarquables complètent habituellement l'information. Comme une telle carte n'est pas extrêmement précise, les couleurs ne servent souvent que de toile de fond à d'autres renseignements.

[16] Les reliefs du globe

Carte

«Carte du relief de la planète», www.carte-monde.org, s.d., [En ligne], <http://www.carte-monde.org/content/carte-du-relief-de-la-plan%C3%A8te> (Page consultée le 28 juin 2013)

Sur une carte à grande échelle, les formes du terrain peuvent être représentées de façon détaillée. Les cartes topographiques n'évoquent pas seulement les altitudes, mais aussi les pentes, au moyen des courbes de niveau [17][19]. Une courbe de niveau, ou isohypse, est une ligne imaginaire joignant tous les points situés à la même altitude. On choisit des altitudes séparées par des intervalles égaux, par exemple 20 mètres. La dénivellation entre chaque courbe (équidistance) est donc de 20 mètres. Pour faciliter la lecture, une courbe sur cinq est représentée par une ligne plus foncée. C'est la courbe maîtresse, les autres étant des courbes intercalaires ou intermédiaires. Lorsque la pente est faible, les courbes sont très espacées ; elles se resserrent lorsque la pente est forte. Avec un peu d'habitude, on peut lire avec beaucoup de précision les formes du relief. Cependant, ce système n'est pas très expressif. On procède parfois à un estompage, qui peut être relevé par une légère coloration, pour suggérer l'ombre sur les versants non éclairés par le soleil. Des chiffres indiquant les altitudes, ainsi que de nombreux signes permettant de préciser les caractéristiques du terrain, sont disposés régulièrement [19]. Les cartes informatiques peuvent quant à elles suggérer les reliefs au moyen de modèles d'élévation, selon une perspective oblique, comme on le voit sur la figure [18].

[17] Le principe des courbes de niveau

Schéma

Canada. «Que sont les courbes de niveau ?», Cartographie, Sciences de la Terre Ressources naturelles Canada, 20 septembre 2007, [En ligne], <http://www.rncan.gc.ca/sciences-terre/topo101/10532> (Page consultée le 28 juin 2013)

[18] Un modèle numérique de terrain

Schéma

France, Institut géographique national. «Courbes de niveau», Modèle numérique de terrain (MNT), Données numériques, Produits, s.d., [En ligne], <http://www.ngi.be/FR/FR1-5-5.shtm> (Page consultée le 28 juin 2013)

[19] Extrait de la carte topographique au 1/24 000 de Stowe (Vermont)

Carte

«Fichier:Topographic map example.png», 600x600 pixels, 18 mars 2006, *Wikipédia*, [En ligne], http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Topographic_map_example.png (Page consultée le 28 juin 2013)

Plusieurs autres éléments de lecture sont nécessaires pour décoder la carte. Nous venons de voir que celle-ci comporte plusieurs couleurs et signes conventionnels auxquels s'ajoutent, pour les cartes thématiques, des éléments plus particuliers. Leur signification doit être précisée.

La légende est un inventaire logique et exhaustif de tous les tracés, trames, couleurs et symboles utilisés, accompagnés de leur signification [20]. C'est le mode d'emploi de la carte.

[20] Un exemple de légende

Carte et légende

Tourisme Mauricie. Carte touristique de la Mauricie (2007-2008) dans Stéphane Lapointe, *Lien entre les routes Verte # 4 et # 6 en Mauricie*, PistesCyclables.ca, s.d., [En ligne] http://pistescyclables.ca/Mauricie/Lien_RV4_RV6.htm (Page consultée le 28 juin 2013)

La toponymie (noms de lieux) obéit aussi à une codification. Orthographe, abréviations, forme et taille des caractères, soulignements, etc., correspondent à des éléments déterminés et expriment leur hiérarchie. Notons au passage que la toponymie livre de précieux indices d'ordre culturel. Ainsi, les apports français, britannique et amérindien se distinguent facilement dans la toponymie québécoise (*voir aussi le dossier n° 3 : La démographie*).

Le cadre de la carte fournit d'autres renseignements nécessaires à une lecture approfondie : titre, type de projection utilisé et coordonnées géographiques, orientation, échelles graphique et numérique. On trouve aussi, selon le cas, la date de réalisation de la carte et la référence de l'organisme qui l'a produite, la déclinaison magnétique, l'équidistance des courbes de niveau et plusieurs autres précisions.

La cartographie contribue à donner de l'espace terrestre une représentation claire permettant de localiser les éléments du milieu naturel, les ressources, les zones de risques, certains foyers de peuplement et les balises nécessaires au partage des territoires. Mais la carte ne représente pas seulement les éléments concrets du paysage (carte topographique). Elle rend aussi visibles certaines réalités que nous ne pourrions pas percevoir sans elle, comme dans le cas des cartes météorologiques ou économiques.

Pour aller plus loin

À lire

- Bureau, Luc. *La Terre et moi*, Montréal, Boréal, 1990, 275 p.
Le rôle de l'imaginaire et de la culture en géographie, notamment dans la représentation du Québec.
- Grataloup, Christian. *Représenter le monde*, dossier de Documentation photographique, Paris, La Documentation française, 2011, 64 p.
L'évolution de la vision cartographique de Babylone au XXI^e siècle.
- Hamelin, Louis-Edmond. *L'âme de la Terre : parcours d'un géographe*, Montréal, MultiMondes, 2006, 246 p.
La contribution exceptionnelle d'un éminent géographe québécois à la recherche et à l'enseignement de sa discipline.
- Trystram, Florence. *L'épopée du méridien terrestre ou Le procès des étoiles*, Paris, Flammarion, 1986, 312 p. (Coll. «J'ai Lu»).
Au XVIII^e siècle, une expédition scientifique française mesure un arc du méridien terrestre au Pérou (cette mesure a servi à définir le mètre). Une aventure dangereuse à l'époque.

Sur le Web

- Canada, Ressources naturelles Canada. *L'Atlas du Canada 2009*.
Les projections cartographiques :
<http://atlas.nrcan.gc.ca/auth/francais/learningresources/cartocorner/mapprojections.html>
Texte explicatif très complet, grande variété de schémas et de cartes, médiagraphie.
La légende : <http://atlas.nrcan.gc.ca/auth/francais/maps/topo/topolegend.html> (Toporama).
- Le Cartographe : <http://www.le-cartographe.net/>
Une mine de renseignements sur tous les aspects de la cartographie et de nombreux exemples de cartes.

Bibliographie

«Astronomie – Définitions», *Techno-Science.net*, 1^{er} avril 2010, [En ligne], <http://www.techno-science.net/?onglet=glossaire&definition=6603> (Page consultée le 22 avril 2011)

Grenier, Chantal et Nathalie Thibault. *Un monde en mouvement. Géographie, carte du monde*, Laval, Études Vivantes, 1995, 290 p. (Coll. «L'Essentiel»).

NASA. «Equinox», *Science News*, 19 mars 2010, [En ligne], http://science.nasa.gov/headlines/y2010/19mar_equinox.htm?list178748 (Page consultée le 22 mars 2011)

Ressources naturelles Canada, Secteur des sciences de la Terre, Commission géologique du Canada. *Géomagnétisme*, 31 décembre 2008, [En ligne], http://gsc.nrcan.gc.ca/geomag/field/magdec_f.php (Page consultée le 31 mai 2011)

Ressources naturelles Canada. *L'Atlas du Canada*, 2009, [En ligne], <http://atlas.nrcan.gc.ca/auth/francais/> (Page consultée le 25 avril 2011)