

KRAAK, ROTH, RICKER, KAGAWA et LE SOURD



# CARTOGRAPHIER POUR UN MONDE DURABLE



Nations Unies



ICA  
ACI



© Nations Unies, 2020

Cet ouvrage est publié conjointement par l'Organisation des Nations Unies et l'Association cartographique internationale.

Il est publié en tant que document en libre accès au titre de la licence CC BY-NC

(<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/igo/>).

eISBN 978-92-1-002441-9

Si vous vous inspirez du texte ou des figures de cet ouvrage ou les réutilisez, citez l'ouvrage comme suit :

**Kraak M. J., R. E. Roth, B. Ricker, A. Kagawa et G. Le Sourd (2020).**  
***Cartographe pour un monde durable*. Nations Unies, New York (États-Unis d'Amérique).**

Les constatations, interprétations et conclusions exprimées dans le présent ouvrage sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement les opinions de l'Organisation des Nations Unies, de ses fonctionnaires ou de ses États Membres.

Les frontières et noms indiqués, ainsi que les appellations employées dans le présent ouvrage, n'impliquent ni reconnaissance ni acceptation officielle de la part de l'Organisation des Nations Unies.

Les éditeurs doivent supprimer les emblèmes originaux de leur édition et concevoir une nouvelle couverture, tout en conservant le nom des auteurs. Les traductions doivent porter l'avertissement suivant : Le présent ouvrage est une traduction non officielle dont l'éditeur assume l'entière responsabilité. Les photocopies et reproductions d'extraits sont autorisées à condition d'être dûment créditées.

L'année 2020 a marqué le début de la « Décennie d'action » visant à réaliser les objectifs de développement durable définis dans le Programme de développement durable à l'horizon 2030, notre vision commune pour mettre fin à la pauvreté, sauver la planète et bâtir un monde pacifique.

Le Secrétaire général de l'Organisation des Nations Unies a appelé à une meilleure utilisation des données afin que chacun, où qu'il soit, puisse s'en servir à des fins de compréhension, d'impact et d'intégrité. L'action sur les données doit apporter de la valeur aux personnes et à la planète.

La cartographie permet d'analyser de grandes quantités de données et d'en visualiser le résultat pour mieux comprendre la situation. Elle est souvent considérée comme une science et une forme d'art. L'art réside dans la création consciente et souvent visuelle de belles œuvres dotées d'un pouvoir émotionnel. Ce pouvoir doit être exploité pour sensibiliser la population et lui faire comprendre les enjeux prioritaires d'un monde meilleur. Il doit aussi servir à fournir des données scientifiques et des informations permettant d'agir et de prendre des décisions aux moments les plus importants.

En partenariat avec l'Association cartographique internationale (ACI), *Cartographe pour un monde durable* vous présente les pratiques et méthodes exemplaires en matière de données géospatiales et de cartographie afin de faire la lumière sur les difficultés rencontrées et les succès obtenus sur la voie de la réalisation des objectifs de développement durable.

— Kyoung-Soo Eom,  
Chef de la Section  
de l'information géospatiale,  
Organisation des Nations Unies

L'Organisation des Nations Unies (ONU) a lancé un défi indispensable aux pays du monde entier : ne laisser personne de côté. Un plan de réalisation a été établi pour l'année 2030 par l'intermédiaire des objectifs de développement durable. Pour atteindre les objectifs, les cibles et les indicateurs, chaque pays a besoin d'un grand nombre de données lui permettant d'établir un point de référence ainsi que de données similaires collectées en continu. Ces données apportent des résultats comparatifs utiles pour la planification future.

Les différents types de données requises pour chaque objectif de développement durable et le volume de points de mesure nécessaires aux niveaux géographiques appropriés peuvent sembler immenses. Consulter les chiffres et tenter d'en absorber la signification et les implications est une tâche laborieuse. L'utilisation de cartes, de la technologie de cartographie et des compétences des cartographes aide à synthétiser et à visualiser des données complexes. Les cartes permettent de constater les tendances et d'établir des comparaisons entre différentes zones et différentes périodes. La cartographie aide à mieux comprendre les histoires et les implications de chaque objectif de développement durable pour un pays.

Cette collaboration entre l'ACI et l'Organisation des Nations Unies autour de l'ouvrage *Cartographe pour un monde durable* est un exemple de la façon dont deux organisations internationales peuvent favorablement travailler ensemble pour se rapprocher de l'objectif commun consistant à ne laisser personne de côté.

— Tim Trainor,  
Président de l'Association  
cartographique internationale

L'équipe de rédaction du présent ouvrage est composée de rédacteurs de l'Association cartographique internationale (ACI) et de la Section de l'information géospatiale de l'Organisation des Nations Unies (ONU). Les membres de la rédaction sont Menno-Jan Kraak (ACI), Robert E. Roth (ACI), Britta Ricker (ACI), Ayako Kagawa (ONU) et Guillaume Le Sourd (ONU).

L'équipe de rédaction a rédigé et édité de manière collective le texte de la plupart des sections et a créé des illustrations préliminaires. Plusieurs sections s'inspirent du projet d'affiches de l'ACI (<https://icaci.org/maps-and-sustainable-development-goals/>) réalisé par les membres des commissions et des groupes de travail de l'ACI. Yuri Engelhardt (Université de Twente) a contribué aux sections sur les diagrammes. Mina Lee (ONU) a édité les figures et Donna Cattano (ONU) a révisé le texte.

La conception, la mise en page et les illustrations de cet ouvrage ont été réalisées par Tanya Buckingham Andersen et Robert E. Roth au laboratoire de cartographie de l'Université du Wisconsin (UW), dans le cadre de la subvention n° 1555267 de la National Science Foundation (États-Unis d'Amérique). Les assistants de projet du laboratoire de cartographie de l'UW Gareth Baldrice-Franklin, Alicia Iverson, Chris Archuleta et Megan Roessler ont également participé à la mise en page et aux illustrations de l'ouvrage. Les illustrations des pages de séparation entre les sections ont été réalisées par Mina Lee et Fleur de Lotus Ilunga (ONU). Kiran Fatima (ONU) a conçu la couverture du livre.

Des fonds provenant du projet International Year of the Map (Année internationale de la carte) de l'Association cartographique internationale ont permis de réaliser une version imprimée de cet ouvrage, qui sera distribuée gratuitement aux États Membres de l'ONU et aux commissions participantes de l'ACI.

**Menno-Jan Kraak** est professeur à la faculté des sciences de l'information géographique et de l'observation de la Terre de l'Université de Twente et ancien président de l'Association cartographique internationale.

**Robert E. Roth** est professeur au département de géographie de l'Université du Wisconsin-Madison et directeur de faculté du laboratoire de cartographie de l'Université du Wisconsin. Il est président de la Commission de l'ACI sur les questions relatives à l'expérience utilisateur.

**Britta Ricker** est professeure adjointe à l'Institut Copernicus pour le développement durable de l'Université d'Utrecht.

**Ayako Kagawa** est spécialiste des systèmes d'information géospatiale à la Section de l'information géospatiale de l'Organisation des Nations Unies. La Section est un membre associé de l'ACI.

**Guillaume Le Sourd** est spécialiste des systèmes d'information géospatiale à la Section de l'information géospatiale de l'Organisation des Nations Unies.

En 2015, l'Organisation des Nations Unies a défini 17 **objectifs de développement durable** dans le but de lutter, collectivement, contre les problèmes les plus urgents auxquels notre monde est confronté. Les objectifs de développement durable traitent de vastes défis sociaux, économiques et environnementaux, et définissent un cadre pour une action conjointe. Chacun des 17 objectifs de développement durable est assorti d'un ensemble de cibles et d'indicateurs destinés à aider les pays à réaliser l'objectif. Pour atteindre les objectifs, les gouvernements et les peuples doivent comprendre chaque défi et suivre les progrès accomplis pour le surmonter.

Concevoir des cartes et des diagrammes efficaces permet d'appuyer ce processus, dans la mesure où ces outils illustrent efficacement des dynamiques spatio-temporelles, notamment la croissance démographique mondiale, les disparités socioéconomiques et les changements climatiques. Les cartes facilitent la compréhension de la situation et révèlent des modèles spatiaux qui pourraient autrement passer inaperçus. Elles nous aident ainsi à mieux comprendre la relation entre les êtres humains et leurs environnements, ainsi qu'à surveiller les indicateurs de suivi des objectifs de développement durable et à communiquer sur leurs empreintes inégales au niveau mondial. Ces supports de visualisation simplifient la prise de décision des autorités locales et nationales et sensibilisent le grand public aux problèmes mondiaux afin d'encourager ces autorités à agir.

La conception de cartes et de diagrammes est un processus intentionnel et un même sujet peut être cartographié ou schématisé de plusieurs manières différentes, toutes aussi appropriées les unes que les autres. Toutefois, certaines décisions de conception ne conviennent pas réellement à un contexte carto-

graphique donné, ce qui se traduit par des cartes et des diagrammes défectueux, voire trompeurs. Les problèmes proviennent aussi souvent d'une manipulation inadéquate des données, de symboles et de textes distrayants, d'éléments cartographiques déroutants et de l'utilisation, parfois mauvaise, des valeurs par défaut des logiciels.

La **cartographie** désigne l'art, la science et la technologie de la fabrication et de l'utilisation des cartes. Le présent ouvrage propose des lignes directrices pour la cartographie des ensembles de données géographiques liés aux objectifs de développement durable en présentant les principes de base de la conception et de l'utilisation des cartes, en examinant les pratiques exemplaires et les conventions établies, et en expliquant comment les différentes techniques de cartographie favorisent la compréhension des objectifs de développement durable. À ce titre, plutôt que d'appliquer des règles strictes requises dans tous les contextes cartographiques, les sections ci-après contiennent des recommandations devant permettre d'éviter les pièges courants en matière de conception cartographique. Le présent ouvrage intéressera celles et ceux qui désirent créer et utiliser des « cartes des objectifs de développement durable » qui contribuent à créer un monde durable.

— Menno-Jan Kraak,  
Robert E. Roth et Britta Ricker,  
Association cartographique internationale

— Ayako Kagawa  
et Guillaume Le Sourd,  
Section de l'information géospatiale,  
Organisation des Nations Unies

Le présent ouvrage est divisé en quatre sections. La section 1 présente les objectifs de développement durable et leur relation avec les données géospatiales, en décrivant les indicateurs de suivi des objectifs de développement durable et la transformation des données à des fins de cartographie. La section 2 décrit les décisions de conception fondamentales dans le flux de travail cartographique, y compris les projections, l'échelle, la généralisation, la symbolisation, la typographie et la hiérarchie visuelle. La section 3 présente les types de cartes les plus courants

(cartes choroplèthes, cartes à symboles proportionnels, cartes dasymétriques, cartes à deux variables, cartogrammes, etc.) et les diagrammes (diagrammes en barres, diagrammes de dispersion, lignes du temps, etc.) utilisés pour représenter les indicateurs de suivi des objectifs de développement durable. Enfin, la section 4 aborde les considérations relatives aux environnements d'utilisation des cartes, notamment les publics, les interfaces utilisateur et les opérateurs d'interaction, les médias mobiles et Web, la mise en récit par rapport à l'exploration, et le libre accès.

## PAGES LIMINAIRES

<a href="#">Avant-propos</a>	iii
<a href="#">Contributions à cet ouvrage</a>	iv
<a href="#">Introduction</a>	v

## SECTION 1 : OBJECTIFS DE DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DONNÉES GÉOSPATIALES ..... 1

1.1. <a href="#">Les objectifs de développement durable</a>	2
1.2. <a href="#">Données géospatiales</a>	4
1.3. <a href="#">Données de localisation : représenter le monde</a>	6
1.4. <a href="#">Données attributaires : indicateurs de suivi des objectifs de développement durable et niveaux de mesure</a>	8
1.5. <a href="#">Données temporelles : représenter le changement</a>	10
1.6. <a href="#">Catégories d'indicateurs et caractéristiques des données</a>	12
1.7. <a href="#">Transformation et normalisation des données</a>	14
1.8. <a href="#">Le problème des unités spatiales modifiables et le sophisme écologique</a>	16
1.9. <a href="#">Classification des données</a>	18

## SECTION 2 : CONSIDÉRATIONS RELATIVES À LA CONCEPTION DES CARTES .....23

2.1. <a href="#">Sélection du contenu</a>	24
2.2. <a href="#">Planification du projet et processus de conception cartographique</a>	26
2.3. <a href="#">Décisions de conception cartographique</a>	28
2.4. <a href="#">Projections cartographiques</a>	30
2.5. <a href="#">Centrage des projections</a>	32
2.6. <a href="#">Échelle cartographique</a>	34
2.7. <a href="#">Généralisation</a>	36
2.8. <a href="#">Dimensionnalité</a>	38
2.9. <a href="#">Symbolisation et variables visuelles</a>	40
2.10. <a href="#">Couleur</a>	42
2.11. <a href="#">Typographie</a>	44

2.12. <a href="#">Toponymie</a>	46
2.13. <a href="#">Disposition et hiérarchie visuelle</a>	48
2.14. <a href="#">Art visuel et style visuel</a>	50
2.15. <a href="#">Données manquantes et représentation de l'incertitude</a>	52

## SECTION 3 : CARTES ET DIAGRAMMES .....57

3.1. <a href="#">Cartes thématiques</a>	58
3.2. <a href="#">Cartes nominales</a>	60
3.3. <a href="#">Cartes choroplèthes</a>	62
3.4. <a href="#">Cartes à symboles proportionnels</a>	64
3.5. <a href="#">Cartes dasymétriques</a>	66
3.6. <a href="#">Légendes des cartes</a>	68
3.7. <a href="#">Cartes à deux variables</a>	70
3.8. <a href="#">Cartogrammes</a>	72
3.9. <a href="#">Cartes et temps</a>	74
3.10. <a href="#">Diagrammes</a>	76
3.11. <a href="#">Diagrammes à une seule variable</a>	78
3.12. <a href="#">Diagrammes comparatifs</a>	80
3.13. <a href="#">Diagrammes à plusieurs variables</a>	82
3.14. <a href="#">Diagrammes temporels</a>	84

## SECTION 4 : ENVIRONNEMENTS D'UTILISATION DES CARTES .....89

4.1. <a href="#">Publics</a>	90
4.2. <a href="#">Accessibilité et déficience visuelle</a>	92
4.3. <a href="#">Cartes interactives</a>	94
4.4. <a href="#">Opérateurs d'interaction</a>	96
4.5. <a href="#">Cartes Web</a>	98
4.6. <a href="#">Cartes mobiles et conception réactive</a>	100
4.7. <a href="#">Mise en récit à l'aide des cartes</a>	102
4.8. <a href="#">Animation</a>	104
4.9. <a href="#">Tableaux de bord</a>	106
4.10. <a href="#">Cartographie exploratoire</a>	108
4.11. <a href="#">Atlas</a>	110
4.12. <a href="#">Utilisabilité et conception axée sur l'utilisateur</a>	112
4.13. <a href="#">Libre accès</a>	114

## PAGES COMPLÉMENTAIRES

<a href="#">Postface</a>	120
<a href="#">Notes relatives aux figures</a>	122
<a href="#">Glossaire</a>	124



# OBJECTIFS

## DE DÉVELOPPEMENT DURABLE

**1 PAS DE PAUVRETÉ**



**2 FAIM «ZÉRO»**



**3 BONNE SANTÉ ET BIEN-ÊTRE**



**4 ÉDUCATION DE QUALITÉ**



**5 ÉGALITÉ ENTRE LES SEXES**



**6 EAU PROPRE ET ASSAINISSEMENT**



**7 ÉNERGIE PROPRE ET D'UN COÛT ABORDABLE**



**8 TRAVAIL DÉCENT ET CROISSANCE ÉCONOMIQUE**



**9 INDUSTRIE, INNOVATION ET INFRASTRUCTURE**



**10 INÉGALITÉS RÉDUITES**



**11 VILLES ET COMMUNAUTÉS DURABLES**



**12 CONSOMMATION ET PRODUCTION RESPONSABLES**



**13 MESURES RELATIVES À LA LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES**



**14 VIE AQUATIQUE**



**15 VIE TERRESTRE**



**16 PAIX, JUSTICE ET INSTITUTIONS EFFICACES**



**17 PARTENARIATS POUR LA RÉALISATION DES OBJECTIFS**




### OBJECTIFS DE DÉVELOPPEMENT DURABLE

**SECTION 1 :**  
**OBJECTIFS DE DÉVELOPPEMENT DURABLE**  
**ET DONNÉES GÉOSPATIALES**

## 1.1. Les objectifs de développement durable



Le Programme de développement durable à l'horizon 2030, auquel il est fait référence lorsqu'il est question d'**objectifs de développement durable**, a été adopté en 2015 par les États Membres en tant que plan directeur général visant à parvenir à un avenir meilleur et plus durable pour tous et à relever les défis mondiaux (figure 1.1-1).

Les dirigeants du monde utilisent le **cadre mondial d'indicateurs** pour rendre compte de leurs objectifs de développement durable aux niveaux mondial, régional, national et local. Les 17 **objectifs** traitent des problèmes les plus urgents auxquels notre planète est confrontée. Chaque objectif est divisé en **cibles** plus spécifiques, 169 au total, qui fixent des résultats réels et concrets pour un monde durable. Enfin, depuis avril 2020, 231 **indicateurs** uniques sont utilisés pour mesurer et suivre les progrès accomplis vers chaque cible, pour étayer la conception des politiques et pour garantir la responsabilisation de toutes les parties prenantes (voir [section 1.6](#)). Pour que le cadre mondial d'indicateurs

soit instructif et efficace, il est essentiel de disposer de données fiables, actualisées, accessibles et ventilées, y compris des données géospatiales et issues d'observations de la Terre.

Le **Groupe d'experts des Nations Unies et de l'extérieur chargé des indicateurs relatifs aux objectifs de développement durable** est chargé d'unir la communauté mondiale afin d'élaborer et de mettre en œuvre le cadre mondial d'indicateurs. Il a créé le **Groupe de travail sur l'information géospatiale**, dont l'objectif consiste à aborder l'importance et la pertinence des dimensions géospatiales des objectifs de développement durable. Le Groupe de travail oriente le Groupe d'experts quant à la manière dont les données géospatiales peuvent contribuer au développement des indicateurs de suivi des objectifs et améliorer l'établissement de rapports aux niveaux national et sous-national.

Les cartes permettent de reconnaître efficacement les défis et les succès liés aux objectifs de développement durable en vue d'y sensibiliser plus activement



**Figure 1.1-1** : Les objectifs de développement durable. Ils constituent un effort collectif au niveau mondial pour surmonter les 17 problèmes les plus urgents auxquels notre planète est confrontée.

la population mondiale. Les cartes interactives, en ligne et mobiles peuvent servir à collecter, à traiter, à gérer, à analyser, à visualiser et à diffuser les différents indicateurs de suivi des objectifs. Le rôle des cartographes est dès lors crucial, dans la mesure où ils fournissent des cartes et des données géospatiales pertinentes aux responsables et aux décideurs politiques

qui mesurent et surveillent les progrès liés aux objectifs de développement durable. En outre, les cartographes ont la possibilité d'illustrer la grande valeur des cartes et des données géospatiales à des fins d'exploration, d'analyse, de synthèse et de présentation dans le cadre du Programme de développement durable à l'horizon 2030.

- **Site Web des objectifs de développement durable** : <https://www.un.org/sustainabledevelopment/fr/objectifs-de-developpement-durable/>.
- **Base de données mondiale relative aux indicateurs de suivi des objectifs de développement durable (en anglais)** : <https://unstats.un.org/sdgs/dataportal>.
- **Groupements régionaux en matière d'objectifs de développement durable (utilisés dans cet ouvrage) (en anglais)** : <https://unstats.un.org/sdgs/indicators/regional-groups>.
- **Classement des catégories d'objectifs de développement durable (en anglais)** : <https://unstats.un.org/sdgs/iaeg-sdgs/tier-classification/>.
- **Liste des indicateurs de suivi des objectifs de développement durable (en anglais)** : <https://unstats.un.org/sdgs/indicators/indicators-list/>.
- **Groupe d'experts des Nations Unies et de l'extérieur chargé des indicateurs relatifs aux objectifs de développement durable (en anglais)** : <https://unstats.un.org/sdgs/iaeg-sdgs/>.
- **Groupe de travail sur l'information géospatiale (en anglais)** : <http://ggim.un.org/UNGGIM-wg6/>.



## 1.2. Données géospatiales

Les **données géospatiales** décrivent certains aspects des environnements naturels et bâtis et comportent trois composantes (**figure 1.2-1**) : la localisation, les attributs et le temps.

La **localisation** indique le *lieu*. Elle est souvent désignée par une adresse locale ou des coordonnées, ainsi qu'à plus large échelle par une région ou un pays (voir **section 1.3**). Par exemple, l'adresse du Siège de l'ONU est la suivante : 405 East 42nd Street, New York, NY, 10017, États-Unis d'Amérique. Les **coordonnées géographiques** sont quant à elles basées sur la géométrie de la Terre et mesurées en **latitude** (degrés nord-sud par rapport à l'équateur) et en **longitude** (degrés est-ouest par rapport au premier méridien; voir **section 2.5**). À titre de comparaison, les coordonnées géographiques du Siège de l'ONU sont 40° 44' 34,79" N et 73° 58' 2,99" O. Les **parallèles** (lignes de latitude) et les **méridiens** (lignes de longitude) peuvent être ajoutés à la carte afin de produire un réseau projeté de coordonnées géographiques appelé **graticule**.

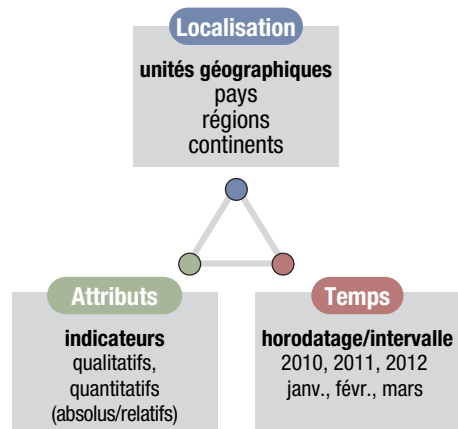
Les **attributs** désignent les *éléments* ou les *personnes* représentés (voir **section 1.4**). Ils décrivent les caractéristiques qualitatives ou quantitatives du phénomène cartographié (**figure 1.2-2**). L'utilisation des terres

autour du Siège de l'ONU est un exemple d'attribut qualitatif. La carte nominale (à gauche) représente chaque catégorie d'utilisation des terres avec une teinte de couleur différente (voir **section 3.2**). La hauteur des bâtiments de la même zone est un exemple d'attribut quantitatif. La carte à symboles proportionnels (à droite) représente les hauteurs des bâtiments par des symboles de taille variable (voir **section 3.4**).

Le **temps** désigne le *moment* où un événement s'est produit à l'endroit spécifié ou le *moment* où les données ont été recueillies (voir **section 1.5**). En fonction des informations disponibles, la composante temporelle des données géospatiales (parfois combinée sous le nom de données « spatiotemporelles ») peut permettre de décrire les changements géographiques, les tendances et les processus sous-jacents. Par exemple, des cartes adjacentes de données spatiotemporelles peuvent être utilisées pour comparer le contexte environnant du Siège de l'ONU en 1836 et aujourd'hui (**figure 1.2-3**).

Les données de l'ONU relatives aux objectifs de développement durable sont intrinsèquement géospatiales. Les ensembles de données relatifs aux objectifs de développement durable font l'objet de rapports pour un pays ou une région (localisation), contiennent plusieurs indicateurs pour chaque objectif (attributs) et sont rassemblés sur plusieurs années (temps) afin de faciliter le suivi des progrès vers la réalisation des objectifs (**figure 1.2-4**). Les ensembles de données relatifs aux objectifs de développement durable cartographiés dans cet ouvrage sont disponibles (en anglais) à l'adresse suivante : <https://unstats.un.org/sdgs/dataportal>.

**Figure 1.2-4 (page opposée)** : Exemple de données issues de la base de données mondiale relative aux indicateurs de suivi des objectifs de développement durable. L'indicateur 6.1.1 (2015) relatif à la proportion de la population utilisant des services d'alimentation en eau potable gérés en toute sécurité est organisé par composantes de données géospatiales : localisation (bleu), attributs (vert) et temps (rouge).



**Figure 1.2-1** : Composantes des données géospatiales. Les données géospatiales comprennent la localisation, les attributs et le temps.



**Figure 1.2-2** : Attributs. **Gauche** : Un attribut qualitatif : l'utilisation des terres autour du Siège de l'ONU (Source : OpenStreetMap). **Droite** : Un attribut quantitatif : la hauteur des bâtiments autour du Siège de l'ONU.



**Figure 1.2-3** : Temps. **Gauche** : La zone autour du Siège de l'ONU en 1836 (Source : Joseph Colton, Smithsonian Magazine). **Droite** : La même zone aujourd'hui (Source : Google Maps).

Attributs					Localisation			Temps						
Goal	Target	Indicator	SeriesCode	SeriesDescription	GeoArea	GeoAreaName	Location	Units	2000	2001	2002	2003	...	2017
6	6.1	6.1.1	SH_H2O_SAFE	Proportion of popu	112	Belarus	ALLAREA	PERCE	80.62	80.81	80.99	81.17	...	94.52
6	6.1	6.1.1	SH_H2O_SAFE	Proportion of popu	100	Bulgaria	ALLAREA	PERCE	96.84	96.84	96.84	96.81	...	96.95
6	6.1	6.1.1	SH_H2O_SAFE	Proportion of popu	203	Czechia	ALLAREA	PERCE	96.32	96.32	96.44	96.55	...	97.88
6	6.1	6.1.1	SH_H2O_SAFE	Proportion of popu	348	Hungary	ALLAREA	PERCE	50.51	50.51	50.51	50.51	...	89.57
6	6.1	6.1.1	SH_H2O_SAFE	Proportion of popu	616	Poland	ALLAREA	PERCE					...	99.16
6	6.1	6.1.1	SH_H2O_SAFE	Proportion of popu	498	Republic of Mold	ALLAREA	PERCE	40.42	42.32	44.27	46.26	...	72.88
6	6.1	6.1.1	SH_H2O_SAFE	Proportion of popu	642	Romania	ALLAREA	PERCE	81.65	81.61	81.59	81.63	...	81.92

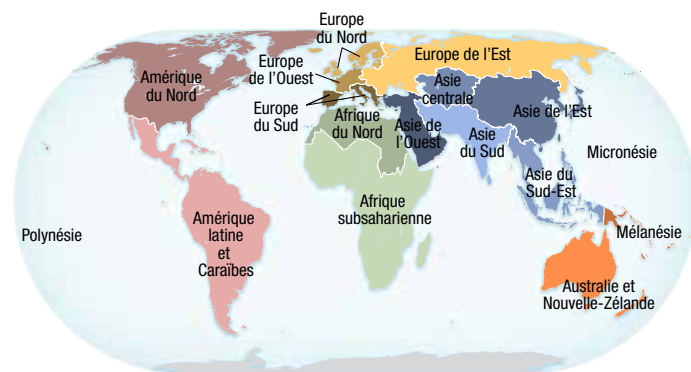
## 1.3. Données de localisation :

La localisation décrit le *lieu d'origine* des données géospatiales. La localisation est un sujet complexe pour plusieurs raisons.

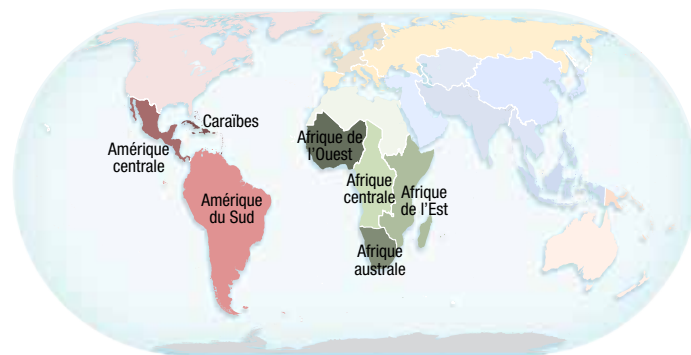
Tout d'abord, les données de localisation peuvent être à la fois **relatives** (par exemple, l'itinéraire à partir d'un point de repère choisi au hasard ou d'un autre emplacement) ou **absolues** (par exemple, les coordonnées dans un système de référence prédéfini), les coordonnées absolues étant souvent mal alignées en raison des différentes origines (0,0). En conséquence, la compilation des données de localisation à l'échelle mondiale nécessite souvent un géoréférencement minutieux et une conversion entre les différents

systèmes de coordonnées et formats de données avant la cartographie.

Ensuite, dans un **modèle de données vectorielles**, les localisations sont décrites comme des nœuds comprenant des coordonnées (X, Y) par paire et des arcs reliant les nœuds. Les données vectorielles se traduisent par des **points** (nœuds uniquement), des **lignes** (nœuds et arcs), des **polygones** (nœuds et arcs fermés) et des **volumes** (objets 3D) (voir [section 2.8](#)). La dimension appropriée pour capturer et visualiser les données de localisation dépend de l'objectif de la carte (voir [section 2.1](#)), de l'échelle cartographique (voir [section 2.6](#)) et de la généralisation (voir [section 2.7](#)).



**Figure 1.3-1 :** Régions et sous-régions M49. Les régions M49 (Afrique, Amériques, Asie, Europe et Océanie) se différencient par leur teinte. Différentes nuances de la teinte régionale sont attribuées aux sous-régions, qui sont délimitées par des lignes blanches et portent des étiquettes.



**Figure 1.3-2 :** Régions intermédiaires M49. Ces régions supplémentaires sont utilisées pour une plus grande spécificité dans certaines sous-régions. La teinte utilisée est celle des régions M49 plus larges aux fins de comparaison avec la [figure 1.3-1](#).

## représenter le monde

Enfin, le terme « (géo)spatial » est un cas « particulier » dans la science des données en raison de l'**auto-corrélation spatiale** : les emplacements proches sont plus susceptibles d'être similaires en termes d'attributs et de temps que les emplacements éloignés. Ainsi, les techniques courantes de saisie de données et d'analyse statistique ne s'appliquent pas toujours aux données de localisation, compte tenu de leurs relations topologiques, et nécessitent donc des considérations particulières.

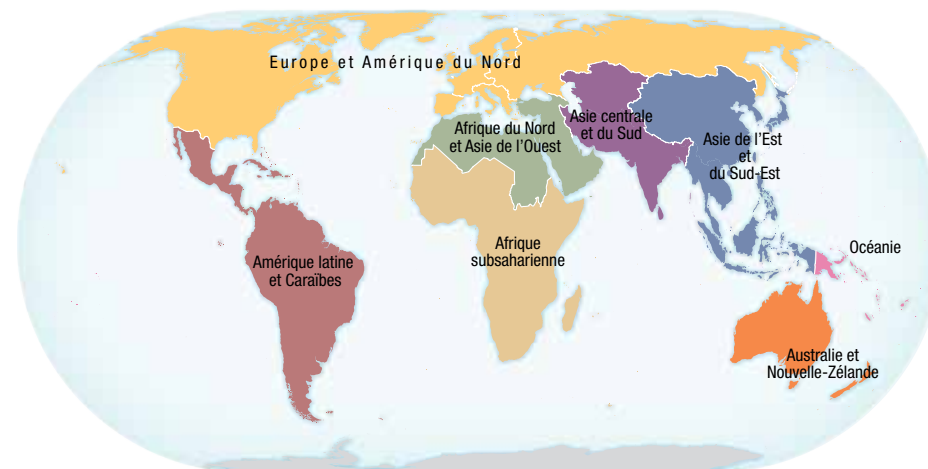
Les groupements régionaux en matière d'objectifs de développement durable qui permettent de suivre les progrès réalisés pour les atteindre sont basés sur les régions géographiques définies dans le cadre des **Codes standard des pays et des zones à usage statistique**, également connus sous le nom de **norme M49**. Les régions géographiques, les zones et les pays se voient attribuer des codes numériques à trois chiffres (appelés **codes M49**) utilisés pour le traitement statistique par la Division de statistique du Secrétariat de l'ONU. Les pays et les zones possèdent également des codes alphabétiques à trois caractères attribués par l'Organisation internationale de normalisation (ISO).

Les **régions M49** sont des régions continentales majeures qui sont divisées en **sous-régions** ([figure 1.3-1](#)), certaines sous-régions étant elles-mêmes divisées en **régions intermédiaires** ([figure 1.3-2](#)). Ces régions géographiques sont dessinées de manière à obtenir une plus grande homogénéité en ce qui concerne la taille de la population, la situation démographique et la précision des statistiques démographiques. Enfin, un **pays** est une entité politique et territoriale souveraine reconnue dans la norme M49.

Aux fins de la présentation, les groupements régionaux en matière d'objectifs de développement durable combinent des régions et sous-régions géographiques M49 spécifiques ([figure 1.3-3](#)).

En outre, des listes de groupes de pays spécifiques sont également définies pour les pays les moins avancés, les pays en développement sans littoral et les petits États insulaires en développement. Les listes des groupements régionaux en matière d'objectifs de développement durable et des groupes de pays spécifiques sont disponibles (en anglais) à l'adresse suivante : <https://unstats.un.org/sdgs/indicators/regional-groups>.

**Figure 1.3-3 :** Groupements régionaux en matière d'objectifs de développement durable. Ils sont utilisés pour rassembler des données sur les indicateurs de suivi et établir des rapports sur ceux-ci.



## 1.4. Données attributaires : indicateurs de suivi des

Un attribut décrit les *personnes* ou les *éléments* concernés par les données géospatiales. Les données attributaires qui sont liées à la localisation se présentent sous deux formes. Un **attribut de niveau individuel** décrit les conditions ou les qualités propres à un lieu spécifique (par exemple, le taux d'imposition appliqué de manière uniforme à l'ensemble d'une unité administrative).

En revanche, un **attribut énuméré** agrège ou compte des données individuelles au sein d'un espace prédéfini (par exemple, la population d'un pays). La plupart des indicateurs de suivi des objectifs de développement durable sont énumérés, ce qui rend les limites polygonales M49 — ou **unités de dénombrement** — essentielles à la manière dont ces indicateurs sont collectés et, par la suite, à la manière dont leurs modèles géospatiaux apparaissent lorsqu'ils sont cartographiés (voir [section 1.8](#)).

Les attributs sont recueillis selon l'une des quatre échelles de données ou **niveaux de mesure** ([figure 1.4-1](#)).

Les **données de ratio** sont quantitatives et les valeurs sont comptées ou calculées à partir d'une valeur zéro absolue. Le nombre d'habitants pour chaque pays en est un exemple. La plupart des attributs énumérés sont rapportés à un niveau de ratio, avec un zéro fixe qui indique le compte de base de zéro.

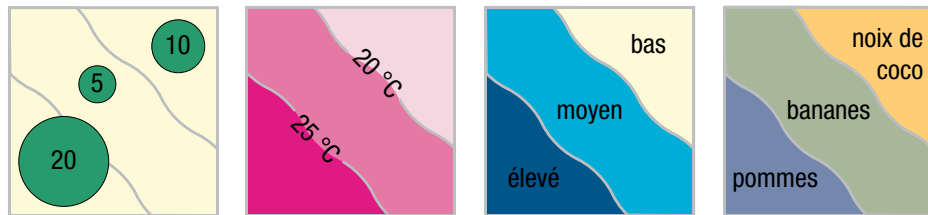
Les **données d'intervalle** sont également quantitatives, mais la valeur zéro est arbitraire et limite donc l'estimation des magnitudes relatives. La température mesurée en Celsius en est un exemple : le zéro représente le point auquel l'eau gèle et non l'absence totale de chaleur (à savoir le zéro absolu). Aucun indicateur n'est rapporté à un niveau de mesure d'intervalle. Les données d'intervalle et de ratio sont décrites ensemble comme **numériques** ou **quantitatives** (voir [section 1.2](#)).

Les **données ordinales** décrivent un classement non numérique, à savoir, par exemple, du premier au dernier, du plus élevé au plus bas, ou du bon au mauvais. Les données de ratio ou d'intervalle peuvent être converties en données ordinales pour simplifier la légende de la carte, mais les données ordinales ne peuvent pas être converties en données numériques.

Enfin, les **données nominales** font référence à des catégories non classées, telles que la délimitation M49 des pays en différentes régions, sous-régions et régions intermédiaires géographiques (voir [section 1.3](#)). Les données nominales sont également décrites comme étant **qualitatives** (voir [section 1.2](#)).

Le niveau de mesure des attributs oriente la sélection du symbole approprié sur les cartes ([figure 1.4-2](#)).

À l'instar des données de localisation, les données attributaires de ratio peuvent être à la fois absolues et relatives. Un **attribut absolu** est mesuré ou compté et rapporté sans qu'il soit tenu compte des autres attributs.



**Figure 1.4-1** : Niveaux de mesure des attributs et exemples de symbolisation associés. **De gauche à droite** : Données de ratio cartographiées avec une carte à symboles proportionnels (voir [section 3.4](#)), données d'intervalle cartographiées avec une carte d'isolignes (voir [section 3.1](#)), données ordinales cartographiées avec une carte choroplèthe (voir [section 3.3](#)) et données nominales cartographiées avec une carte nominale (voir [section 3.2](#)). Les exemples de cartes ne représentent pas les indicateurs de suivi des objectifs de développement durable.

## objectifs de développement durable et niveaux de mesure

Un **attribut relatif** est normalisé en fonction d'une ou de plusieurs autres valeurs. Deux valeurs appartenant au même attribut donnent lieu à une **proportion** (un pourcentage), deux valeurs appartenant à deux attributs différents donnent lieu à un **taux** (par exemple, un compte d'un élément donné par population), et plusieurs valeurs appartenant à plusieurs attributs donnent lieu à un **indice** (basé sur une formule).

Les indicateurs de suivi des objectifs de développement durable appartenant au niveau du ratio comprennent tant des attributs absolus que relatifs. Les attributs absolus sont souvent décrits comme des données « brutes » et doivent être convertis en attributs relatifs par **normalisation** (voir [section 1.7](#)).

De nombreux indicateurs de suivi des objectifs de développement durable énumérés sont déjà présentés sous la forme de proportions ou de taux liés à la population. Cependant, la population et les autres attributs énumérés sont rarement répartis de manière uniforme au sein des unités de dénombrement. La normalisation des données de ratio est utile à la fois pour assurer la confidentialité des données au niveau individuel et pour assurer la comparabilité visuelle des données énumérées entre différentes unités de dénombrement dont la disposition, la forme et la taille varient.

Niveau de mesure	Absolu/relatif	Attributs	Valeurs cartographiables	Exemple	
ratio	absolu (une valeur)	un attribut	valeur absolue	nombre X	
		un attribut	proportion	% de toute la population	
	relatif (calculé à l'aide d'au moins deux attributs)	deux attributs	taux	autre proportion	% de X, autre que population
			taux	taux par habitant	nombre X par habitant/population
		nombreux attributs	taux	taux de changement (par unité de temps)	% de changement ou nombre X par temps
			autre taux	X par Y, autre que population ou temps	
			indice (calculé)	formule	
		intervalle	valeur d'intervalle	non utilisée pour les objectifs	
		ordinal	valeur ordinale	niveau ou rang	
		nominal	valeur nominale	présence/absence	

**Figure 1.4-2** : Indicateurs de suivi des objectifs de développement durable et leurs niveaux de mesure. La figure est conçue pour être lue de gauche à droite. La palette de couleurs par niveau de mesure est aussi appliquée à la [figure 1.6-1](#) et à la [figure 1.7-1](#) à titre de comparaison.

## 1.5. Données temporelles :

Le temps décrit le *moment* où un événement s'est produit à un endroit précis ou le *moment* où les données géospatiales ont été recueillies et énumérées. La composante temporelle des données géospatiales indique si celles-ci sont à jour, grâce à un horodatage ou à un intervalle de temps pendant lequel les données de localisation et attributaires sont valides (voir [section 3.9](#)).

Comme pour les données de localisation et attributaires, la description des données temporelles peut être absolue ou relative. Le *temps absolu* est mesuré par des calendriers et des horloges; par exemple, l'événement s'est produit à 8 heures ou a duré du 7 juillet au 16 juillet. En revanche, le *temps relatif* décrit un événement ou une période par rapport à d'autres; par exemple, l'événement s'est produit après le dîner ou avant le début de l'été. Alors que la cartographie s'appuie principalement sur le temps absolu, le temps relatif est de plus en plus utilisé dans une approche narrative de la conception des cartes (voir [section 4.7](#)).

Les données temporelles absolues peuvent être soit *linéaires*, lorsque les événements se succèdent de manière régulière sans répétition, soit *cycliques*, lorsque les séquences d'événements se répètent indéfiniment ([figure 1.5-1](#)). La vie humaine, de la naissance à la mort, est linéaire, tandis que les jours de la semaine

sont cycliques. Les données temporelles linéaires sont généralement représentées sur une ligne de temps, tandis que les données temporelles cycliques sont représentées sous la forme d'une horloge circulaire appelée diagramme polaire, ou coxcomb en anglais (voir [section 3.14](#)).

En général, l'objectif de la cartographie et l'intérêt du public ne sont pas centrés sur un seul moment dans le temps, mais sur un *changement* ou une différence dans le temps. La représentation des changements dans les données géospatiales permet de comprendre les modèles et les tendances spatiotemporels. L'ONU met à jour chaque année les données des indicateurs de suivi des objectifs de développement durable afin de produire une *série chronologique* linéaire ou des données géospatiales concernant le même attribut et recueillies de façon récurrente sur une période ou un intervalle de temps régulier (voir [figure 1.2-4](#)).

L'analyse et la représentation des données de séries chronologiques sont utiles pour évaluer les répercussions des programmes de mise en œuvre à l'appui des objectifs de développement durable ainsi que du suivi des progrès actuels vers leur réalisation.

Il existe trois types de changement basés sur les trois composantes des données géospatiales présentées à la [section 1.2](#) ([figure 1.5-2](#)). Le *changement de*

### Relatif



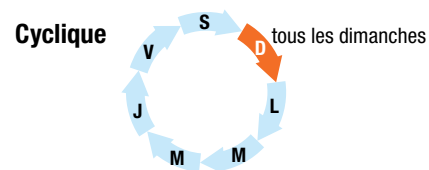
### Absolu



### Linéaire

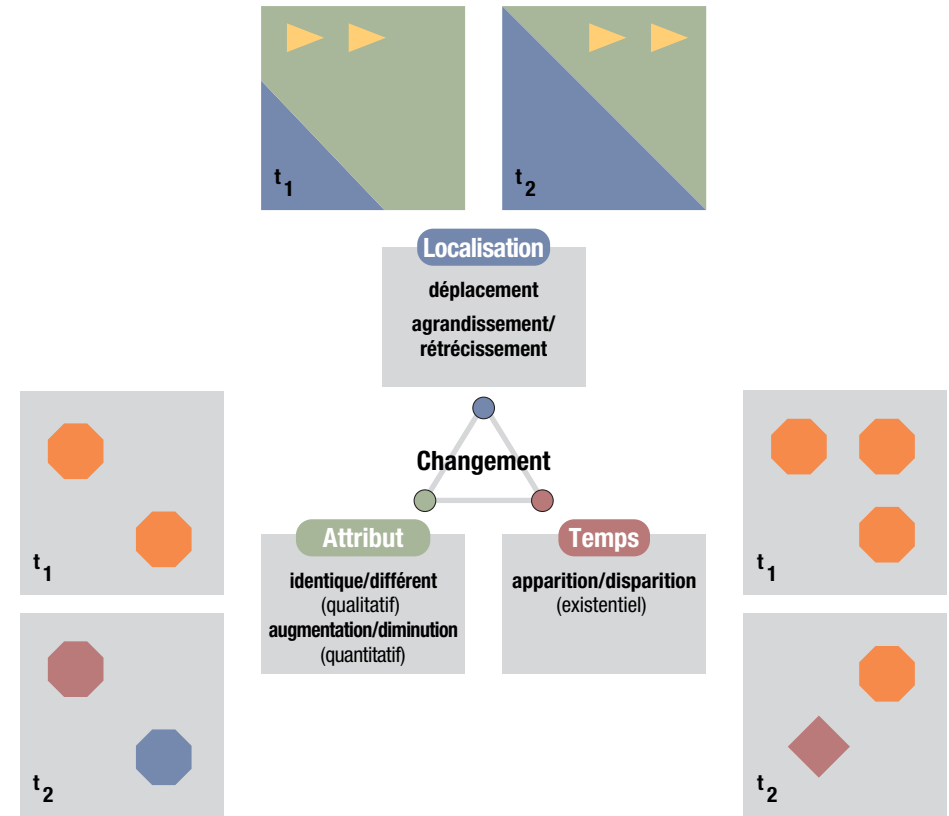


### Cyclique



**Figure 1.5-1** : Temps dans les données géospatiales. **Gauche** : Temps absolu et temps relatif. **Droite** : Temps linéaire et temps cyclique.

## représenter le changement



**Figure 1.5-2** : Changement dans les données géospatiales. Il existe trois types de changement basés sur les trois composantes des données géospatiales : changement de localisation (déplacement, rétrécissement, agrandissement), changement d'attribut (identique-différent, augmentation-diminution) et changement existentiel (apparition ou disparition).

*localisation* concerne le déplacement, mais aussi l'expansion ou le rétrécissement, comme l'évolution des zones de déforestation ou des habitats protégés. Le *changement d'attribut* peut être qualitatif (par exemple, identique ou différent) ou quantitatif (par exemple, augmentation ou diminution) et constitue la principale préoccupation lors de la cartographie des données de séries chrono-

logiques relatives aux objectifs de développement durable. Le *changement existentiel* fait référence à l'apparition et à la disparition au fil du temps, comme les mines actives ou les sources de pollution localisées.

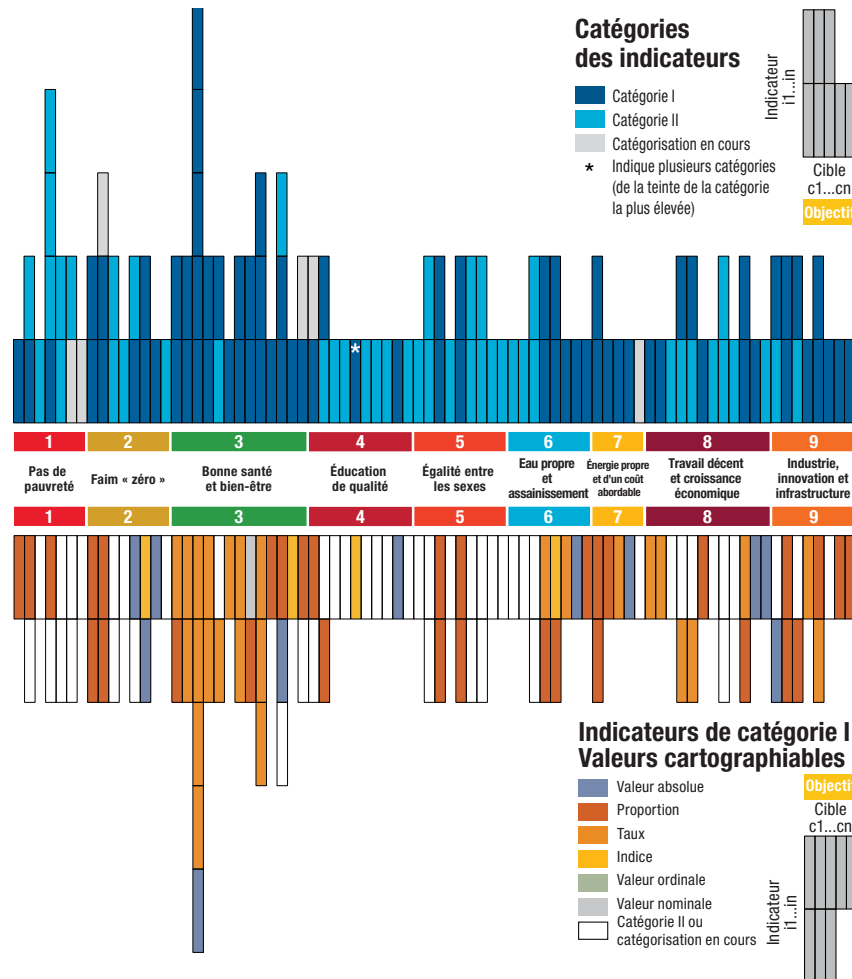
Les changements peuvent être représentés à l'aide d'une seule carte, de cartes adjacentes et d'animations (voir [sections 3.9](#) et [4.8](#)).

## 1.6. Catégories d'indicateurs et

Les 231 indicateurs ne disposent pas tous d'ensembles de données complets à l'échelle mondiale. Certains indicateurs ne sont actuellement pas collectés ou partagés par chaque pays, tandis que d'autres indicateurs n'ont pas été définis de manière cohérente ou collectés de manière uniforme. Pour que ces limitations en matière de données soient plus claires, le Groupe d'experts des Nations Unies et de l'extérieur chargé des indicateurs relatifs aux objectifs de développement durable classe les indicateurs en trois *catégories* basées

sur la cohérence méthodologique de la collecte et la disponibilité des données à l'échelle mondiale :

- **Catégorie I** : Le concept de l'indicateur est clair, sa méthodologie est établie au niveau international et des normes sont disponibles. Les données sont régulièrement produites par les pays pour au moins 50 % des pays et 50 % de la population dans chaque région où l'indicateur est pertinent.

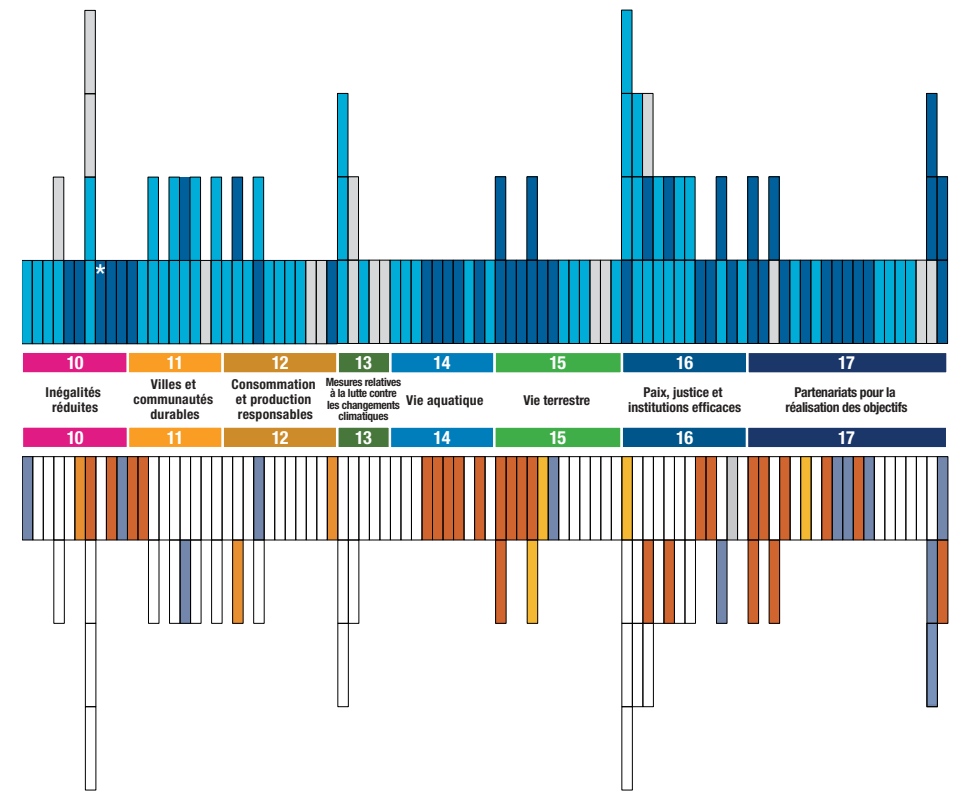


## caractéristiques des données

- **Catégorie II** : Le concept de l'indicateur est clair, sa méthodologie est établie au niveau international et des normes sont disponibles, mais les données ne sont pas régulièrement produites par les pays.
- **Catégorisation en cours** a remplacé « Catégorie III », désormais déconseillée, pour les indicateurs sans méthodologie établie au niveau international ni normes éprouvées en ce qui concerne la collecte.

En avril 2020, 115 indicateurs appartenait à la catégorie I, 95 à la catégorie II et 19 étaient en cours de catégorisation; deux indicateurs appartenait à plusieurs catégories, soit un total de 231 indicateurs. Des efforts considérables sont déployés afin qu'un plus grand nombre d'ensembles de données intègrent la catégorie I, mais actuellement, seuls les indicateurs de la catégorie I sont cartographiables à l'échelle mondiale.

La **figure 1.6-1** montre tous les indicateurs et les catégories auxquelles ils appartiennent.



**Figure 1.6-1** : Catégories des indicateurs et valeurs cartographiables de la catégorie I. Chaque barre représente un seul indicateur, l'empilement horizontal représentant plusieurs cibles au sein d'un même objectif et l'empilement vertical représentant plusieurs indicateurs pour une cible donnée. Les barres supérieures représentent les catégories d'indicateurs, tandis que les barres inférieures représentent les valeurs cartographiables pour les indicateurs de catégorie I.

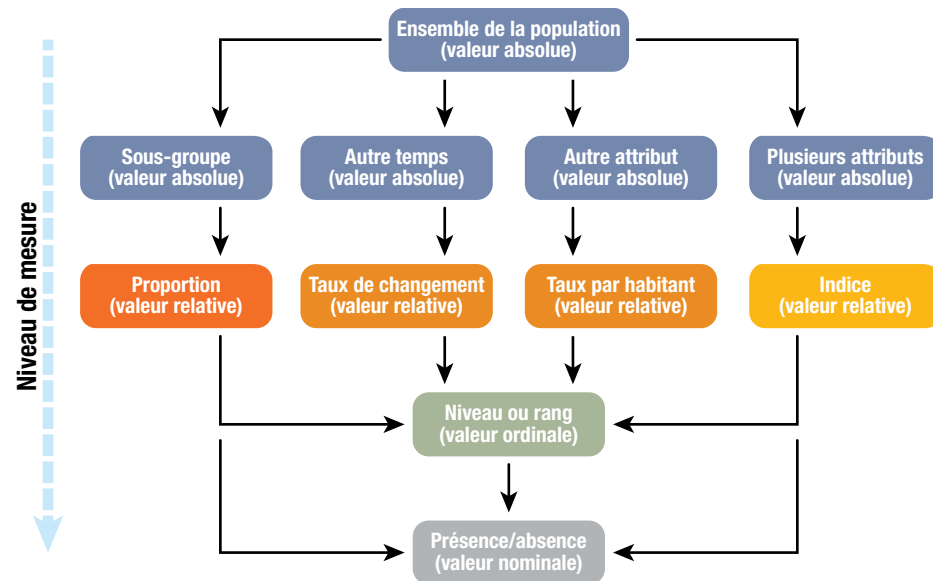
# 1.7. Transformation et

La **transformation des données** désigne la conversion statistique d'un attribut, y compris un abaissement du niveau de mesure ou la normalisation de valeurs absolues en valeurs relatives (voir [section 1.4](#)). La transformation des données permet de communiquer un message de manière plus claire sur le plan statistique et visuel. La transformation des données est également utile pour harmoniser plusieurs indicateurs de suivi des objectifs de développement durable et permettre leur mise en comparaison directe sur une carte à deux variables (voir [section 3.7](#)) ou au moyen d'un indice composite.

La **figure 1.7-1** présente les options de transformation disponibles pour les attributs énumérés tirés d'enquêtes démographiques. La transformation des données est uniquement recommandée vers le bas dans l'organigramme : les valeurs absolues peuvent être transformées en valeurs relatives, les valeurs relatives (par exemple, proportions, taux, indices) en valeurs ordinales ou nominales, et les valeurs ordinales en valeurs nominales.

La comparaison entre un sous-ensemble de la population et l'ensemble de la population donne une proportion (par exemple, le pourcentage de personnes âgées). Comparer le même attribut de la population dans le temps permet d'obtenir un taux de changement (par exemple, le pourcentage d'augmentation ou de diminution). La combinaison d'attributs appartenant et n'appartenant pas à la population donne lieu à un taux par habitant (par exemple, hôpitaux pour 100 000 habitants). En outre, la combinaison de deux attributs non liés à la population donne lieu à d'autres taux (par exemple, nombre de voitures pour 100 km de route). La combinaison de plusieurs attributs dans une formule donne lieu à un indice (par exemple, indice d'inégalité entre les sexes basé sur des données relatives à la santé, à l'autonomisation et au marché du travail).

Chacune des transformations de données de la **figure 1.7-1** permet de manière acceptable de normaliser des valeurs absolues. Cependant, le simple fait de transformer une valeur de ratio absolue en une valeur ordinale

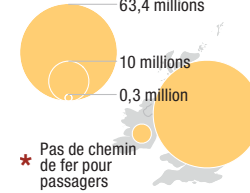


**Figure 1.7-1** : Options de transformation des données pour les attributs énumérés tirés d'enquêtes démographiques.

# normalisation des données

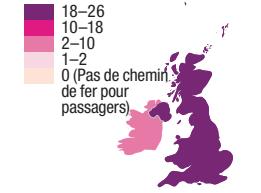
## Valeurs absolues

Europe du Nord (2015)  
Chemins de fer pour passagers  
(millions de km)



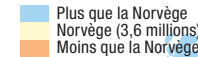
## Valeurs relatives

Europe du Nord (2015)  
Densité des chemins de fer pour passagers  
(km/km²)



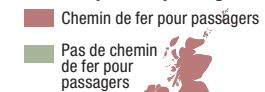
## Valeurs ordinales

Europe du Nord (2015)  
Chemin de fer pour passagers  
(par rapport à la Norvège)



## Valeurs nominales

Europe du Nord (2015)  
Existence d'un rail destiné  
au transport de passagers



**Figure 1.7-2** : Transformation des données pour l'indicateur 9.1.2 (2015) relatif au volume de rail destiné au transport de passagers. **En haut à gauche** : Valeurs absolues (total de rail destiné au transport de passagers en km). **En haut à droite** : Valeurs relatives normalisées (rail destiné au transport de passagers en km par rapport à la superficie totale du pays en km²). **En bas à gauche** : Valeurs ordinales (rang par rapport à la Norvège). **En bas à droite** : Valeurs nominales (présence ou absence).

ou nominale ne suffit pas à normaliser les données à des fins de cartographie, car il est d'abord nécessaire de les convertir en une valeur relative. Il existe d'autres méthodes de normalisation d'un attribut, notamment le calcul d'une valeur de synthèse interne (par exemple, moyenne, médiane, mode) ou externe (par exemple, pourcentage au-dessus/au-dessous de la moyenne générale).

La **figure 1.7-2** montre les cartes produites par la transformation de valeurs de ratio absolues en valeurs de ratio relatives, ordinales et nominales. Une fois les données transformées, le type de carte recommandé

passé d'une carte à symboles proportionnels à une carte choroplèthe lors de la conversion de données de ratio absolues en données de ratio relatives (puisque les cartes choroplèthes nécessitent des données normalisées), d'une palette de couleurs séquentielle à une palette de couleurs divergente lors de la conversion de données de ratio en données ordinales (étant donné l'importance accordée au centre de l'échelle ordinale), et d'une palette de couleurs divergente à une palette de couleurs qualitative lors de la conversion de données ordinales en données nominales (voir [section 2.10](#)).

## 1.8. Le problème des unités spatiales

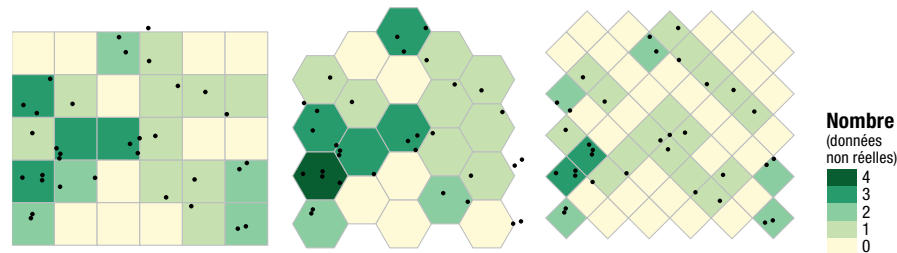
Comme indiqué à la [section 1.4](#), la plupart des ensembles de données relatifs aux indicateurs de suivi des objectifs de développement durable contiennent des attributs énumérés par pays, ce qui rend la transformation et la normalisation des données particulièrement importantes pour la cartographie des objectifs. La normalisation est essentielle pour les attributs énumérés, dans la mesure où les mêmes données au niveau individuel, lorsqu'elles sont énumérées selon différents ensembles de limites polygonales, produisent différents modèles visuels sur la carte. Ce phénomène est appelé **problème des unités spatiales modifiables**. En d'autres termes, les mêmes données sous-jacentes au niveau individuel, lorsqu'elles sont énumérées selon différentes limites, peuvent conduire à des constatations, à des conclusions ou à des décisions différentes dérivées de la carte ([figure 1.8-1](#)).

Les deux facteurs actifs du problème des unités spatiales modifiables sont la zone d'agrégation (c'est-à-dire la disposition et la forme des unités de dénombrement) et l'échelle géographique (c'est-à-dire la taille de l'unité de dénombrement).

La **zone d'agrégation** décrit la disposition et la forme des limites polygonales utilisées pour l'énumé-

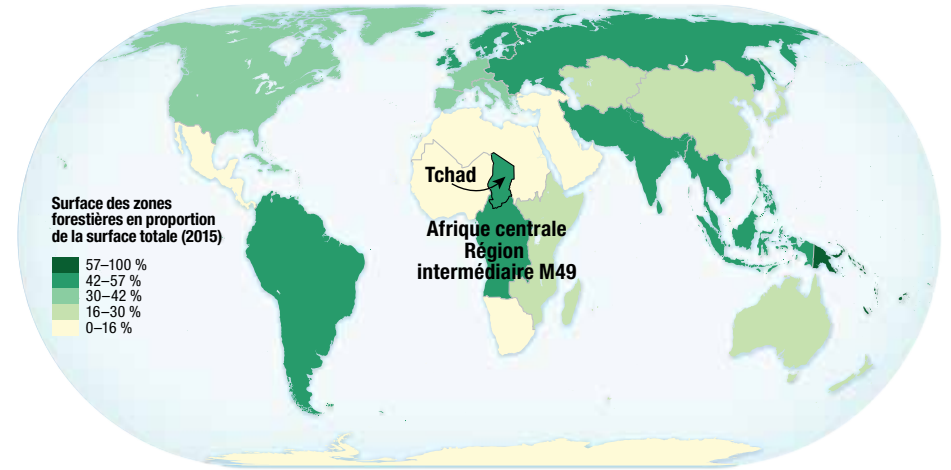
ration des données au niveau individuel. Les unités de dénombrement suivent parfois des limites régulièrement quadrillées (par exemple, des lignes de latitude ou de longitude) en Amérique du Nord et en Amérique du Sud, mais ont le plus souvent des limites irrégulières suivant des caractéristiques naturelles (par exemple, des fleuves ou des chaînes de montagnes) sur d'autres continents. La normalisation des valeurs absolues en valeurs relatives limite l'incidence du problème des unités spatiales modifiables, assurant la comparabilité visuelle entre des unités de dénombrement aux différentes dispositions, formes et tailles.

L'**échelle géographique** désigne la taille et l'étendue d'un phénomène géographique, comme les frontières politiques utilisées comme unités de dénombrement pour les indicateurs de suivi des objectifs de développement durable (voir [section 2.6](#) pour la comparaison entre l'échelle géographique et l'échelle cartographique). L'ONU encourage la collecte de données sur les indicateurs de suivi des objectifs au niveau local, ou à une **petite échelle géographique**, avec des unités de dénombrement pointues dotées d'une zone d'agrégation détaillée. Les données relatives aux indicateurs de suivi des objectifs de développement durable sont ensuite



**Figure 1.8-1** : Comprendre le problème des unités spatiales modifiables. Les trois images montrent la même distribution de points hypothétiques énumérés par trois ensembles de limites qui diffèrent par leur disposition, leur forme et leur taille. L'ombrage montre le comptage non normalisé pour chaque unité polygonale, ce qui produit des modèles visuels différents. **Gauche** : Le modèle penche vers la gauche. **Centre** : Un groupe clair émerge en bas à gauche. **Droite** : Le modèle s'étend davantage vers le centre et la droite. Les cartes choroplèthes nécessitent notamment une normalisation (voir [section 3.3](#)) pour réduire l'incidence visuelle du problème des unités spatiales modifiables lors de l'ombrage des limites de l'unité de dénombrement. D'autres cartes thématiques comme la densité de points, l'isoligne et les symboles proportionnels ne nécessitent pas de normalisation, car leurs symboles ne sont pas directement liés aux limites des unités de dénombrement. Ces exemples ne représentent pas les indicateurs de suivi des objectifs de développement durable.

## modifiables et le sophisme écologique



**Figure 1.8-2** : Les effets du problème des unités spatiales modifiables et le sophisme écologique. La cartographie de l'indicateur 15.1.1 (2015) relatif à la surface des zones forestières en proportion de la surface totale des sous-régions et des régions intermédiaires M49 plutôt que des pays dépeint un modèle incorrect du couvert forestier en Afrique centrale. Le Tchad, pays aride d'Afrique subsaharienne mis en évidence sur la carte, n'est boisé qu'à hauteur de 5 % mais apparaît en vert foncé sur la carte résultante, étant donné que les régions tropicales au sud sont également incluses dans la région intermédiaire « Afrique centrale ». Dans ce cas, la plus faible résolution peut conduire à une compréhension incorrecte du couvert forestier (et donc de la déforestation) au Tchad et de la biogéographie de l'Afrique en général. Contrairement à de nombreux indicateurs de suivi des objectifs de développement durable, l'indicateur 15.1.1 a une distribution multimodale plutôt qu'asymétrique en raison de la grande variabilité des précipitations selon la latitude. La carte qui en résulte utilise une classification optimale des interruptions (voir [section 1.9](#)).

agrégées à un niveau national, ou à une **grande échelle géographique**, les unités de dénombrement plus larges combinant les limites adjacentes des zones d'agrégation détaillées. La désagrégation du dénombrement du niveau national au niveau local nécessite des techniques de cartographie sophistiquées, telles que la cartographie dasymétrique (voir [section 3.5](#)). Il est ainsi peu approprié d'élaborer des hypothèses sur les conditions au niveau local uniquement à partir des données des indicateurs de suivi des objectifs.

Le problème des unités spatiales modifiables et l'échelle géographique peuvent donner lieu à un **sophisme écologique** : les mêmes données au niveau individuel énumérées à différentes résolutions de limites (c'est-à-dire les échelles géographiques) donnent

lieu à des relations statistiques différentes au sein des attributs énumérés. En ce qui concerne les indicateurs de suivi des objectifs de développement durable, les modèles perçus dans l'espace pour un indicateur donné et les corrélations entre les indicateurs peuvent être un artefact de la disposition, de la forme et de la taille des unités de dénombrement utilisées pour traiter et transformer les données, et non le véritable phénomène géographique que l'indicateur est censé capturer. Par exemple, lors de l'agrégation des indicateurs de suivi des objectifs de développement durable de pays en régions géographiques M49, les données attributaires résultantes racontent une certaine histoire sur la région que certains pays constitutifs peuvent contester ([figure 1.8-2](#)).

## 1.9. Classification des données

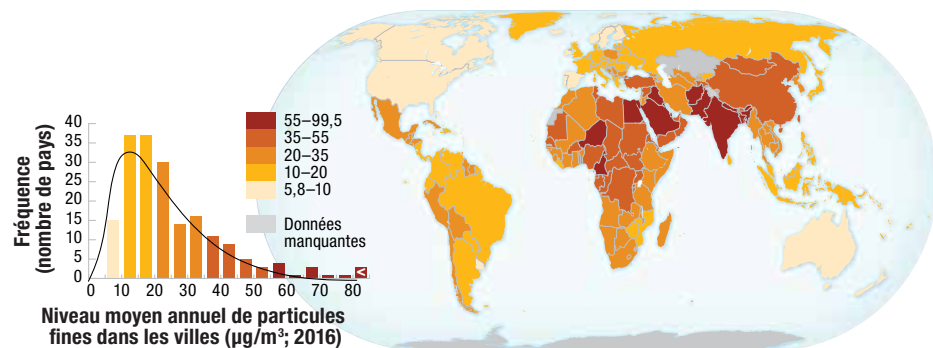
La **classification** décrit le processus d'organisation des éléments de la carte en groupes afin d'améliorer la lisibilité de la représentation. La classification est l'un des moyens utilisés par les cartographes pour généraliser les cartes thématiques, en réduisant la complexité visuelle des données attributaires pour clarifier les modèles de la carte (voir [section 2.7](#)). Cependant, la classification ajoute également de l'incertitude aux cartes thématiques (voir [section 2.15](#)), dans la mesure où les modèles résultants peuvent être fortement influencés par le placement des **interruptions de classe** (ou points de division entre les classes) sur le schéma.

La classification s'applique à tous les attributs de tous les niveaux de mesure, y compris les valeurs ordinales et nominales (par exemple, la carte ordinale de la [figure 1.7-2](#) reclasse tous les classements uniques pour ne montrer que le classement au-dessus et au-dessous de la valeur de la Norvège). La classification devient plus difficile lorsqu'elle est appliquée à des données numériques. Comme pour tous les aspects de la conception cartographique, il n'existe pas de classification parfaite, et toutes les classifications sont faites de compromis. Au lieu de cela, les cartographes prennent en compte différents éléments pour obtenir un **schéma de classification** approprié, comme la portion de la distribution sur laquelle le carto-

graphe souhaite mettre l'accent, le nombre total de classes (la plupart des schémas utilisant quatre à sept classes) et les valeurs critiques qui produisent des interruptions de classe arrondies ou significatives.

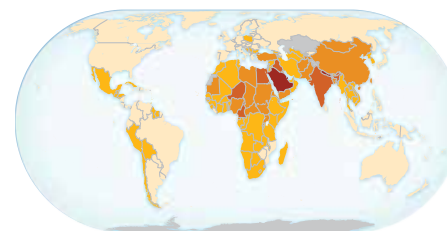
Pour les indicateurs de suivi de objectifs de développement durable présentés sous la forme de valeurs absolues, de proportions, de taux et d'indices (voir [section 1.6](#)), il est toujours nécessaire de vérifier la distribution de l'attribut dans les unités de dénombrement avant de choisir un système de classification ([figure 1.9-1](#)). Différents schémas de classification numérique sont recommandés pour différentes distributions d'attributs, notamment **arithmétique** ou **géométrique** pour les distributions d'attributs asymétriques, **intervalle égal** pour les distributions d'attributs uniformes ([figure 1.9-2](#)), **interruptions optimales** pour les distributions d'attributs multimodales ([figure 1.9-3](#)), et **moyenne et écart-type** pour les distributions d'attributs normales ([figure 1.9-4](#)).

Un schéma par **quantile** est utile pour comparer de multiples indicateurs qui se trouvent sur des échelles différentes ou pour des attributs de niveau ordinal ([figure 1.9-5](#)). Les [figures 1.9-2](#), [1.9-3](#), [1.9-4](#) et [1.9-5](#) reclassent les données de la [figure 1.9-1](#), en montrant l'impact de la classification sur la carte résultante.

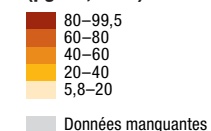


**Figure 1.9-1** : Distributions et classification des données. **Gauche** : L'histogramme illustre la distribution des attributs inclinée vers la gauche pour l'indicateur 11.6.2 (2016) relatif aux niveaux moyens annuels de particules fines dans les villes. **Droite** : Le schéma arithmétique résultant augmente les distances entre les interruptions de classe selon une progression régulière, en élargissant ici chaque classe de 5 µg/m³ pour illustrer plus en détail les éléments du côté où les données sont groupées plutôt que de mettre l'accent sur les valeurs atypiques.

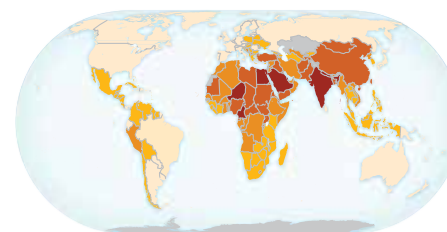
Étant donné que de nombreux indicateurs de suivi des objectifs de développement durable présentent une inclinaison à gauche ou à droite dans la distribution de leurs attributs — de nombreux pays se regroupant à une extrémité de l'échelle avec plusieurs valeurs atypiques extrêmes, le schéma arithmétique est actuellement le



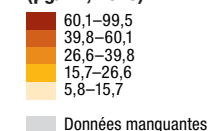
**Niveau moyen annuel de particules fines dans les villes (µg/m³; 2016)**



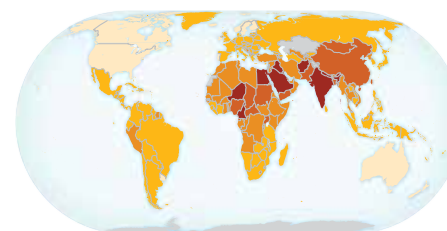
**Figure 1.9-2** : Intervalle égal. Il place les interruptions de classe à égale distance les unes des autres. Utilisez l'intervalle égal pour les indicateurs dont la distribution est uniforme. L'intervalle égal présente l'avantage de produire des légendes cartographiques simples, faciles à comprendre et adaptées au grand public.



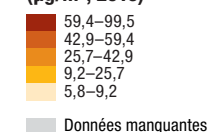
**Niveau moyen annuel de particules fines dans les villes (µg/m³; 2016)**



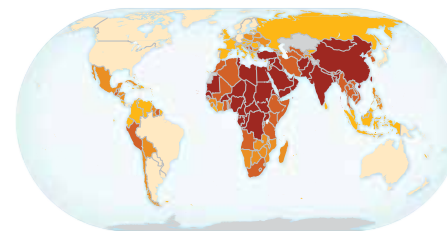
**Figure 1.9-3** : Interruptions optimales. Elles traitent les classes comme des grappes et minimisent les différences au sein de la classe tout en maximisant les différences entre les classes. Utilisez les interruptions optimales pour les indicateurs présentant plusieurs grappes dans la distribution (par exemple, [figure 1.8-2](#)) ou pour mettre en évidence les valeurs atypiques.



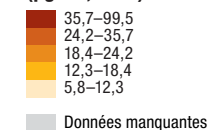
**Niveau moyen annuel de particules fines dans les villes (µg/m³; 2016)**



**Figure 1.9-4** : Moyenne et écart-type. Il s'agit d'une variante de l'intervalle égal dans laquelle l'intervalle égal est exprimé en écarts-types par rapport à la moyenne. Utilisez la moyenne et l'écart-type pour les indicateurs dont la distribution est normale ou lorsque la valeur moyenne est significative.



**Niveau moyen annuel de particules fines dans les villes (µg/m³; 2016)**



**Figure 1.9-5** : Quantile. Il place le même nombre d'éléments dans chaque classe. Utilisez le quantile pour la comparaison côte à côte ou à deux variables de plusieurs indicateurs, car le schéma réduit efficacement les attributs numériques à des échelles ordinales similaires, ou lorsque la valeur médiane est significative.



# OBJECTIF N° 1 : ÉLIMINER LA PAUVRETÉ SOUS TOUTES SES FORMES ET PARTOUT DANS LE MONDE

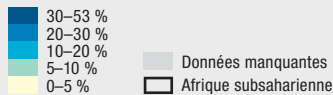
► 736 millions de personnes vivaient dans l'extrême pauvreté en 2015

413 millions  
Afrique subsaharienne

323 millions  
Reste du monde

► La plupart des personnes qui gagnent moins de 1,90 dollar des États-Unis par jour vivent en Afrique subsaharienne

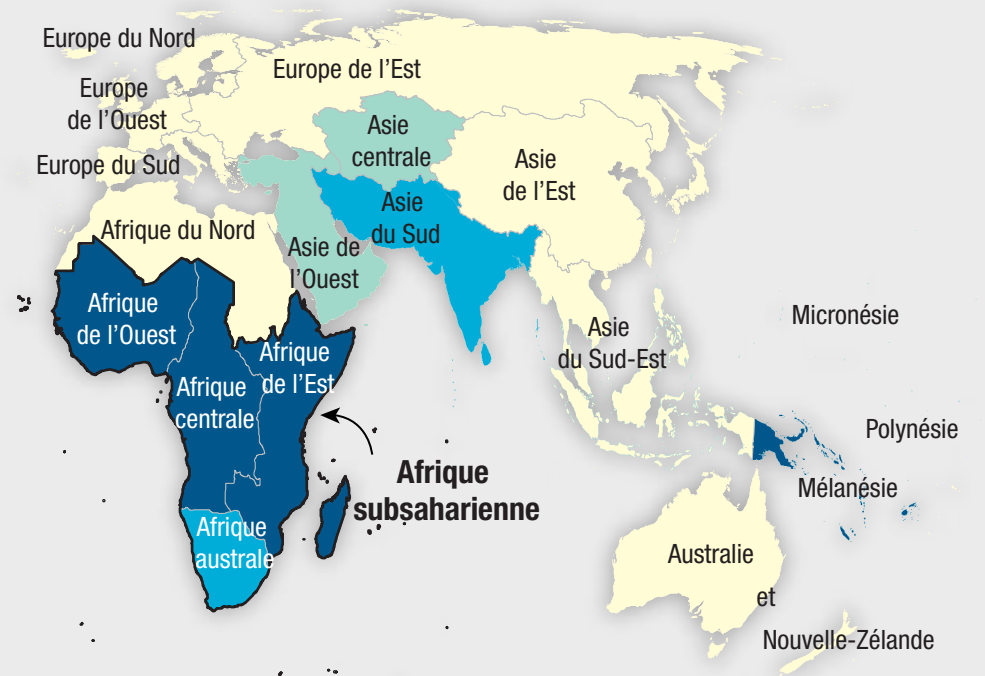
Proportion de personnes vivant au-dessous du seuil de pauvreté fixé au niveau international (valeurs les plus récentes; 2012–2018)



◀ Le Secrétaire général de l'ONU rencontre des personnes vivant dans un camp de personnes déplacées dans la ville de Bangassou, en République centrafricaine. (Source : Photo ONU/Eskinder Debebe, 2017)

## Cible 1.1

Éliminer complètement l'extrême pauvreté dans le monde entier



▲ La carte représente l'indicateur 1.1.1 (valeur la plus récente pour 2012-2018) relatif à la proportion de la population vivant au-dessous du seuil de pauvreté fixé au niveau international (1,90 dollar des États-Unis par jour) sous la forme de choroplèthe par groupement pour les objectifs de développement durable. La norme M49 est un ensemble mondial à plusieurs niveaux de groupements de régions, sous-régions et régions intermédiaires créé pour obtenir une plus grande homogénéité de taille en matière de démographie. Les groupements des objectifs de développement durable sont dérivés de la méthodologie M49 et utilisent une combinaison de régions et de sous-régions.

L'indicateur 1.1.1 est une valeur relative appartenant au niveau de ratio (une proportion) et est donc normalisé pour la cartographie choroplèthe afin d'atténuer les effets du problème des unités spatiales modifiables. La carte choroplèthe utilise une classification arithmétique pour la distribution des attributs inclinée vers la gauche et un schéma de couleurs séquentiel pour une augmentation apparente du niveau le plus faible au plus élevé.



**SECTION 2 :**  
**CONSIDÉRATIONS RELATIVES**  
**À LA CONCEPTION DES CARTES**

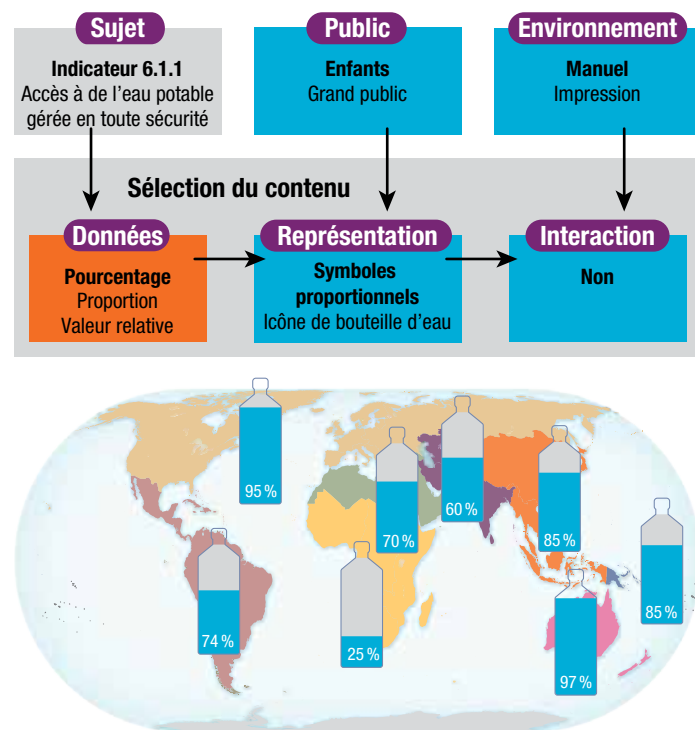
## 2.1. Sélection du contenu

La conception d'une carte n'est pas une tâche simple. Avant de passer à la conception, le cartographe prend plusieurs décisions importantes en ce qui concerne le contenu des données figurant sur la carte, qui influenceront ensuite sur les décisions de conception et d'utilisation de la carte. La **sélection** est une forme de généralisation qui détermine le maintien ou la suppression d'éléments cartographiques (par exemple, différents ensembles de données sur les indicateurs de suivi des objectifs de développement durable; voir [section 2.7](#)).

Tout d'abord, le cartographe doit se demander : « Pourquoi faisons-nous cette carte ? » et « Quel est le message à retenir ou l'objectif principal de la carte ? ». La carte doit avoir un **sujet** clair qui définit *qui, quoi, quand et où*, ou le contexte spatiotemporel de la carte (voir [section 1.2](#)).

Pour les indicateurs de suivi des objectifs de développement durable, cette étape implique la sélection du contenu de la carte pour un ou plusieurs ensembles de données sur les indicateurs (c'est-à-dire la sélection du contenu des attributs), les unités de dénombrement nationales ou régionales à l'aide des codes M49 (c'est-à-dire la sélection du contenu des localisations) et un ou plusieurs repères temporels dans la série chronologique (c'est-à-dire la sélection du contenu temporel) (voir [figure 1.2-4](#)). La carte doit également avoir un **but** précis, ou un objectif global, qui peut aller de l'exploration par des spécialistes à la communication externe à des fins de politique et de prise de décisions ou de sensibilisation et d'information du public (voir [section 4.1](#)).

Deuxièmement, le cartographe doit se demander : « À qui s'adresse la carte ? ». Le **public** identifié,

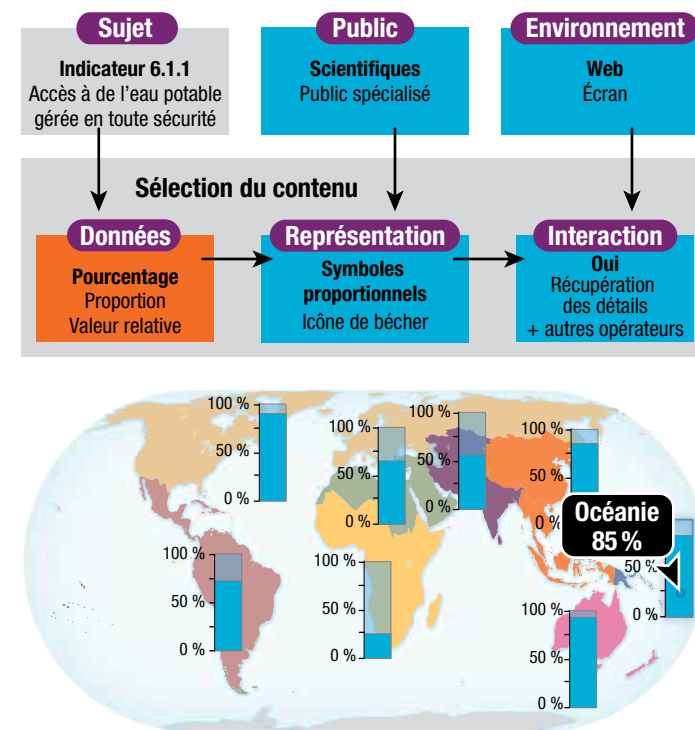


**Figure 2.1-1** : Sélection du contenu. La relation entre le travail de sélection et les cartes qui en résultent montre à quel point les cartes traitant d'un même sujet peuvent varier en fonction du public visé et de leur environnement d'utilisation. Dans les deux cartes, le sujet est l'indicateur 6.1.1 (2015) relatif à la proportion de la population utilisant des services d'alimentation en eau potable gérés en toute sécurité.

à savoir les utilisateurs prévus de la carte, influence de nombreux choix de conception cartographique. Par exemple, une carte conçue pour les enfants nécessite un contenu simplifié et des motifs ludiques par rapport à une carte conçue pour les scientifiques ou les décideurs politiques ([figure 2.1-1](#)). Il est rarement possible de s'adresser à tous les publics avec une seule carte, ce qui rend la sélection du contenu optimal très dépendante du public. Comprendre les différences entre les publics cibles potentiels clarifie toutefois davantage le processus de conception plutôt que de le complexifier (voir [section 4.1](#)).

Le cartographe doit enfin se poser les questions suivantes : « Comment la carte sera-t-elle utilisée ? » et « La carte apparaîtra-t-elle sur papier sous la forme d'une affiche ou d'un rapport, ou à l'écran sur Internet ou sur un appareil mobile ? ». L'**environnement**

d'utilisation de la carte impose des contraintes supplémentaires en matière de conception. Les environnements d'utilisation des cartes ont rapidement évolué avec l'omniprésence des ordinateurs personnels et des téléphones intelligents, mais les appareils numériques ne peuvent généralement pas afficher la même densité de contenu que le papier. Lorsqu'ils le peuvent, un tel niveau de détail de contenu se fait au prix du transfert d'une grande quantité de données mobiles, qui ralentit inévitablement le temps de chargement et le rendu. Les cartographes doivent ainsi désormais tenir compte d'un plus grand nombre de supports de conception (par exemple, papier, projecteurs, écrans), car les cartes réagissent à différents environnements, ainsi que d'un plus grand nombre de conditions de visualisation, car les cartes évoluent dans des environnements variables.



**Gauche** : Pour un public composé d'enfants, le symbole proportionnel d'une bouteille d'eau est choisi pour son côté ludique, mais son impression dans un livre ne permet aucune interaction numérique. **Droite** : Pour un public spécialisé de scientifiques, le choix se porte sur un symbole proportionnel de bêche plus complexe, tandis que la distribution en ligne permet d'interagir avec la carte et de l'explorer.

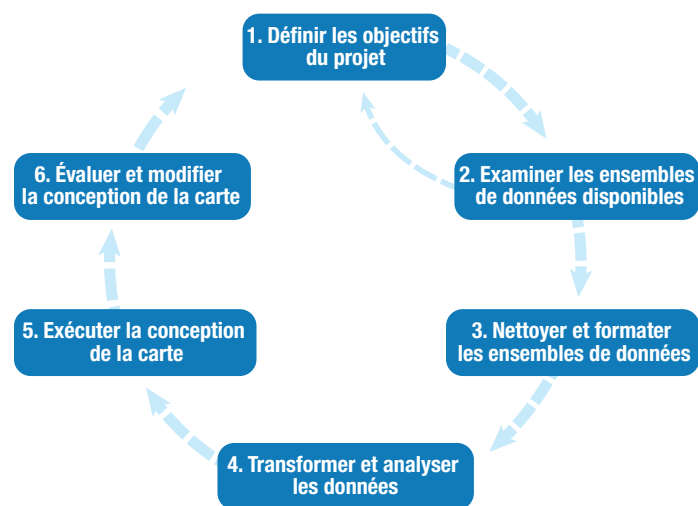
## 2.2. Planification du projet et

Un **plan de projet** décrit la série d'étapes à réaliser depuis la conceptualisation jusqu'à la livraison finale pendant le processus de conception cartographique. La planification de chaque étape de ce processus peut sembler inutile et fastidieuse au premier abord, mais elle permet généralement d'économiser du temps et des ressources. La planification du projet permet également d'évaluer les objectifs du projet, tels que le sujet, le but, le public et l'environnement d'utilisation de la carte au début du projet, en ralentissant intentionnellement sa conception afin de considérer différentes possibilités (voir [section 2.1](#)). Enfin, la planification permet d'inviter toutes les parties prenantes concernées à prendre part au processus de conception cartographique. Ces acteurs peuvent inclure des représentants des publics cibles afin de s'assurer que les besoins des utilisateurs sont satisfaits pour les projets de cartographie interactive, en ligne et mobile plus complexes (voir [section 4.12](#) pour un processus de conception explicitement centré sur l'utilisateur).

Même avec un plan de projet détaillé, il est très probable que des difficultés inattendues se présentent. Celles-ci peuvent prendre la forme de limitations dans

la couverture et le format des données, d'une indisponibilité des logiciels de cartographies ou de contraintes liées à leur emploi, et d'obstacles dans l'analyse des données. Il est primordial de toujours consulter et étudier les données disponibles avant de décider d'un type spécifique de carte à réaliser. Sans cela, il est facile de définir la plupart des détails de la carte puis de se rendre compte que les données nécessaires pour atteindre les objectifs cartographiques ne sont pas disponibles. Relever tous les défis est impossible, mais la planification du projet permet de fixer des étapes importantes qui feront avancer le projet et de définir des moments de réflexion et d'évaluation critiques afin d'améliorer le produit cartographique final.

La **figure 2.2-1** donne un aperçu général du processus de conception cartographique. Le plan d'un projet donné varie en fonction de son contexte cartographique. La **figure 2.2-2** présente un plan de projet plus détaillé pour la cartographie des indicateurs de suivi des objectifs de développement durable, et constitue une « feuille de contrôle » qui peut être adaptée et réutilisée pour des besoins cartographiques spécifiques.



**Figure 2.2-1** : Processus général de conception cartographique. Le processus décrit ici est courant pour les cartes statiques et imprimées. La [section 4.12](#) présente des recommandations pour la cartographie interactive, en ligne et mobile.

**Figure 2.2-2 (page opposée)** : Feuille de contrôle pour la cartographie des indicateurs de suivi des objectifs de développement durable. Adaptez et réutilisez ce plan de projet en fonction des besoins cartographiques spécifiques.

## processus de conception cartographique

### 1. Définir les objectifs du projet

- [ ] Rechercher les objectifs de développement durable, les cibles et les indicateurs pertinents dans le cadre de votre projet. Ratisser large en examinant la documentation de référence, y compris les documents officiels de l'ONU, les cartes et diagrammes existants sur le sujet, et les documents de référence en géographie, cartographie et dans les domaines connexes.
- [ ] Inviter les parties prenantes et les publics cibles concernés à discuter des objectifs et du plan de projet.
- [ ] Envisager d'autres conceptions pour communiquer l'idée principale de votre carte et d'autres interprétations possibles par le public cible.
- [ ] Définir le sujet, l'objectif, le public et l'environnement d'utilisation de la carte.

### 2. Examiner les ensembles de données disponibles

- [ ] Examiner et collecter les données officielles des indicateurs de suivi des objectifs de développement durable à l'adresse suivante (en anglais) : <https://unstats.un.org/sdgs/dataportal/>.
- [ ] Identifier les sources de données alternatives qui offrent les meilleures approximations pour vos objectifs cartographiques si les données des indicateurs ne sont pas satisfaisantes, en particulier pour les indicateurs de catégorie II et en cours de catégorisation.
- [ ] Recueillir des ensembles de données auxiliaires, y compris des ensembles de données sur les délimitations de l'endroit, des ensembles de données permettant des analyses géospatiales avancées et l'interprétation des cartes, et des ensembles de données non géospatiales à l'appui de l'objectif de la carte.
- [ ] Modifier les objectifs de la carte en fonction des données disponibles.

### 3. Nettoyer et formater les ensembles de données

- [ ] Identifier le logiciel de cartographie pour votre projet; cette décision aura une incidence sur le type de nettoyage et de formatage des données requis.
- [ ] Restreindre la portée de vos données géographiques, attributaires et temporelles en filtrant les données.
- [ ] Évaluer l'exhaustivité des données et définir les moyens de gérer les données manquantes et autres incertitudes.
- [ ] Joindre les données temporelles et attributaires aux délimitations de l'endroit dans un logiciel de cartographie à des fins d'analyse et de présentation.

### 4. Transformer et analyser les données

- [ ] Effectuer les transformations de données nécessaires pour aligner les attributs.
- [ ] Normaliser les données énumérées pour les types de cartes thématiques spécifiques (par exemple, des cartes choroplèthes).
- [ ] Appliquer un schéma de classification approprié en fonction de la distribution des données et de l'objectif de la carte.
- [ ] Repérer les modèles, les tendances et les anomalies notables dans les données.

### 5. Exécuter la conception de la carte

- [ ] Définir la symbolisation et le type de carte appropriés en fonction de l'objectif de la carte et des transformations de données appliquées.
- [ ] Choisir une projection appropriée en fonction de l'objectif de la carte, de l'étendue géographique et du type de carte défini (par exemple, une projection équivalente pour les cartes de densité de points, choroplèthes et isolignes ombrées).
- [ ] Définir l'échelle cartographique et généraliser les données de localisation pour cette échelle.
- [ ] Élaborer une hiérarchie visuelle et un style esthétique cohérents.
- [ ] Placer et styliser les étiquettes de la carte pour renforcer la hiérarchie visuelle et donner un contexte pour l'interprétation de la carte.
- [ ] Ajouter des annotations supplémentaires pour clarifier les modèles, tendances et anomalies notables en rapport avec l'objectif de la carte.
- [ ] Ajouter une légende et des éléments cartographiques supplémentaires, tels que les indications du nord et l'échelle cartographique, mais seulement s'ils sont importants pour l'interprétation de la carte.

### 6. Évaluer et modifier la conception de la carte

- [ ] Comparer l'ébauche de carte à votre plan de projet initial et aux objectifs de la carte.
- [ ] Vérifier le travail pour repérer les noms de lieux mal orthographiés, les symboles manquants, les lignes mal alignées, etc.
- [ ] Inviter les parties prenantes et les publics cibles concernés à faire part de leur avis et de leurs observations sur l'ébauche de carte.
- [ ] Réviser la conception de la carte en fonction des observations internes et externes.

## 2.3. Décisions de conception cartographique

En cartographie, la **conception** désigne à la fois le processus de planification, d'exécution et d'évaluation d'une carte et les **décisions** individuelles qu'un cartographe doit prendre au cours du processus pour représenter visuellement les ensembles de données géospatiales sélectionnés. À cet égard, une **représentation** est un élément (par exemple, une carte ou un diagramme) qui en représente un autre (par exemple, des phénomènes et des processus géographiques du monde réel). Les décisions de conception définissent la façon dont un cartographe affirme sa position et sa perspective, ce qui rend toutes les cartes résultantes originales et subjectives plutôt que neutres ou objectives.

La conception fait également référence au produit final du processus de conception cartographique. Par conséquent, une **carte** est définie comme une représentation visuelle abstraite (voir sections 2.6 et 2.7) et (souvent) originale de phénomènes ou de processus géographiques (voir section 1.2). Les données géospatiales sont également créées, abstraites et rendues visibles lorsqu'elles sont cartographiées ou visualisées dans un autre diagramme. Parce que les cartes sont le fruit du travail de leur auteur, un même sujet peut être cartographié de différentes manières, toutes aussi acceptables les unes que les autres (par exemple, figure 1.7-2). Cependant, certaines décisions de conception ne sont pas optimales pour certains contextes cartographiques et les sections suivantes proposent des recommandations de conception pour éviter les pièges courants de la conception cartographique au lieu d'appliquer des règles strictes.

Le flux de travail de la figure 2.3-1 présente certaines des décisions relatives aux données et à la représentation prises au cours du processus de conception de la carte de l'accès à l'eau potable gérée en toute sécurité pour les enfants de la figure 2.1-1.

Tout d'abord, il convient d'établir le niveau de mesure de l'ensemble de données de l'indicateur de suivi des objectifs de développement durable (**décision n° 1**).

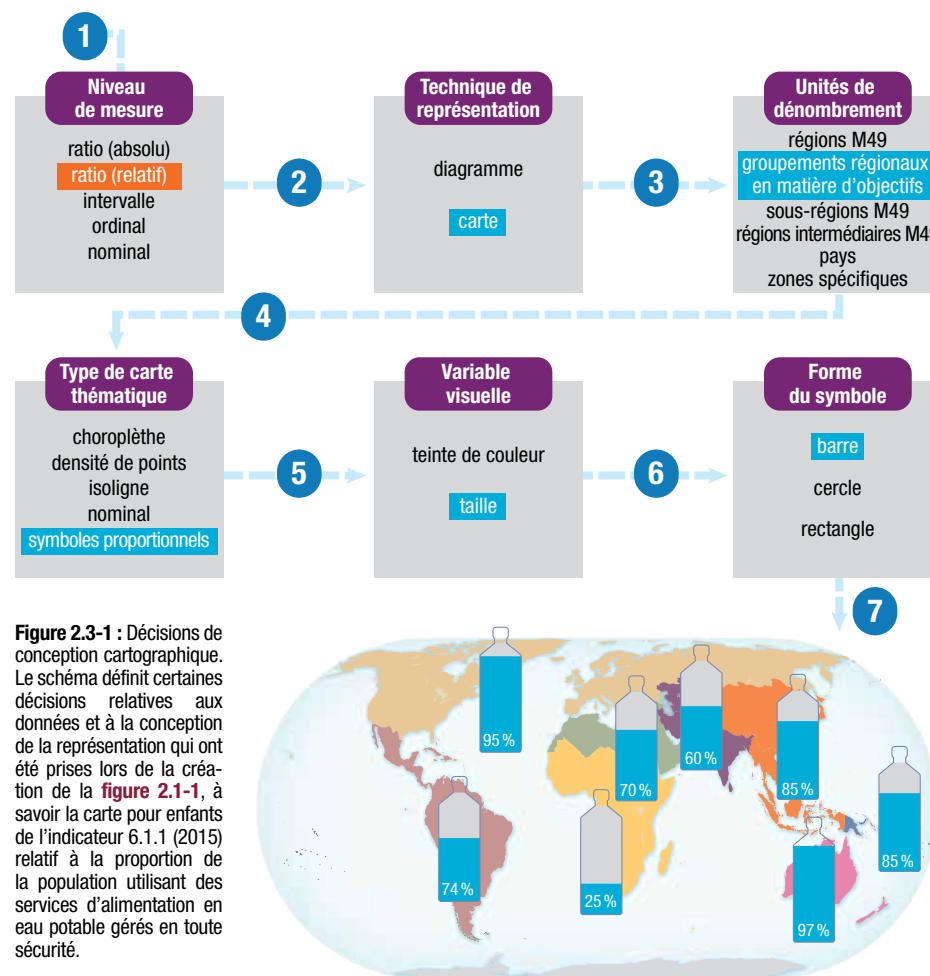
L'indicateur 6.1.1 est défini comme la proportion de la population utilisant des services d'alimentation en eau potable gérés en toute sécurité, une valeur relative rapportée à un niveau de ratio (voir section 1.4). Ensuite, il faut décider si les données géospatiales permettent de réaliser une carte ou si la représentation doit se limiter à des diagrammes des composantes des données attributaires ou temporelles (**décision n° 2**). La carte a notamment pour objectif de mettre en exergue la distribution spatiale et l'inégalité de l'accès à l'eau potable; il est donc nécessaire de créer une carte appropriée pour ce type d'interprétation.

Une fois la carte sélectionnée, il faut identifier un ensemble viable d'unités de dénombrement pour le sujet et le public de la carte (**décision n° 3**), comme les groupements régionaux en matière d'objectifs de développement durable (voir section 1.3), et d'autres informations cartographiques de base nécessaires pour le contexte. Ensuite, il faut choisir un moyen acceptable de représenter l'indicateur sous la forme d'une carte thématique (**décision n° 4**). Les cartes à symboles proportionnels décrivent des phénomènes discrets qui changent brusquement, comme les sources localisées (c'est-à-dire les puits) d'eau potable, évoquant une métaphore visuelle appropriée pour l'indicateur 6.1.1 (voir section 3.1).

Ces décisions de conception initiales servent ensuite à prendre les décisions ultérieures. Par exemple, les cartes à symboles proportionnels des indicateurs peuvent être appliquées à la dimensionnalité des points ou des polygones (voir section 2.8), mais l'utilisation des polygones donne lieu à un cartogramme trop peu familier pour les enfants (voir section 3.8), ce qui fait des points le meilleur choix. Les symboles proportionnels reposent principalement sur la variable visuelle taille (voir section 2.9), et le codage redondant de l'indicateur 6.1.1 avec d'autres variables visuelles comme la teinte de la couleur empêcherait l'utilisation stylistique du bleu pour l'eau (**décision n° 5**). Toutes les décisions ne dépendent pas du type de carte thématique. Ainsi,

une barre proportionnelle est choisie plutôt qu'un cercle proportionnel (tous deux symboles proportionnels) pour mettre l'accent sur les valeurs relatives (pourcentages) plutôt que sur les valeurs absolues (**décision n° 6**). Enfin, la barre est stylisée comme une bouteille d'eau pour une représentation ludique destinée aux enfants (**décision n° 7**).

La modification d'une décision antérieure a une incidence sur d'autres décisions : le passage à une carte choroplèthe change la dimensionnalité du symbole en polygones et la variable visuelle en valeur de couleur, mais conserve la valeur relative normalisée. La conception est ainsi un processus très itératif, mais une planification plus poussée à ses premiers stades permet de réduire le nombre d'itérations pendant la conception.



**Figure 2.3-1 :** Décisions de conception cartographique. Le schéma définit certaines décisions relatives aux données et à la conception de la représentation qui ont été prises lors de la création de la figure 2.1-1, à savoir la carte pour enfants de l'indicateur 6.1.1 (2015) relatif à la proportion de la population utilisant des services d'alimentation en eau potable gérés en toute sécurité.

## 2.4. Projections cartographiques

La **projection** désigne le processus de transfert des données géospaciales d'un modèle tridimensionnel de la Terre vers une carte bidimensionnelle ou « plate ». Bien que le processus de projection soit mathématique et réalisé par voie informatique, les projections sont souvent caractérisées par la forme de la surface de la carte et la manière dont elle croise la surface du globe terrestre (figure 2.4-1).

Une projection **cylindrique** enroule complètement la surface de la carte autour du globe, la surface déroulée donnant un graticule rectangulaire. Comme les projections cylindriques normales croisent la surface du globe à l'équateur ou à proximité, elles limitent la distorsion des cartes régionales des régions équatoriales.

Une projection **conique** enroule principalement la surface de la carte autour d'un hémisphère du globe, ce qui donne un graticule semi-circulaire. Les projections coniques normales limitent les distorsions pour les cartes régionales des latitudes moyennes.

Une projection **plane** place la surface de la carte sur le globe, ce qui donne un graticule circulaire après projection. Les projections planes normales limitent les distorsions dans les régions polaires.

Le choix d'une projection est une décision de conception cartographique critique, dans la mesure où toutes les projections déforment une ou plusieurs propriétés de la carte.

Une projection **conforme** préserve les relations angulaires aux points locaux (c'est-à-dire les nœuds individuels). Les projections conformes sont souvent utilisées pour préserver la forme des polygones, bien que deux projections conformes différentes produisent des formes différentes. Les projections cylindriques pseudoconformes, comme la projection Mercator Web, sont courantes pour les cartes Web, car le graticule est divisé en tuiles carrées de forme cohérente (voir section 4.5), ce qui entraîne une distorsion des zones.

Une projection **équivalente** préserve les surfaces relatives des polygones, ce qui entraîne souvent une forte distorsion des formes. Les cartes thématiques qui s'appuient sur un ombrage coloré des zones (par exemple, les cartes choroplèthes ou les cartes d'isolignes ombrées) ou sur une normalisation de la densité par zone (par exemple, les cartes de densité de points) doivent utiliser une projection équivalente pour éviter la distorsion des zones et permettre ainsi des comparaisons à travers la carte (voir section 3.1).

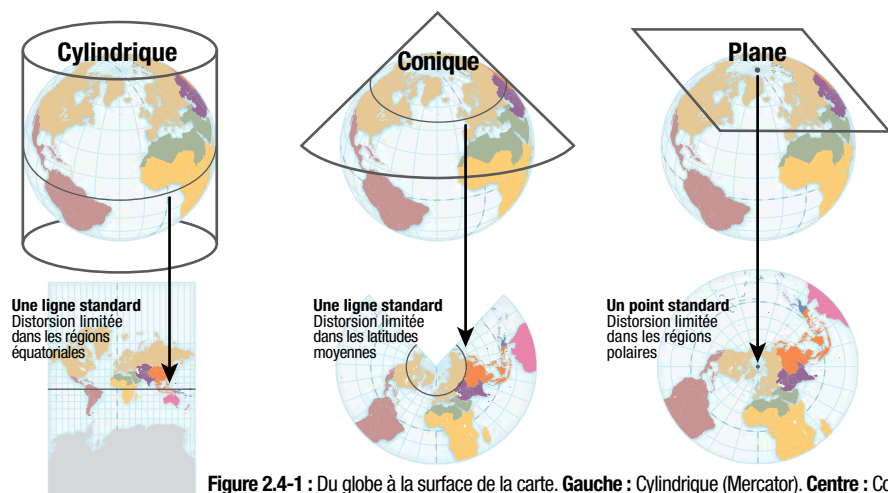


Figure 2.4-1 : Du globe à la surface de la carte. **Gauche** : Cylindrique (Mercator). **Centre** : Conique. **Droite** : Plane. Le graticule et les lignes ou points standard sont indiqués à des fins de comparaison.

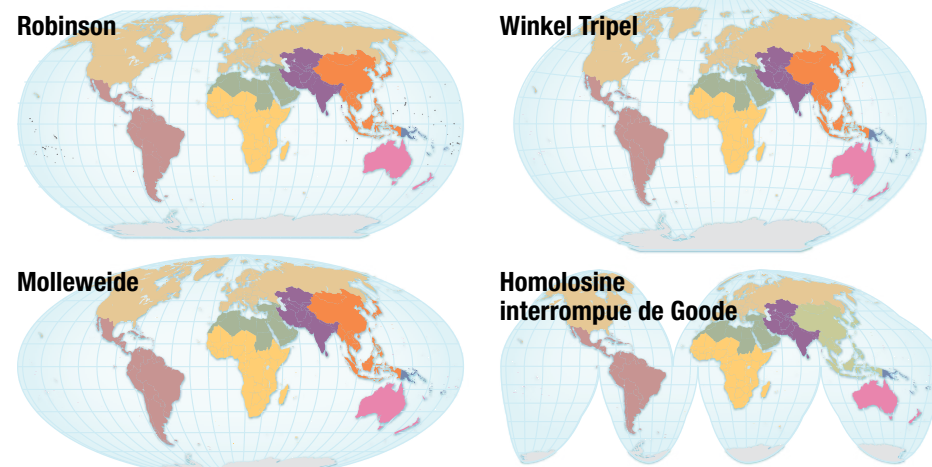


Figure 2.4-2 : Plusieurs alternatives à la projection du monde Eckert IV. **En haut à gauche** : Robinson (projection de compromis). **En haut à droite** : Winkel-Tripel (projection de compromis). **En bas à gauche** : Mollweide (projection équivalente). **En bas à droite** : Homolosine interrompue de Goode (projection équivalente). Le changement de graticule donne une indication de la distorsion de la projection sur la carte.

Une projection **équidistante** préserve la distance entre un ou deux endroits spécifiques et tous les autres endroits de la carte. La distance est également préservée pour toutes les projections au niveau d'un **point standard** (pour les projections planes tangentes uniquement; voir section 2.5) ou d'une **ligne standard**, ou encore des emplacements où le plan de la carte 2D touche ou recoupe le globe 3D (figure 2.4-1). L'échelle cartographique n'est dès lors précise que le long d'un petit nombre de transects sur une carte (voir section 2.6).

Une projection **azimutale** préserve les directions depuis un point unique vers tous les autres points de la carte, une distorsion différente de la préservation conforme de tous les angles aux points locaux. Toutes les projections azimutales sont planes, et inversement. Ces termes sont ainsi souvent interchangeables dans les logiciels de cartographie.

Enfin, une projection de **compromis** équilibre la distorsion entre toutes les propriétés de la carte.

Les projections sont nommées dans les logiciels de cartographie en fonction de la surface cartographique utilisée et de la propriété cartographique conservée (par exemple, « conique conforme »), ou de l'inventeur, de sorte qu'il est utile de comprendre ces concepts pour choisir une projection appropriée.

Dans le contexte des objectifs de développement durable, la principale préoccupation lors du choix d'une projection est de trouver une représentation équilibrée et équitable pour tous les pays représentés sur la carte. Les projections de compromis ou équivalentes sont par conséquent recommandées pour les cartes représentant les objectifs à l'échelle mondiale (figure 2.4-2). Le présent ouvrage utilise principalement la projection équivalente Eckert IV pour les cartes représentant les objectifs à l'échelle mondiale.

## 2.5. Centrage des projections

Le **méridien central** d'une projection cartographique désigne la longitude le long de laquelle la surface de la carte d'une projection est centrée (voir [section 1.2](#)). Le méridien central 0° de Greenwich (Royaume-Uni) est souvent choisi pour les cartes du monde, car il s'agit de la référence zéro, ou **méridien origine**, pour les notations est-ouest de la longitude. L'**équateur** est la référence zéro pour les notations nord-sud de la latitude ([figure 2.5-1](#)).

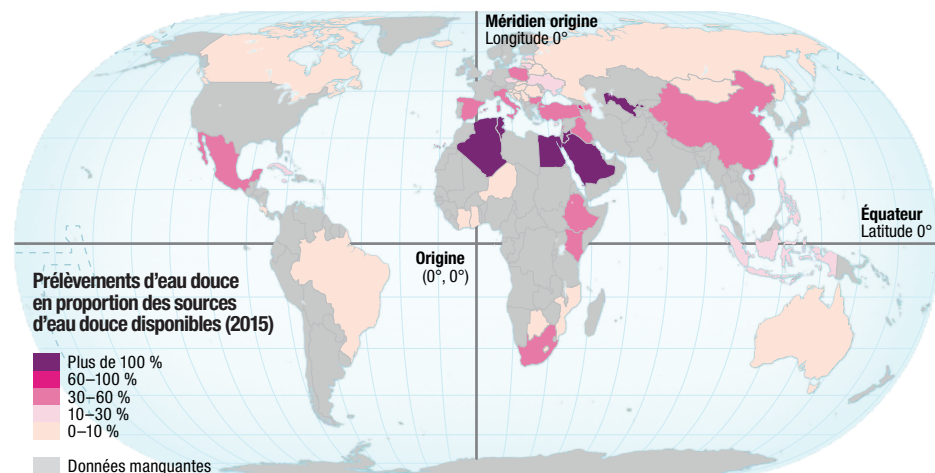
Le choix d'un autre méridien central déplace le centre d'intérêt de la carte vers une autre zone d'intérêt potentiellement plus appropriée au sujet, à l'objectif et au public donnés. Les [figures 2.5-2](#) et [2.5-3](#) comparent deux points de vue pour le même indicateur de suivi des objectifs de développement durable. Ces champs d'affichage adaptent la carte à un public plus local, en plaçant respectivement la Chine et le Canada au centre de la carte et en modifiant le méridien central de la projection.

Le choix d'un autre méridien central permet également de clarifier les éléments de la carte et les relations spatiales. Par exemple, le [figure 2.5-2](#) sépare le Canada en deux parties, la première se trouvant à l'extrême gauche de la carte et la seconde à l'extrême droite.

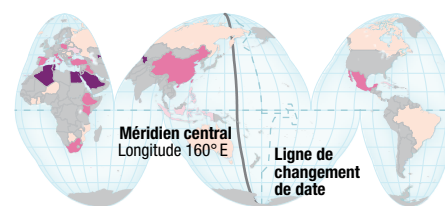
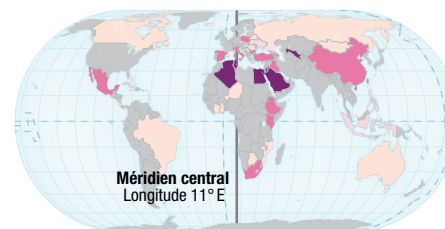
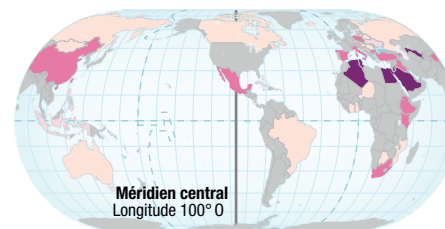
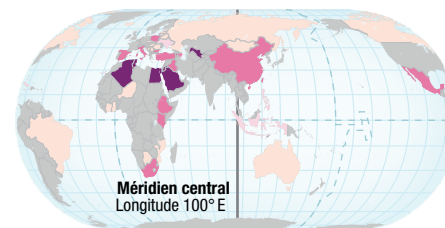
En ajustant le méridien central légèrement vers l'est, dans l'océan Pacifique, il est possible de garder l'accent général sur la Chine tout en évitant les coupures sur les autres continents, ce qui améliore l'interprétation de la carte. La projection cartographique Eckert IV présentée dans cet ouvrage utilise un méridien central de 11° E afin d'éviter la coupure des continents ([figure 2.5-4](#)).

Les projections ne doivent pas nécessairement être centrées sur un méridien donné. L'**aspect** de la surface de la carte par rapport au globe peut pivoter à partir de son orientation **normale** en suivant l'axe de rotation de la Terre, ce qui donne des parallèles standard. Un aspect **transverse** fait pivoter la surface de la carte de 90° par rapport à la normale, ce qui donne lieu à des méridiens standard. Un aspect **oblique** décrit d'autres rotations entre l'aspect normal et l'aspect transverse, comme la projection orthographique donnant l'apparence d'une vue depuis l'espace (par exemple, les « globes » de [figure 2.4-1](#)).

Plutôt que de se toucher en un seul point **tangent** (pour les projections planes) ou en une seule ligne tangente (pour les projections coniques et cylindriques), la surface de la carte peut aussi découper le globe en tranches. Ces projections **sécantes** sont courantes, car elles donnent une



**Figure 2.5-1** : Centrage de la projection. La carte de l'indicateur 6.4.2 (2015) représente les prélèvements d'eau douce par pays. Elle utilise le méridien origine, ou la longitude 0°, comme méridien central. L'équateur, ou la latitude 0°, est également indiqué.



ligne standard (pour les projections planes) ou deux lignes standard (pour les projections coniques et cylindriques), ce qui réduit la distorsion globale.

Enfin, des **interruptions** peuvent également être ajoutées à la projection pour réduire les distorsions locales dans chaque globe cartographique résultant. Les interruptions aident à centrer la carte principale-

**Figure 2.5-2** : Centrage sur la Chine. La carte reprojette la carte de la [figure 2.5-1](#) de l'indicateur 6.4.2 (2015) en utilisant un méridien central de 100° E. Ce centrage de la carte permet de l'adapter à un public local, ici la Chine, mais rend les valeurs des pays d'Amérique du Nord, comme le Canada, plus difficiles à interpréter.

**Figure 2.5-3** : Centrage sur le Canada. Cette carte reprojette la carte de la [figure 2.5-1](#) de l'indicateur 6.4.2 (2015) en utilisant un méridien central de 100° O, déplaçant la perspective locale vers le Canada. Comme les [figures 2.5-1](#), [2.5-2](#) et [2.5-3](#) utilisent la projection équivalente Eckert IV, les tailles de la Chine et du Canada (et de toutes les autres unités de dénombrement) restent identiques sur les trois cartes, bien que la forme de ces pays change radicalement lors du recentrage.

**Figure 2.5-4** : Centrage sur 11° E. Lorsque les cartes du monde relatives aux objectifs de développement durable sont destinées à un public mondial ou lorsqu'aucun public local n'a d'incidence sur l'objectif de la carte, il est recommandé d'employer une projection normale équivalente centrée sur 11° E. Un centrage sur 11° E divise l'océan Pacifique, ce qui permet d'améliorer l'équilibre visuel de l'espace négatif pour les ensembles de données continentaux. Bien qu'un tel centrage évite de couper les frontières de nombreux pays, certains petits États insulaires en développement sont affectés par ce choix.

**Figure 2.5-5** : Projection interrompue centrée sur 160° E. Plutôt que de couper la carte à un seul méridien, une projection interrompue découpe la surface de la carte en lobes, chaque lobe ayant son propre méridien central. Cette figure représente la carte de la [figure 2.5-1](#) sur l'indicateur 6.4.2 (2015) en utilisant la projection homolosine interrompue de Goode. Le lobe est centré de manière à se concentrer sur les océans plutôt que sur les continents, ce qui rend cette projection utile pour représenter les petits États insulaires en développement.

ment sur les phénomènes terrestres par rapport aux phénomènes océaniques. La [figure 2.5-5](#) montre le monde selon la projection homolosine interrompue de Goode et met à jour la [figure 2.4-2](#) avec un méridien central de 160° O pour mettre en évidence les petits États insulaires en développement.

## 2.6. Échelle cartographique

L'*échelle cartographique* est le rapport entre une distance représentée sur une carte et la distance correspondante dans le monde réel. Elle est souvent indiquée par une *fraction représentative* entre la distance sur la carte et la distance dans le monde réel. Par exemple, une carte dont l'échelle cartographique est de 1/1 000 000 signifie que 1 cm sur la carte équivaut à 1 000 000 cm (10 km) dans le monde réel. Un *énoncé verbal* tel que « 1 cm équivaut à 10 km » accompagne souvent la fraction représentative sur la carte afin de rendre la relation entre la carte et le monde réel conceptuellement plus facile à comprendre grâce à un langage simple. Par ailleurs, une *barre d'échelle* fournit une indication graphique de l'échelle cartographique à l'aide d'une ligne illustrant une distance de référence (figure 2.6-1).

Aujourd'hui, une barre d'échelle est plus courante qu'une fraction représentative ou qu'un énoncé verbal, car il s'agit de la seule indication d'échelle qui peut être affichée numériquement pour être visualisée sur des écrans de taille variable : la taille de l'écran change en

même temps que celle de la barre d'échelle graphique et de la carte. En revanche, la fraction représentative ou l'énoncé verbal ne reste vrai qu'à la taille originale de la carte imprimée. Une barre d'échelle présente l'avantage de fournir un indice visuel lors du zoom interactif sur une carte Web à plusieurs échelles (section 4.3), signalant à l'utilisateur les changements de niveau de détail entre les échelles (figure 2.6-2).

L'échelle cartographique est en réalité l'opposé conceptuel de l'échelle géographique (présentée à la section 1.8), même si celles-ci sont souvent confondues dans le langage courant. Une *petite échelle cartographique* décrit une fraction représentative qui donne un petit nombre décimal (par exemple,  $1/1\ 000\ 000 = 0,000001$ ), alors qu'une *grande échelle cartographique* donne un nombre décimal relativement plus grand (par exemple,  $1/1\ 000 = 0,0001$ ;  $0,0001 > 0,000001$ ). Ainsi, une carte à petite échelle cartographique représente un phénomène à grande échelle et est donc exposée au problème des unités spatiales modifiables et au sophisme écologique.

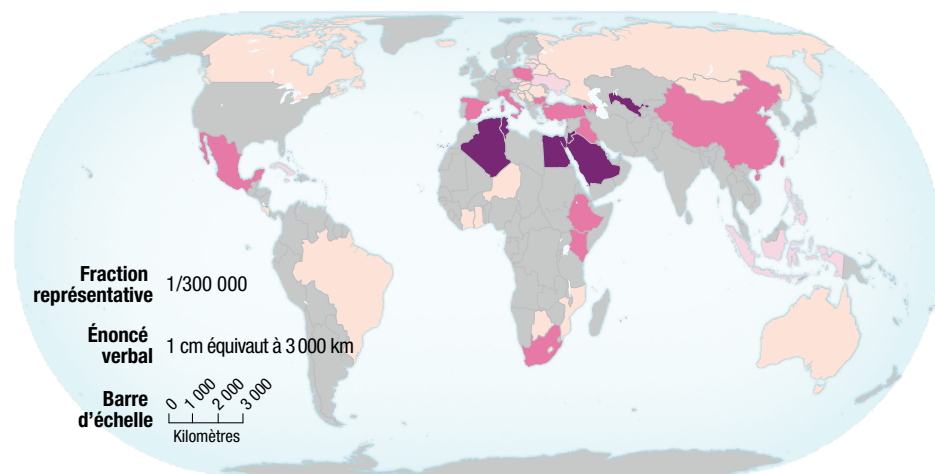


Figure 2.6-1 : Indicateurs d'échelle. Trois indicateurs d'échelle sont inclus pour la carte de la figure 2.5-1 de l'indicateur 6.4.2 (2015) relatif aux prélèvements d'eau douce par pays. Seule la barre d'échelle est utile pour la version numérique de cet ouvrage.

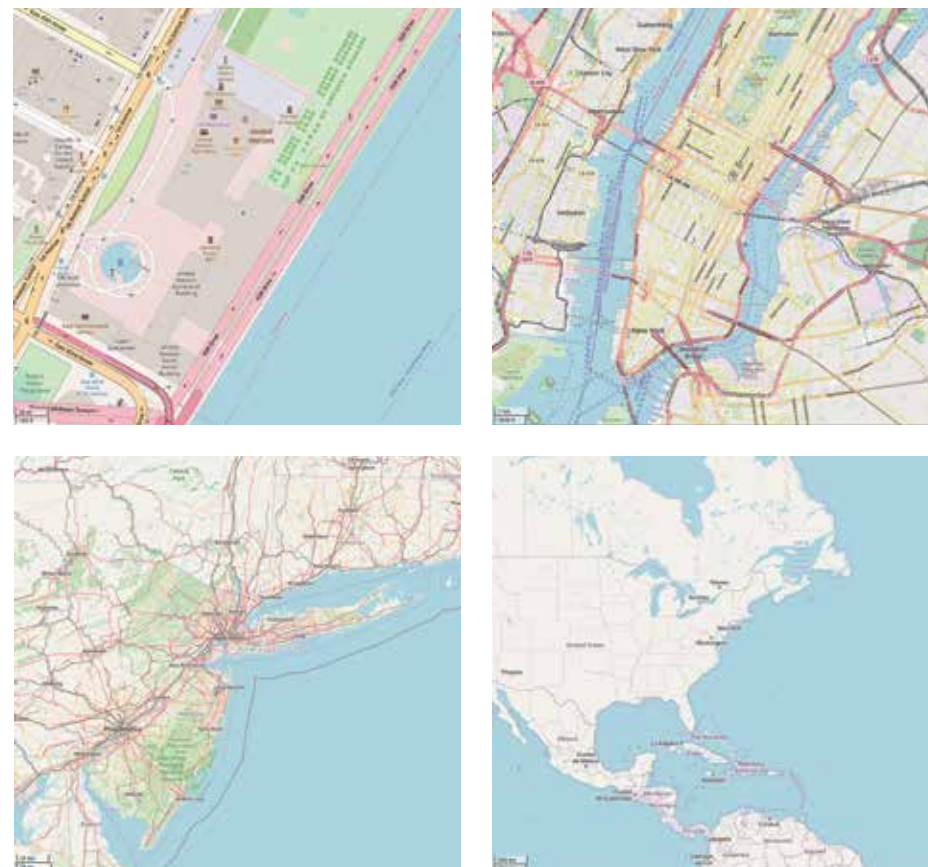


Figure 2.6-2 : Échelle cartographique sur les cartes Web. Les cartes Web permettent aux utilisateurs de zoomer de manière interactive à différentes échelles cartographiques. L'échelle cartographique est de plus en plus petite à partir du coin supérieur gauche jusqu'au coin inférieur droit. (Source : OpenStreetMap).

Comme les cartes Web permettent d'effectuer un zoom à plusieurs échelles, l'échelle cartographique est davantage décrite comme un « niveau de zoom » dans la conception des cartes Web (voir section 4.5).

Le sujet et l'objectif de la carte influencent l'échelle cartographique appropriée (voir section 2.1), tandis que l'échelle cartographique sélectionnée influence à son tour le type de projection approprié (section 2.4) et le degré de généralisation (section 2.7). L'échelle cartogra-

phique n'est précise qu'au niveau des points ou des lignes standard et, par conséquent, l'indication de l'échelle n'est jamais « vraie » pour toute la carte. Le niveau de distorsion augmente lorsque l'échelle cartographique rétrécit, car une plus grande partie du monde est représentée sur une seule carte. Par conséquent, l'indication de l'échelle cartographique est souvent omise sur les cartes à petite échelle cartographique, comme c'est le cas dans les cartes du monde du présent ouvrage.



## 2.7. Généralisation

La **généralisation** désigne le processus qui consiste à supprimer de manière notable des détails de la carte pour soutenir l'objectif, le public et l'environnement d'utilisation de la carte (voir [section 2.1](#)). Les cartes sont utiles non pas parce qu'elles montrent toute la réalité dans toute sa complexité, mais parce qu'elles ôtent intentionnellement certains détails afin rendre le sujet aussi clair que possible. La généralisation est souvent appliquée lors du passage d'une échelle cartographique plus grande à une échelle plus petite (voir [section 2.6](#)), mais elle peut aussi l'être à des fins stylistiques (voir [section 2.14](#)).

En cartographie numérique, la généralisation peut être appliquée aux composantes attributaires, temporelles et, le plus souvent, de localisation des données géospatiales. Certaines sources de données sont déjà généralisées à plusieurs échelles cartographiques, comme la hiérarchie M49 des unités de dénombrement utilisées pour rédiger des rapports sur les indicateurs.

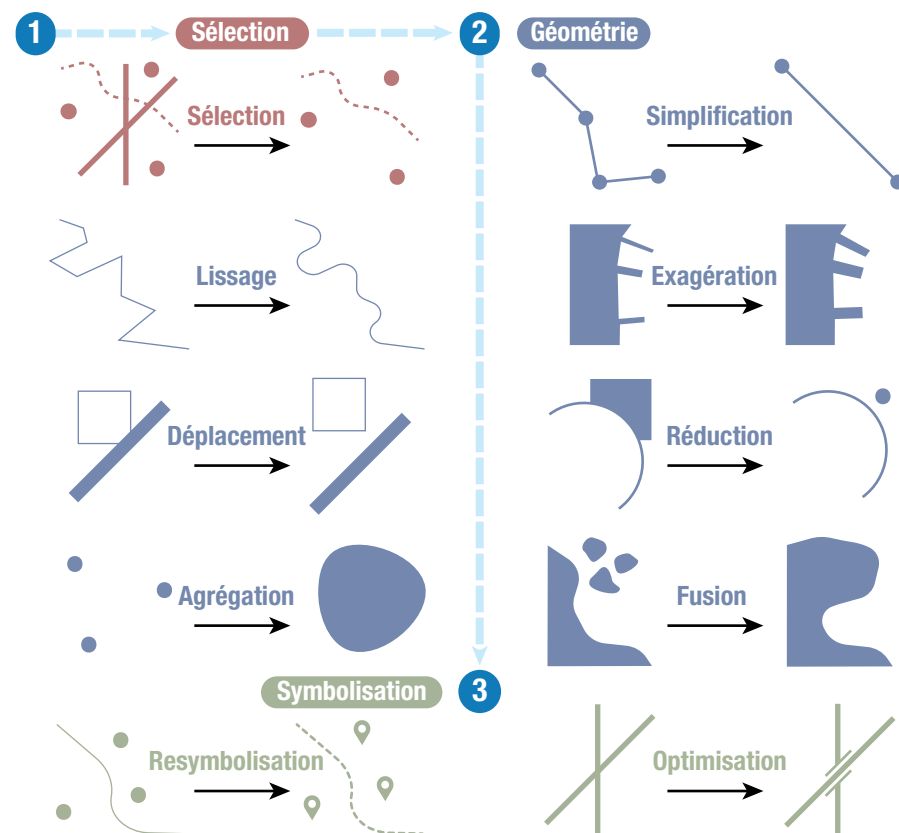
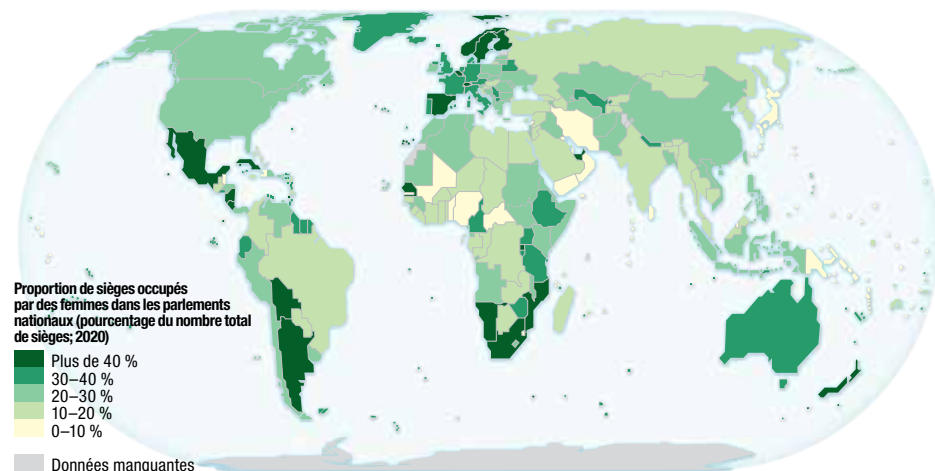
Lorsque les ensembles de données géospatiales ne sont pas déjà généralisés à l'échelle cartographique, des **opérateurs de généralisation** peuvent être appliqués à

l'ensemble de données afin de réduire la complexité et de maintenir la lisibilité de la conception de la carte résultante.

La sélection est le premier opérateur de généralisation à considérer lors de la conception de la carte. Comme présenté dans la [section 2.1](#), la sélection consiste à conserver ou supprimer de différents types d'éléments cartographiques en fonction de l'objectif, du public et de l'environnement d'utilisation de la carte. Les cartes étant susceptibles d'être interactives, en ligne et mobiles, il peut être utile, lors de la planification du projet, d'organiser la sélection du contenu en fonction des ensembles de données inclus, des techniques de représentation appropriées et des fonctionnalités interactives prises en charge (voir [figure 2.1-1](#)).

Plusieurs opérateurs de généralisation modifient la géométrie vectorielle des données géospatiales utilisées sur la carte (voir [section 1.3](#)). Par exemple, la **simplification** réduit le nombre de nœuds qui constituent un élément, ce qui diminue la complexité de la géométrie, mais amoindrit la précision de localisation absolue jugée inutile pour l'échelle cartographique utilisée ([figure 2.7-1](#)). Le **lissage** supprime

**Figure 2.7-1** : Simplification. L'indicateur 5.5.1 (2020) relatif à la proportion de femmes dans les parlements est cartographié dans un fond de carte angulaire simplifié créé par l'ONU pour cartographier les indicateurs de suivi des objectifs de développement durable à l'échelle mondiale.



**Figure 2.7-2** : Un flux de travail typique de généralisation. La généralisation commence souvent par la sélection (1), se poursuit par la géométrie (2) et se conclut par la symbolisation (3). En pratique, la généralisation est un processus hautement itératif qui n'inclut pas nécessairement tous les opérateurs.

également les petites variations, souvent irrégulières, des nœuds et des arcs, en utilisant plutôt des courbes simples pour améliorer l'apparence des lignes et des bords des polygones. L'**exagération** amplifie une partie caractéristique d'un élément cartographique lors d'un changement d'échelle, par exemple en exagérant le cap Cod aux États-Unis ou la presqu'île de Crozon en France. Le **déplacement** ajuste la localisation d'un élément pour éviter toute coalescence avec des éléments adjacents. D'autres opérateurs modifiant

la géométrie par dimension existent, notamment la réduction, l'agrégation et la fusion (voir [section 2.8](#)).

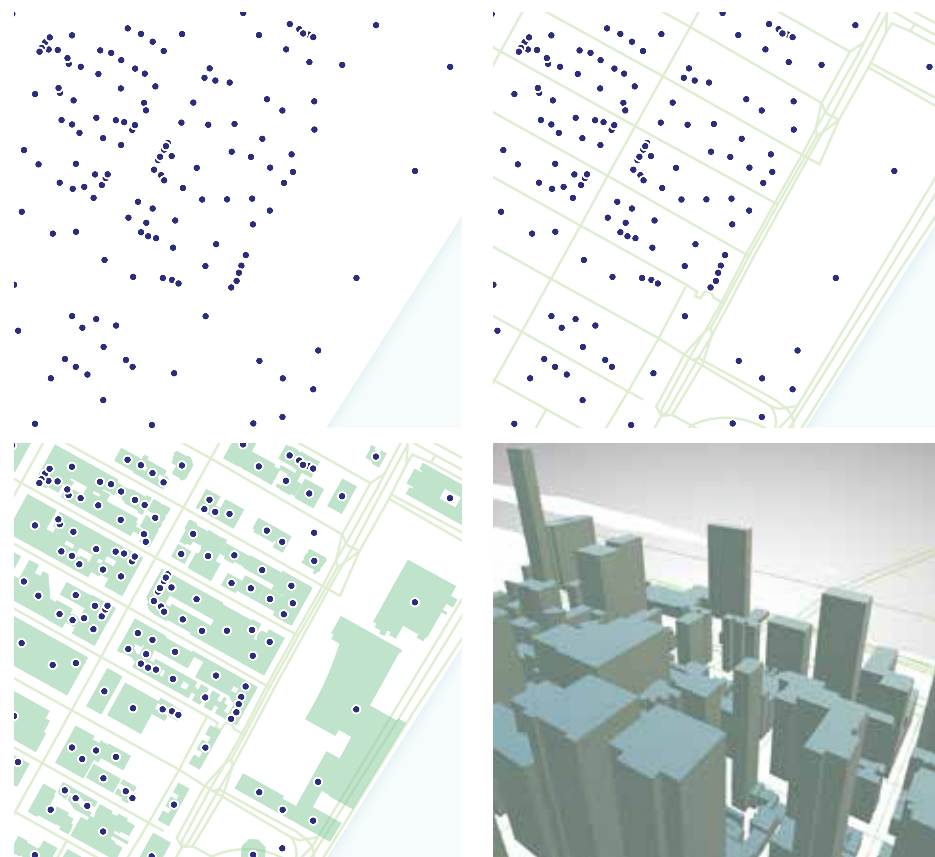
La **resymbolisation** est souvent l'étape finale de la généralisation et décrit le style visuel des propriétés cartographiques incluses (voir [section 2.9](#)). La symbolisation peut être aussi utile que d'autres modifications de sélection ou de géométrie pour maintenir la clarté de la carte. Enfin, l'**optimisation** ajoute d'autres embellissements autour ou à l'intérieur des symboles existants pour maintenir les relations entre les symboles ([figure 2.7-2](#)).

## 2.8. Dimensionnalité

La **dimensionnalité** décrit le nombre minimum de coordonnées nécessaires pour spécifier la localisation d'un objet. Dans un modèle de données vectorielles, les données géospatiales peuvent être spécifiées sous la forme de points (conceptuellement de dimension « zéro », une coordonnée X, Y), de lignes (1D, au moins deux coordonnées pour relier l'arc), de polygones (2D, au moins trois coordonnées pour délimiter la surface) ou de volumes (3D, au moins quatre coordonnées pour délimiter le volume) (voir [section 1.3](#)). Les cartes

contiennent souvent une combinaison d'éléments de différentes dimensions ([figure 2.8-1](#)).

Sur la carte présentée en bas à droite de la [figure 2.8-1](#), les bâtiments sont redimensionnés en fonction de leur hauteur, un attribut de niveau individuel du bâtiment. Une telle utilisation statistique de la troisième dimension est parfois qualifiée de « 2,5D », car elle ne représente que la surface supérieure du volume sur une carte statique plutôt que des informations 3D complètes à l'intérieur du volume. La troisième

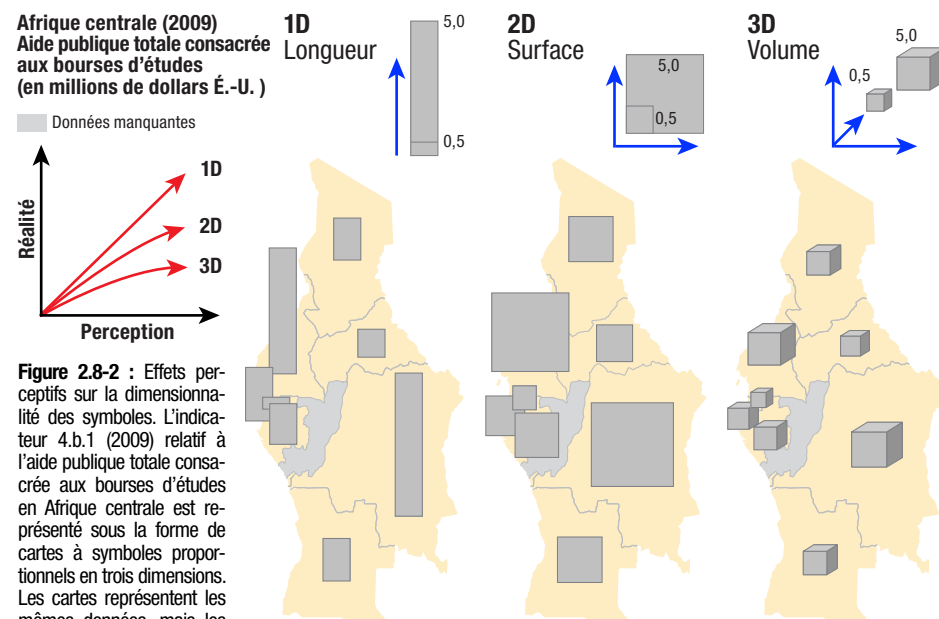


**Figure 2.8-1** : Dimensionnalité du symbole. Cette série de figures est à l'origine de la carte de référence de la [figure 1.2-2](#) qui illustre le Siège de l'ONU. **En haut à gauche** : Points de localisation des adresses (0D). **En haut à droite** : Lignes au centre des rues (1D). **En bas à gauche** : Polygones des empreintes des bâtiments (2D). **En bas à droite** : Passage à une perspective oblique pour représenter la hauteur des bâtiments (2,5D).

dimension peut également être utilisée pour exprimer des données temporelles (voir [section 3.9](#)).

Il est important de tenir compte de la dimensionnalité lors de la généralisation, car les mêmes éléments cartographiques peuvent être représentés à différentes dimensionnalités afin de réduire la complexité visuelle lors du passage d'une grande échelle cartographique à une échelle plus petite (voir [figure 2.7-1](#)). La **réduction** décrit une diminution de la dimensionnalité, comme le remplacement d'une limite de ville par un seul point à des échelles plus petites. L'**agrégation** décrit une augmentation de la dimensionnalité, comme le dénombrement de personnes individuelles au sein d'un polygone administratif unique. Enfin, la **fusion** décrit une combinaison de plusieurs éléments en un seul tout en conservant leur dimensionnalité, comme la fusion de pays individuels en régions M49.

La dimensionnalité est importante pour la cartographie thématique (voir [section 3.1](#)), car les êtres humains perçoivent différemment les lignes, les polygones et les volumes lorsqu'ils codent des informations attributives ou temporelles ([figure 2.8-2](#)). Les symboles linéaires (1D), tels que les barres proportionnelles, nécessitent une estimation visuelle dans une seule direction et sont tout à fait fiables lorsqu'ils sont utilisés pour coder des données numériques. En revanche, les symboles proportionnels surfaciques (2D) nécessitent une estimation dans deux directions, ce qui produit une sous-estimation systématique lorsque la taille des polygones augmente. Cette sous-estimation peut être atténuée par une mise à l'échelle perceptive (voir [section 3.4](#)). La sous-estimation des volumes (3D) est encore plus marquée, et les représentations 3D nécessitent généralement une interactivité (voir [section 4.3](#)).



**Figure 2.8-2** : Effets perceptifs sur la dimensionnalité des symboles. L'indicateur 4.b.1 (2009) relatif à l'aide publique totale consacrée aux bourses d'études en Afrique centrale est représenté sous la forme de cartes à symboles proportionnels en trois dimensions. Les cartes représentent les mêmes données, mais les surfaces et les volumes sont mis à l'échelle de manière perceptive pour tenir compte de la sous-estimation.

## 2.9. Symbolisation et

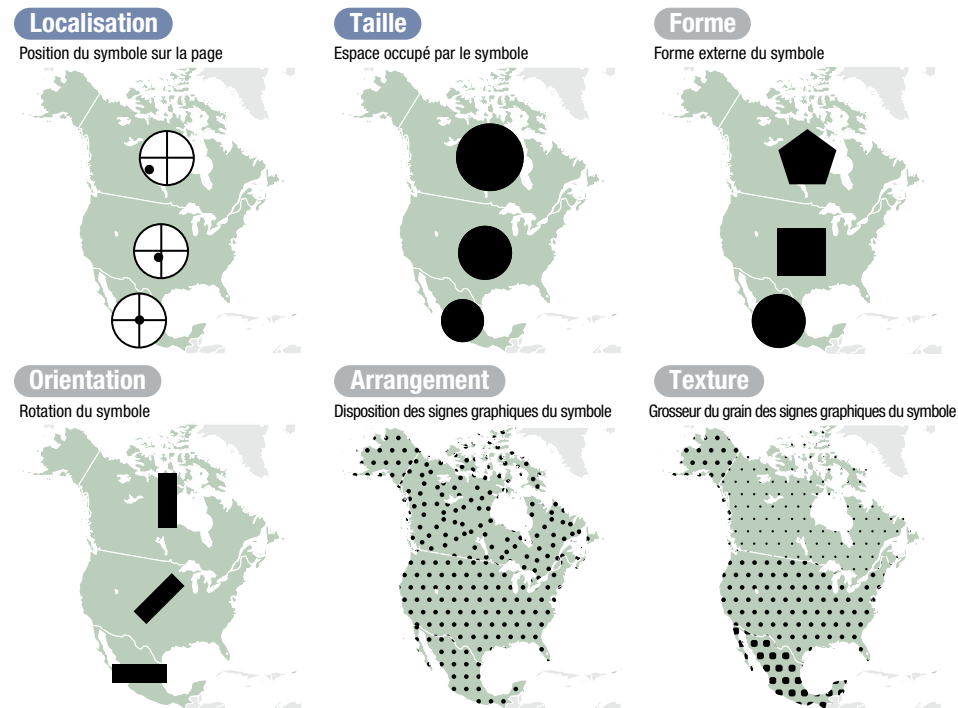
La **symbolisation** décrit le codage graphique des données sur une carte ou un diagramme. La cartographie étant un langage visuel, les symboles sont les mots que les cartographes emploient pour donner un sens aux points, lignes et polygones représentés sur la carte. Loin d'être arbitraires, ces symboles sont choisis par les cartographes de manière réfléchie, sur la base des limites de la perception visuelle, des métaphores tirées d'associations et de pratiques culturelles et des conventions établies en matière de conception de cartes.

Les options de conception des symboles sont toutefois limitées. Les **variables visuelles** décrivent les façons dont un symbole peut être modifié pour transmettre l'information. Elles comprennent la localisation (logiquement utilisée pour coder la composante

localisation des données géospatiales sur les cartes), la taille, la forme, l'orientation, la disposition, la texture, la teinte, la valeur et la saturation des couleurs, la transparence, la netteté et la résolution (figure 2.9-1). Tous les symboles cartographiques sont dérivés de ces éléments de base ou primitives de représentation.

Si les symboles sont les mots du langage visuel, les variables visuelles en forment la syntaxe. Certaines variables visuelles impliquent un ordre basé sur la façon dont elles sont perçues par l'œil, par exemple petit contre grand (taille) ou clair contre foncé (valeur de la couleur). Cela permet à certaines variations de symboles de ressortir dans la hiérarchie visuelle (voir section 2.13). D'autres variables visuelles n'impliquent pas d'ordre, comme le cercle par rapport au carré (forme) ou le bleu

**Figure 2.9-1** : Variables visuelles et niveau de mesure. Les couleurs représentent l'utilisation recommandée de chaque variable visuelle pour les niveaux de mesure numérique, ordinal et nominal. Les exemples de cartes ne représentent pas les indicateurs de suivi des objectifs de développement durable.



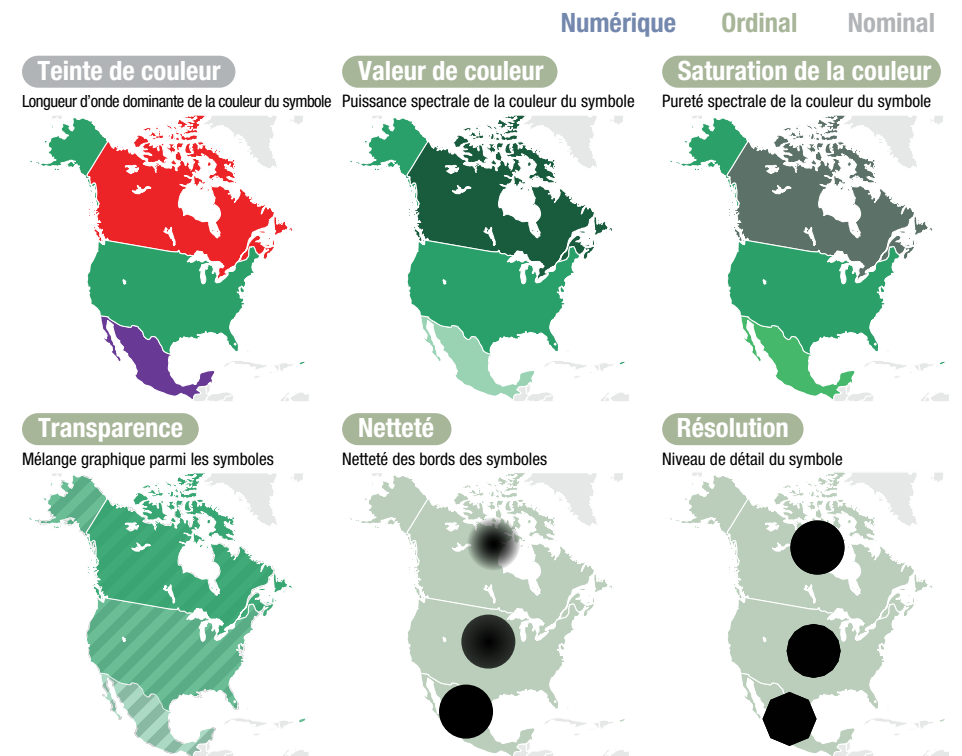
## variables visuelles

par rapport au vert (teinte de la couleur). Les cartographes utilisent cette base de perceptions pour relier différentes variables visuelles à différents niveaux de mesure lorsqu'ils cartographient des données attributaires (voir section 1.4), comme les indicateurs de suivi des objectifs de développement durable.

Les **variables visuelles non ordonnées** telles que la forme, l'orientation, l'arrangement, la texture et la teinte sont recommandées pour les indicateurs collectés à un niveau de mesure nominal. Les **variables visuelles ordonnées** telles que la valeur de la couleur, la saturation de la couleur, la transparence, la netteté et la résolution sont recommandées pour coder les indicateurs collectés à un niveau de mesure ordinal.

Enfin, outre la localisation, la seule **variable visuelle quantitative** est la taille, qui est recommandée pour coder des informations numériques à une échelle de rapport ou d'intervalle.

Certaines variables visuelles non ordonnées, comme l'orientation et la texture, peuvent être utilisées pour des données de niveau ordinal, selon la conception du symbole et le nombre de classes. Les variables visuelles ordonnées peuvent être utilisées pour des données numériques si elles sont transformées en un ensemble ordinal de classes (voir section 1.7), une solution courante pour de nombreux types de cartes thématiques (voir section 3.1).



## 2.10. Couleur

La **couleur** décrit la partie du spectre électromagnétique perçue par l'œil, également appelée spectre visible. Elle est généralement désignée par l'arc-en-ciel ou le schéma **spectral** qui contient le rouge, l'orange, le jaune, le vert, (le cyan,) le bleu, l'indigo et le violet.

Aux fins de la symbolisation, cependant, la couleur comprend trois variables visuelles (voir [section 2.9](#)) : la **teinte** ou la longueur d'onde spectrale dominante de la couleur (par exemple, rouge ou bleu), la **valeur** ou l'intensité spectrale de la couleur (par exemple, clair ou foncé) et la **saturation** ou la crête spectrale de la couleur (par exemple, vif ou pastel) ([figure 2.10-1](#)). Les cartographes débutants se fient souvent trop à la teinte, alors qu'il peut être plus facile d'établir une hiérarchie visuelle claire en concevant en niveaux de gris et en commençant par la valeur de la couleur, puis en augmentant la teinte et la saturation pour mettre en valeur les éléments les plus importants (voir [section 2.13](#)).

Le choix des couleurs pour les cartes est difficile pour un certain nombre de raisons. Tout d'abord, l'apparence de la couleur varie si la lumière est émise directement par un écran d'ordinateur ou réfléchi par une autre source lumineuse sur une page imprimée. Par conséquent, il convient d'utiliser le modèle de couleurs additives **RVB** (Rouge, Vert, Bleu) lors de la conception de cartes numériques qui utilisent la lumière émise

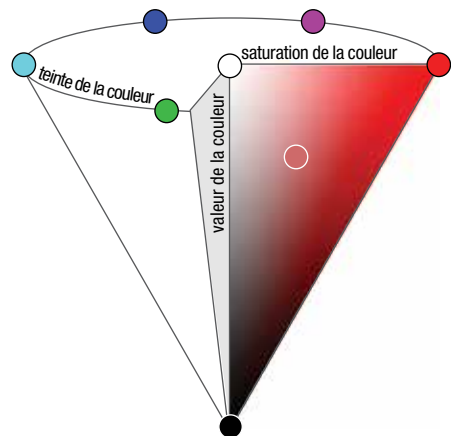
et le modèle de couleurs soustractives **CMJN** (Cyan, Magenta et Jaune, le Noir étant ajouté pour une profondeur de couleur plus riche dans les mélanges sombres) lors de la conception de cartes imprimées qui reflètent la lumière.

Ensuite, l'acuité visuelle varie selon la teinte de la couleur, ce qui entraîne des variations plus perceptibles dans les bleus et les rouges que dans les jaunes et les verts. [ColorBrewer2.org](#) fournit des schémas de couleurs qui sont mis à l'échelle de manière perceptible, bien que l'apparence d'une couleur sur la carte puisse changer en fonction des couleurs qui l'entourent, en raison d'un effet appelé **contraste simultané**.

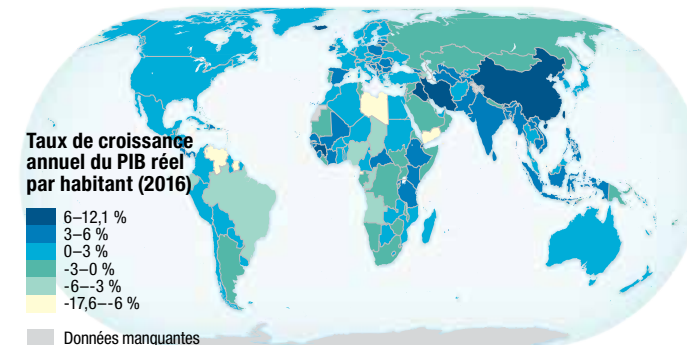
Enfin, la perception des couleurs varie considérablement d'un utilisateur à l'autre. Environ 5 % de la population mondiale présente une forme de déficience de la vision des couleurs. En outre, l'acuité visuelle diminue avec l'âge ou en cas de lésion (voir [section 4.2](#)). La couleur a également des connotations interculturelles très variables et peut donc avoir des significations différentes selon les États Membres.

Trois différents types de **schémas de couleurs**, ou ensembles logiques de symboles de couleurs, sont utilisés dans cet ouvrage pour cartographier les indicateurs de suivi des objectifs de développement durable. Un schéma **séquentiel** ordonne les couleurs avec une augmentation apparente du plus bas au plus haut, ce qui le rend utile pour représenter des données ordinales ou des données numériques classées ([figure 2.10-2](#)). Un schéma **divergent** combine deux schémas séquentiels pour créer une augmentation apparente dans deux directions, ce qui le rend utile pour les données

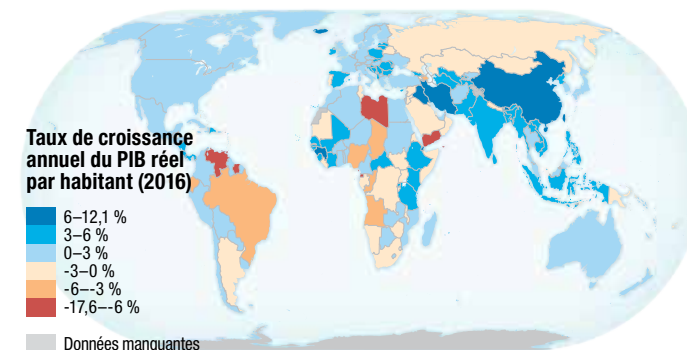
**Figure 2.10-1** : Le modèle de couleur TSV (teinte, saturation, valeur). Les trois variables visuelles de la couleur peuvent être modélisées comme un espace couleur conique, la teinte étant un continuum circulaire, la valeur s'approchant du noir à mesure que l'on se rapproche de la pointe du cône, et la saturation passant de la couleur spectrale pure au gris. Les logiciels de conception graphique permettent la traduction numérique entre les modèles de couleurs TSV, RVB et CMJN, mais il se peut que certaines traductions de couleurs soient indisponibles, « hors gamut ».



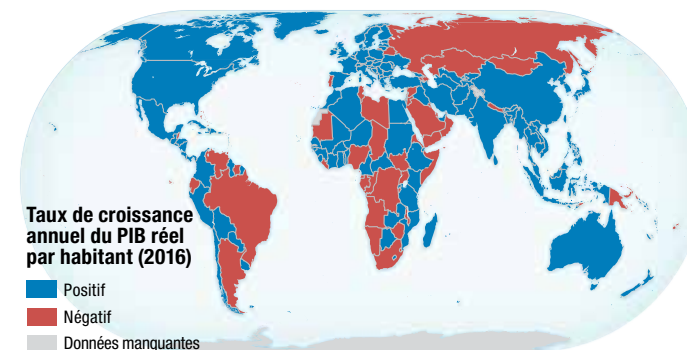
**Figure 2.10-2** : Schéma de couleurs séquentiel. L'indicateur 8.1.1 (2016) relatif au taux de croissance annuel du PIB réel par habitant est cartographié à l'aide d'un schéma de couleurs séquentiel. Utilisez ce schéma pour les données ordinales ou les données numériques classées avec une augmentation apparente du bas vers le haut dans une direction.



**Figure 2.10-3** : Schéma de couleurs divergent. L'indicateur 8.1.1 (2016) est recartographié à l'aide d'un schéma de couleurs divergent plus approprié, qui utilise un changement de 0 % comme valeur médiane critique. Utilisez ce schéma pour les données ordinales ou les données numériques classées présentant une augmentation dans deux directions à partir d'une valeur critique (par exemple, zéro, la moyenne ou la médiane).



**Figure 2.10-4** : Schéma de couleurs qualitatif. L'indicateur 8.1.1 (2016) est transformé pour exprimer un changement binaire positif ou négatif. Utilisez ce schéma pour les données nominales sans ordre apparent (par exemple, le mode). N'utilisez pas de schéma de couleurs spectral pour représenter des données ordinales ou numériques, à moins de supprimer les verts pour tenir compte des déficiences de la vision des couleurs.



ordinales ou les données numériques classées avec une valeur médiane critique ([figure 2.10-3](#)). Enfin, un schéma **qualitatif** ne présente aucun ordre apparent et

est utile pour les données nominales ([figure 2.10-4](#)). Ces trois schémas de couleurs peuvent être appliqués à des points, à des lignes et, le plus souvent, à des polygones.

## 2.11. Typographie

La **typographie** décrit le style et le placement du texte. En cartographie, l'**étiquetage** (c'est-à-dire le texte de la carte) est la principale méthode permettant d'ajouter des détails à la carte après la généralisation (voir [section 2.7](#)), et il peut servir ou desservir l'efficacité de la conception de la carte.

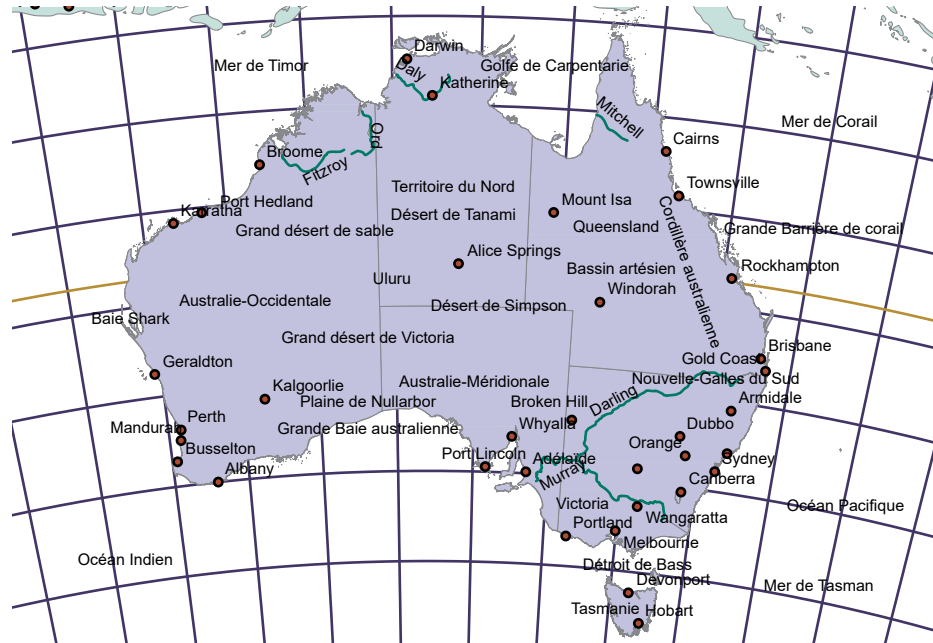
Les cartes thématiques, comme celles qui représentent les indicateurs de suivi des objectifs de développement durable, comportent souvent moins d'étiquettes que les cartes de référence générales, qui sont délibérément complètes et denses en étiquettes (voir [section 3.1](#)). Les étiquettes et autres annotations restent toutefois importantes pour la cartographie thématique afin d'accentuer les modèles, les tendances et les anomalies notables.

L'objectif du style et de l'emplacement des étiquettes est de maintenir une **association graphique** claire entre l'étiquette et l'élément sans **superposer** des étiquettes sur

des éléments ou des étiquettes sur d'autres étiquettes. Le style de l'étiquette doit également évoquer la congruence avec l'élément étiqueté, y compris la police de caractères (par exemple, avec ou sans empattement), le style (par exemple, romain, italique, gras), la taille (par exemple, 8 ou 10 points), la casse (majuscule ou minuscule), la couleur (voir [section 2.10](#)) et l'espacement des caractères.

Il est recommandé d'utiliser des caractères à **empattement** pour les éléments naturels (par exemple, les déserts, les chaînes de montagnes, les plans d'eau), car l'empattement, qui imite l'écriture manuscrite, évoque les bords irréguliers de l'environnement naturel. Les caractères **sans empattement** sont recommandés pour les éléments culturels (par exemple, les bâtiments, les routes, les unités politiques), car les lignes épurées évoquent l'environnement bâti.

Le style des étiquettes est souvent utilisé pour différencier les catégories d'éléments cartographiques et renforcer



**Figure 2.11-1** : Autoétiquetage dans un logiciel de cartographie. Les étiquettes perdent leur association graphique et sont parfois superposées.

la hiérarchie visuelle globale (voir [section 2.13](#)). Utilisez l'italique et la teinte de la couleur pour représenter les différences nominales au même niveau visuel et utilisez les caractères gras, la valeur de la couleur et la taille des caractères pour représenter les différences ordinales au sein de la hiérarchie visuelle. N'utilisez pas de texte pour représenter les différences numériques, car la longueur de l'étiquette se confond avec la taille des caractères, ce qui entraîne une estimation inexacte.

L'emplacement des étiquettes est basé sur la dimensionnalité de l'élément étiqueté (voir [section 2.8](#)). Les **figures 2.11-1** et **2.11-2** illustrent respectivement le style et le placement sous-optimaux et améliorés des étiquettes.

Pour étiqueter des points, utilisez des étiquettes horizontales ou courbées avec le graticule, avec l'étiquette légèrement désalignée au-dessus ou au-dessous du point pour éviter que le point soit lu comme un

caractère de texte. Étiquetez les micro-États, les États insulaires et les autres petits pays comme des points lorsque l'échelle cartographique est plus petite.

Pour étiqueter les lignes, étiquetez la section où la ligne est la plus horizontale et la moins courbée, en utilisant une courbe douce placée au-dessus de la ligne. Les étiquettes de ligne sont rares lors de la cartographie des indicateurs de suivi des objectifs de développement durable, mais peuvent être utiles comme contexte cartographique le long des principaux réseaux fluviaux, des routes, etc.

Pour étiqueter des polygones, étiquetez à l'horizontale ou sous la forme de courbe le long du principal axe du polygone, en modifiant l'espacement entre les caractères pour remplir l'espace disponible. Évitez de modifier la taille de l'étiquette en fonction de l'espace disponible, car cette méthode détourne l'œil vers les plus grandes régions.



**Figure 2.11-2** : Étiquetage amélioré. Les étiquettes favorisent désormais l'association graphique et renforcent la hiérarchie visuelle.

## 2.12. Toponymie

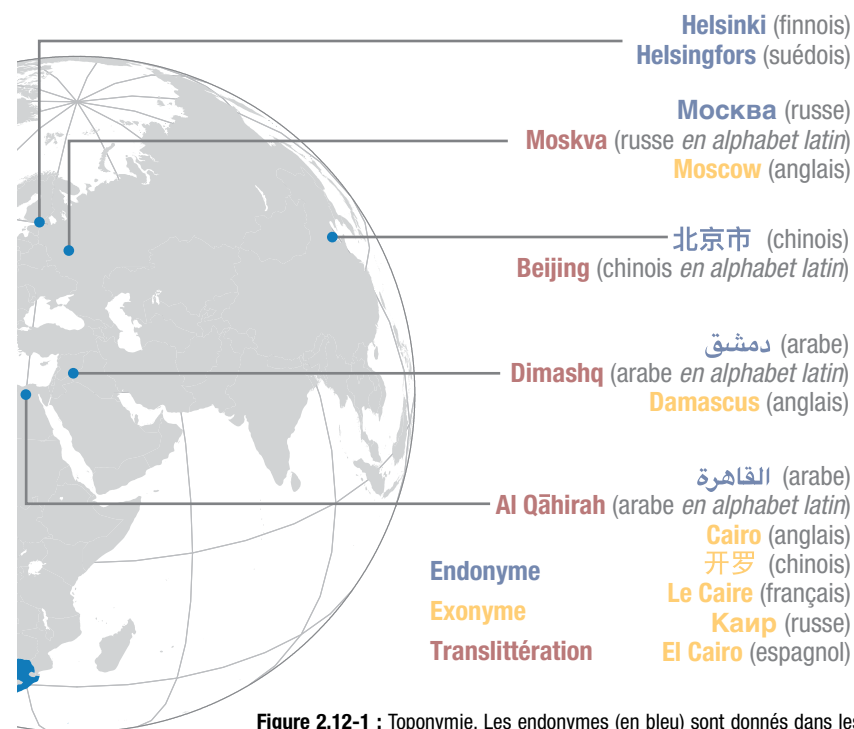
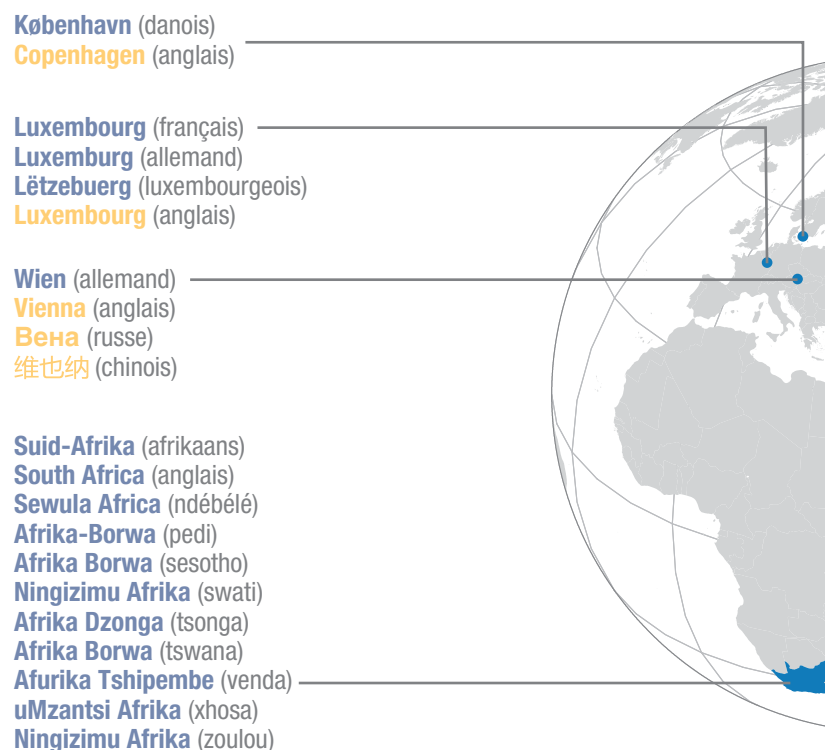
La **toponymie** est l'étude des noms de lieux, de leurs origines, de leurs significations et de leurs usages. Les **toponymes**, ou noms de lieux géographiques, reflètent les relations entre les peuples et les cultures à travers la géographie et l'histoire. Un toponyme peut provenir de l'intérieur du lieu nommé (**endonyme**) ou de l'extérieur (**exonyme**), les endonymes devant subir une **translittération** vers d'autres langues et alphabets pour être identifiés ailleurs dans le monde (figure 2.12-1). Il peut ainsi exister plusieurs noms pour un même lieu, et les groupes autochtones et les communautés locales peuvent contester les exonymes issus de pratiques géopolitiques et historiques coloniales, racistes ou culturellement insensibles.

L'Organisation des Nations Unies dirige la normalisation et la gestion des noms géographiques aux niveaux national et international. Sa mission en matière de toponymie a été définie en 1959 par la résolution 715 A (XXVII) du Conseil économique et social, qui a créé le **Groupe d'experts des Nations Unies pour les noms géographiques** et a conduit à la première réunion sur les toponymes en 1960. Aujourd'hui, le Groupe d'experts participe aux efforts nationaux en matière de toponymie, notamment en vue de favoriser la participation des groupes autochtones et des communautés locales au processus, et facilite les discussions concernant les pratiques exemplaires dans le domaine. La recommandation générale pour les

toponymes primaires consiste à revenir aux endonymes plutôt qu'aux exonymes lorsque cela est possible et à soutenir les toponymes multiples dans la mesure où cette technique est appropriée.

En cartographie, les toponymes figurent dans les étiquettes cartographiques (voir section 2.11) et servent par conséquent d'information de référence importante pour désigner les lieux importants pour le sujet et l'objectif de la carte. Les cartographes doivent être conscients des implications géopolitiques et historiques de l'utilisation d'exonymes plutôt que

d'endonymes. Cependant, comme la cartographie est une discipline transnationale, la sélection des toponymes doit être adaptée à la langue du public visé, tout en répondant aux préoccupations des groupes autochtones et des communautés locales concernant les exonymes. Étant donné que la plupart des indicateurs sont actuellement rapportés au niveau national, il est recommandé d'utiliser des noms géographiques approuvés par les organismes nationaux compétents pour étiqueter les cartes nationales.



**Figure 2.12-1 : Toponymie.** Les endonymes (en bleu) sont donnés dans les alphabets locaux pour plusieurs villes d'Afrique, d'Asie et d'Europe. Plusieurs endonymes sont acceptés dans de nombreux endroits. Les exonymes (en jaune) et les translittérations (en rouge) en caractères latins sont indiqués sous chaque endonyme.

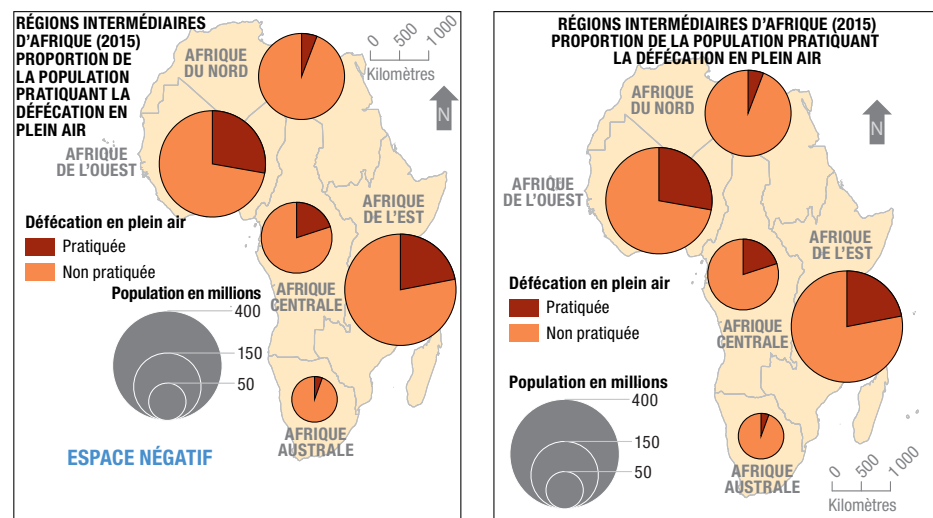
## 2.13. Disposition et

La **disposition** décrit l'emplacement des **éléments cartographiques** sur la page ou l'écran de la carte, comme le titre, la légende, les indications de l'échelle et du nord, la carte elle-même, ainsi que les autres éléments de texte et annotations. La disposition de la carte et la hiérarchie visuelle influencent fortement l'ordre de lecture des éléments de la carte et, par conséquent, l'efficacité et l'efficacité de la communication du sujet et de l'objectif de la carte. L'utilisateur doit immédiatement comprendre le sujet de la carte (identification externe réalisée grâce au titre de la carte) et la manière dont ce sujet est exprimé (identification interne grâce à la légende).

Dans la conception cartographique traditionnelle, la carte est placée aussi grande que possible au centre optique de la page afin d'optimiser les détails qu'elle contient. Les autres éléments de la carte sont ensuite placés dans l'**espace négatif** créé par la forme de la zone cartographiée (par exemple, en bas à gauche sur la **figure 2.13-1**), plutôt que de rétrécir ou de décaler la carte pour libérer de l'espace pour les autres éléments.

Le **facteur de forme** (dimensions horizontales et verticales de la page) doit correspondre à l'axe dominant de la géographie cartographiée (par exemple, portrait pour l'Amérique du Sud, paysage pour l'Australie).

La gestion de l'espace négatif entre les éléments de la carte donne lieu à une disposition déséquilibrée ou équilibrée (**figure 2.13-1**). En général, les limites de coupure qui séparent les éléments de la carte en différents cadres ne sont pas nécessaires si la quantité d'espace négatif entre les éléments de la carte reste constante, ce qui donne une disposition fluide et plus agréable sur le plan esthétique. Les nouvelles techniques interactives ou narratives, où la « page » est un « écran », s'écartent avec créativité de la disposition traditionnelle de la carte, en plaçant les éléments de la carte et le contenu supplémentaire derrière des fenêtres contextuelles interactives (voir **section 4.4**) ou en disposant les éléments de la carte sur une page Web déroulante pour une narration linéaire (voir **section 4.7**).



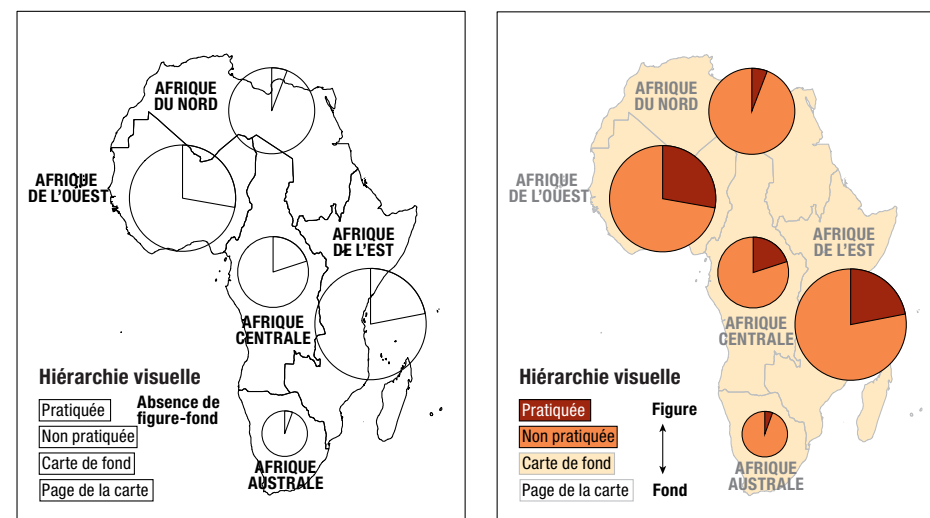
**Figure 2.13-1 :** Disposition de la carte. **Gauche :** L'indicateur 6.2.1 (2015) relatif à la proportion de la population pratiquant la défécation en plein air a été cartographié avec une disposition déséquilibrée, comprimée en haut et à droite, créant un grand espace négatif en bas. **Droite :** Une disposition équilibrée et fluide qui utilise l'espace négatif en bas à gauche créé par la forme de l'Afrique.

## hiérarchie visuelle

La **hiérarchie visuelle** décrit quant à elle l'ordre dans lequel les éléments de la carte sont perçus visuellement. Les cartes ne se lisent pas de manière linéaire de haut en bas comme un texte et une bonne conception cartographique attire le regard sur les informations les plus importantes de la carte. Plus précisément, les éléments les plus importants de la carte doivent passer au premier plan, décrit comme la **figure** de la hiérarchie visuelle, tandis que les éléments de moins en moins importants doivent passer à l'arrière-plan, ou au **fond**. Il est donc utile d'établir d'abord une hiérarchie intellectuelle de toutes les caractéristiques et de tous les éléments cartographiques en fonction de leur importance, puis d'établir des relations figure-fond entre les caractéristiques et les éléments cartographiques en fonction de la hiérarchie intellectuelle (**figure 2.13-2**).

Pour les objectifs de développement durable, l'importance visuelle des différents lieux est basée sur les données de l'indicateur lui-même et, par consé-

quent, différentes unités de dénombrement seront plus ou moins importantes en fonction de l'indicateur et de la période visée. Les variables visuelles (voir **section 2.9**) font correspondre le poids visuel d'un symbole aux données attributaires, les variations de chaque variable visuelle entraînant une hiérarchie visuelle basée sur les données au sein de la carte (par exemple, une grande taille s'élève vers la figure, tandis qu'une couleur désaturée recule vers le fond). Si toutes les variables visuelles présentent au moins une relation subtile entre la figure et le fond, celles qui sont recommandées pour les niveaux de mesure ordinaux et numériques possèdent la plus marquée et affichent par conséquent une hiérarchie visuelle claire sur la carte. Des étiquettes et des annotations sont souvent ajoutées au sommet de la hiérarchie visuelle pour accentuer davantage les éléments les plus importants de la carte.



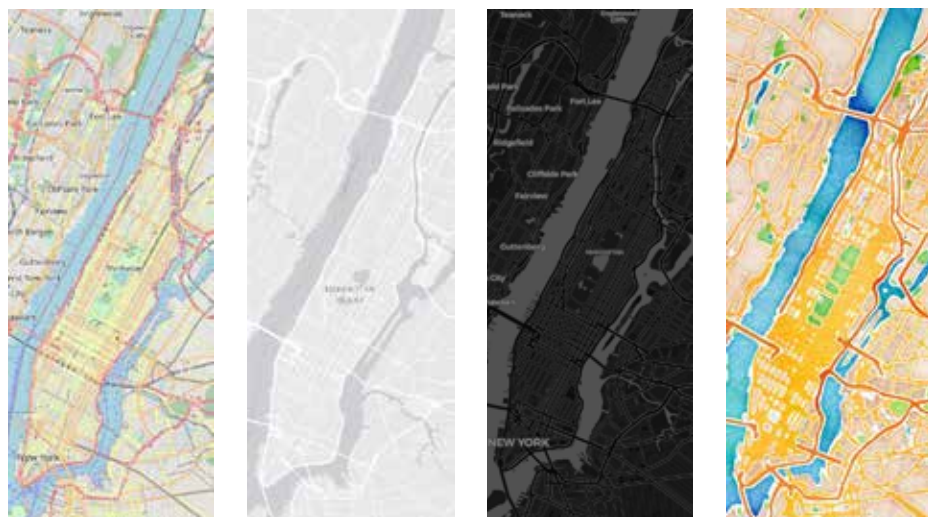
**Figure 2.13-2 :** Hiérarchie visuelle. **Gauche :** L'indicateur 6.2.1 (2015) relatif à la proportion de la population pratiquant la défécation en plein air est cartographié avec une hiérarchie visuelle plate, ce qui rend difficile l'interprétation visuelle du symbole du diagramme circulaire proportionnel. **Droite :** Utilisation des variables visuelles pour établir une hiérarchie visuelle qui correspond à la hiérarchie intellectuelle de la carte.

La cartographie est souvent décrite comme étant à la fois un art et une science. En tant qu'organisation inter-gouvernementale, l'Organisation des Nations Unies sert les efforts *humanitaires* mondiaux, et son approche de la conception de cartes comme processus artistique permet d'*humaniser* de nouvelles façons les données statistiques autrement abstraites des indicateurs de suivi des objectifs de développement durable.

En tant qu'*art visuel*, les cartes nous aident à partager nos expériences du monde, à promouvoir l'empathie et la compassion face à des conditions sociales et environnementales inégales, et à étayer les politiques afin de forger un avenir durable. En tant qu'éléments de *culture visuelle*, elles reflètent nos intérêts et nos valeurs, nous mettent face à nos échecs et à nos préjugés, et révèlent certaines alternatives et possibilités.

Les perspectives artistiques de la cartographie sont nombreuses et en constante évolution. Les éléments artistiques entrent notamment dans la conception d'une carte par son *style visuel*, à savoir un ensemble cohérent de caractéristiques et de qualités de conception qui renforcent plutôt qu'elles ne sapent l'objectif de la carte.

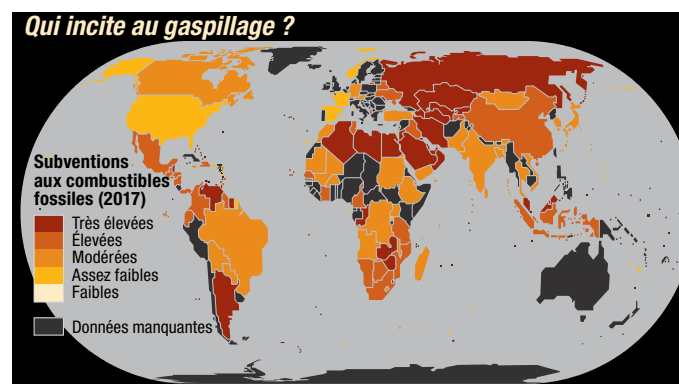
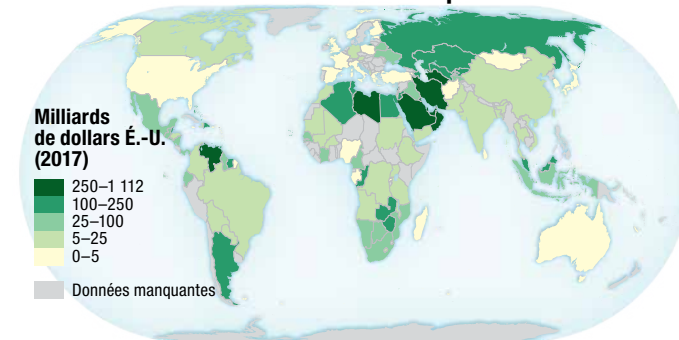
Un style visuel peut être décomposé en ses formes élémentaires, couleurs, polices de caractères et textures (**figure 2.14-1**). La *forme* décrit les aspects variables du tracé géospatial, y compris les détails généralisés (voir **section 2.7**) et l'épaisseur des traits, le style des extrémités et des angles, et l'effilement. La couleur et la typographie, définies respectivement dans la **section 2.10** et la **section 2.11**, influencent largement le style visuel de la carte. La couleur et la typographie évoquent toutes deux des connotations fortes, mais différentes selon



**Figure 2.14-1** : Styles visuels sur quatre fonds de carte Web. **Gauche** : OpenStreetMap Mapnik utilise des traits détaillés, des couleurs et des textures complexes, ainsi que des caractères denses, afin de stimuler le public et de donner un sentiment de précision et de fiabilité au fond de carte. **Centre gauche** : Esri World Light Gray Canvas utilise des traits simplifiés et une hiérarchie visuelle, sans couleurs, textures, ni étiquettes pour désengager le public, ce qui en fait un fond de carte idéal lorsque des données supplémentaires doivent y être superposées (voir **section 4.6**). **Centre droit** : CARTO Dark Matter utilise également un tracé simplifié ainsi que des caractères et des textures éparses, mais avec une palette de couleurs plus sombres, donnant à la carte un ton sinistre et tendu. **Droite** : Stamen Watercolor comprend des traits fantaisistes, des couleurs vives sans écriture et des textures imitant l'étalement de l'aquarelle sur le papier, ce qui confère à la carte un sentiment agréable, presque serein, de beauté.

**Figure 2.14-2** : Styles visuels et émotion. L'indicateur 12.c.1 (2017) sur les subventions aux combustibles fossiles par habitant en dollars É.-U., est cartographié selon deux styles visuels différents. **En haut** : Le style minimaliste faisant autorité utilise un tracé détaillé et une palette de couleurs nuancée. La carte suit une classification arithmétique pour faire ressortir les valeurs faibles dans la distribution des données. Ce style suscite une émotion harmonieuse et neutre. **En bas** : Cet autre style créatif utilise un tracé angulaire et des couleurs vives sur fond sombre, où le titre donne l'angle d'approche de la carte. Les données ordinales sont cartographiées selon une classification par quantile, plaçant davantage de pays dans les hautes catégories. Ce style sensationnaliste suscite une émotion vive et désagréable, qui n'est pas toujours appropriée dans le contexte cartographique.

### Subventions aux combustibles fossiles par habitant



les cultures. La texture, une variable visuelle (voir **section 2.9**), décrit les remplissages et les superpositions de motifs supplémentaires qui ajoutent à la complexité visuelle et suggèrent souvent une matérialité physique ou un élément historique.

Le style visuel de la carte possède une influence majeure sur l'expérience émotionnelle du public : il permet de créer une ambiance agréable ou désagréable et peut aussi bien engager le lecteur que l'ennuyer. Comprendre la relation entre le style et l'émotion aide les cartographes à trouver un style visuel qui correspond à la gravité du phénomène cartographié tout en évitant une propagande cartographique flagrante. Il est souvent fait recours à un style minimaliste faisant

autorité pour cartographier les indicateurs de suivi des objectifs de développement durable, comme c'est le cas pour de nombreuses cartes de cet ouvrage (**figure 2.14-2**, haut), afin d'affirmer la neutralité des données et d'en suggérer l'exactitude. Cependant, aucune conception de carte n'est parfaite ni exempte de subjectivité (voir **section 2.3**), et des styles visuels alternatifs et créatifs peuvent mieux promouvoir la sensibilisation, ouvrir le dialogue et susciter l'action (**figure 2.14-2**, bas).

Un style visuel qui fonctionne bien dans un environnement cartographique donné peut être illisible, trompeur ou même préjudiciable dans d'autres contextes.



## 2.15. Données manquantes et

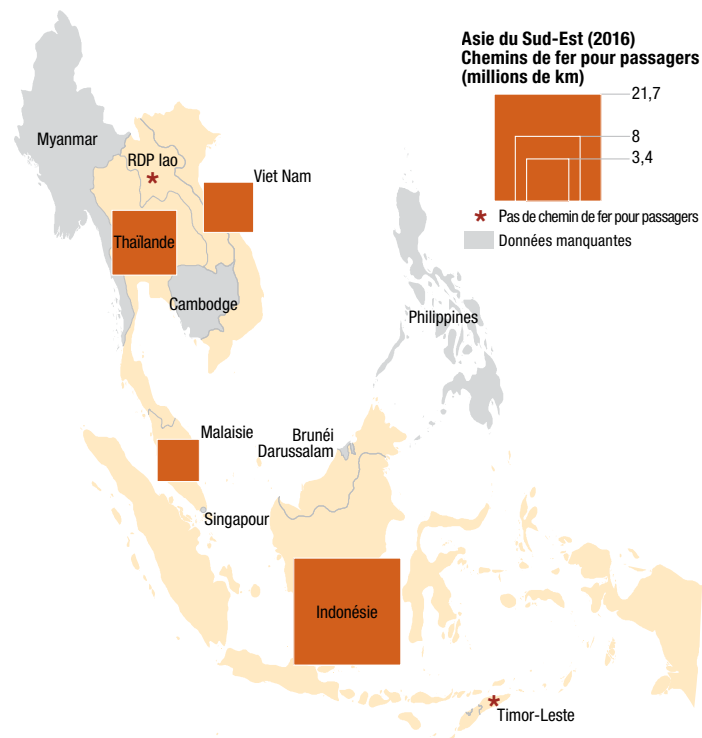
Les *données manquantes* décrivent l'absence de valeur attributive pour un lieu et une année donnés. De nombreux indicateurs de suivi des objectifs de développement durable ne sont pas encore collectés par tous les États Membres ou ne le sont que depuis l'adoption des objectifs en 2015. Par ailleurs, les données d'indicateurs peuvent être manquantes pour des raisons de confidentialité ou en l'absence de méthodologie ou de normes de collecte établies. Les trois catégories présentées à la [section 1.6](#) classent les indicateurs en fonction de l'exhaustivité de leurs données (voir [figure 1.6-1](#)).

Il est important de noter que les données « manquantes » ne sont pas synonymes de valeurs « nulles », car le *zéro* indique l'absence de phénomène dans l'unité de dénombrement concernée et non l'absence de données sur le phénomène. Les données

manquantes et les valeurs nulles doivent être symbolisées différemment sur la carte ([figure 2.15-1](#)).

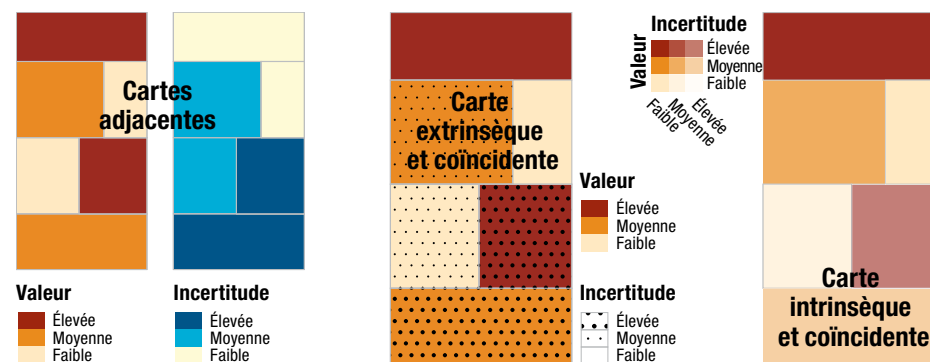
Les données d'années précédentes peuvent être utilisées pour réduire le nombre d'unités de dénombrement ayant des données manquantes, améliorant ainsi l'exhaustivité de l'outil, au prix d'une baisse de cohérence et d'actualité. Il convient d'ajouter un symbole spécial ou une note de bas de page pour indiquer les emplacements cartographiés à l'aide de données plus anciennes.

Les données manquantes représentent une forme d'*incertitude*, ou l'écart entre la réalité représentée sur la carte et la compréhension que le public en tire. Toutes les données géospatiales présentent différents types d'incertitude qui ont une incidence sur leur qualité et leur capacité à être utilisées à des fins de cartographie.



**Figure 2.15-1 :** Données manquantes et valeurs nulles. L'indicateur 9.1.2 (2016) relatif au nombre de passagers transportés par voie ferroviaire comprend à la fois des données manquantes et des valeurs nulles. La [figure 1.7-2](#) est recartographiée pour la sous-région M49 de l'Asie du Sud-Est à l'aide de symboles proportionnels. La République démocratique populaire lao et le Timor-Leste ne possèdent pas de chemins de fer et, par conséquent, n'ont aucun passager ferroviaire, ce qui est représenté sur la carte par un astérisque plutôt que par un symbole proportionnel. Le Brunéi Darussalam, le Cambodge, le Myanmar, les Philippines et Singapour ont des données manquantes pour 2016 et sont dès lors représentés avec une couleur grise désaturée, solution utilisée dans tout cet ouvrage pour les données manquantes.

## représentation de l'incertitude



**2.15-2 :** Représentation de l'incertitude. **Gauche :** Cartes adjacentes. **Centre :** Carte extrinsèque et coïncidente utilisant des textures pour représenter l'incertitude. **Droite :** Carte intrinsèque et coïncidente utilisant la saturation pour représenter l'incertitude. Ces exemples de carte ne représentent pas les indicateurs relatifs aux objectifs de développement durable.

Les incertitudes courantes dans les données géospatiales sont notamment liées à l'*exactitude* et à la *précision* des données. Les valeurs ne sont intégrées dans un ensemble de données sur les indicateurs que lorsqu'elles répondent aux normes d'exactitude et de précision.

D'autres incertitudes ont une incidence sur la *fiabilité* des données, ce qui soulève des questions supplémentaires quant à la confiance à accorder aux données. La fiabilité est affectée par l'*exhaustivité* des données (le nombre de valeurs manquantes), leur *cohérence* (l'uniformité de la collecte des données) et leur *actualité* (l'âge des données). La fiabilité dépend également de la *crédibilité* des données (la source des données), de leur *lignage* (le processus de transformation des données, voir [section 1.7](#)), de leur *subjectivité* (le degré d'interprétation humaine pendant le processus de transformation des données) et de leur *interdépendance* (la dépendance des données à l'égard de la qualité d'autres ensembles de données).

La visualisation de l'incertitude permet au public de comprendre là où les données sont imparfaites et, par conséquent, le fait que la carte ne retranscrit pas une vérité absolue. La [figure 2.15-2](#) illustre certaines solutions couramment employées pour représenter l'incertitude sur les cartes.

Les *cartes adjacentes*, parfois appelées cartes en treillis (voir [section 3.9](#)), représentent les données et leur incertitude sur des cartes distinctes. Le public doit pouvoir comparer mentalement des cartes adjacentes plus petites mais être en mesure de s'intéresser à chacune d'elles sans la complexité supplémentaire d'une carte à deux variables (voir [section 3.7](#)).

Une *carte extrinsèque* (différentes couches) et *coïncidente* (même carte) représente l'incertitude au-dessus de la carte originale comme une deuxième couche thématique. Les cartes extrinsèques et coïncidentes attirent l'attention sur les zones d'*incertitude*, grâce à la superposition de symboles ou de textures supplémentaires.

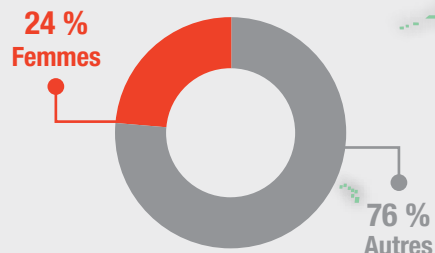
Une *carte intrinsèque* (même couche) et *coïncidente* représente l'incertitude en modifiant les symboles utilisés pour les données. Les cartes intrinsèques et coïncidentes concentrent l'attention sur les zones de *certitude* en donnant moins de poids visuel aux symboles marquant l'incertitude. Pour représenter l'incertitude de manière intrinsèque, des variables visuelles telles que la saturation, la valeur, la netteté, la résolution et la transparence sont utilisées (voir [section 2.9](#)).

# OBJECTIF N° 5 : PARVENIR À L'ÉGALITÉ DES SEXES ET AUTONOMISER TOUTES LES FEMMES ET LES FILLES

## Cible 5.5

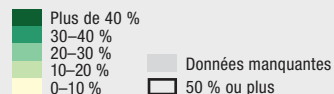
Veiller à ce que les femmes participent pleinement et effectivement aux fonctions de direction à tous les niveaux de décision, et y accèdent sur un pied d'égalité

► Seuls 24 % des responsables parlementaires étaient des femmes en 2020



► Seuls quatre parlements nationaux sont représentés à au moins 50 % par des femmes

Proportion de sièges détenus par des femmes dans les parlements nationaux (pourcentage du nombre total de sièges; 2020)



Bolivie : 53,1 %

Cuba : 53,2 %

Émirats arabes unis : 50,0 %

Rwanda : 61,3 %



◀ Plan large de la séance d'ouverture de la soixante-quatrième session de la Commission de la condition de la femme. Les États Membres ont adopté une déclaration politique dans laquelle ils s'engagent à intensifier leur action pour mettre pleinement en œuvre la Déclaration et le Programme d'action de Beijing sur l'égalité des sexes, adoptés il y a 25 ans. (Source : Photo ONU/Loey Felipe, 2020)

▲ La carte représente sous la forme de carte choroplèthe l'indicateur 5.5.1 (2020) relatif à la proportion de sièges occupés par des femmes dans les parlements nationaux. Les pays de la carte choroplèthe sont fortement généralisés afin de ne montrer que les modèles thématiques généraux et de simplifier ainsi le message. Ce style augmente également le poids visuel des plus petites nations. ONU-Femmes utilise ce fond de carte pour sa publication « Femmes en politique ».

Bien que simplifiée, la carte reste projetée selon la projection équivalente Eckert IV utilisée dans tout l'ouvrage, ce qui permet de comparer les zones sur la carte choroplèthe. La carte choroplèthe utilise une classification par intervalles égaux pour la distribution uniforme des attributs et un schéma de couleurs séquentiel qui croise les teintes de jaune et de vert, mais s'appuie principalement sur la variable visuelle ordonnée qu'est la valeur de la couleur.



## **SECTION 3 : CARTES ET DIAGRAMMES**

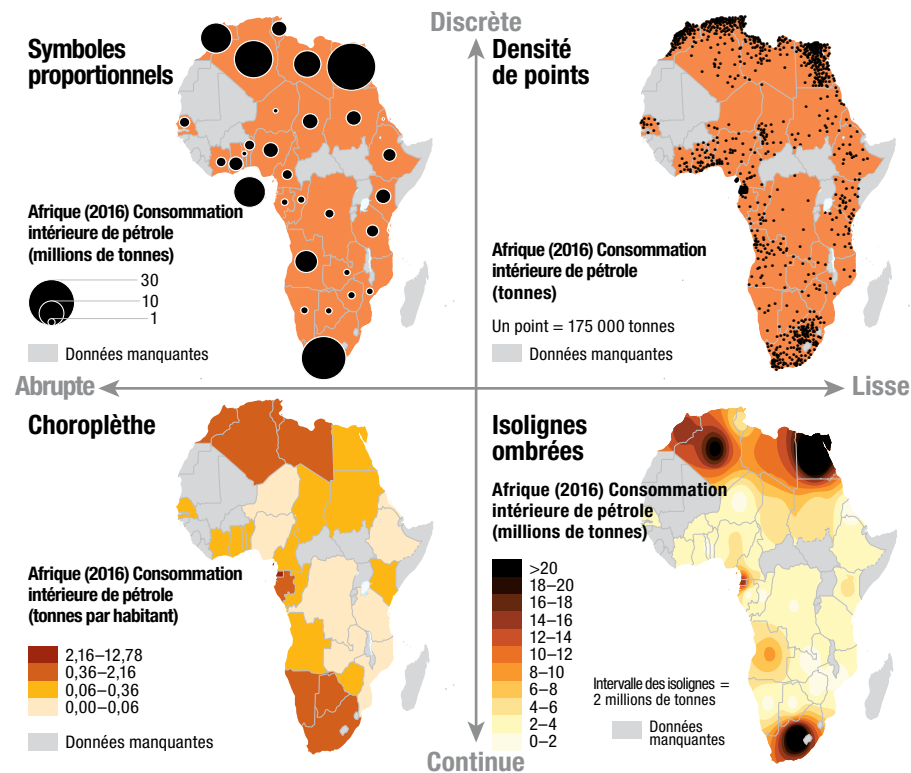
# 3.1. Cartes thématiques

Une **carte thématique** présente la variation d'un ou de plusieurs phénomènes géographiques (voir [section 3.7](#)), en cartographiant ensemble les informations attributaires et de localisation. La réalisation des objectifs de développement durable nécessite une cartographie thématique des données relatives aux indicateurs. Les cartes thématiques font appel à l'imagination géographique et à la réflexion spatiale, et représentent souvent des concepts abstraits ou statistiques qui ne peuvent pas être observés directement.

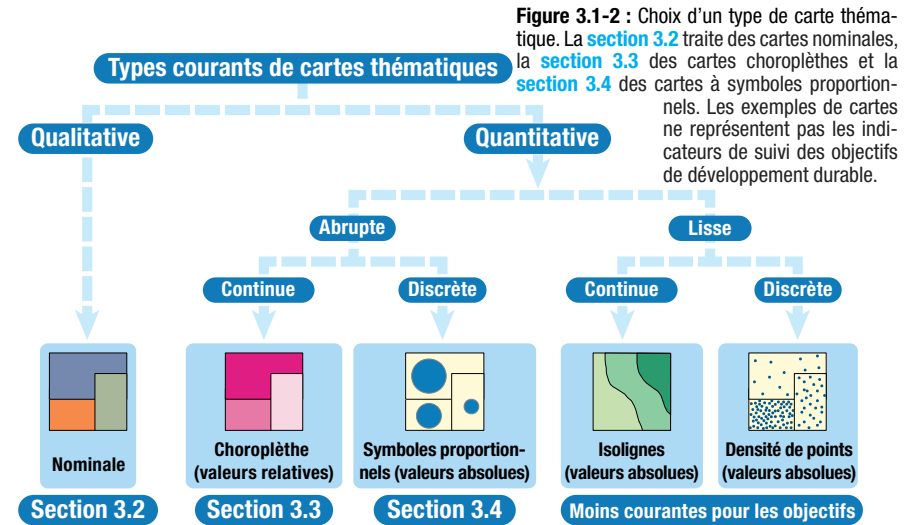
Elles représentent principalement des informations attributaires qui sont énumérées dans des unités géographiques polygonales (voir [section 1.4](#)). Les attri-

buts énumérés sont généralement cartographiés à un niveau de mesure ordinal ou numérique, car l'énumération donne lieu à des comptes quantitatifs ou à des fréquences. Les différences nominales peuvent être représentées sur des cartes thématiques, comme le mode ou une valeur binaire, ce qui donne une **carte nominale** (voir [section 3.2](#)).

Chaque type de carte thématique symbolise les données attributaires à l'aide d'une variable visuelle différente (voir [section 2.9](#)). Une **carte choroplèthe** (voir [section 3.3](#)) ombre les unités de dénombrement par leurs valeurs attributaires, en s'appuyant principalement sur la valeur de la couleur. Une **carte à symboles**



**Figure 3.1-1 :** Types de cartes thématiques. Les quatre cartes thématiques représentent l'indicateur 12.2.2 (2016) relatif à la consommation intérieure de pétrole. **En haut à gauche :** Symboles proportionnels. **En haut à droite :** Densité de points. **En bas à gauche :** Choroplèthe. **En bas à droite :** Isolignes ombrées.



**Figure 3.1-2 :** Choix d'un type de carte thématique. La [section 3.2](#) traite des cartes nominales, la [section 3.3](#) des cartes choroplèthes et la [section 3.4](#) des cartes à symboles proportionnels. Les exemples de cartes ne représentent pas les indicateurs de suivi des objectifs de développement durable.

**proportionnels** (voir [section 3.4](#)) utilise la variable visuelle taille pour mettre à l'échelle les symboles en fonction de leurs valeurs attributaires. Une **carte de densité de points** (différente des cartes par points, voir [section 3.2](#)) utilise la variable visuelle composite **numérosité** (arrangement combiné à la taille) pour ajuster la densité des points placés dans les unités de dénombrement en fonction de leurs valeurs attributaires. Enfin, une **carte d'isolignes** interpole entre les valeurs attributaires échantillonnées, en utilisant la variable visuelle localisation pour représenter le gradient de l'attribut interpolé comme une nouvelle couche de données géospatiales.

Chaque type de carte thématique est également porteur d'une différente **métaphore visuelle**, soit une représentation visuelle évoquant les caractéristiques du phénomène cartographié qui ne sont pas explicitement exprimées dans les données. Des métaphores visuelles différentes peuvent conduire à différents cadrages et différentes conclusions pour les mêmes données attributaires. Les métaphores visuelles sont particulièrement pertinentes pour cartographier des données énumérées telles que les indicateurs de suivi des objectifs de développement durable, car les informations sur l'exis-

tence du phénomène dans l'espace (discret ou continu) et sa variation d'un espace à l'autre (abrupt ou lisse) sont perdues lors du dénombrement ([figure 3.1-1](#)). Les cartes choroplèthes évoquent une métaphore de phénomènes continus et abrupts, tels que les activités, les politiques et les règlements gouvernementaux associés aux juridictions politiques (à savoir les unités de dénombrement). Les cartes à symboles proportionnels évoquent une métaphore discrète et abrupte, suggérant des sites économiques de production et de distribution comme les mines, les usines, les bureaux et les magasins. Les cartes de densité de points évoquent une métaphore discrète et lisse, suggérant les corps individuels des phénomènes humains et sociaux. Les cartes d'isolignes évoquent une métaphore continue et lisse, suggérant des phénomènes environnementaux ou géophysiques.

La [figure 3.1-2](#) fournit des indications pour choisir un type de carte thématique. Les cartes de densité de points et d'isolignes sont rarement utilisées pour les ensembles de données sur les indicateurs au niveau national, car il est difficile de représenter de manière fiable des modèles à évolution délicate à des niveaux de dénombrement plus larges.

## 3.2. Cartes nominales

Une carte nominale représente des données catégorielles (voir [section 3.1](#)) et s'appuie dès lors sur des variables visuelles non ordonnées (voir [section 2.9](#)). Les cartes nominales représentent à la fois des données au niveau individuel et des données énumérées (voir [section 1.4](#)), ainsi que des dimensionnalités de points, de lignes et de polygones (voir [section 2.8](#)). Alors que les objectifs de développement durable comprennent principalement des données quantitatives, plusieurs indicateurs et d'autres appellations contextuelles de l'Organisation des Nations Unies (par exemple, les codes M49 et groupements régionaux en matière d'objectifs de développement durable, voir [section 1.3](#)) nécessitent une cartographie nominale. En outre, tous les indicateurs numériques de suivi des objectifs de développement durable peuvent être transformés en valeurs nominales pour simplifier le message de la carte (voir [section 1.7](#)).

**Figure 3.2-1 :** Carte nominale binaire. Elle représente l'indicateur 15.6.1 identifiant les pays qui ont adopté (jusqu'en 2018) des cadres législatifs, administratifs et opérationnels destinés à assurer un partage juste et équitable des bénéfices de la diversité biologique, comme le prévoit le Protocole de Nagoya. Une couleur plus saturée est utilisée pour la catégorie « Non » afin de faire ressortir les pays qui n'ont pas encore ratifié le protocole.



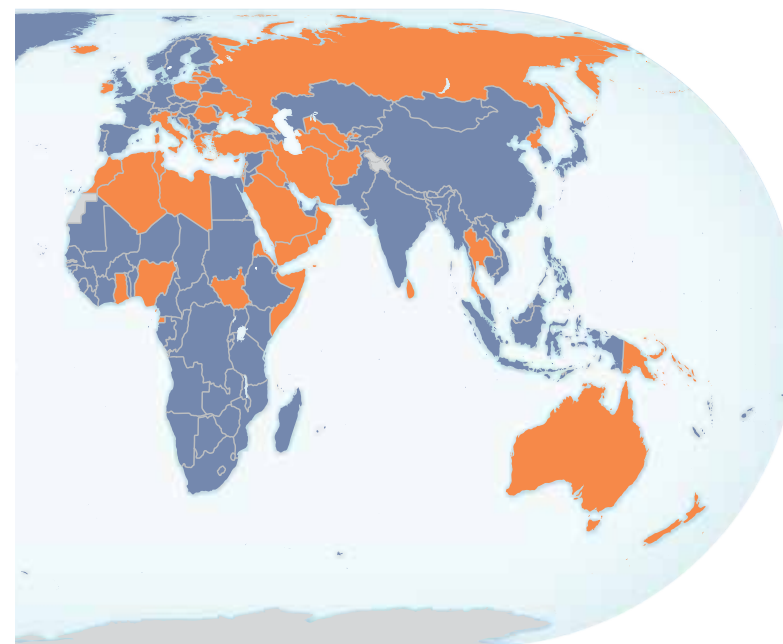
Une carte nominale de points donne lieu à une *carte par points*, chaque point correspondant à un lieu unique. Les cartes par points utilisent la teinte de la couleur ou la forme pour représenter les données nominales à des localisations au niveau individuel. Par conséquent, les cartes par points diffèrent des cartes de densité de points (voir [section 3.1](#)), dans la mesure où ces dernières placent des points de manière aléatoire afin de construire une densité apparente, chaque point représentant une valeur numérique plutôt que nominale.

Les cartes par points utilisent souvent des *icônes* complexes qui ressemblent à des caractéristiques visuelles importantes associées à la catégorie cartographiée, comme l'icône d'un livre pour « bibliothèque » ou d'un arbre pour « parc ». La teinte de la couleur ou la forme du cadre extérieur de l'icône peuvent être utilisées pour représenter des catégories nominales

supplémentaires (par exemple, en combinant les icônes de la bibliothèque et de l'école dans une catégorie « Éducation »). La signification d'une icône peut varier d'une culture à l'autre, et il convient d'éviter les stéréotypes lors de la sélection des icônes pour les cartes par points.

Les cartes nominales de lignes et de polygones utilisent principalement la variable visuelle teinte de couleur et les schémas de couleurs qualitatifs (voir [section 2.10](#)). Une carte thématique d'éléments linéaires est appelée *carte de flux* et symbolise les relations attributaires entre les lieux plutôt que les valeurs attributaires des lieux. Les cartes de flux peuvent également coder des informations quantitatives en utilisant la valeur de la couleur ou la taille (c'est-à-dire l'épaisseur du trait).

Les cartes nominales sont utilisées à deux fins pour les indicateurs de suivi des objectifs de développement durable. Premièrement, une carte nominale peut représenter le *mode*, ou la valeur la plus courante trouvée dans une unité de dénombrement polygonale. Le mode est une mesure de tendance centrale alternative à la *moyenne* (somme de toutes les valeurs divisée par le total des observations) et à la *médiane* (observation du milieu lorsqu'elle est ordonnée) utile pour normaliser les valeurs absolues sur les cartes choroplèthes. Deuxièmement, plusieurs des indicateurs de suivi des objectifs de développement durable sont présentés sous la forme *binaire* présence/absence ou oui/non ([figure 3.2-1](#)). Les cartes nominales des indicateurs binaires peuvent s'écarter d'un schéma de couleurs qualitatif pour mettre l'accent sur une catégorie plutôt que sur une autre.



### 3.3. Cartes choroplèthes

Une carte choroplèthe est une carte thématique sur laquelle les unités de dénombrement sont ombrées en fonction de leurs valeurs attributaires (voir [section 3.1](#)). Les cartes choroplèthes représentent des données quantitatives et énumérées (voir [section 1.7](#)) et s'appuient sur la variable visuelle valeur de couleur pour créer un ordre visuel allant des couleurs claires aux couleurs foncées ou des couleurs foncées aux couleurs claires lorsque le fond est sombre (voir [section 2.9](#)). Elles utilisent également la teinte et la saturation de la couleur dans les schémas spectraux à plusieurs teintes et tous les schémas divergents (voir [section 2.10](#)). Elles peuvent également modifier la texture ou la transparence pour représenter les données manquantes ou d'autres types d'incertitudes (voir [section 2.15](#)).

Les cartes choroplèthes sont couramment utilisées par les instituts nationaux de statistique ou par d'autres organismes faisant autorité qui énumèrent les données au sein d'ensembles hiérarchiques de frontières politiques. Elles sont ainsi souvent la technique utilisée par défaut pour cartographier les indicateurs de

suivi des objectifs de développement durable. Toutefois, ces cartes évoquent une métaphore visuelle de phénomènes continus et abrupts et fonctionnent donc mieux pour cartographier les activités, les politiques et les règlements gouvernementaux associés aux juridictions politiques. D'autres types de cartes thématiques, notamment les cartes à symboles proportionnels (voir [section 3.4](#)), peuvent offrir une métaphore plus appropriée pour les indicateurs économiques.

Les cartes choroplèthes sont souvent utilisées dans les médias courants, car elles sont faciles à réaliser. Le grand public y est également relativement plus habitué, ce qui favorise une interprétation plus uniforme. Cependant, ces cartes présentent plusieurs limites qui nécessitent des solutions de conception uniques.

Premièrement, elles présentent le problème des unités spatiales modifiables (voir [section 1.8](#)), sans doute plus que toute autre carte thématique, car la symbolisation par couleur est appliquée à l'ensemble de l'unité de dénombrement et aucun autre symbole n'est ajouté au-dessus ou à travers l'unité de dénombrement (comme dans le cas des cartes à symboles proportionnels, de

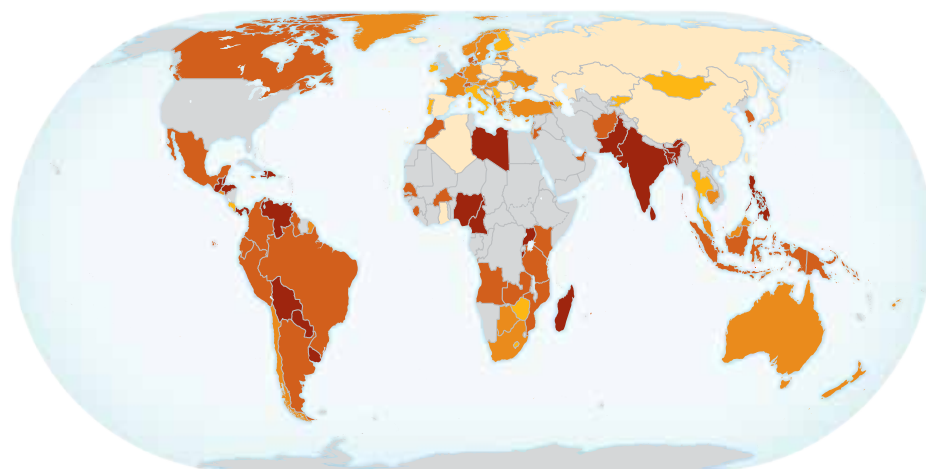
densité de points et d'isolignes). Par conséquent, les valeurs absolues doivent être normalisées en valeurs relatives sur les cartes choroplèthes pour assurer la comparabilité entre des unités de dénombrement de taille et de forme différentes ([figure 3.3-1](#)). De la même manière, les cartes choroplèthes nécessitent une projection équivalente pour préserver les quantités relatives de couleurs sur la carte. Ainsi, une carte à symboles proportionnels constitue un meilleur choix pour cartographier en ligne des indicateurs, dans la mesure où celle-ci se limite à la projection non équivalente Mercator Web (voir [section 2.4](#)).

Deuxièmement, l'impact visuel de chaque couleur de la carte est basé sur les superficies relatives des unités de dénombrement (un artefact de l'utilisation d'une projection équivalente), les plus grandes unités de dénombrement attirant l'œil en premier. Si la superficie est importante pour de nombreux indicateurs de suivi des objectifs de développement durable relatifs à l'environnement, les variables sociales et économiques sont souvent plus influencées par la densité de population. Les cartes dasymétriques (voir [section 3.5](#)) et les

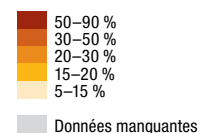
cartogrammes (voir [section 3.8](#)) sont deux alternatives qui permettent de surmonter cette limitation des cartes choroplèthes. La question de l'impact visuel est notamment exacerbée pour les petits États insulaires en développement, qui sont imperceptibles sur les cartes du monde utilisant une petite échelle cartographique. Un symbole ombré selon le schéma de classification choroplèthe peut être ajouté au sommet des petits États insulaires en développement pour s'assurer qu'ils restent visibles sur les cartes choroplèthes.

Troisièmement, la valeur de la couleur est une variable visuelle ordonnée qui n'est pas lue quantitativement comme la variable visuelle taille utilisée sur les cartes à symboles proportionnels (voir [section 2.9](#)). Par conséquent, les valeurs quantitatives ne sont pas estimées de manière fiable à partir des cartes choroplèthes, ce qui nécessite de classer les données en quatre à sept classes afin de simplifier le nombre de couleurs de la carte (voir [section 1.9](#)). Les données des cartes à symboles proportionnels n'ont quant à elles pas besoin d'être classées et peuvent représenter une plus grande gamme de valeurs grâce à leur symbolisation, ce qui peut être utile pour représenter le modèle spatial d'un indicateur donné.

Enfin, la perception de la couleur varie considérablement en fonction du public de la carte, ce qui exige une certaine prudence dans la sélection des schémas pour les personnes ayant une déficience visuelle (voir [section 4.2](#)). La reproduction de la couleur varie en outre considérablement entre les médias imprimés et les écrans (voir [section 2.10](#)). La variable visuelle taille utilisée sur les cartes à symboles proportionnels est lue de manière beaucoup plus uniforme indépendamment du contexte d'utilisation et des utilisateurs.



**Pourcentage de la population carcérale en instance de jugement (2015-2017)**



**Figure 3.3-1 (page opposée) :** Carte choroplèthe. L'indicateur 16.3.2 (2015-2017, moyenne sur 3 ans) relatif à la population carcérale en instance de jugement dans les prisons et les établissements pénitentiaires est représenté sous la forme d'une carte choroplèthe utilisant un schéma de couleurs séquentiel. Le nombre absolu de détenus en instance de jugement est transformé en pourcentage de la population carcérale totale, car les cartes choroplèthes nécessitent des valeurs normalisées et relatives.

## 3.4. Cartes à symboles proportionnels

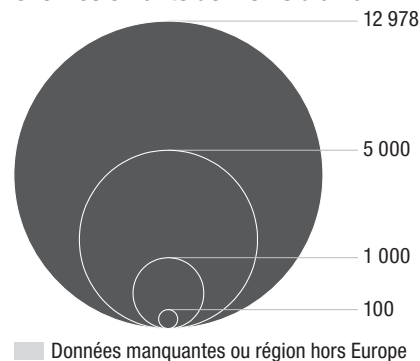
Une carte à symboles proportionnels est une carte thématique qui met à l'échelle la taille des symboles en fonction de leurs valeurs attributaires (voir [section 3.1](#)). Les cartes à symboles proportionnels représentent des valeurs absolues quantitatives, souvent non normalisées, et peuvent représenter soit des données au niveau individuel (par exemple, des villes), soit des données énumérées lorsque le symbole est placé au centroïde du polygone. Elles utilisent la taille comme variable visuelle, ce qui permet des comparaisons visuelles numériques entre les symboles (voir [section 2.9](#)).

Les cartes à symboles proportionnels sont utiles pour cartographier les indicateurs économiques de suivi des objectifs de développement durable, car elles évoquent une métaphore de phénomène discret et abrupt, comme les sites de production et de distribution. Grâce à la visibilité de la variable visuelle taille, les lecteurs peuvent rapidement évaluer la répartition des valeurs absolues entre les différents pays sans prêter attention aux frontières politiques. En conséquence, les cartes à symboles proportionnels surmontent bon nombre des problèmes de normalisation, de projection et de classification qui touchent les cartes choroplèthes (voir [section 3.3](#)) et peuvent donc être utiles au-delà des indicateurs économiques. L'un de leurs principaux avantages par rapport aux cartes choroplèthes pour cartographier les ensembles de données sur les indicateurs réside dans la capacité des symboles proportionnels à dépasser les limites de leurs unités de dénombrement, ce qui permet aux petits pays et aux petits États insulaires de rester visibles sur les cartes du monde ([figure 3.4-1](#)). Les cartes à symboles proportionnels peuvent notamment être utilisées avec la projection Mercator Web sans que la lecture de la carte en soit affectée ([section 4.5](#)).

Même si elles présentent certains avantages, les cartes à symboles proportionnels présentent plusieurs difficultés de conception uniques, notamment la mise à l'échelle et le chevauchement des symboles. La

plupart des logiciels de cartographie utilisent une *mise à l'échelle mathématique*, reliant directement la surface du symbole à la valeur attributaire. Cependant, les lecteurs sous-estiment systématiquement les symboles proportionnels polygonaux (2D) à mesure qu'ils grossissent et cette sous-estimation est encore plus marquée avec les symboles proportionnels volumiques (3D) (voir [section 2.8](#)). Par conséquent, les logiciels de cartographie permettent souvent une *mise à l'échelle perceptive* qui permet de tenir compte de la sous-estimation systématique. Les symboles proportionnels peuvent être classés de manière à réduire la complexité visuelle, processus appelé *gradation des plages* pour

Europe (2016) Nombre total de décès chez les enfants de moins d'un an

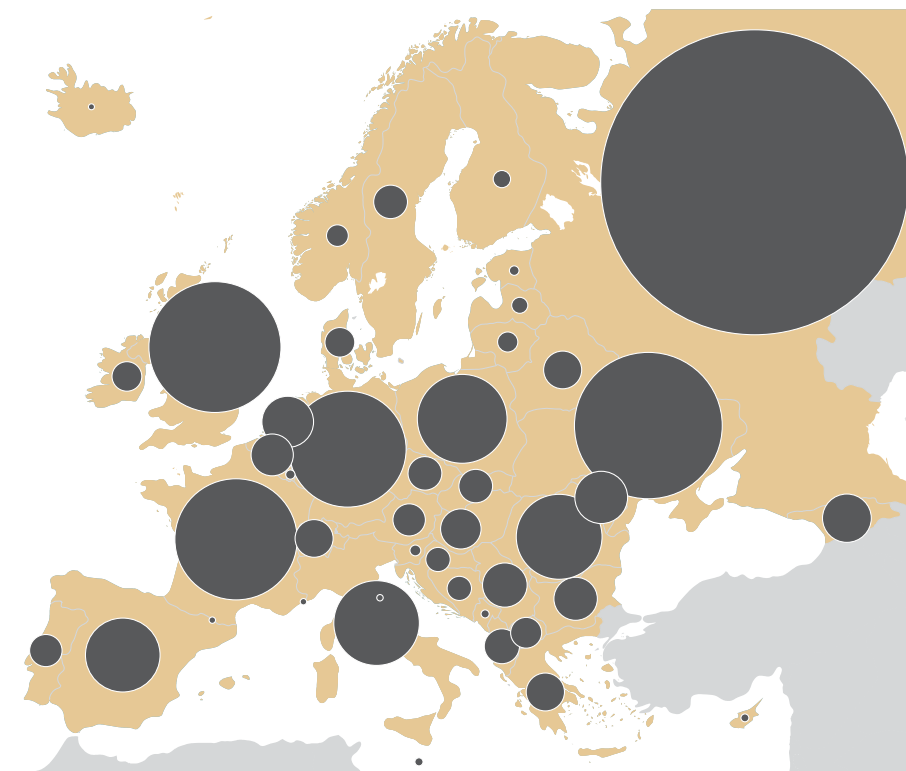


**Figure 3.4-1 (page opposée) :** Carte à symboles proportionnels. L'indicateur 3.2.1 (2016) relatif au nombre total de décès chez les enfants de moins d'un an dans la région Europe est représenté sous la forme d'une carte à symboles proportionnels utilisant la mise à l'échelle perceptive pour les symboles circulaires. La taille étant une variable visuelle à lecture numérique, les cartes à symboles proportionnels n'ont pas besoin d'être classées. Le chevauchement des symboles est géré à l'aide d'un trait de contour blanc, les plus petits symboles étant placés au-dessus des plus grands. Les petits pays tels qu'Andorre, le Luxembourg, Malte, Monaco et Saint-Marin restent visibles sur la carte, car les symboles proportionnels peuvent dépasser les frontières politiques, ce qui constitue l'un des avantages des cartes à symboles proportionnels.

les symboles proportionnels, cette méthode donnant lieu à une *carte à symboles gradués*. La graduation des plages est une option courante sur les cartes du monde ou les cartes à deux variables, qui ombrent les symboles proportionnels à l'aide d'une seconde valeur attributaire afin de limiter le nombre total de symboles uniques sur la carte (voir [section 3.6](#)). Plus la forme du symbole est complexe, plus la lecture des proportions relatives est difficile; ainsi, les formes des symboles proportionnels se limitent généralement à de simples cercles, carrés (tous deux en 2D) ou barres rectangulaires (1D).

Les symboles proportionnels dépassent par ailleurs souvent les limites de leur unité de dénombrement et

doivent être resymbolisés ou déplacés pour clarifier leur chevauchement (voir [section 2.7](#)). Deux stratégies sont souvent utilisées pour gérer les chevauchements, à savoir le recours à la transparence ou à un trait de contour (celui-ci est utilisé dans la [figure 3.4-1](#)), les symboles plus petits étant placés au-dessus des plus grands. Pour des raisons de lisibilité, les deux stratégies ne doivent pas être utilisées ensemble. Il est également possible d'éloigner les symboles du centroïde de l'unité de dénombrement, les grands déplacements étant clarifiés par des pointeurs d'étiquette, à l'instar des régions densément étiquetées.



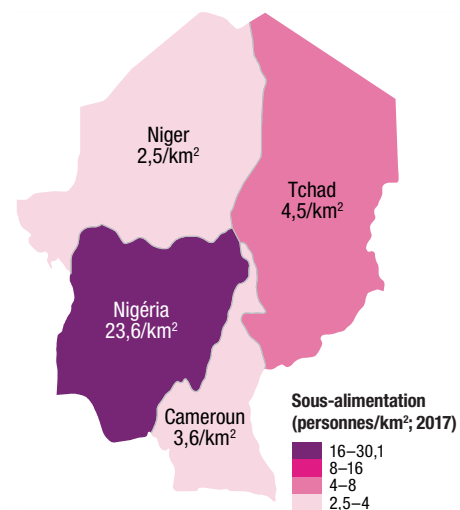
## 3.5. Cartes dasymétriques

Une *carte dasymétrique* exploite des données géospatiales auxiliaires pour redessiner les limites des unités de dénombrement, souvent à une résolution spatiale plus fine, qui reflètent mieux la distribution spatiale du phénomène cartographié. Si les cartes choroplèthes des indicateurs de suivi des objectifs de développement durable évoquent une métaphore visuelle de phénomènes continus qui ne changent qu'aux frontières internationales (voir [section 3.3](#)), il existe souvent une grande variabilité au sein de chaque unité de dénombrement. En d'autres termes, les indicateurs mondiaux ne donnent qu'un aperçu global des disparités en matière de durabilité environnementale, d'inclusion sociale et de prospérité économique. Les cartes dasymétriques peuvent permettre un suivi et une élaboration de politiques plus localisés, ce qu'empêchent les ensembles de données infranationales à plus haute résolution harmonisées entre les pays.

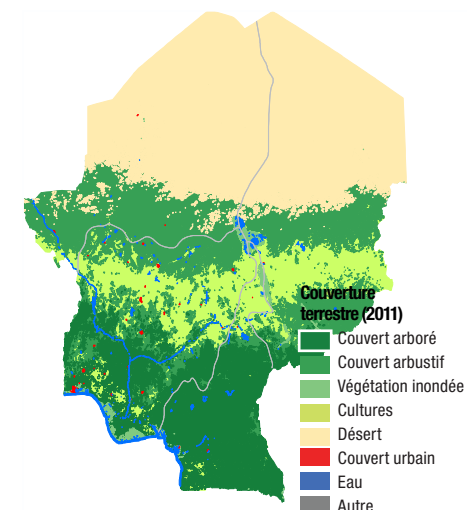
Il existe deux types de données auxiliaires utiles pour créer une carte dasymétrique : les données d'exclusion et les données d'inclusion. Les *données d'exclusion* définissent les endroits où le phénomène cartographié ne peut pas exister. Par exemple, les arbres ne peuvent pas pousser au-dessus d'une certaine altitude, dans un désert recevant une quantité minimale de précipitations, ou dans un lac ou un fleuve. Ainsi, l'altitude, les précipitations annuelles et la couverture terrestre peuvent être utilisées comme facteurs d'exclusion sur une carte dasymétrique des forêts protégées. Les *données d'inclusion* définissent les endroits où le phénomène cartographié peut exister, souvent dans des proportions différentes. Par exemple, le zonage rural, suburbain ou urbain peut être utilisé pour pondérer l'occurrence d'un phénomène social en fonction des densités moyennes de population pour ces zones dans un pays donné (par exemple, 10 personnes par km<sup>2</sup> en zone rurale, 100 personnes par km<sup>2</sup> en zone suburbaine, 1 000 personnes par km<sup>2</sup> en zone urbaine).

Une carte dasymétrique peut être générée dans un logiciel de cartographie à l'aide de plusieurs processus géospatiaux. Tout d'abord, les valeurs absolues de chaque unité de dénombrement sont calculées, les valeurs relatives étant ramenées au décompte original de fréquence (par exemple, multipliées par la superficie pour les densités, multipliées par la population pour les taux par habitant, etc.) (voir [section 1.7](#)) ([figure 3.5-1](#)). Ensuite, des données auxiliaires pertinentes sont utilisées pour identifier les zones où le phénomène cartographié est exclu ou inclus ([figure 3.5-2](#)). Des calculs vectoriels ou matriciels sont alors effectués pour diviser l'unité de dénombrement originale en sous-zones d'exclusion et d'inclusion du phénomène cartographié ([figure 3.5-3](#)). Les valeurs absolues sont redistribuées au sein de ces limites à la résolution plus fine, les zones d'exclusion ne recevant aucune valeur et les zones d'inclusion recevant des valeurs basées sur des pondérations prédéterminées. Enfin, les valeurs absolues redistribuées sont normalisées en valeurs relatives pour être cartographiées, produisant un nouvel ensemble de zones ombrées qui fournissent plus de détails sur la distribution spatiale de l'indicateur ([figure 3.5-4](#)). Ces limites sont souvent généralisées en fonction de l'objectif de la carte et de l'échelle cartographique (voir [section 2.7](#)). La technique dasymétrique peut modifier les limites de toute carte thématique, mais elle est le plus souvent appliquée aux cartes choroplèthes pour cartographier les indicateurs de suivi des objectifs de développement durable.

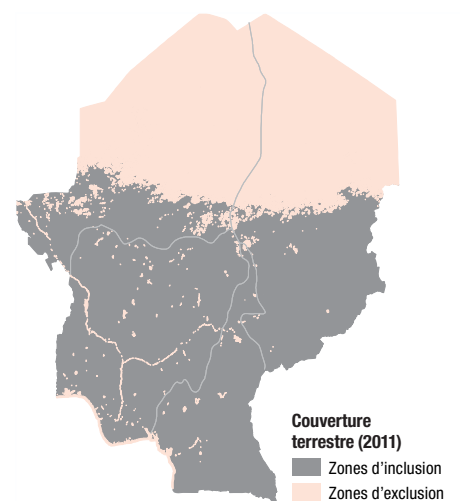
L'Organisation des Nations Unies ne fournit pas d'informations auxiliaires permettant d'établir des cartes dasymétriques et les meilleures données auxiliaires sont généralement spécifiques à l'infrastructure de données spatiales de chaque pays, ce qui complexifie la cartographie dasymétrique à l'échelle mondiale.



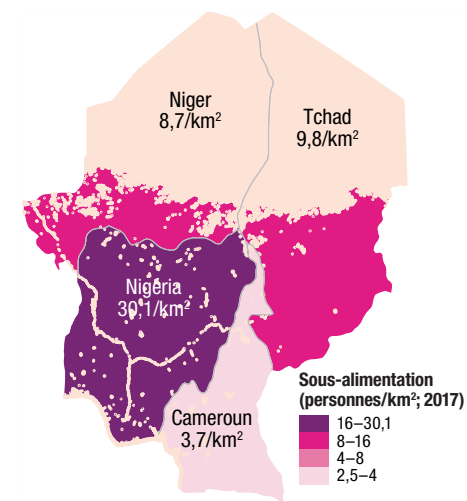
**Figure 3.5-1** : Carte choroplèthe originale. L'indicateur 2.1.1 (2017) relatif au nombre de personnes sous-alimentées par km<sup>2</sup> est cartographié pour quatre pays d'Afrique subsaharienne.



**Figure 3.5-2** : Données d'exclusion. La couverture terrestre classifiée (2011) traitée à partir de l'imagerie satellitaire est utilisée pour repérer les zones où personne ne vit (désert et eau).



**Figure 3.5-3** : Calcul vectoriel. Ce calcul permet de retirer les classes désert et eau de l'unité de dénombrement. De grandes zones dans le nord sont supprimées en raison de l'emplacement du désert du Sahara, tout comme des zones plus petites pour les plans d'eau tels que le lac Tchad et le fleuve Niger.



**Figure 3.5-4** : Carte dasymétrique résultante. L'indicateur 2.1.1 (2017) relatif au nombre de personnes sous-alimentées par km<sup>2</sup> est recartographié à l'aide d'un nouveau dénominateur. Le Niger et le Tchad présentent ainsi une densité beaucoup plus importante, ce qui les place dans des classes choroplèthes plus élevées.



## 3.6. Légendes des cartes

Une **légende** donne une description de chaque type de symbole inclus sur la carte. Elle clarifie les symboles cartographiques principalement visuels à l'aide de texte, qui peut préciser les noms des catégories qualitatives ou des données quantitatives. Toutes les cartes n'ont pas besoin de légende et une bonne utilisation des variables visuelles permet au public de comprendre immédiatement les grandes tendances de la carte sans avoir à consulter d'abord les valeurs des symboles (voir [section 2.9](#)).

Il est important de concevoir une légende efficace pour les cartes destinées à un public général dont la connaissance des phénomènes cartographiés est limitée, comme les cartes relatives aux objectifs de développement durable conçues à des fins de sensibilisation et d'information. La légende permet de présenter et d'expliquer l'objectif dans son ensemble, ainsi que de mettre en contexte le récit en marquant les valeurs critiques telles que la moyenne actuelle ou le niveau futur souhaité (voir [section 4.7](#)). Elle constitue ainsi un exercice d'éducation, dans la mesure où elle fournit des consignes sur la manière d'interpréter et, par conséquent, d'utiliser la carte. À cette fin, le titre de la légende des cartes relatives aux objectifs de développement durable doit rappeler de manière exhaustive la localisation, l'attribut et le contexte temporel (voir [section 1.2](#)) plutôt que d'indiquer seulement le numéro de l'indicateur concerné afin d'éviter au lecteur d'avoir à faire des recherches. Il est particulièrement essentiel de concevoir et de nommer de manière efficace les légendes des cartes relatives aux objectifs distribués à des publics diversifiés, car certains symboles et certaines formulations peuvent avoir des significations interculturelles variables nécessitant d'être traduites (voir [section 4.1](#)).

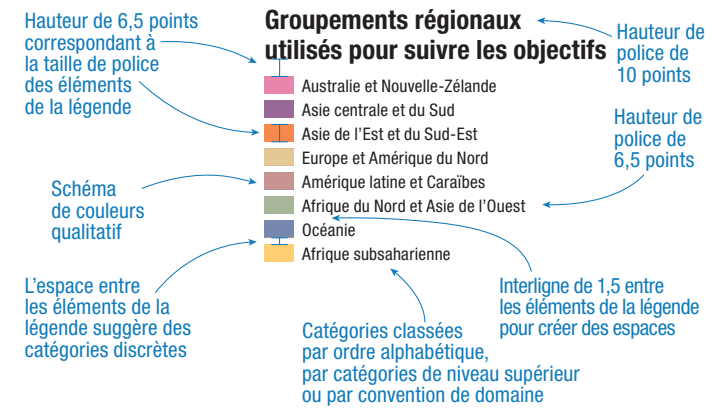
Selon les consignes générales, tous les symboles de points, de lignes et de polygones inclus sur la carte doivent être inclus dans la légende. Il est toutefois courant d'exclure les symboles situés au niveau le plus

bas de la hiérarchie visuelle (voir [section 2.13](#)), qui servent davantage de référence au fond de carte (par exemple, les frontières politiques, l'eau par rapport à la terre).

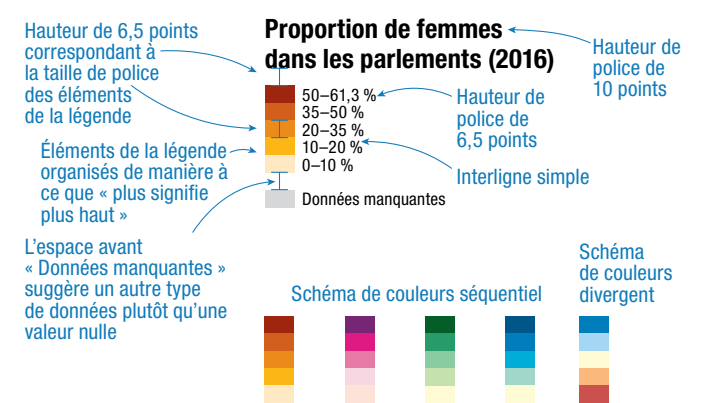
Les légendes de cartes thématiques ne comprennent souvent que les symboles qui codent la couche thématique (voir [section 3.1](#)). Sur les cartes thématiques, chaque symbole d'un schéma classé doit être inclus dans la légende, mais seuls trois ou quatre symboles représentatifs doivent être inclus pour un schéma non classé (voir [section 1.9](#)). Les cartes thématiques nominales représentant des données qualitatives doivent comporter des espaces entre les éléments de la légende pour évoquer la métaphore de catégories discrètes, tandis que les cartes choroplèthes, à symboles proportionnels et autres, qui représentent des valeurs quantitatives, ne doivent pas comporter d'espace pour évoquer la métaphore d'une ligne numérique continue, même lorsque les données sont classées. Les cartes thématiques quantitatives doivent également évoquer la métaphore du « plus signifie plus haut » en plaçant la valeur la plus faible en bas lorsque les éléments de la légende sont empilés verticalement. Les **figures 3.6-1**, **3.6-2** et **3.6-3** présentent les caractéristiques utilisées dans cet ouvrage respectivement pour les légendes des cartes nominales (voir [section 3.2](#)), choroplèthes (voir [section 3.3](#)) et à symboles proportionnels (voir [section 3.4](#)).

Enfin, il est possible d'améliorer presque toutes les légendes en les associant à un diagramme (voir [section 3.10](#)), tel qu'un histogramme montrant la distribution des éléments de la carte dans chaque classe (voir [figure 1.9-1](#)). Les légendes peuvent également être renforcées ou complètement remplacées par des interactions (voir [section 4.3](#)), en faisant apparaître la légende ou la valeur exacte des données sur la carte lorsque l'utilisateur consulte ou sélectionne un élément spécifique.

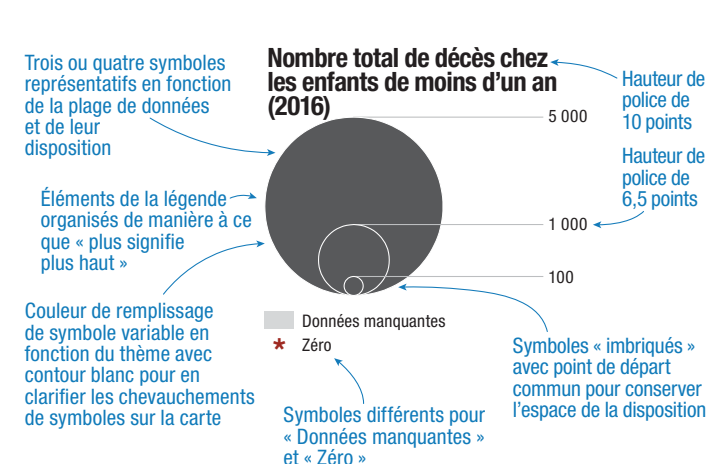
**Figure 3.6-1** : Légende de carte nominale. Dans cet ouvrage, ce type de légende utilise un schéma de couleurs qualitatif adapté des couleurs utilisées pour les icônes des objectifs de développement durable. Les éléments de la légende sont espacés afin de suggérer des catégories discrètes. Chaque élément a la même hauteur que les caractères de son étiquette, avec un interligne de 1,5 permettant d'espacer les éléments. Les éléments sont classés ici par ordre alphabétique anglais.



**Figure 3.6-2** : Légende de carte choroplèthe. Dans cet ouvrage, ce type de légende utilise cinq différents schémas de couleurs séquentiels et divergents. Aucun espace n'est inclus entre les éléments de la légende pour suggérer une ligne numérique continue. Un espace sépare la catégorie « Données manquantes » pour suggérer un autre type de données plutôt qu'une valeur nulle. Les éléments de la légende sont disposés de manière à ce que « plus signifie plus haut ».



**Figure 3.6-3** : Légende de carte à symboles proportionnels. Dans cet ouvrage, ce type de légende comprend trois à quatre symboles représentatifs, en fonction de la plage de données et de leur disposition. Les symboles sont disposés de manière à ce que « plus signifie plus haut » et « imbriqués » avec un point de départ commun pour conserver l'espace de la disposition. Des symboles distincts sont utilisés pour désigner les données manquantes et les valeurs nulles, lorsqu'ils sont pertinents pour l'ensemble de données cartographié.



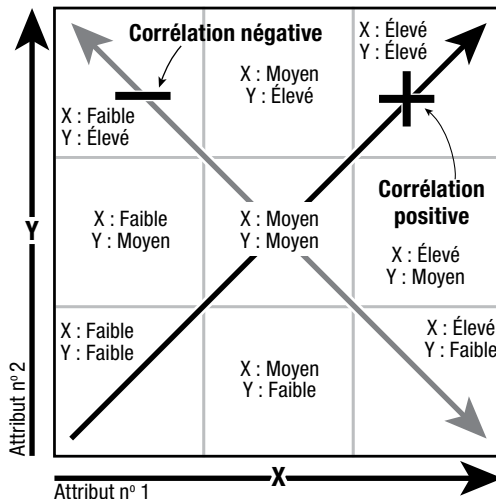
## 3.7. Cartes à deux variables

Une **carte à deux variables** représente deux attributs de données sur une seule carte thématique. Les cartes à deux variables peuvent être très utiles pour l'interprétation visuelle des modèles spatiaux, en particulier pour comparer la distribution spatiale de deux indicateurs de suivi des objectifs potentiellement liés, ainsi que pour repérer les localisations atypiques qui ne répondent pas à une relation escomptée entre plusieurs indicateurs. Toutefois, les cartes à deux variables peuvent prêter à confusion, voire induire en erreur, dans la mesure où elles présentent une plus grande complexité d'information et sont moins fréquentes dans les médias courants.

Dans la pratique, il est utile d'envisager trois types de cartes à deux variables basées sur des associations de variables visuelles : séparables (par exemple, combinaisons de cartes thématiques, cartogrammes ombrés, symboles proportionnels ombrés), intégrales (par exemple, cartes choroplèthes à deux variables) et configurales (par exemple, cartes à symboles divisés). Les légendes des cartes à deux variables doivent être tracées sur des axes X et Y pour montrer toutes les combinaisons possibles de symboles (figure 3.7-1) et ainsi indiquer comment chaque combinaison de symboles doit être lue sur la carte résultante.

Une carte à deux variables **séparable** préserve la lecture des deux indicateurs X et Y d'origine sur la carte, une carte séparable fonctionnant comme deux cartes différentes sur une seule page (figure 3.7-2). Utilisez des cartes séparables pour des indicateurs indépendants avec des unités attributaires différentes, par exemple pour comparer une fréquence

**Figure 3.7-1** : Lecture des cartes à deux variables. Les légendes de ces cartes doivent être disposées en deux dimensions pour montrer des exemples de combinaisons de symboles. Les différents types de cartes à deux variables varient ensuite selon la manière dont les axes X et Y et la corrélation positive (+) sont préservés.



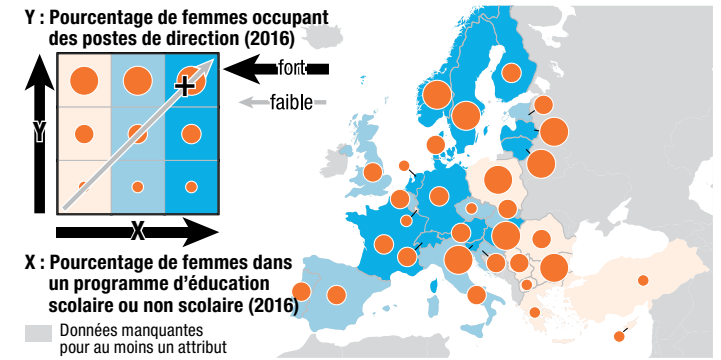
absolue à un pourcentage relatif ou un indicateur non normalisé à une variante normalisée.

Une carte à deux variables **intégrale** restreint la lecture des indicateurs X et Y d'origine, mais favorise la lecture de la relation + entre les indicateurs, ce qui permet de déduire plus facilement les corrélations et d'identifier les endroits où la relation escomptée n'est pas rencontrée (figure 3.7-3). Utilisez des cartes intégrales pour les indicateurs dépendants dans les mêmes unités attributaires pour une corrélation visuelle. Évitez les cartes intégrales en l'absence de corrélation connue, car celles-ci peuvent être trompeuses et suggérer un lien de causalité.

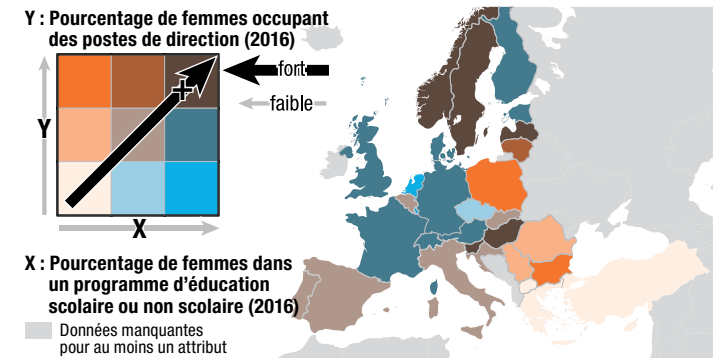
Une carte à deux variables **configurale** conserve la lecture des attributs X et Y d'origine tout en incluant une indication visuelle de la relation + qui peut être utilisée à des fins de corrélation visuelle (figure 3.7-4). Utilisez des cartes configurales pour les indicateurs indépendants dans les mêmes unités attributaires. Elles sont utiles pour comparer des changements temporels, comme avant et après, ou des sous-ensembles au sein d'un indicateur, tel que rural ou urbain.

Les cartes à deux variables intégrales et configurales sont généralement réparties en classes 2 x 2 ou 3 x 3 afin

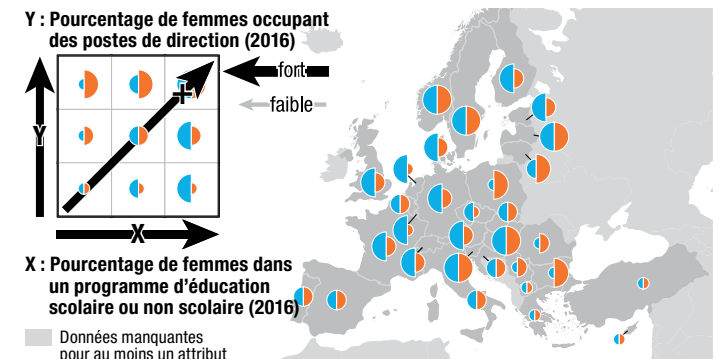
**Figure 3.7-2** : Carte à deux variables séparable. L'indicateur 4.3.1 (2016) relatif au pourcentage de femmes participant à un programme d'éducation et de formation scolaire ou non scolaire est cartographié sous forme de choroplèthe, tandis que l'indicateur 5.5.2 (2016) relatif au pourcentage de femmes occupant des postes de direction est cartographié à l'aide de symboles proportionnels. Les cartes séparables préservent X et Y, mais ne présentent pas de dimension positive (+) émergente.



**Figure 3.7-3** : Carte à deux variables intégrale. Les indicateurs 4.3.1 (2016) et 5.5.2 (2016) sont recartographiés sur une carte choroplèthe à deux variables, qui présente une dimension positive (+) émergente. Comme les deux indicateurs ont la même unité attributaire (pourcentages), la carte choroplèthe à deux variables est une meilleure solution que la combinaison de cartes thématiques de la figure 3.7-2.



**Figure 3.7-4** : Carte à deux variables configurale. Les indicateurs 4.3.1 (2016) et 5.5.2 (2016) sont recartographiés sur une carte à symboles proportionnels divisés. Les solutions configurales préservent X et Y, mais présentent également une dimension positive émergente. La carte à symboles proportionnels divisés est plus appropriée que la choroplèthe à deux variables de la figure 3.7-3 si les attributs sont considérés indépendants.



d'en réduire la complexité (par exemple, 3 x 3 donne neuf symboles à deux variables uniques). Les cartes à deux variables séparables peuvent comprendre des

classes de 4 x 4, 5 x 5, voire 7 x 7, à l'instar des cartes à une seule variable, puisqu'il est possible de traiter séparément les attributs X et Y (voir section 1.9).

## 3.8. Cartogrammes

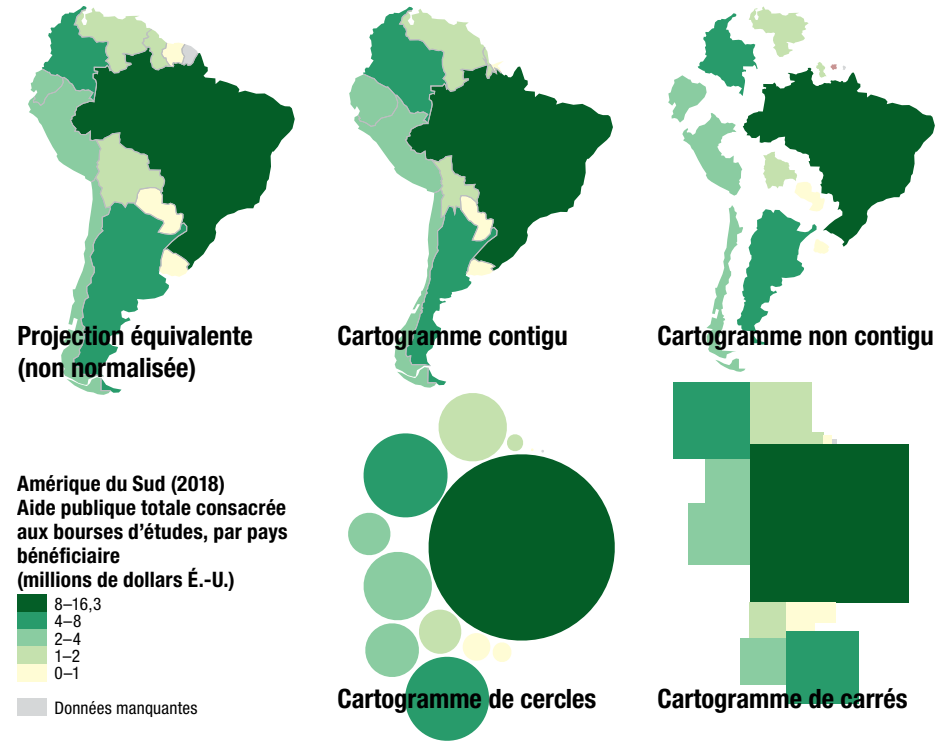
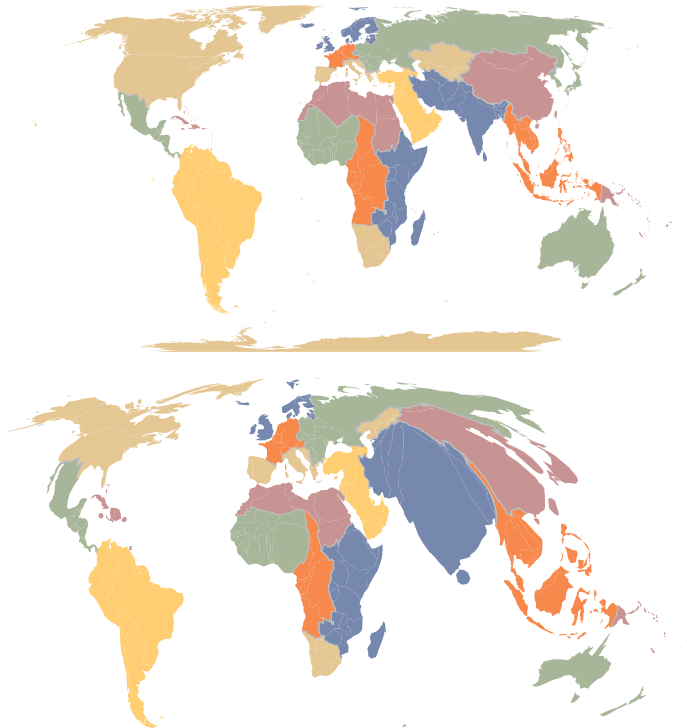
Un **cartogramme** est une carte thématique qui met à l'échelle la surface de chaque unité de dénombrement en fonction de sa valeur attributive. À l'instar d'une carte à symboles proportionnels, un cartogramme utilise la taille de la variable visuelle pour représenter les différences quantitatives. Cependant, un cartogramme modifie la taille de l'ensemble de l'unité de dénombrement, plutôt que celle d'un symbole placé en son centroïde. Par conséquent, les cartogrammes affichent souvent des différences spectaculaires entre les régions, et font sortir le public de ses idées préconçues pour encourager une réflexion spatiale critique sur la zone cartographiée (**figure 3.8-1**).

Les cartogrammes déforment délibérément la taille, la forme (ou plus précisément les relations angulaires,

voir [section 2.4](#)) ou les relations topologiques (c'est-à-dire les limites communes) des unités de dénombrement qu'ils représentent. Les différentes techniques de cartographie peuvent être comparées en fonction de la façon dont elles préservent ou déforment ces caractéristiques (**figure 3.8-2**).

Un cartogramme **contigu** préserve la topologie entre les unités de dénombrement tout en faisant des compromis sur la forme. Par exemple, le cartogramme contigu basé sur la diffusion maintient tous les bords adjacents, créant souvent des limites insolites tout en préservant les modèles de la carte au niveau régional. En revanche, un cartogramme **non contigu** maintient complètement la forme en mettant à l'échelle chaque unité de dénombrement à l'intérieur de ses limites, ce

**Figure 3.8-1** : Explication des cartogrammes. Ces deux cartes représentent les groupements de sous-régions et de régions intermédiaires M49 sur une carte nominale. **En haut** : Les groupements régionaux en matière d'objectifs de développement durable projetés selon la projection équivalente Eckert IV utilisée tout au long de cet ouvrage. L'arrière-plan a été supprimé pour permettre la comparaison. **En bas** : Les groupements régionaux en matière d'objectifs de développement durable cartographiés sur un cartogramme contigu basé sur la population de chaque groupement régional. Dans cet exemple, le cartogramme donne plus d'espace aux lieux les plus peuplés, en attirant l'attention visuelle relative généralement accordée à l'Amérique du Nord et du Sud sur l'Afrique et l'Asie. Le cartogramme peut dès lors constituer une solution plus appropriée lorsqu'il est question d'espace dans le cadre de phénomènes humains et sociaux basés sur la population.



**Figure 3.8-2** : Types de cartogrammes. L'indicateur 4.b.1 (2018) relatif à l'aide publique totale consacrée aux bourses d'études par pays bénéficiaire (millions de dollars des États-Unis) est cartographié pour les pays d'Amérique du Sud sous la forme de choroplèthe puis de quatre cartogrammes différents basés sur la population. **En haut au centre** : Contigu. **En haut à droite** : Non contigu. **En bas à gauche** : En cercles. **En bas à droite** : En carrés.

qui facilite l'identification de chaque unité de dénombrement, mais entraîne de grands écarts entre les polygones, ce qui modifie la lecture des modèles cartographiques à plus large échelle.

D'autres solutions pseudocontiguës suivent une approche plus schématisée. Par exemple, les cartogrammes de cercles et de carrés remplacent toutes les unités de dénombrement par des symboles proportionnels, préservant parfaitement leur taille, mais sacrifiant complètement leur forme. Les cartogrammes pseudocontigus diffèrent des cartes à symboles proportionnels en ce que le fond de carte est supprimé et que les symboles eux-mêmes sont déplacés pour préserver la topologie.

Les cartogrammes peuvent être ombrés par une seconde variable afin de produire une carte à deux variables (voir [section 3.7](#)). Pour les indicateurs de suivi des objectifs de développement durable, le cartogramme est lui-même basé sur une **variable de compensation**, comme la population, pour produire un nouvel ensemble plus pertinent de limites géographiques. L'ombrage des couleurs est ensuite utilisé pour l'indicateur ou la **variable d'intérêt**. Les cartogrammes à deux variables doivent être réalisés à l'aide de valeurs absolues plutôt que relatives (voir [section 1.4](#)), car la variable de compensation « normalise visuellement » la variable d'intérêt de la même manière que les valeurs relatives sont « normalisées statistiquement ».

## 3.9. Cartes et temps

Le temps décrit la *date* à laquelle les données sont collectées (voir [section 1.5](#)). Il est implicite sur toutes les cartes mais n'apparaît pas toujours de manière évidente dans leur conception. La plupart des cartes relatives aux objectifs de développement durable présentées dans cet ouvrage décrivent un indicateur à un moment précis, comme un recensement national, ou à un intervalle de temps unique, comme l'accumulation d'activités ou d'événements sur une seule année. Alors que ces cartes ne montrent qu'un seul instantané ou une seule période dans le temps, les cartes du *temps* représentent une *série* chronologique de plusieurs dates ou intervalles pour faciliter la compréhension des modèles et des tendances dans le temps. Ces cartes de séries chronologiques sont donc essentielles pour suivre les progrès accomplis dans la réalisation des objectifs de développement durable.

Comme lorsqu'il est question de représenter l'incertitude (voir [section 2.15](#)), les cartes du temps nécessitent des solutions de conception créatives, car le fait de montrer ne serait-ce que deux dates ou intervalles différents double la quantité de données présentes sur la carte. Les cartes de séries chronologiques deviennent ainsi rapidement complexes. Il existe trois façons principales de représenter le temps sur les cartes : utiliser des cartes adjacentes, créer une seule carte coïncidente ou avoir recours à l'animation.

Les cartes adjacentes séparent la série chronologique en différentes cartes. La projection, la classification, la symbolisation et les autres caractéristiques des cartes adjacentes restent identiques, mais la date ou l'intervalle de la série chronologique représenté varie ([figure 3.9-1](#)). Les cartes adjacentes sont souvent appelées « *cartes en treillis* » lorsqu'elles sont utilisées par dizaines de la taille d'un timbre-poste pour exprimer une série chronologique (par rapport aux cartes de données adjacentes par paire et à leur certitude, voir [figure 2.15-2](#)). Les cartes adjacentes présentent l'avantage de conserver une grande partie des nuances de la série chronologique, mais doivent utiliser des fonds

de carte plus généraux et des échelles cartographiques plus petites pour tenir compte de l'espace de page réduit pour chaque carte individuelle et pour permettre l'insertion de l'intégralité de la série chronologique.

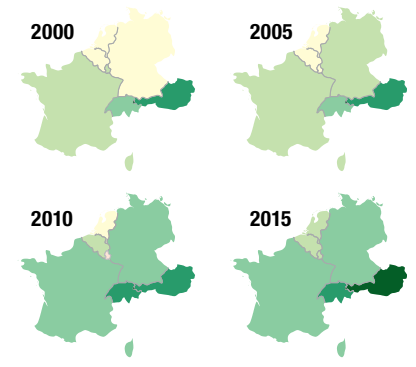
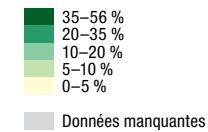
Une carte coïncidente unique représente une série chronologique en traitant le temps comme un attribut et en appliquant une variable visuelle appropriée à un niveau de mesure ordinal ([section 2.9](#)), par exemple en changeant la valeur de la couleur dans un schéma séquentiel du clair au foncé. Ces solutions extrinsèques et coïncidentes fonctionnent mieux pour les points et les lignes, qui peuvent être superposés, mais conviennent moins aux données des séries chronologiques énumérées en éléments polygonaux comme les indicateurs de suivi des objectifs de développement durable.

Une *carte de changement* peut par contre être utilisée pour les données relatives aux indicateurs énumérées, et le calcul de la différence entre deux relevés de données dans la série chronologique — généralement cartographiée en tant que pourcentage d'augmentation ou de diminution. Le pourcentage de changement est alors représenté de manière intrinsèque par un schéma de couleurs divergent centré sur un pourcentage de changement nul ([figure 3.9-2](#)). Une carte de changement permet aussi notamment de normaliser des données énumérées, même si cette méthode n'est pas abordée dans la [section 1.7](#). Une carte de changement est certes moins complexe, mais au prix d'une perte d'informations sur les modèles et les tendances, en particulier les tendances cycliques au sein de la série chronologique (voir [section 1.5](#)). Elle se concentre ainsi uniquement sur le premier et le dernier relevé de données (ou sur deux moments choisis entre ces événements).

L'animation utilise le temps d'affichage numérique pour modifier l'affichage de la carte, en progressant dans la série chronologique, un relevé de données à la fois ([figure 3.9-3](#)). L'animation nécessite un environnement d'utilisation dynamique et ne peut donc pas être imprimée. Les animations donnent une impression générale des tendances dans le temps et sont très

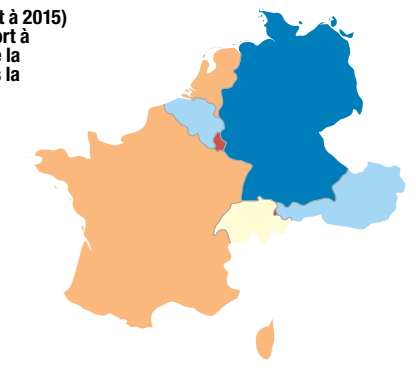
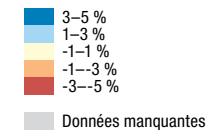
**Figure 3.9-1 :** Cartes en treillis d'une série chronologique. L'indicateur 7.2.1 (2000–2015; intervalles de cinq ans) relatif à la part de l'énergie renouvelable dans la consommation finale d'énergie est cartographié pour l'Europe de l'Ouest sous la forme de cartes adjacentes. Les cartes résultantes présentent une échelle cartographique plus petite et moins de détails, compte tenu de l'espace de page réduit.

**Europe de l'Ouest (2000–2015)  
Part de l'énergie renouvelable dans  
la consommation finale d'énergie**



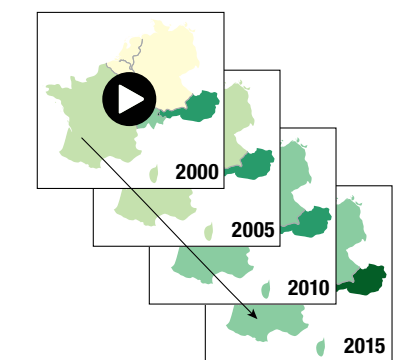
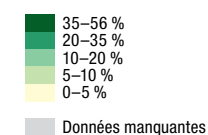
**Figure 3.9-2 :** Une carte de changement entre plusieurs intervalles de temps. L'indicateur 7.2.1 est recartographié pour l'Europe de l'Ouest sous la forme d'une seule carte coïncidente. Ici, seules les années 2000 et 2015 sont cartographiées, ce qui donne un changement normalisé en pourcentage par rapport à l'augmentation moyenne (5,6 %) de la part de l'énergie renouvelable dans la consommation finale d'énergie.

**Europe de l'Ouest (2000 par rapport à 2015)  
Variation en pourcentage par rapport à  
l'augmentation moyenne (5,6 %) de la  
part de l'énergie renouvelable dans la  
consommation finale d'énergie**



**Figure 3.9-3 :** Animation d'une série chronologique. L'indicateur 7.2.1 (2000–2015; intervalles de cinq ans) est représenté dans une animation conceptuelle pour l'Europe de l'Ouest. L'animation est similaire aux cartes en treillis de la [figure 3.9-1](#), mais le temps d'affichage est utilisé pour progresser dans la série chronologique, montrant chaque carte individuellement en séquence (voir [section 4.8](#)).

**Europe de l'Ouest (2000–2015)  
Part de l'énergie renouvelable dans  
la consommation finale d'énergie**



appréciées du grand public. Le public manque cependant souvent un grand nombre de changements dans l'affichage, ce qui entraîne un biais vers les tendances du

premier et du dernier relevé de données. La [section 4.8](#) aborde plus en détail les cartes animées.

## 3.10. Diagrammes

Un *diagramme* — également souvent appelé *graphique* — représente des attributs non géographiques et des modèles de données temporelles, tels que la plage et la distribution générales, les valeurs atypiques et les anomalies, les tendances dans le temps ou les corrélations entre les phénomènes.

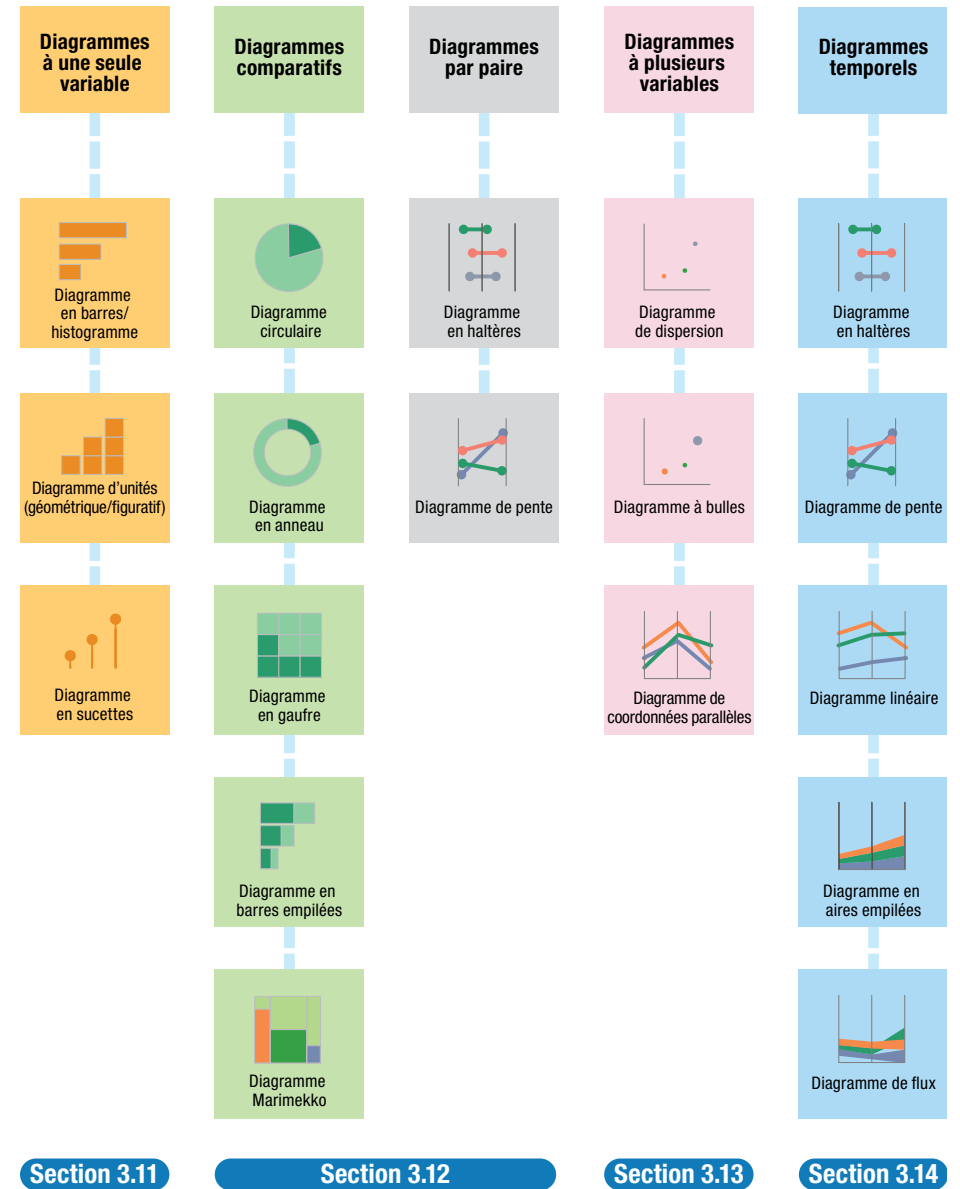
Sur les cartes, la variable visuelle localisation est utilisée pour coder l'emplacement spatial projeté de chaque élément géographique, les autres variables visuelles étant ensuite utilisées pour coder des attributs qualitatifs ou quantitatifs supplémentaires concernant ces éléments (voir [section 2.9](#)). Les diagrammes utilisent quant à eux la variable visuelle localisation pour positionner chaque élément de données dans un cadre de coordonnées non géographiques qui évoque des métaphores spatiales entre les éléments du cadre de coordonnées, comme proche-lointain, connecté-déconnecté et intérieur-extérieur. Par conséquent, le choix des axes, de leurs coordonnées et de toute autre séparation visuelle est essentiel pour interpréter les diagrammes non spatiaux résultants et leurs symboles. Cette constatation fait toutefois également de la cartographie le contexte de visualisation de l'information le plus difficile, car la variable visuelle localisation doit être utilisée pour représenter directement l'information spatiale, ce qui limite les possibilités de conception.

Comme pour les cartes thématiques (voir [section 3.1](#)), il existe de nombreux types de diagrammes permettant visualiser les indicateurs de suivi des objectifs de développement durable. La [figure 3.10-1](#) classe

les diagrammes courants en fonction de ceux qui conviennent à un ou plusieurs attributs et de ceux qui permettent de représenter l'évolution des attributs dans le temps. Il existe de nombreux autres types de diagrammes qui peuvent être utiles pour comprendre les indicateurs, mais tous reposent sur les mêmes principes de transformation des données (voir [section 1.7](#)), de dimensionnalité (voir [section 2.8](#)) et de symbolisation (voir [section 2.9](#)) décrits précédemment. Les cartes et les diagrammes sont régulièrement combinés sur la même page pour mettre en valeur les composantes complémentaires d'un indicateur, chaque élément géographique de la carte étant également symbolisé dans le diagramme associé (voir [section 3.13](#)). Comme expliqué à la [section 3.6](#), presque toutes les légendes peuvent être améliorées lorsqu'elles contiennent un diagramme.

En plus de la localisation, de nombreux diagrammes utilisent directement la variable visuelle taille pour coder des données quantitatives. Les diagrammes en barres, les diagrammes à bulles et les diagrammes en aires empilées sont autant d'exemples de diagrammes utilisant la taille. Plusieurs diagrammes possèdent également des repères de forme ou d'orientation émergents, notamment les diagrammes linéaires, les diagrammes circulaires, les diagrammes de pente et les diagrammes de flux. De nombreux diagrammes peuvent être modifiés à l'aide d'une teinte de couleur pour coder de manière redondante des informations ou pour distinguer les catégories de plus haut niveau dans le diagramme, comme les régions et sous-régions M49.

**Figure 3.10-1 (page opposée) :** Choix d'un diagramme. La [section 3.11](#) traite des diagrammes à une seule variable pour un seul attribut. La [section 3.12](#) traite des diagrammes comparatifs pour les proportions ou les valeurs liées au sein d'un même attribut, ainsi que des diagrammes permettant la comparaison par paire. La [section 3.13](#) décrit les diagrammes à plusieurs variables qui permettent de comparer plusieurs attributs. Enfin, la [section 3.14](#) conclut avec des diagrammes temporels pour un seul attribut dans le temps. Les exemples de diagrammes ne représentent pas les indicateurs de suivi des objectifs de développement durable.

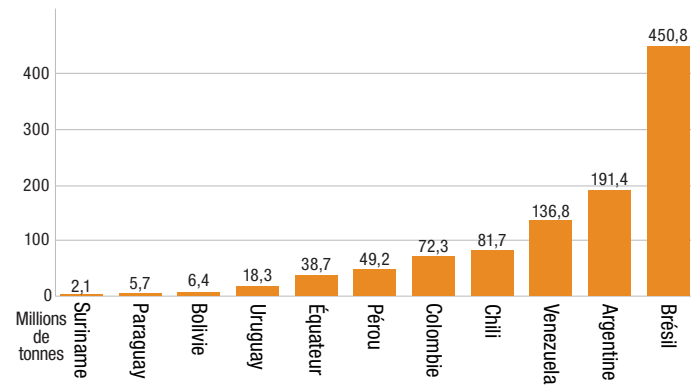


## 3.11. Diagrammes à une seule variable

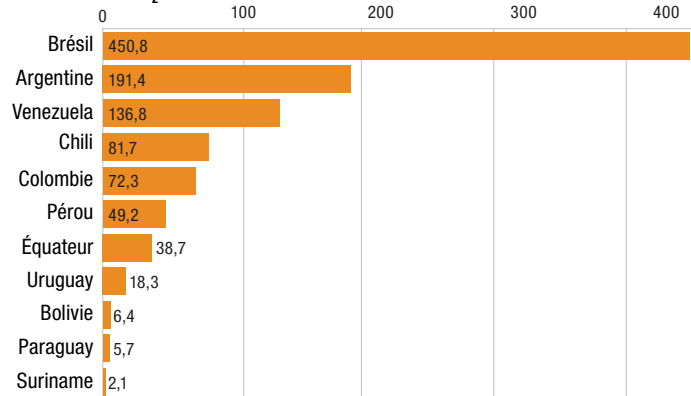
Une première catégorie de diagrammes dépeint la distribution d'un seul attribut, les diagrammes à **une seule variable**. Par exemple, un **diagramme en barres** décrit la distribution d'un attribut à travers différentes catégories nominales, telles que les groupements régionaux en matière d'objectifs de développement durable ou chaque pays. Par conséquent, les diagrammes en barres sont utiles pour comparer un seul indicateur en

fonction du lieu afin de trier les valeurs de la plus élevée à la moins élevée et les groupes de valeurs similaires dans cette plage. Un diagramme en barres est visuellement similaire à un **histogramme**, à l'exception du fait que ce dernier répartit les données numériques dans des classes mutuellement exclusives et exhaustives plutôt que dans des catégories nominales (par exemple, **figure 1.9-1**). Les histogrammes sont utiles

**Amérique du Sud (2015)**  
Émissions de CO<sub>2</sub> en millions de tonnes métriques

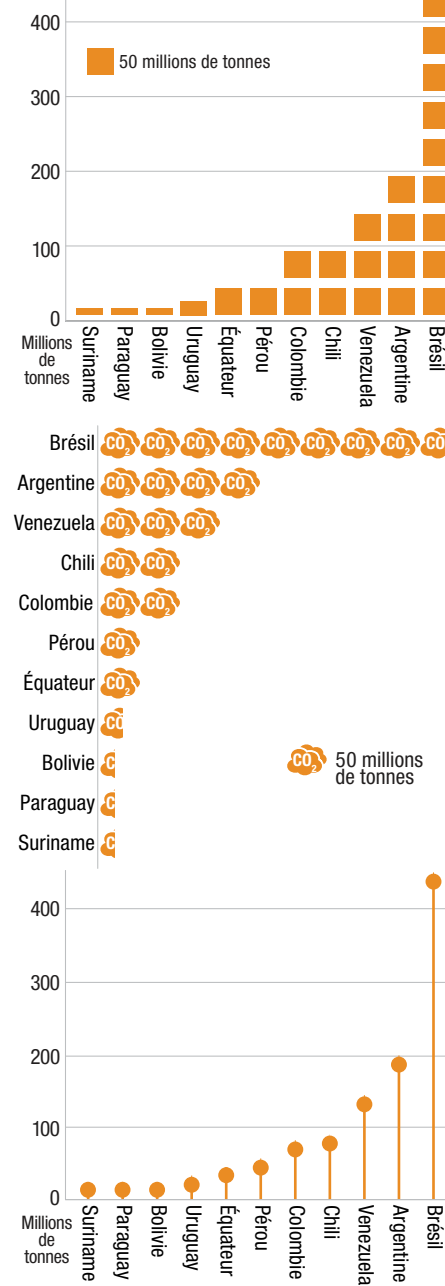


**Amérique du Sud (2015)**  
Émissions de CO<sub>2</sub> en millions de tonnes métriques



**Figure 3.11-1** : Diagrammes en barres. L'indicateur 9.4.1 (2015) relatif aux émissions de CO<sub>2</sub> en tonnes métriques est représenté pour les pays d'Amérique du Sud dans deux diagrammes en barres. **En haut** : L'orientation verticale, plus courante, utilise la métaphore visuelle « plus signifie plus haut », les valeurs les plus importantes étant représentées par des barres plus hautes, mais l'orientation verticale nécessite de faire pivoter les étiquettes des barres, ce qui nuit à la lisibilité. **En bas** : L'orientation horizontale, moins courante, améliore la lisibilité des étiquettes des barres, à l'instar d'une légende de carte, mais peut donner lieu à une disposition visuelle déséquilibrée, avec une forte concentration vers le haut.

**Figure 3.11-2 (page opposée)** : Diagrammes à indicateur unique alternatifs aux diagrammes en barres. L'indicateur 9.4.1 (2015) relatif aux émissions de CO<sub>2</sub> en tonnes métriques est représenté pour les pays d'Amérique du Sud à l'aide de trois diagrammes alternatifs à indicateur unique. **En haut** : Diagramme d'unités (vertical). **Au milieu** : Diagramme d'unités figuratif (vertical). **En bas** : Diagramme en sucettes (vertical).



pour comprendre la distribution des données d'un seul indicateur et choisir les interruptions de classe. Compte tenu de la différence entre les données nominales et numériques, les diagrammes en barres sont généralement intégrés dans les légendes de cartes nominales, tandis que les histogrammes le sont dans les légendes de cartes choroplèthes.

Les diagrammes en barres et les histogrammes peuvent être orientés verticalement ou horizontalement (**figure 3.11-1**). Un diagramme en barres verticales, également appelé **diagramme en colonnes**, présente des étiquettes verticales qui peuvent être difficiles à lire, en particulier pour les noms de lieux plus longs. Ainsi, l'orientation horizontale, moins courante, peut être préférable pour les diagrammes relatifs aux indicateurs, afin de permettre une lecture de haut en bas similaire à celle d'une légende de carte (voir **section 3.6**), bien que produisant une disposition déséquilibrée (voir **section 2.13**). Les barres doivent être classées de haut en bas ou de bas en haut, et non par ordre alphabétique. Les diagrammes en barres tridimensionnelles (3D) ne sont pas recommandés, car la perspective complique la lecture et la comparaison de la hauteur ou de la longueur des barres (voir **section 2.8**).

Les alternatives aux diagrammes en barres et aux histogrammes sont les diagrammes d'unités, les diagrammes d'unités figuratifs et les diagrammes en sucettes (**figure 3.11-2**). Comme le diagramme en barres, le **diagramme d'unités** s'appuie sur les variables visuelles localisation et taille, mais ajoute une grille régulière pour permettre le comptage de fréquences exactes et faciliter la comparaison entre les barres éloignées. Un **diagramme d'unités figuratif** modifie la grille régulière du diagramme d'unités en empilant des symboles (voir **section 3.2**). Les diagrammes d'unités figuratifs conviennent au grand public, car le pictogramme évoque une métaphore visuelle plus forte du phénomène cartographié. Enfin, un **diagramme en sucettes** utilise une ligne plus fine terminée par un point à la valeur de la donnée, ce qui occupe moins d'espace dans la disposition.

## 3.12. Diagrammes comparatifs

Une deuxième catégorie de diagrammes permet les comparaisons au sein d'un seul attribut, notamment les ventilations par sous-catégorie rapportées dans un seul indicateur de suivi des objectifs de développement durable.

Plusieurs diagrammes permettent de comparer des valeurs relatives (figure 3.12-1). Le diagramme le plus courant à cet effet est le **diagramme circulaire**. Les morceaux du diagramme possèdent des repères visuels de taille et de forme émergents basés sur les pourcentages relatifs. De nombreux cartographes critiquent les diagrammes circulaires, car il est difficile d'en comparer des morceaux de tailles et de formes différentes en raison de leur orientation incohérente autour du cercle. D'autres erreurs sont couramment commises avec les diagrammes circulaires, notamment l'utilisation de pourcentages dont la somme n'atteint pas 100 % et la représentation de diagrammes circulaires en 3D (comme pour les diagrammes en barres, voir section 2.8), car la perspective déforme les angles d'orientation et, par conséquent, les valeurs représentées. Malgré leurs limites, les diagrammes circulaires peuvent être utiles pour comparer une seule sous-catégorie par rapport au total général, en particu-

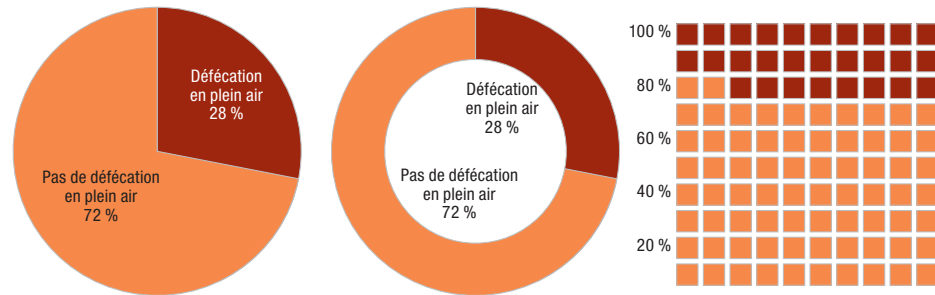
lier pour identifier les proportions proches des orientations à angle droit de 25 %, 50 % ou 75 %.

Le **diagramme en anneau** diffère du diagramme circulaire en ce qu'il supprime son centre et met l'accent sur la taille relative du morceau plutôt que sur la forme des sous-divisions (voir section 2.9). Un **diagramme en gaufre** améliore encore la lecture et la comparaison des pourcentages exacts grâce à une grille de dix cases sur dix remplie, chaque case représentant un pour cent.

D'autres diagrammes permettent de comparer des valeurs absolues au lieu, ou en plus, des valeurs relatives (figure 3.12-2). Un **diagramme en barres empilées** divise un diagramme en barres pour montrer les contributions relatives des sous-catégories au total. Un **diagramme Marimekko** normalise un diagramme en barres empilées pour comparer à la fois des pourcentages relatifs (lus sur l'axe X ou Y) et des totaux absolus (produits par les zones des divisions polygonales ombrées créées par la combinaison de la hauteur et de la largeur).

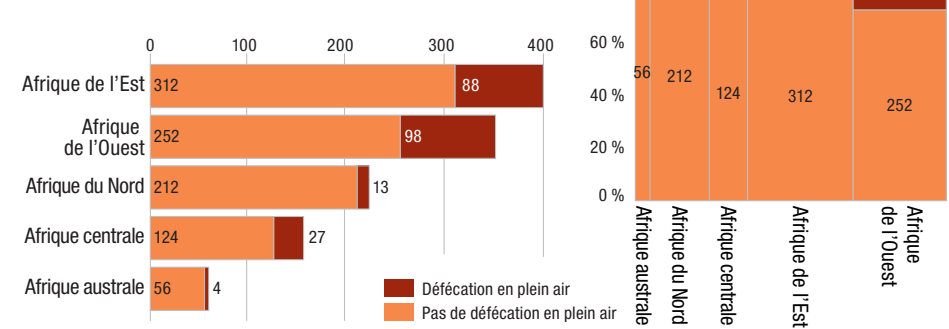
Enfin, deux diagrammes permettent spécifiquement la comparaison par paire de sous-catégories complémentaires (par exemple, urbain/rural, homme/femme) ou deux attributs dans la même unité

**Afrique de l'Ouest (2010)**  
Proportion de la population pratiquant la défécation en plein air



**Figure 3.12-1** : Diagrammes de comparaison de valeurs relatives. L'indicateur 6.2.1 (2010) relatif à la proportion de la population pratiquant la défécation en plein air est représenté sous la forme de valeurs relatives pour la région intermédiaire Afrique de l'Ouest. **Gauche** : Diagramme circulaire. **Centre** : Diagramme en anneau. **Droite** : Diagramme en gaufre.

**Régions intermédiaires d'Afrique (2010)**  
Total de la population pratiquant la défécation en plein air (en millions)

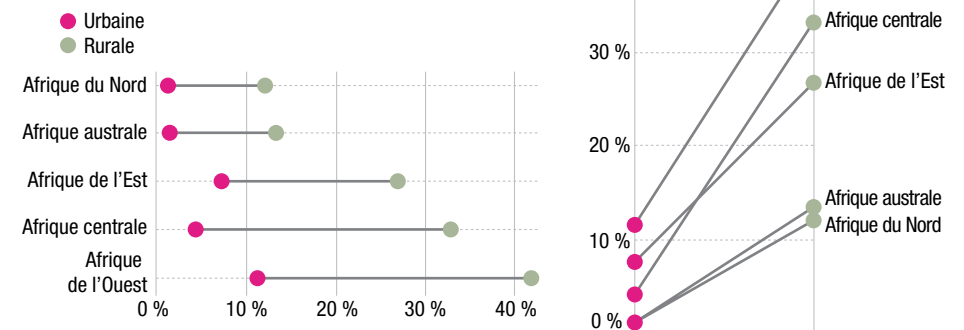


**Figure 3.12-2** : Diagrammes comparant des valeurs absolues. L'indicateur 6.2.1 (2010) relatif au total de la population pratiquant la défécation en plein air est représenté pour les régions intermédiaires d'Afrique. **Gauche** : Diagramme en barres empilées. **Droite** : Diagramme Marimekko.

(figure 3.12-3). Un **diagramme en haltères** permet de comparer plus facilement plusieurs unités de dénombrement en représentant la paire de sous-catégories sous la forme d'un intervalle de taille unique. Un **diagramme de pente** modifie le diagramme en haltères pour inclure un repère visuel d'orientation émergent, suggérant une augmentation ou une diminution entre les sous-catégories au lieu d'une différence.

Les diagrammes en haltères et les diagrammes de pente conviennent notamment pour illustrer deux sous-catégories d'un indicateur dont le total n'est pas forcément de 100 %, comme dans les exemples comparant la population urbaine et la population rurale, ou les hommes et les femmes. Les diagrammes en haltères et les diagrammes de pente peuvent également illustrer les changements dans le temps (voir section 3-14).

**Régions intermédiaires d'Afrique (2010)**  
Proportion de la population pratiquant la défécation en plein air, urbaine par rapport à rurale



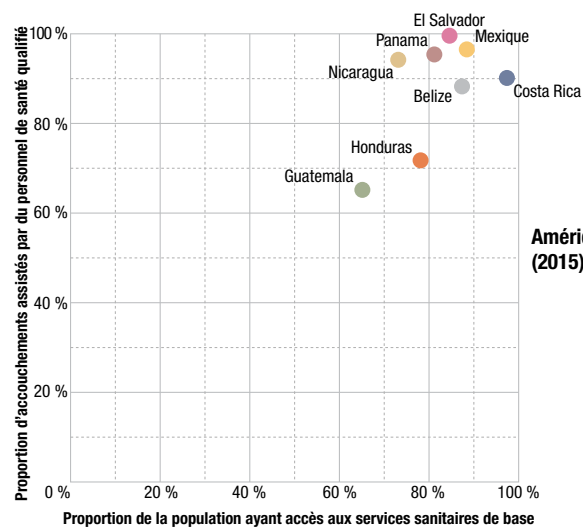
**Figure 3.12-3** : Diagrammes comparant des catégories binaires. L'indicateur 6.2.1 (2010) relatif à la proportion de la population urbaine et rurale pratiquant la défécation en plein air est représenté pour les régions intermédiaires d'Afrique. **Gauche** : Diagramme en haltères. **Droite** : Diagramme de pente.

## 3.13. Diagrammes à plusieurs variables

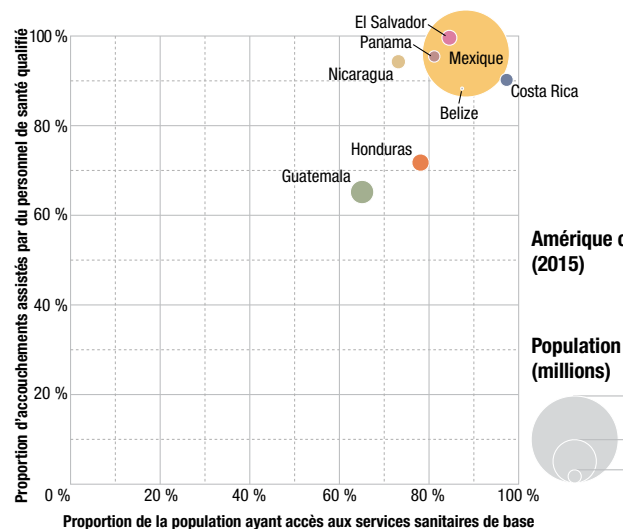
Une troisième catégorie de diagrammes décrit les relations entre de multiples attributs. Les diagrammes accompagnent souvent les cartes à deux ou à plusieurs variables pour montrer les relations entre de multiples

attributs dans un espace statistique en plus de l'espace géographique (voir [section 3.7](#)).

Un **diagramme de dispersion** représente des unités de dénombrement telles que des pays ou



Amérique centrale (2015)



Amérique centrale (2015)

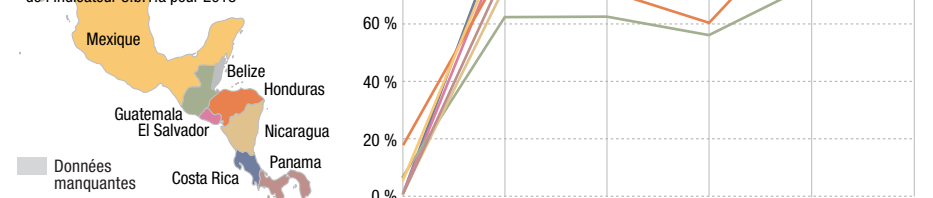
Population (millions)

**Figure 3.13-1** : Diagramme de dispersion. De nombreux objectifs de développement durable sont interconnectés au niveau mondial, comme la richesse (objectif n° 1, Pas de pauvreté) et la santé (objectif n° 3, Bonne santé et bien-être). Les diagrammes à plusieurs variables tels que les diagrammes de dispersion permettent d'explorer les indicateurs potentiellement corrélés et d'identifier les valeurs atypiques. La proportion de la population ayant accès aux services sanitaires de base (indicateur 1.4.1, 2015) est représentée sur l'axe X du diagramme de dispersion et la proportion d'accouchements assistés par du personnel de santé qualifié (indicateur 3.1.2, 2015) sur l'axe Y, ce qui montre une corrélation relativement forte entre ces indicateurs de richesse et de santé en Amérique centrale.

**Figure 3.13-2** : Diagramme à bulles. Alors qu'un diagramme de dispersion s'appuie sur la variable visuelle localisation pour tracer deux attributs dans un cadre de coordonnées bidimensionnel, un diagramme à bulles ajoute un troisième attribut en faisant appel à la variable visuelle taille. Les points du diagramme de dispersion de la **figure 3.13-1** sont redimensionnés en fonction de la population totale de chaque pays d'Amérique centrale afin de donner une idée du nombre de personnes concernées par les conditions relativement meilleures ou pires en matière de richesse et de santé. La couleur des **figures 3.13-1** et **3.13-2** sont liées à la carte de la **figure 3.13-3**. Une classification 3 x 3 peut être appliquée au diagramme de dispersion ou au diagramme à bulles pour obtenir une carte choroplèthe à deux variables (voir [section 3.7](#)).

Amérique centrale (2015\*),  
Comparaison des indicateurs  
de richesse et de santé

\*Données des diagrammes  
de l'indicateur 3.b.1.a pour 2018



**Figure 3.13-3** : Diagramme de coordonnées parallèles. Le diagramme de dispersion parallèle étend le diagramme de dispersion de la **figure 3.13-1** pour représenter six indicateurs liés à la richesse (objectif n° 1, Pas de pauvreté, en rouge foncé) et à la santé (objectif n° 3, Bonne santé et bien-être, en vert clair). La carte sert de légende pour interpréter la couleur des lignes dans le diagramme de coordonnées parallèles. La carte et le diagramme de coordonnées parallèles peuvent être coordonnés de manière interactive pour faciliter l'exploration (voir [section 4.10](#)).

des régions M49 sous la forme de coordonnées de points dans un espace statistique bidimensionnel (**figure 3.13-1**). Les diagrammes de dispersion sont utiles pour explorer visuellement les corrélations possibles entre deux indicateurs et suggérer des moteurs ou des effets potentiels des indicateurs. Comme dans le cas des cartes à deux variables, les corrélations visuelles dans les diagrammes de dispersion n'impliquent pas nécessairement un lien de causalité.

Un **diagramme à bulles** est une variante du diagramme de dispersion qui illustre un troisième attribut en redimensionnant les points pour obtenir un diagramme fonctionnant comme une carte à symboles proportionnels (voir [section 3.4](#)). La **figure 3.13-2** modifie la **figure 3.13-1** pour inclure la population comme troisième variable, ce qui donne une meilleure idée du nombre de personnes touchées par la corrélation.

Il existe un certain nombre de diagrammes plus complexes que les diagrammes à bulles pour représenter trois attributs ou plus, les diagrammes à **plusieurs variables**. Un **diagramme de coordonnées parallèles** étend la métaphore spatiale d'un diagramme de dispersion pour aligner trois cadres de coordonnées ou plus dans une disposition linéaire plutôt qu'orthogonale (angle droit) (**figure 3.13-3**). Les éléments de données, tels que

les régions, sous-régions ou pays M49, sont ensuite représentés sous la forme d'une ligne passant par chacune des coordonnées. Les diagrammes de coordonnées parallèles permettent de mettre en évidence les corrélations positives et négatives entre des ensembles d'attributs, en particulier lorsque l'ordre des coordonnées peut être réorganisé de manière interactive (voir [section 4.4](#)).

Un **diagramme en radar** ou **en étoile** dispose trois coordonnées ou plus de manière circulaire plutôt que linéaire dans le diagramme de coordonnées parallèles, avec une base commune ou une coordonnée zéro. Les lignes qui traversent les coordonnées forment une étoile plus compacte que le diagramme de coordonnées parallèles, plus allongé, ce qui facilite son organisation dans la disposition (voir [section 2.13](#)).

Alors que la plupart des cartes sont limitées à la représentation de deux attributs (c'est-à-dire une carte à deux variables, voir [section 3.7](#)), des diagrammes à plusieurs attributs comme les glyphes en étoile peuvent être ajoutés au centroïde des unités de dénombrement pour créer une carte à plusieurs variables de trois attributs ou plus. Les cartes à plusieurs variables fonctionnent mieux dans un environnement numérique où elles peuvent être explorées de manière interactive en coordination avec d'autres diagrammes (voir [section 4.10](#)).



## 3.14. Diagrammes temporels

Une dernière catégorie de diagrammes représente l'évolution d'un attribut dans le temps. À l'instar des cartes du temps (voir [section 3.9](#)), les diagrammes temporels sont essentiels pour suivre les progrès vers la réalisation des objectifs de développement durable.

Le diagramme en haltères et le diagramme de pente présentés dans la [section 3.12](#) peuvent également être utilisés pour comparer deux dates ou intervalles de temps ([figure 3.14-1](#)). Ces diagrammes sont particulièrement utiles pour accompagner les cartes de changement des indicateurs de suivi des objectifs de développement durable (voir [section 3.9](#)), le diagramme en haltères ou le diagramme de pente présentant la paire de valeurs avant/après réduites à une seule couleur sur la carte de changement associée.

Il existe un certain nombre de diagrammes temporels supplémentaires qui représentent les tendances sur une série chronologique complète (voir [section 1.5](#), [figure 3.14-2](#)). Un *diagramme linéaire* présente un tracé

linéaire à travers plusieurs dates ou périodes pour un seul attribut, produisant un résultat similaire à celui d'un diagramme de coordonnées parallèles qui présente des symboles linéaires à travers plusieurs attributs collectés en même temps (voir [section 3.13](#)). Les diagrammes linéaires ont un repère d'orientation émergent qui représente l'augmentation ou la diminution entre chaque date ou intervalle. Les lignes sont souvent colorées à l'aide de teintes différentes pour distinguer des éléments individuels tels que des pays uniques ou pour indiquer des catégories de plus haut niveau comme les régions M49.

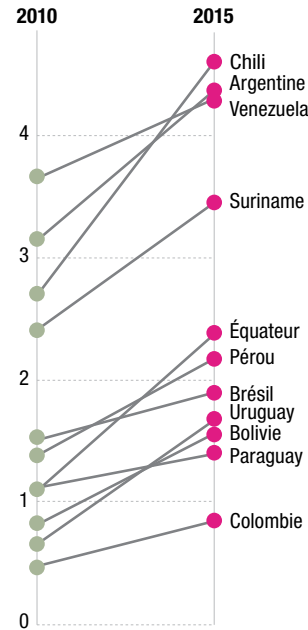
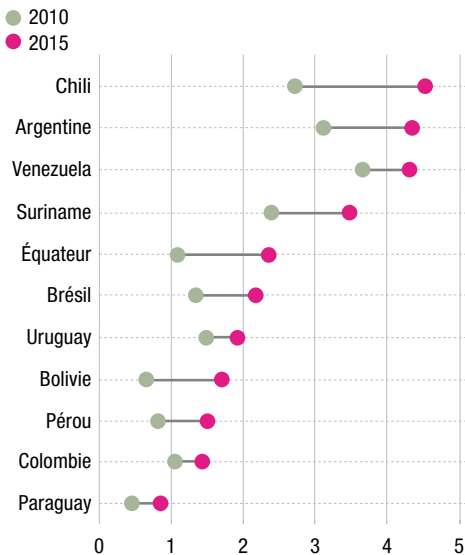
Un *diagramme en aires empilées* modifie le diagramme linéaire en ajoutant des quantités les unes au-dessus des autres jusqu'à atteindre le total général, ce qui donne un repère supplémentaire de la variable visuelle taille à partir de la zone polygonale ombrée (voir [section 2.9](#)). Un inconvénient des diagrammes en aires empilées réside dans l'orientation de leurs bordures, qui dépend des formes des surfaces « inférieures » de la pile,

ce qui incite le lecteur à interpréter à tort une augmentation comme une diminution et inversement.

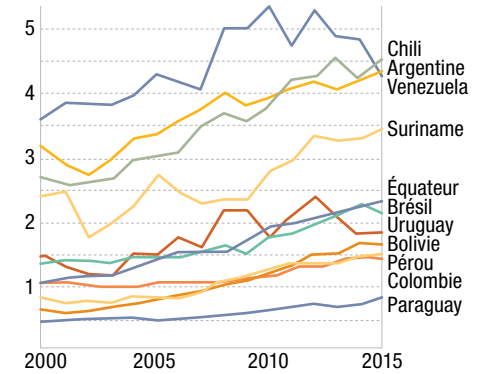
Le *diagramme de flux* est une alternative qui redimensionne les lignes conceptuelles ou « flux », l'épaisseur de la ligne codant la valeur des données à un moment ou à un intervalle donné, à l'instar des cartes de flux numériques (voir [section 3.2](#)). Les symboles du diagramme de flux sont centrés sur une ligne de base horizontale centrale, à l'inverse des diagrammes en aires empilées, qui sont centrés sur la ligne de base des coordonnées. Un *diagramme de flux trié* modifié réorganise les lignes verticalement sur le diagramme de telle sorte que la plus grande valeur se trouve toujours en haut du diagramme.

Enfin, il existe plusieurs diagrammes qui représentent le temps cyclique, comme les diagrammes polaires et les calendriers ombrés. Comme les ensembles de données sur les indicateurs ne comprennent actuellement pas de données temporelles cycliques, ces diagrammes ne sont pas des outils viables pour les cartes relatives aux objectifs de développement durable.

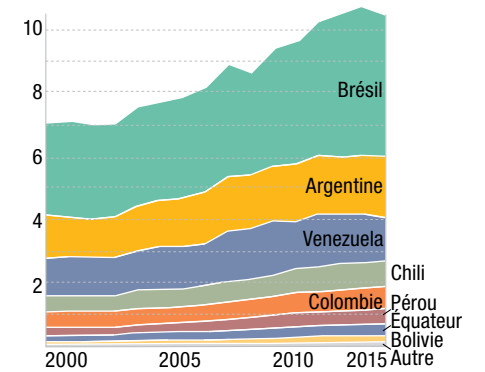
**Amérique du Sud (2010 par rapport à 2015)**  
Émissions de CO<sub>2</sub> en tonnes par habitant



**Amérique du Sud (2000–2015)**  
Émissions de CO<sub>2</sub> en tonnes par habitant



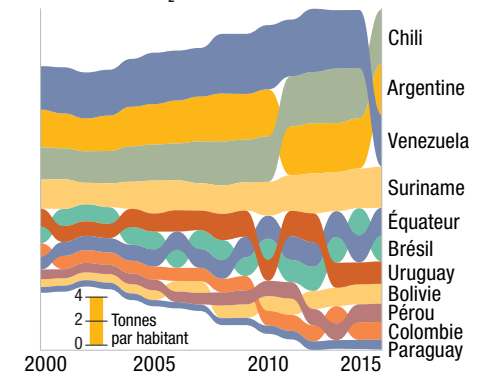
**Amérique du Sud (2000–2015)**  
Émissions de CO<sub>2</sub> en millions de tonnes



**Figure 3.14-1 (page opposée) :** Diagrammes temporels comparatifs. Les deux diagrammes représentent les émissions de CO<sub>2</sub> en tonnes par habitant (indicateur 9.4.1) pour 2010 par rapport à 2015, et illustrent une augmentation dans tous les pays d'Amérique du Sud. **Gauche :** Diagramme temporel en haltères. **Droite :** Diagramme temporel de pente.

**Figure 3.14-2 :** Diagrammes de série chronologique. La série chronologique complète entre 2000 et 2015 des émissions de CO<sub>2</sub> en Amérique du Sud (indicateur 9.4.1) est représentée à l'aide de trois différents diagrammes de séries chronologiques. **En haut :** Un diagramme linéaire contenant un repère d'orientation émergent. **Au milieu :** Un diagramme en aires empilées reposant sur la variable visuelle taille des aires empilées, comme une carte à symboles proportionnels ou un cartogramme. **En bas :** Un diagramme de flux trié reposant sur la taille, mais sur l'épaisseur de la ligne plutôt que la surface du polygone, comme une carte de flux numérique. Un repère visuel d'orientation est ajouté dans le diagramme de flux trié lorsque le classement ordinal relatif des pays change. Des données absolues non normalisées sont nécessaires pour le diagramme en aires empilées, tandis que le diagramme linéaire et le diagramme de flux peuvent représenter des valeurs absolues ou relatives.

**Amérique du Sud (2000–2015)**  
Émissions de CO<sub>2</sub> en tonnes par habitant



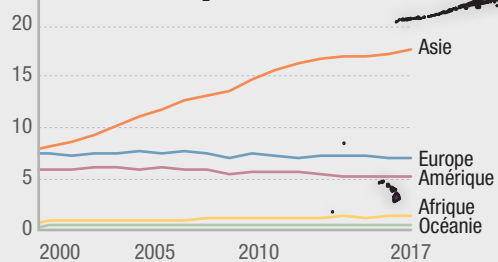
# OBJECTIF N° 9 : BÂTIR UNE INFRASTRUCTURE RÉSILIENTE, PROMOUVOIR UNE INDUSTRIALISATION DURABLE QUI PROFITE À TOUS ET ENCOURAGER L'INNOVATION

## Cible 9.4

Moderniser l'infrastructure et adapter les industries afin de les rendre durables

► 32 milliards de tonnes de CO<sub>2</sub> ont été émises dans le monde en 2017

Émissions de CO<sub>2</sub> (milliards de tonnes)



États-Unis (2017) :  
Économie  
19 519 Mrds dollars  
4 761 Mrds tonnes  
de CO<sub>2</sub>

Chine (2017) :  
Économie  
19 887 Mrds dollars  
9 257 Mrds tonnes  
de CO<sub>2</sub>

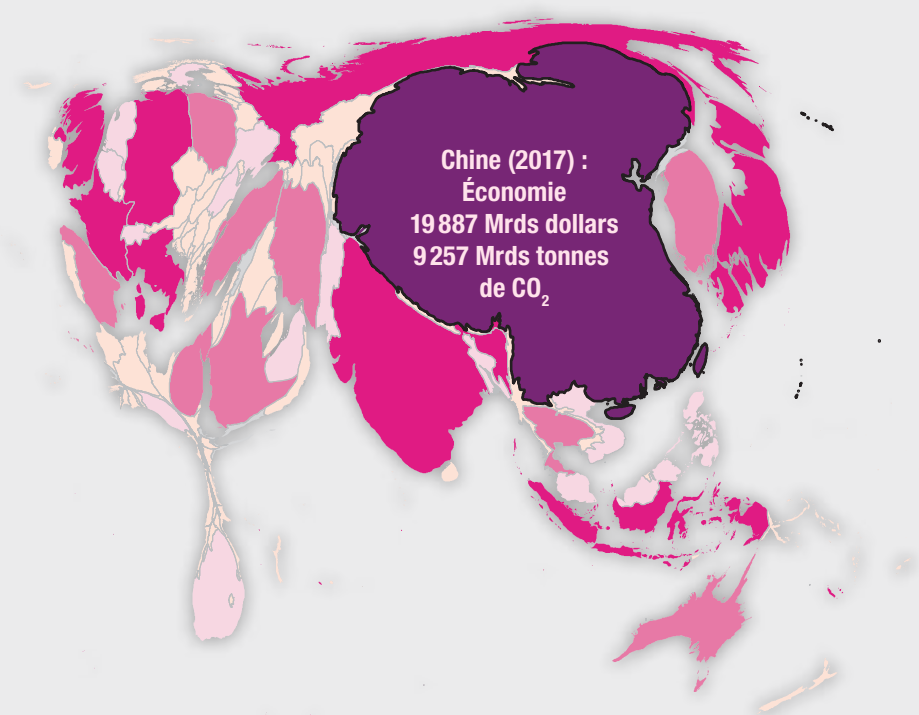
► Les deux plus grandes économies nationales en termes de PIB sont aussi celles qui émettent le plus de CO<sub>2</sub> dans le monde

Parité de pouvoir d'achat du produit intérieur brut (milliards de dollars É.-U.; 2017)\*

\*Zone redimensionnée suivant les émissions de CO<sub>2</sub> dues à la combustion de carburants (2017)



◀ Une famille mongole utilise des panneaux solaires pour produire de l'énergie pour son ger, une tente traditionnelle mongole, à Tarialan, dans la province d'Uvs (Mongolie). Les panneaux solaires sont parrainés par le Fonds de développement des Nations Unies afin de permettre aux groupes d'éleveurs d'utiliser des énergies propres. (Source : Photo ONU/Eskinder Debebe, 2009)



▲ La carte représente l'indicateur 9.4.1 (2017) relatif aux émissions de CO<sub>2</sub> en tonnes métriques par unité de valeur ajoutée sous la forme d'un cartogramme contigu. Plutôt que de cartographier l'indicateur normalisé sous la forme d'une carte choroplèthe, le taux relatif est ramené aux attributs absolus d'origine, puis cartographié à l'aide de deux variables visuelles différentes : les pays sont mis à l'échelle en fonction des émissions totales de CO<sub>2</sub> dues à la combustion de carburants (taille), puis ombrés en fonction de la parité de pouvoir d'achat du produit intérieur brut (PIB) (valeur de la couleur).

Le cartogramme à deux variables qui en résulte normalise visuellement le PIB en fonction des émissions de CO<sub>2</sub>, faisant apparaître des différences spectaculaires entre les régions. Alors que la hausse des températures est estimée à 1,5 °C d'ici à 2100, le cartogramme révèle qu'il appartient aux pays du Nord d'assumer une responsabilité disproportionnée dans la réduction des émissions de CO<sub>2</sub> par l'intermédiaire d'infrastructures et d'industries durables.

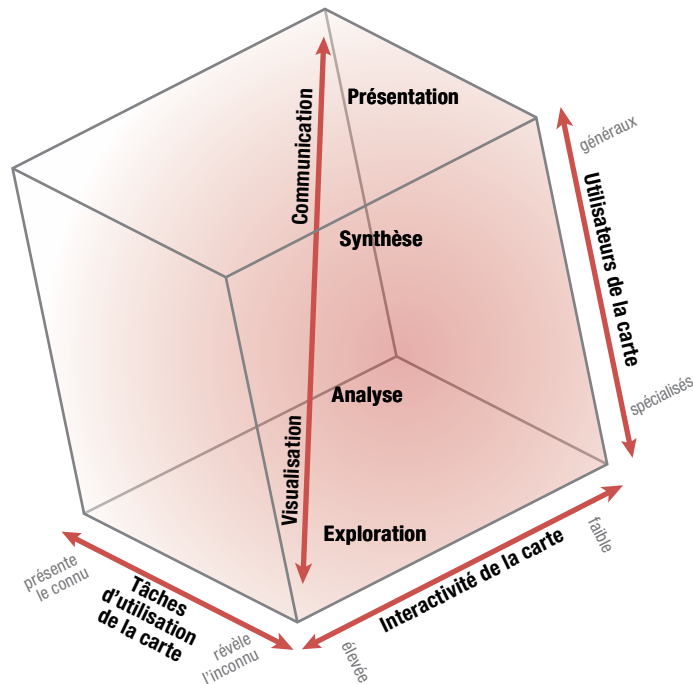


**SECTION 4 :**  
**ENVIRONNEMENTS**  
**D'UTILISATION DES CARTES**

# 4.1. Publics

Le public désigne les utilisateurs visés par la carte (voir [section 2.1](#)). Dans le passé, la même carte statique servait tous les publics, malgré la diversité des utilisateurs et des contextes d'utilisation. Aujourd'hui, la technologie numérique a transformé la façon dont les cartes atteignent leur public, dans la mesure où celles-ci sont de plus en plus interactives (voir [section 4.3](#)) et accessibles sur Internet (voir [section 4.5](#)) ou depuis un appareil mobile (voir [section 4.6](#)). Grâce à leurs nouveaux environnements d'utilisation, les cartes et les données géospatiales atteignent plus de personnes que jamais à travers le monde et doivent s'adapter aux contextes, intérêts et besoins spécifiques des différents publics. Ces différences individuelles doivent être comprises avant le début du projet et prises en compte tout au long du processus de conception de la carte (voir [section 2.2](#)).

Pour définir le public, il est tout d'abord nécessaire de choisir entre un cas d'utilisation générale ou spécialisée. Le cadre du **Cube cartographique** organise l'ensemble des cas d'utilisation de la carte selon trois axes : les utilisateurs de la carte (qui font l'objet de cette section), les tâches d'utilisation de la carte et l'interactivité de la carte ([figure 4.1-1](#)). Pour les **utilisateurs généraux**, comme le grand public dans le cadre de la promotion de la sensibilisation et de l'action en faveur des objectifs de développement durable, il convient de présenter des informations connues sur les indicateurs et de suivre les recommandations de conception cartographique décrites dans les sections précédentes de cet ouvrage, tout en ayant recours à une interactivité limitée sur les appareils numériques. En revanche, il est essentiel de permettre aux **utilisateurs spécialisés**, tels que les cartographes, les statisticiens et autres parties prenantes affiliées aux Nations Unies, de



**Figure 4.1-1** : Cube cartographique. Le cadre du Cube cartographique organise l'ensemble des cas d'utilisation des cartes selon trois axes : l'utilisateur de la carte, les tâches d'utilisation de la carte et l'interactivité de la carte. Les publics spécialisés sont restreints et formés pour explorer ou confirmer les modèles qui apparaissent dans les ensembles de données cartographiées (voir [section 4.10](#)). Ces résultats sont ensuite synthétisés en une explication, à son tour représentée de manière visuelle à l'intention de publics généraux plus larges et diversifiés (voir [section 4.7](#)).

**Figure 4.1-2** (page opposée) : Différences individuelles. La conception et l'utilisation des cartes sont influencées par un éventail de différences individuelles propres au public visé, notamment l'accessibilité, les aptitudes, les compétences et la motivation.

## 1. Accessibilité : Capacité d'obtenir une carte et d'en tirer parti

- [ ] **Participation** : Qui est inclus (ou non) dans la conceptualisation, la conception, l'évaluation, l'appropriation et l'utilisation de la carte.
- [ ] **Déficience visuelle** : Limitations de la capacité visuelle telles que la myopie, l'acuité visuelle corrigée, la déficience de la vision des couleurs et la cécité (voir [section 4.2](#)).
- [ ] **Handicap** : Limitations d'autres facultés perceptives, cognitives, physiques ou émotionnelles.
- [ ] **Fracture numérique** : Limitations non liées aux facultés qui concernent l'accès numérique, y compris le coût, l'accès aux technologies informatiques et à Internet, et l'interopérabilité entre les plateformes et les services.

## 2. Connaissances : Connaissances apprises améliorant les capacités d'utilisation de la carte

- [ ] **Éducation** : Étude et formation formelles dans la conception et l'utilisation de cartes ainsi que dans le domaine concerné.
- [ ] **Expérience** : Temps passé à travailler dans la conception et l'utilisation de cartes ainsi que dans le domaine concerné.
- [ ] **Familiarité** : Compréhension autodéclarée de la conception et de l'utilisation des cartes, ainsi que du domaine concerné.

## 3. Compétences : Domaines de connaissance spécifiques à l'utilisation des cartes acquis grâce aux connaissances

- [ ] **Alphabétisation** : Compétences en matière de lecture, d'écriture et d'expression orale dans une ou plusieurs langues, y compris les jeux de caractères uniques, la connaissance des endonymes et des exonymes (voir [section 2.12](#)), et la traduction entre plusieurs langues.
- [ ] **Compétences mathématiques** : Compétences en matière de lecture, d'interprétation et d'évaluation critique de données quantitatives, en particulier s'agissant de niveaux de mesure (voir [section 1.4](#)), de normalisation (voir [section 1.7](#)) et de classification (voir [section 1.9](#)) en matière de cartographie.
- [ ] **Réflexion dans l'espace** : Compétences en matière de lecture, d'interprétation et d'évaluation critique des cartes, notamment en ce qui concerne l'utilisation de la carte comme modèle représentant des phénomènes et des processus géographiques plus complexes.
- [ ] **Technologie** : Compétences en matière d'utilisation et de développement de technologies interactives, Web et mobiles sous-jacentes à l'appui de l'environnement d'utilisation des cartes.

## 4. Motivation : Le désir d'utiliser la carte

- [ ] **Intérêt** : Désir d'utiliser la carte : curiosité, divertissement, incitation, popularité, recommandation, apprentissage personnel ou autre.
- [ ] **Besoin** : Désir d'utiliser la carte par nécessité, souvent dans le cadre de responsabilités professionnelles ou de situations d'urgence.

généraliser des connaissances jusqu'alors inconnues sur les indicateurs en créant de manière interactive un grand nombre de cartes alternatives.

Dans la pratique, l'opposition binaire entre général et spécialisé est imparfaite et ne tient pas compte des identités intersectionnelles et des contextes locaux des publics potentiels. Il est recommandé d'entreprendre une **évaluation des besoins** au début de tout projet de cartographie afin de comprendre le profil des utilisateurs et les scénarios d'utilisation prévus et de concevoir la carte en conséquence (voir [section 4.12](#)). Souvent menée sous la forme de sondages, d'entretiens, de groupes de discussion ou d'une combinaison de ces méthodes, l'évaluation des besoins doit permettre de recueillir des renseignements généraux sur le

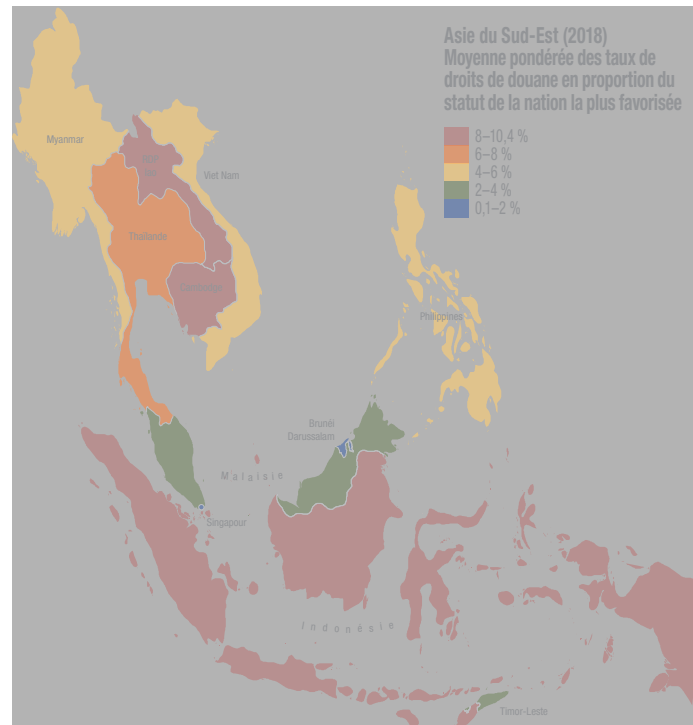
public cible susceptibles d'influencer l'utilisation de la carte et, par conséquent, les décisions relatives à sa conception ([figure 4.1-2](#)), ainsi que les valeurs, pratiques et opinions du public quant aux besoins en matière de cartographie et les lacunes des solutions existantes.

Si elle constitue un cadre utile pour définir les utilisateurs cibles, la liste ci-dessus ne tient pas compte de nombreuses considérations culturelles, ethniques, géographiques, politiques, religieuses et sociodémographiques importantes. Il est indispensable de toujours chercher à promouvoir une sensibilité interculturelle et à permettre aux voix marginalisées de se faire entendre lorsqu'il est question de cartographier les indicateurs de suivi des objectifs de développement durable.

## 4.2. Accessibilité et

Dans le domaine de la cartographie, l'**accessibilité** désigne la capacité d'obtenir une carte et d'en tirer parti, dans le but de servir le plus large éventail possible de publics (voir [section 4.1](#)). L'accessibilité exige que les cartographes prennent en compte les handicaps perceptifs, cognitifs, physiques et émotionnels ainsi que les obstacles technologiques qui ont des répercussions sur l'utilisation des cartes et, par conséquent, engendrent un accès inégal aux cartes et aux données géospatiales. Elle est ainsi de plus en plus considérée comme une **manière inclusive de concevoir** des cartes et consiste à penser d'abord aux utilisateurs les plus marginalisés, plutôt qu'à un public hypothétique « moyen » ou « normal ». Dans la plupart des cas, le fait de favoriser l'accessibilité de publics spécifiques améliore l'expérience de tous.

La Convention des Nations Unies relative aux droits des personnes handicapées et le Protocole facultatif s'y rapportant ([A/RES/61/106](#)) définissent des lignes directrices pour la conception de cartes et de produits de données accessibles, en particulier lorsqu'ils sont distribués en ligne. Les recommandations suivantes pour la conception de cartes interactives, Web et mobiles ont notamment été publiées : organiser le contenu à l'aide d'une hiérarchie et d'une méthode de navigation claires, utiliser un texte concis et lisible par machine pour prendre en charge les lecteurs d'écran et la traduction multilingue, fournir des descriptions textuelles alternatives et des sous-titres, mettre à jour les messages des cartes interactives afin de refléter l'affichage actuel de la carte, et prendre en charge les entrées multimodales des utilisateurs (par exemple, la reconnaissance vocale ou oculaire).



**Figure 4.2-1** : Conception sous-optimale pour les déficiences visuelles. L'indicateur 17.10.1 (2018) est re-cartographié selon les lignes directrices de conception inclusive pour tenir compte des déficiences visuelles. Le schéma spectral est remplacé par un schéma séquentiel de couleurs sûres pour les personnes atteintes d'une déficience visuelle. Le fond blanc permet d'obtenir un contraste visuel suffisant pour toutes les couleurs de la carte choroplèthe, tandis que la valeur de la couleur augmente de manière logique à mesure que les valeurs attributaires croissent. Les étiquettes d'une hauteur de police de 6,5 points sont suffisantes sur papier, mais peuvent nécessiter un zoom en cas de visualisation numérique. Si la nouvelle conception est plus inclusive pour de nombreuses déficiences visuelles, elle reste inaccessible pour les publics non voyants et nécessite donc une alternative non visuelle pour promouvoir une conception inclusive.

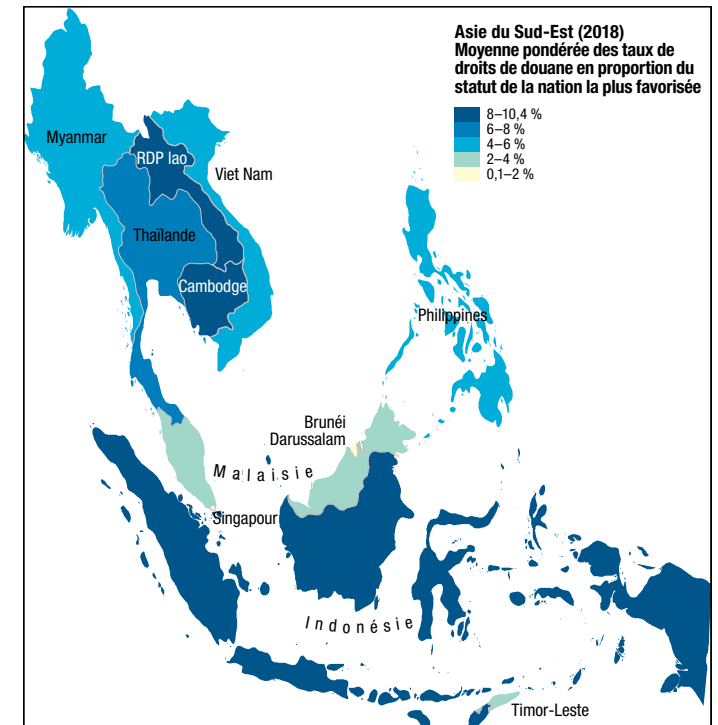
## déficience visuelle

Les **déficiences visuelles**, ou limitations des capacités visuelles, sont traitées comme un cas particulier de handicap en cartographie, étant donné l'utilisation du « langage visuel » (voir [section 2.9](#)). Elles concernent les personnes malvoyantes ou les personnes nécessitant une correction visuelle, les personnes daltoniennes ou les personnes non voyantes. Pour créer des cartes visuellement accessibles ([figures 4.2-1 et 4.2-2](#)), utilisez un rapport de contraste — ou une différence de valeur de couleur — d'au moins 4,5 entre la figure et le fond (voir [section 2.13](#)), un rapport de 7 étant souvent utilisé pour le texte sur le fond. En outre, fixez des tailles de police minimales de 6 points sur papier et de 10 points sur écran (voir [section 2.11](#)), étant donné les différences

de résolution d'affichage. Enfin, évitez de vous appuyer sur des combinaisons de teintes indiscernables par les personnes ayant une déficience visuelle, comme le rouge et le vert, en choisissant des schémas de couleurs sûrs ou en codant de manière redondante les informations à l'aide de variables visuelles autres que la couleur. [ColorBrewer2.org](#) fournit des schémas de couleurs pour les cartes qui fonctionnent pour les cas les plus courants de déficience visuelle (voir [section 2.10](#)).

Les cartes tactiles et les cartes sonores sont des alternatives non visuelles pour les personnes malvoyantes et sont de plus en plus viables en matière d'accessibilité, grâce aux progrès de la technologie d'impression 3D et des appareils mobiles portables.

**Figure 4.2-2** : Conception améliorée pour les déficiences visuelles. L'indicateur 17.10.1 (2018) est re-cartographié selon les lignes directrices de conception inclusive pour tenir compte des déficiences visuelles. Le schéma spectral est remplacé par un schéma séquentiel de couleurs sûres pour les personnes atteintes d'une déficience visuelle. Le fond blanc permet d'obtenir un contraste visuel suffisant pour toutes les couleurs de la carte choroplèthe, tandis que la valeur de la couleur augmente de manière logique à mesure que les valeurs attributaires croissent. Les étiquettes d'une hauteur de police de 6,5 points sont suffisantes sur papier, mais peuvent nécessiter un zoom en cas de visualisation numérique. Si la nouvelle conception est plus inclusive pour de nombreuses déficiences visuelles, elle reste inaccessible pour les publics non voyants et nécessite donc une alternative non visuelle pour promouvoir une conception inclusive.



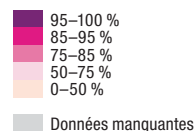
## 4.3. Cartes interactives

Les cartes sont de plus en plus utilisées dans un environnement numérique hautement interactif. Une **interaction** s'apparente à une conversation, la technologie informatique numérique servant de médiateur à une série de séquences de questions-réponses entre l'utilisateur et la carte. Elle permet au public de demander de nouvelles cartes en temps réel, en adaptant l'affichage de la carte en fonction de ses besoins et de ses différences propres (voir [section 4.1](#)).

La possibilité d'interactivité a transformé la cartographie d'au moins deux manières. Premièrement, l'interactivité permet à la carte de ne plus uniquement représenter un instantané statique dans le temps qui devient rapidement obsolète. La carte est désormais l'interface d'une base de données spatiales dynamique qui peut être mise à jour régulièrement au fil du temps, comme dans les ensembles de données sur les indicateurs. Deuxièmement, l'interactivité modifie la relation entre le cartographe et le public; les **utilisateurs** de la carte en sont aussi maintenant les **créateurs**, qui redessinent leurs propres cartes de manière itérative grâce à l'interaction.

Une **interface** est un outil numérique utilisé pour manipuler des éléments à l'écran. Étant donné leur nature visuelle, les interfaces cartographiques reposent en grande partie sur la **manipulation directe** ou sur la possibilité d'explorer, de faire glisser ou d'ajuster les interfaces utilisateur graphiques par un clic (pour les appareils non mobiles) ou une pression (pour les appareils mobiles, voir [section 4.6](#)). Les utilisateurs peuvent manipuler directement des éléments individuels de la carte (généralement pour obtenir des détails), la carte dans son ensemble (par exemple, déplacement, zoom, rotation), la légende de la carte (par exemple, filtrer, resymboliser), un champ d'affichage connexe (par exemple, réexprimer, filtrer, récupérer) ou des widgets personnalisés tels que des cases à cocher ou des barres coulissantes (par exemple, filtrer, superposer, faire défiler) ([figure 4.3-1](#)). D'autres

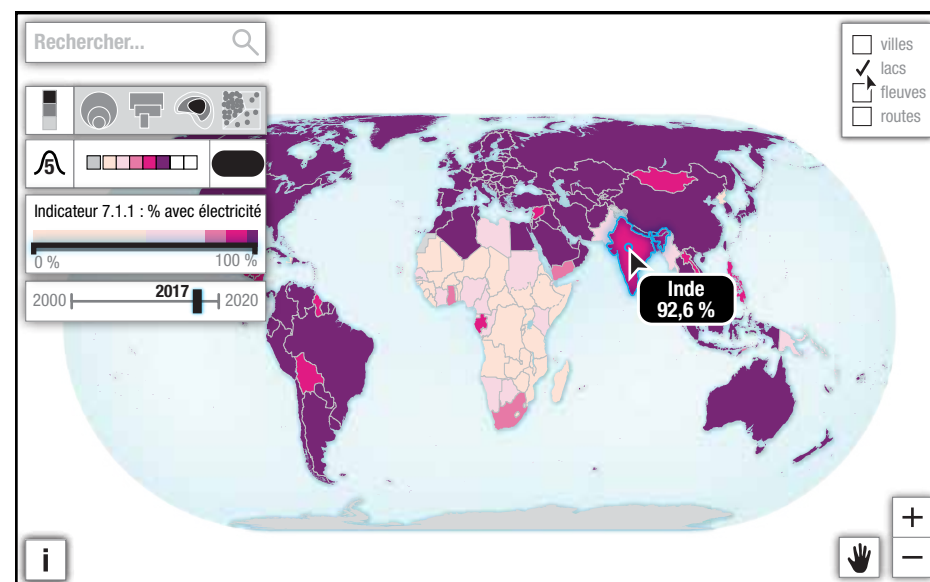
### Proportion de la population ayant accès à l'électricité (2017)



**Figure 4.3-1 (page opposée)** : Recommandations pour la conception d'interfaces cartographiques non mobiles. L'indicateur 7.1.1 (2017) relatif à la proportion de la population ayant accès à l'électricité est représenté sur une carte interactive hypothétique qui suit les recommandations pour la conception d'interfaces cartographiques non mobiles. La disposition maximise la surface de l'écran occupée par la carte, en fixant les widgets de manipulation directe dans les coins. Le champ de recherche constitue un point d'entrée clair en haut à gauche. Sous la fenêtre de recherche se trouvent des commandes d'interface qui permettent de configurer l'apparence de la carte. Les commandes qui mettent la carte en contexte sont disposées sur le côté droit. Les icônes donnent des indices visuels de la fonction des commandes de manipulation directe, tandis que le terme « Rechercher... » permet de comprendre que le champ peut être rempli. Le curseur et le contour bleu permettent de repérer l'emplacement de l'interaction hypothétique. Dans ce cas, il s'agit de retrouver la valeur pour l'Inde. Une légende apparaît à l'extérieur de l'interface hypothétique à des fins de contexte.

styles d'interface visuelle existent, notamment les **menus de sélection** (courants pour filtrer) et les **champs à remplir** (courants pour rechercher). La [section 4.4](#) traite plus en détail des opérateurs d'interaction (par exemple, déplacement, zoom, recherche).

La carte interactive doit maximiser la **surface de l'écran** (à savoir la proportion de la disposition) consacrée à la carte plutôt qu'aux commandes de l'interface. Elle doit également avoir un **point d'entrée** clair permettant à l'utilisateur de savoir où cliquer ou appuyer en premier lieu. La disposition des commandes de l'interface doit ensuite suggérer leur importance relative, en établissant une distinction entre les commandes qui permettent de **configurer** la carte avant de l'utiliser et celles qui ajoutent un **contexte** après la première utilisation de la carte.



Si les interfaces mettent à disposition les commandes qui permettent de manipuler la carte, les utilisateurs vivent les interactions comme une « conversation » grâce aux indices et aux retours visuels. Les **indices visuels** sont des signaux envoyés à l'utilisateur sur la manière dont celui-ci peut interagir avec les commandes proposées, comme des icônes pour la manipulation directe, une flèche pour le menu déroulant des commandes et des descriptions textuelles concises pour le remplissage de champs. Les **retours visuels** sont quant à eux des signaux indiquant ce qu'a entraîné l'interaction et peuvent prendre la forme de menus de chargement, de messages actualisés sur l'affichage actuel de la carte et de la mise en évidence des changements sur la carte. Un curseur et un contour bleu sont utilisés comme retours visuels interactifs pour les figures de cet ouvrage afin d'indiquer comment et où les utilisateurs ont interagi avec l'interface hypothétique

décrite dans la figure. Les indices et les retours visuels doivent être conçus de manière cohérente pour toutes les interfaces et donc être coordonnés avec la symbolisation de la carte, car ils reposent souvent sur une ou plusieurs variables visuelles.

Lorsqu'ils sont appliqués aux indicateurs de suivi des objectifs de développement durable, les tableaux de bord cartographiques interactifs aident les utilisateurs spécialisés à explorer de multiples ensembles de données relatives aux indicateurs afin de générer de nouvelles connaissances sur le monde et d'évaluer ensuite les pratiques alternatives qui permettraient de réduire les inégalités mondiales (voir [section 4.9](#)). Même dans le cas d'une présentation destinée au grand public, l'interaction permet aux utilisateurs de personnaliser l'affichage et de travailler sur les cartes et les diagrammes à leur rythme, par exemple dans le cadre d'une mise en récit (voir [section 4.7](#)).

## 4.4. Opérateurs d'interaction

Un **opérateur d'interaction** est une fonctionnalité interactive générique qui permet aux utilisateurs de manipuler l'affichage de la carte (**figure 4.4-1**). À l'instar de la symbolisation et des variables visuelles (voir **section 2.9**), les opérateurs d'interaction constituent les éléments de base des cartes interactives. Chaque opérateur peut être mis en œuvre à l'aide de n'importe quel style d'interface (voir **section 4.3**), de sorte qu'il est souvent plus utile de considérer les opérateurs génériques plutôt que leurs interfaces utilisateur graphiques lorsqu'il est question de planifier la conception d'une carte interactive.

Certains opérateurs modifient la conception de la carte et permettent aux utilisateurs de la **réexprimer** en un autre type de carte thématique (voir **section 3.1**) ou en un autre diagramme (voir **section 3.10**) en utili-

sant les mêmes données, de **faire défiler** un ensemble ordonné de cartes comme si celles-ci étaient animées (voir **section 4.8**), de **superposer** des couches sur le fond de carte et de choisir entre différents fonds de carte, ou de **resymboliser** un type de carte thématique donné, par exemple en changeant de classification (voir **section 1.9**) ou de schéma de couleurs (voir **section 2.10**).

D'autres opérateurs modifient le point de vue de l'utilisateur sur la carte, en lui permettant de **déplacer** le centre de la projection (voir **section 2.5**), de **zoomer** à une échelle cartographique plus locale ou globale (voir **section 2.6**), de **changer de projection** pour modifier les distorsions de la carte (y compris en faisant pivoter la carte de telle sorte que le nord ne se trouve plus en haut de celle-ci sur les cartes mobiles, voir **section 4.6**), et

d'**organiser** la disposition des cartes et des diagrammes (voir **section 2.13**).

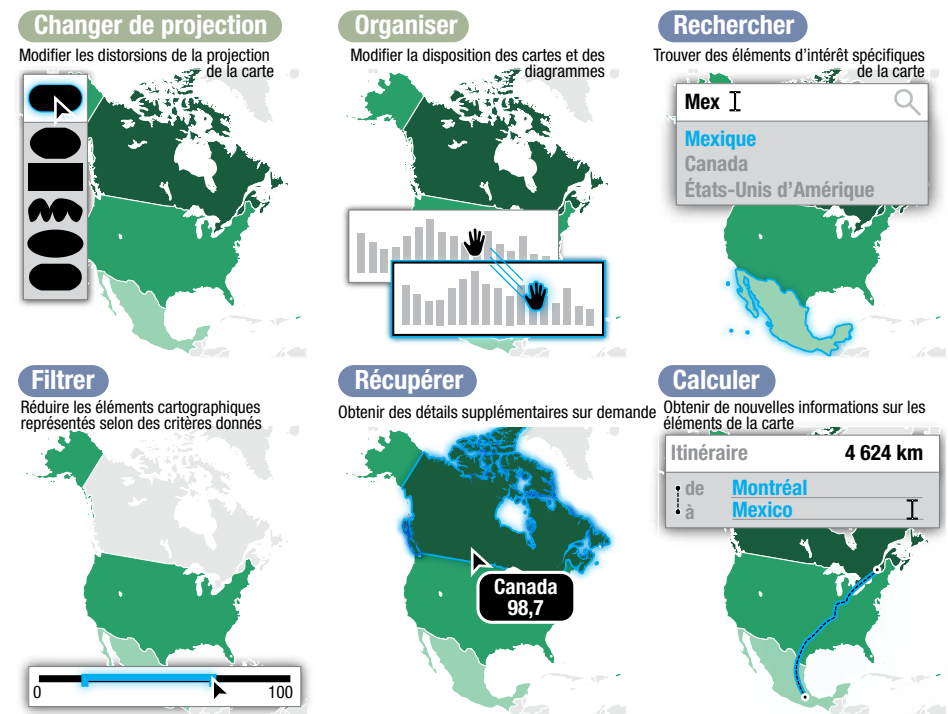
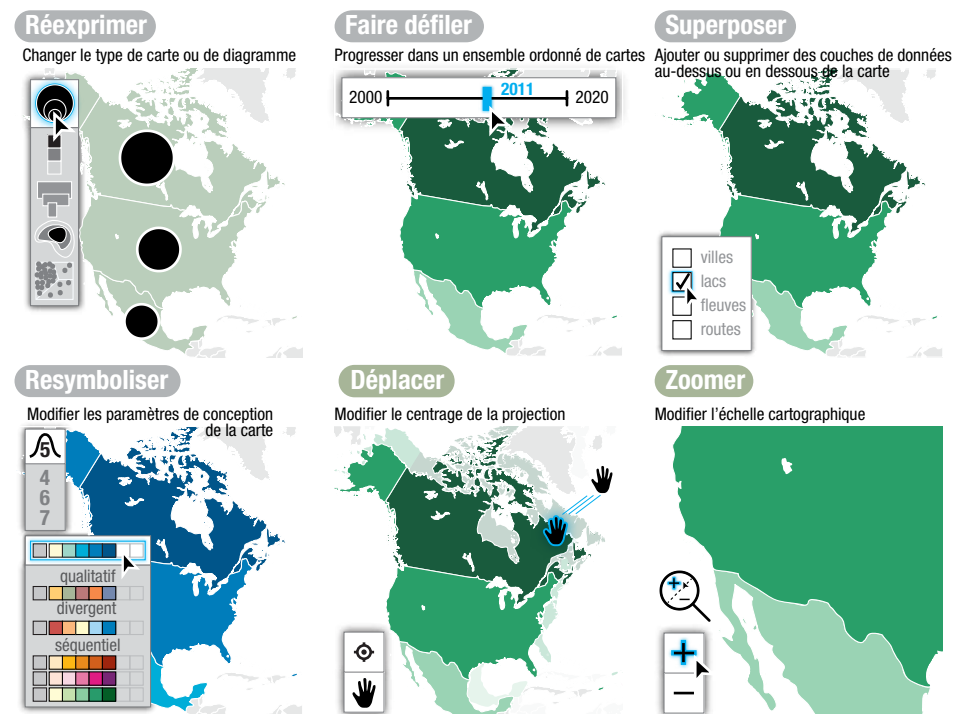
Un dernier ensemble d'opérateurs modifie le contenu des données de la carte, permettant à l'utilisateur de **rechercher** des éléments cartographiques spécifiques qui l'intéressent, de **filtrer** les éléments cartographiques représentés selon des critères donnés, de **récupérer** des détails supplémentaires à la demande pour des éléments cartographiques spécifiques ou de **calculer** de nouvelles informations à partir de la carte.

Comme le montre la **figure 4.1-1**, le nombre d'opérateurs mis en œuvre dépend du public et de ses objectifs. Les cartes destinées à l'exploration peuvent contenir de nombreux opérateurs d'interaction, voire tous. Les cartes interactives d'exploration coordonnent les interactions entre différents champs d'affichage, en

mettant particulièrement l'accent sur les opérateurs de réexpression, de zoom, de filtrage et de récupération (voir **section 4.10**). Si la carte est destinée à la présentation, limitez l'interaction et prévoyez un champ de recherche permettant de localiser les éléments cartographiques intéressants déjà connus. Le grand public s'attend désormais à ce que les cartes Web soient dotées de fonctions de déplacement, de zoom et de récupération.

La plupart des cartes relatives aux indicateurs ne nécessitent pas d'interactivité complexe et de nombreux opérateurs d'interaction peuvent même conduire à des cartes trompeuses lorsqu'ils sont mis en œuvre sans intention. N'appliquez un opérateur d'interaction donné que lorsqu'il répond clairement à un besoin identifié de l'utilisateur.

**Figure 4.4-1** : Opérateurs d'interaction. Les opérateurs varient en fonction de la manière dont ils modifient la conception de la carte, la perspective de l'utilisateur ou le contenu cartographié. Le contour bleu indique le résultat de l'opérateur. Les exemples de cartes ne représentent pas les indicateurs de suivi des objectifs de développement durable.



## 4.5. Cartes Web

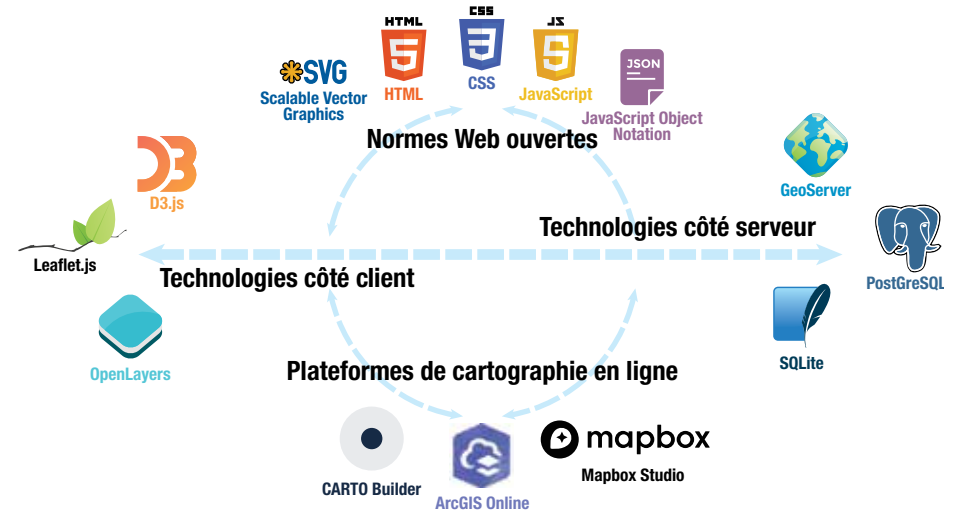
Les cartes peuvent atteindre des publics extrêmement larges et diversifiés grâce à Internet. **Internet** désigne une série de réseaux informatiques interconnectés qui facilitent le transfert de fichiers. Le **World Wide Web**, ou simplement le **Web**, désigne les documents interconnectés (c'est-à-dire les pages Web, y compris les **cartes Web**) partagés sur Internet et affichés dans un navigateur Web. Internet facilite à la fois la collecte de données, comme dans le cas du projet OpenStreetMap, et leur diffusion, comme dans le cas de la communication de suivis des objectifs de développement durable.

Bien qu'il ait existé de nombreux précurseurs, la publication initiale de Google Maps en 2005 a marqué un tournant dans la conception des cartes Web. Google Maps a popularisé les cartes Web tuilées qui permettent de parcourir une « carte de partout » en découpant des cartes conçues à 20 échelles cartographiques différentes (voir [section 2.6](#)) en tuiles de 256 x 256 pixels (c'est-à-

dire 8 bits), puis en téléchargeant une petite fraction de ces tuiles dans le navigateur en fonction de l'interaction de l'utilisateur (c'est-à-dire uniquement les tuiles situées dans l'affichage actuel et autour de celui-ci). Les cartes tuilées, aujourd'hui courantes ([figure 4.5-1](#)), sont appelées **cartes Web glissantes**, car elles intègrent des fonctions de déplacement et de zoom qui permettent aux utilisateurs de parcourir de manière interactive le jeu de tuiles à différentes échelles (voir [section 4.4](#)).

Les cadres et les technologies utilisés pour développer et héberger des cartes Web sont vastes et nécessitent souvent la compilation de plusieurs outils et techniques spécialisés, appelés **pile Web** ([figure 4.5-2](#)). Aujourd'hui, la plupart des cartes Web reposent sur des normes Web ouvertes (voir [section 4.13](#)), notamment le langage **HTML** (Hypertext Markup Language, soit langage de balisage hypertexte), utilisé pour structurer le contenu d'un document, **CSS** (Cascading Style Sheets, soit feuilles de style en cascade), utilisé pour

**Figure 4.5-1** : L'outil Clear Map de l'Organisation des Nations Unies. Cette carte Web tuilée peut être intégrée dans des sites Web pour permettre au public de se déplacer et de zoomer sur des régions du monde entier. L'exemple présenté utilise Clear Map comme référence pour son fond de carte sur le site Web de l'ONU consacré au maintien de la paix : <https://peacekeeping.un.org/fr>. La carte Web qui en résulte, développée à l'aide de Leaflet.js comme technologie côté client, ajoute des icônes de marquage interactives au-dessus des tuiles de Clear Map qui localisent les opérations de maintien de la paix des Nations Unies en cours.



**Figure 4.5-2** : Cartographie Web côté serveur et côté client. Les technologies Web sont diverses et en constante évolution, ce qui empêche la réalisation d'un aperçu exhaustif. La figure vise plutôt à donner une idée des différences générales entre les technologies de cartographie Web côté client et côté serveur, ainsi que des normes Web ouvertes et des plateformes de cartographie en ligne propriétaires qui prennent en charge ces technologies, afin d'aider à comprendre et à évaluer le paysage technologique de la cartographie Web à mesure qu'il évolue.

styler ce contenu, et **JavaScript**, un langage de script utilisé pour ajouter des comportements interactifs aux éléments du document. Les cartes Web utilisent de plus en plus le format de fichier **JSON** (JavaScript Object Notation, soit notation objet issue de JavaScript) (avec les variantes pour données géospatiales GeoJSON et TopoJSON) et dessinent ces données sous la forme de **SVG** (Scalable Vector Graphics, soit graphiques vectoriels adaptables) au-dessus des tuiles du fond de carte.

Le Web ouvert est souvent décrit comme une « plateforme » qui permet un échange interactif entre les **technologies côté serveur** utilisées pour stocker des données, y compris des ensembles de données géospatiales, et les **technologies côté client** utilisées pour restituer ces données dans le navigateur afin que l'utilisateur puisse les visualiser et les manipuler, y compris des cartes et des diagrammes. GeoServer, PostgreSQL et

SQLite sont autant d'exemples de technologies libres côté serveur pour la cartographie, tandis que leurs équivalents côté client comprennent D3.js, Leaflet.js et OpenLayers.js. Il existe notamment un nombre croissant de services propriétaires de cartographie Web qui simplifient la cartographie Web à la fois côté serveur et côté client grâce à une interface conviviale, notamment ArcGIS Online, CARTO Builder et Mapbox Studio.

Bien que la cartographie Web soit souvent considérée comme universelle, une **fracture numérique** subsiste entre ceux qui ont accès à Internet et à la technologie informatique connexe et ceux qui n'y ont pas accès (voir [section 4.1](#)). L'une des cibles de l'objectif n° 9 relatif à l'industrie, à l'innovation et à l'infrastructure est de fournir un accès universel et abordable à Internet et, par conséquent, un accès universel et abordable aux cartes Web.



## 4.6. Cartes mobiles et

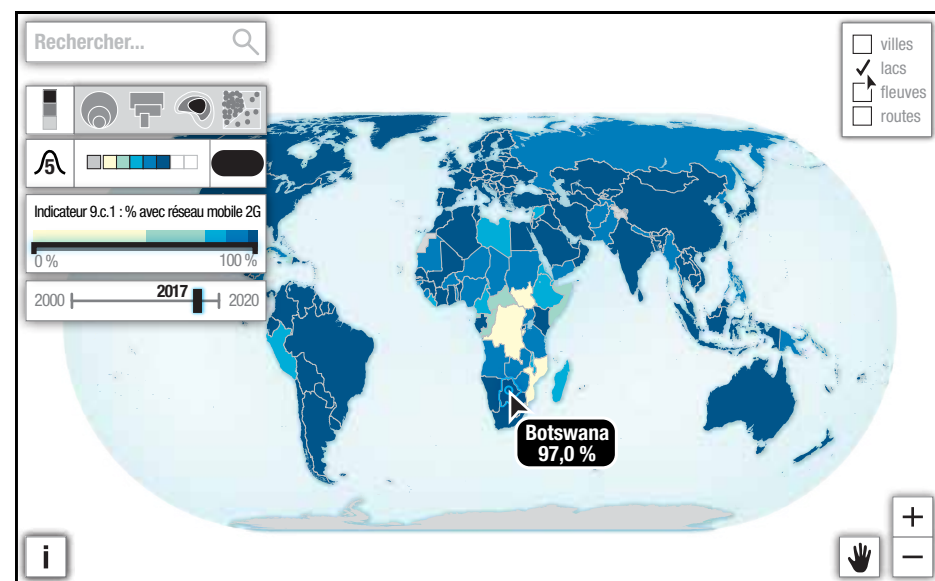
Les cartes font partie des applications les plus couramment consultées sur les *appareils mobiles*, ou systèmes informatiques portatifs de poche tels que les téléphones intelligents, les montres intelligentes et les tablettes. Les *cartes pensées d'abord pour les appareils mobiles* sont optimisées en fonction des contraintes technologiques propres à ces appareils, y compris un écran de petite taille, une puissance de traitement et une capacité de mémoire restreintes, une connectivité peu fiable, une bande passante réduite, une autonomie limitée et une interaction multipoint. La *conception réactive* désigne la logique qui permet de modifier la disposition, le contenu et le style des cartes numériques en fonction de leur affichage sur un appareil mobile ou non mobile (par exemple, un ordinateur de bureau).

Bien que la conception soit souvent axée sur les contraintes des appareils mobiles, les cartes mobiles présentent un avantage majeur par rapport aux autres : leur affichage peut être modifié et personnalisé en fonction des déplacements de l'utilisateur. Les appareils

mobiles sont dotés d'un *GPS* (Global Positioning System, soit système mondial de localisation) et d'autres capteurs spatiaux (par exemple, des baromètres, des gyroscopes) qui détectent l'emplacement de l'utilisateur en trois dimensions. Ils suivent également la direction vers laquelle l'utilisateur se déplace. Ces *services de localisation* peuvent être utilisés pour centrer une carte relative aux objectifs de développement durable sur l'endroit où se trouve l'utilisateur, ce qui permet de mieux comprendre, du point de vue géographique, les inégalités, les interdépendances et les alternatives, de l'échelle locale à l'échelle mondiale (voir [section 2.6](#)).

Outre la cartographie Web, l'objectif n° 9 relatif à l'industrie, à l'innovation et à l'infrastructure a également pour cible de fournir un accès universel et abordable aux technologies de communication mobile et, par conséquent, un accès universel et abordable aux cartes mobiles.

Les recommandations relatives à la conception réactive et pensée d'abord pour les appareils mobiles sont liées à des décisions spécifiques au cours du



processus de conception cartographique et, par conséquent, adaptent les lignes directrices énoncées dans les sections précédentes de cet ouvrage ([figure 4.6-1](#)). Pour les projections pensées d'abord pour les appareils mobiles (voir [sections 2.4](#) et [2.5](#)), centrez la carte sur la localisation de l'utilisateur et mettez-la à jour à mesure qu'il se déplace. Activez également l'opérateur de changement de projection (voir [section 4.4](#)) pour faire pivoter la carte de manière à ce que le haut de la carte représente ce qui se trouve face à l'utilisateur plutôt que le nord.

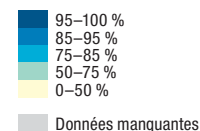
Envisagez une échelle cartographique par défaut plus grande pour l'affichage mobile (voir [section 2.6](#)), en situant d'abord les utilisateurs dans leur contexte local et en les invitant à effectuer un zoom arrière pour un affichage plus large. Dans la mesure du possible, simplifiez les tracés pour la généralisation pensée d'abord pour les appareils mobiles (voir [section 2.7](#)) afin d'améliorer l'accessibilité sur les bandes passantes et les forfaits de données mobiles limités.

## conception réactive

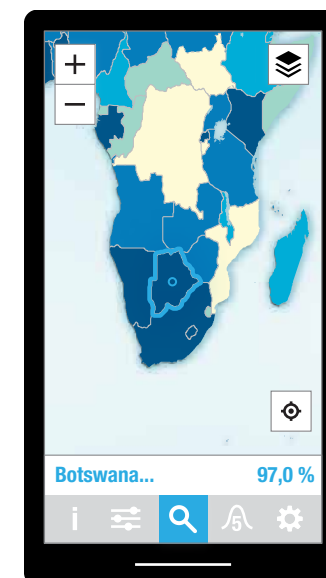
Augmentez la luminosité et le contraste des symboles situés au sommet de la hiérarchie visuelle (voir [section 2.13](#)) pour tenir compte des conditions environnementales variables. Envisagez également des palettes de couleurs et des fonds de carte plus sombres pour réduire l'incidence sur l'autonomie des batteries des appareils mobiles.

Enfin, prenez en charge les manipulations tactiles directes pour les interactions pensées d'abord pour les appareils mobiles (voir [section 4.3](#)), par exemple récupérer en une seule pression, zoomer en pinçant ou en appuyant deux fois, se déplacer en faisant glisser et pivoter en faisant tourner les doigts. Placez les commandes de configuration dans un petit ruban au bas de l'écran pour permettre des interactions d'une seule main, à l'aide du pouce. Lorsque les commandes du bas sont activées, entraînez l'ouverture d'une fenêtre de dialogue contenant des widgets avancés qui couvre entièrement la carte. Placez les commandes contextuelles ailleurs qu'au bas de l'écran, de manière à encourager la manipulation directe de la carte.

### Proportion de la population ayant accès à un réseau mobile 2G (2017)



**Figure 4.6-1** : Recommandations pour la représentation cartographique réactive et la conception de l'interface. L'indicateur 9.c.1 (2017) relatif à la proportion de la population ayant accès à un réseau mobile 2G est cartographié pour une visualisation à la fois non mobile et mobile, conformément aux recommandations pour une conception cartographique réactive. **Gauche (page opposée)** : La conception non mobile, similaire à la [figure 4.3-1](#). **Droite** : La conception mobile. La conception mobile utilise une échelle cartographique par défaut plus grande adaptée au contexte local et organise les commandes de l'interface de configuration dans un menu au bas de la carte pour permettre à l'utilisateur d'interagir à l'aide de son pouce. Les commandes contextuelles sont placées à l'écart de la position du pouce, la carte prenant en charge les interactions tactiles, comme la pression hypothétique d'un seul doigt pour obtenir des détails sur le Botswana. L'icône de la main pour la commande de déplacement est remplacée par un réticule permettant de recentrer la carte sur la position de l'utilisateur.



## 4.7. Mise en récit à l'aide des cartes

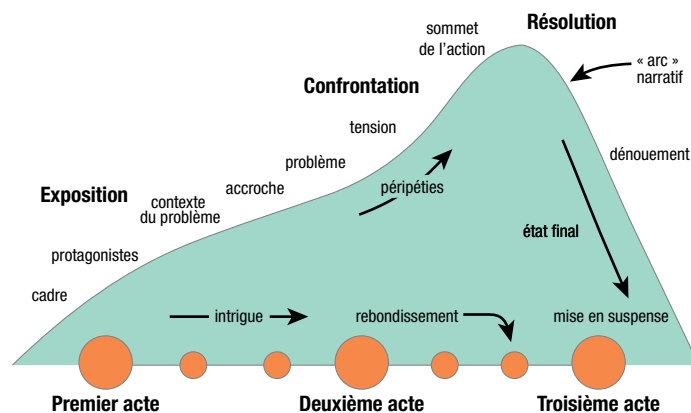
La **mise en récit** est une méthode permettant de documenter ou d'expliquer une séquence d'événements et constitue donc un outil social et culturel important pour partager et garder en mémoire certaines expériences individuelles. Du journalisme à la communication scientifique, la manière dont les cartes peuvent organiser et améliorer la mise en récit suscite un intérêt croissant. La mise en récit basée sur les cartes représente dès lors l'occasion idéale d'engager les États Membres et les citoyens dans la communication des cibles des objectifs de développement durable. Une « carte-récit » pourrait constituer un outil de communication entre les partenaires de premier ordre en la matière.

Les cartes sont par nature bidimensionnelles (voir [section 1.3](#)), mais une carte-récit se distingue des autres en ce qu'elle accompagne le public à travers un récit essentiellement linéaire et unidimensionnel. Ici, le **récit** décrit des informations sur des événements, des lieux et des personnes spécifiques, là où la **narration** décrit la structure et la présentation de ce contenu pour façonner le sens de l'histoire. Dans son acception la plus large, une **carte-récit** désigne donc toute représentation cartographique qui comporte des éléments narratifs.

La **mise en récit visuelle** fait référence aux histoires relatées par des cartes, des diagrammes, des images et des vidéos, ainsi que par d'autres formes de mise en récit orale, écrite et audio.

Bien qu'il soit souvent adapté, le **récit en trois actes** constitue un point de départ pratique pour la conception d'une histoire visuelle ([figure 4.7-1](#)). Il commence par l'**exposition**, qui donne le contexte général tel que le cadre et les protagonistes : par exemple, en présentant et en comparant différents pays ou groupements régionaux en matière d'objectifs de développement durable. Il se poursuit par la **confrontation**, qui met en exergue le problème au cœur de l'histoire et peut être constitué de plusieurs cartes individuelles expliquant les différentes dimensions d'un objectif de développement durable. Il se termine par la **résolution**, le dénouement qui voit les protagonistes affronter leur problème et dégager une ou plusieurs solutions, par exemple des recommandations d'action en faveur des objectifs de développement durable.

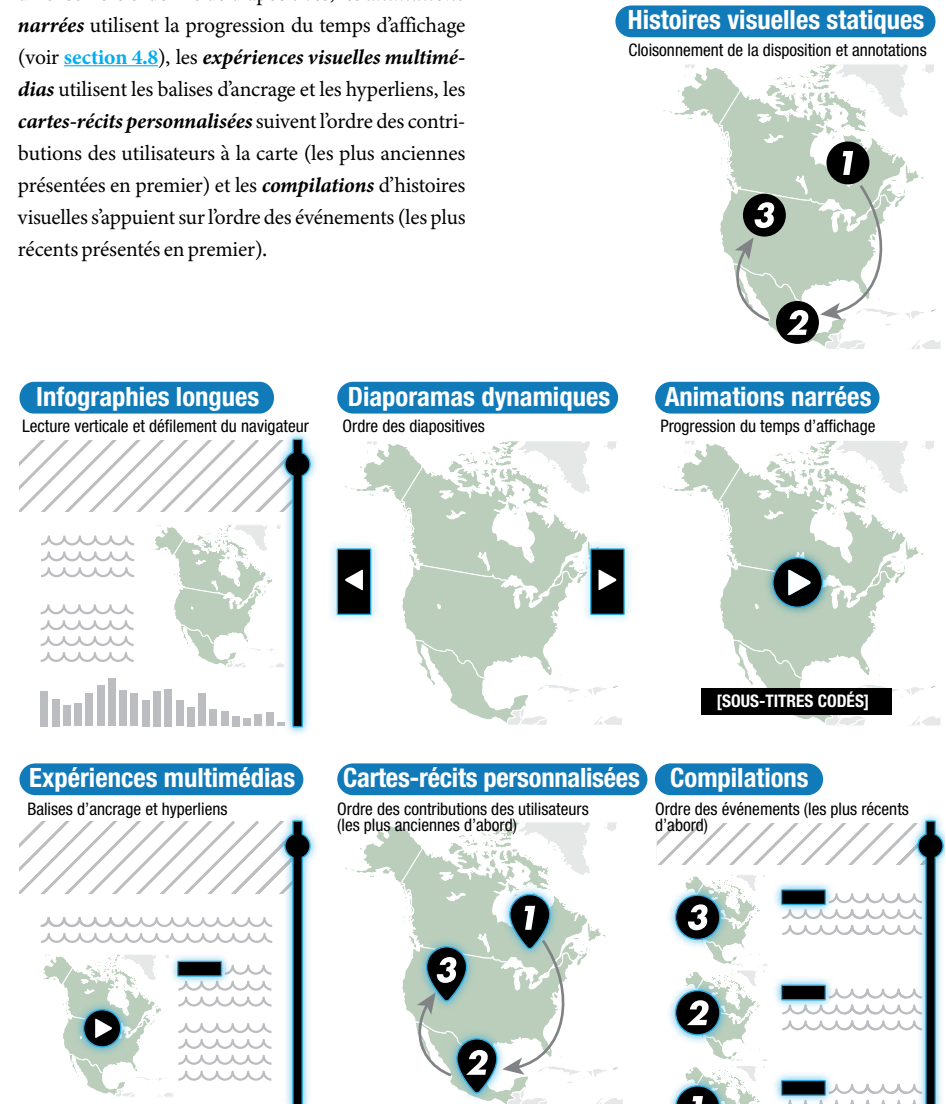
Dans la pratique, il existe un certain nombre de moyens d'assurer la continuité linéaire d'un arc narratif, décrits comme des **genres** de mise en récit



**Figure 4.7-1 :** Récit en trois actes. Bien qu'il existe de nombreuses structures narratives, commencer par un récit traditionnel en trois actes aide à planifier et à organiser le contenu d'une histoire visuelle ou d'une carte-récit.

([figure 4.7-2](#)). Les **histoires visuelles statiques** utilisent le cloisonnement de la disposition et les annotations pour faire avancer le récit linéaire, les **infographies longues** utilisent la lecture verticale et le défilement du navigateur, les **diaporamas dynamiques** utilisent un ensemble ordonné de diapositives, les **animations narrées** utilisent la progression du temps d'affichage (voir [section 4.8](#)), les **expériences visuelles multimédias** utilisent les balises d'ancrage et les hyperliens, les **cartes-récits personnalisées** suivent l'ordre des contributions des utilisateurs à la carte (les plus anciennes présentées en premier) et les **compilations** d'histoires visuelles s'appuient sur l'ordre des événements (les plus récents présentés en premier).

**Figure 4.7-2 :** Genres de mises en récit visuelles. Les éléments entourés en bleu indiquent les fonctions interactives généralement utilisées pour renforcer la linéarité du genre. Les histoires visuelles statiques ne nécessitent pas d'environnement d'utilisation interactif. Les exemples de cartes et de diagrammes ne représentent pas les indicateurs de suivi des objectifs de développement durable.



## 4.8. Animation

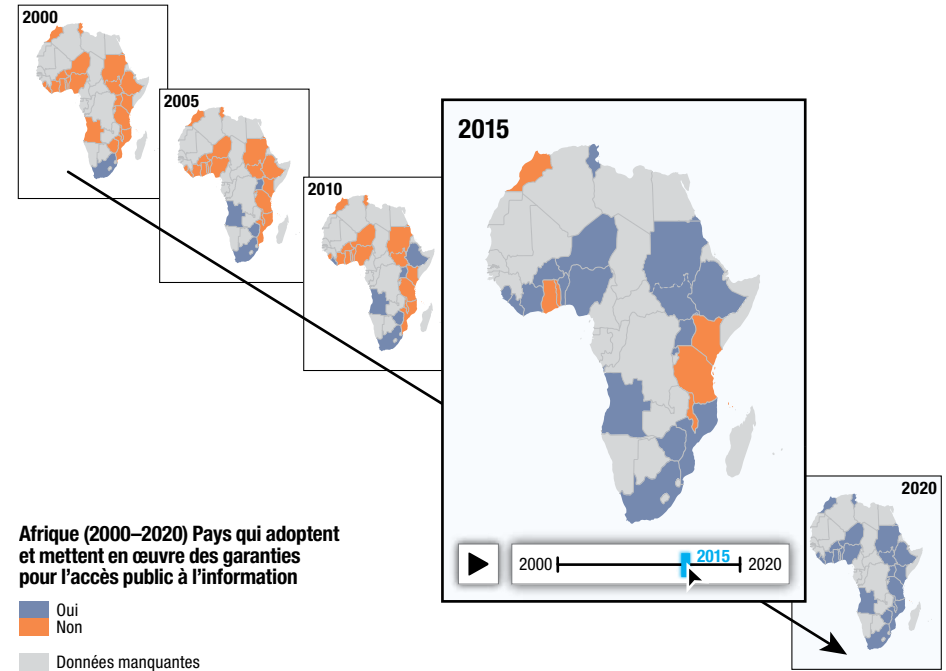
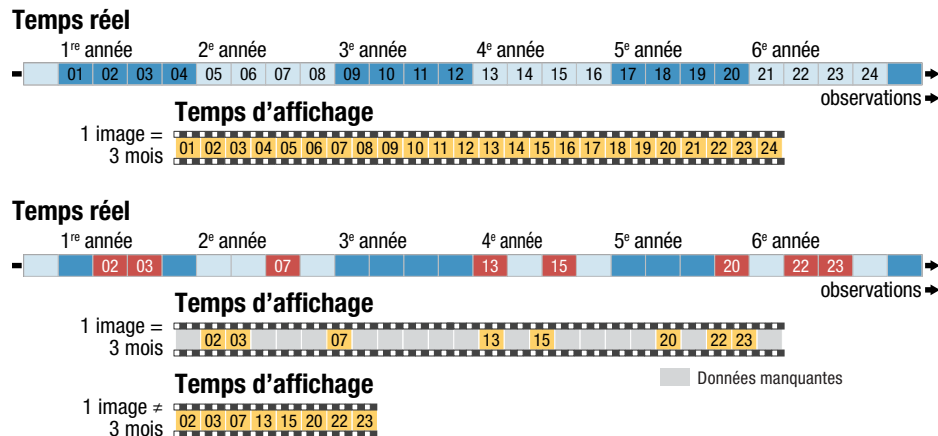
L'*animation* utilise le temps du système numérique pour mettre à jour l'affichage de la carte (contrairement à l'interaction avec l'utilisateur, voir [section 4.3](#)). Le concept de l'animation consiste en une série ordonnée d'*images* présentées en séquence pour donner au public une apparence de mouvement et de changement. Sur le plan technologique, ces images peuvent être une série d'images statiques prétraitées (par exemple, une image de film) ou, plus couramment, des mises à jour graphiques dynamiques produites par calcul.

Deux types d'animation sont utiles pour cartographier les indicateurs de suivi des objectifs de développement durable : temporelles et non temporelles. L'*animation temporelle* désigne les données temporelles du monde réel accompagnées du temps d'affichage, qui produisent une *échelle temporelle* (par exemple, 1 seconde = 10 ans) similaire à une échelle cartographique pour les données de localisation (par exemple, 1 cm = 10 km, voir [section 2.6](#)). Elle permet de décrire les changements et les tendances dans le temps (voir [section 3.9](#)), ce qui facilite la compré-

hension des processus géographiques sous-jacents qui définissent les modèles dans les ensembles de données des indicateurs de suivi des objectifs de développement durable. Elle fournit ainsi une représentation cohérente qui permet de suivre les progrès et les lacunes persistantes en ce qui concerne les défis sociaux, économiques et environnementaux mondiaux visés par les objectifs. Les animations temporelles représentent généralement le temps absolu plutôt que le temps relatif, bien que les deux soient possibles, et peuvent également représenter le temps linéaire ou cyclique (voir [section 1.5](#)).

Malgré leurs avantages, les animations temporelles présentent certaines limites. Parce qu'elles combinent en théorie un grand nombre d'images de carte en séquence, elles sont beaucoup plus complexes visuellement qu'une représentation statique du temps. Le public manque dès lors souvent une grande partie des changements affichés à l'écran, un phénomène connu sous le nom de *cécité au changement*. La cécité au changement se traduit également par un penchant pour la première et la dernière

**Figure 4.8-1** : Échelle temporelle. L'échelle temporelle décrit la relation entre le temps d'affichage et le temps réel. **En haut** : Des relevés de données réguliers quatre fois par an donnent lieu à une échelle temporelle d'une image pour chaque trimestre du monde réel pendant l'animation. **En bas** : Les observations manquantes nécessitent l'insertion d'intervalles d'affichage pour maintenir l'échelle temporelle.



**Figure 4.8-2** : Interaction avec le temps. L'indicateur 16.10.2 (2000–2020) relatif aux pays qui ont adopté et mis en œuvre des garanties pour l'accès public à l'information est animé selon des intervalles de cinq ans. L'utilisateur peut jouer l'animation de manière passive ou interagir avec la commande de séquence pour afficher une année spécifique.

image de l'animation, celles se trouvant entre les deux véhiculant généralement moins d'informations. Enfin, il n'est pas rare que certaines données manquent dans une série chronologique, ce qui peut fausser l'échelle temporelle si les intervalles d'affichage ne sont pas maintenus dans l'animation ([figure 4.8-1](#)).

La relation entre le temps réel et le temps d'affichage dans une animation temporelle doit être indiquée par une légende temporelle, telle qu'une ligne de temps ou une horloge. Pour réduire la cécité au changement, la légende temporelle est souvent interactive et prend en charge l'opérateur de séquence (voir [section 4.4](#)). Elle est associée à des commandes de lecture supplémen-

taires pour permettre aux utilisateurs de faire une pause et de faire avancer ou reculer l'animation ([figure 4.8-2](#)).

De leur côté, les *animations non temporelles* ordonnent les images de manière à faciliter la compréhension de la carte, en mettant souvent en évidence des éléments spécifiques de celle-ci ou en la construisant progressivement, une classe de données après l'autre, pour mettre en évidence les valeurs faibles ou élevées. Elles comprennent notamment les animations narrées, un genre de mise en récit (voir [section 4.7](#)) dans lequel les images sont ordonnées selon un récit linéaire, et les *survol*s, qui modifient la perspective et fonctionnent particulièrement bien pour représenter un terrain en 3D.

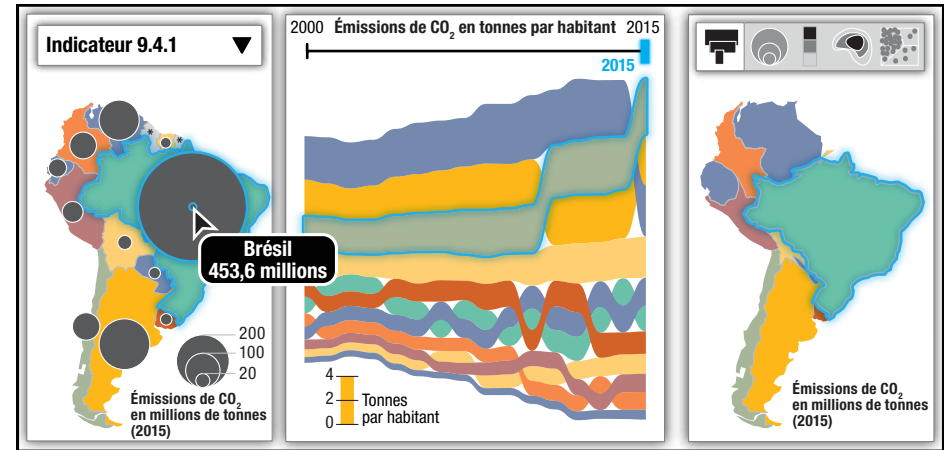
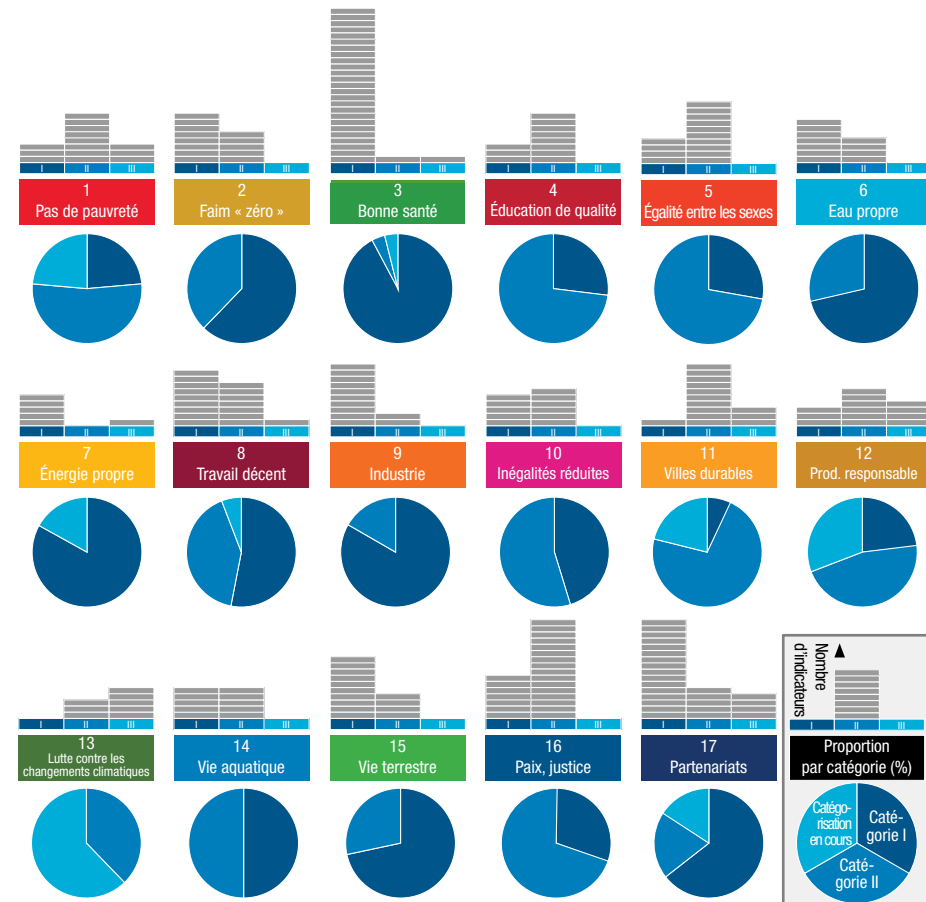
## 4.9. Tableaux de bord

Un **tableau de bord** apporte un résumé visuel des données, souvent affiché sous la forme de plusieurs cartes et diagrammes de différents lieux, attributs ou périodes de temps sur un seul écran. En pratique, il existe trois catégories de tableaux de bord : stratégiques, analytiques et opérationnels.

Un **tableau de bord stratégique** fournit une vue d'ensemble des paramètres de données fondamentaux

que les responsables politiques et les décideurs doivent mesurer et suivre, tels que les objectifs de développement durable et leurs indicateurs. Les tableaux de bord stratégiques des indicateurs de suivi des objectifs de développement durable pourraient par exemple être exposés au Siège de l'ONU ou mis à la disposition des dirigeants des États Membres à l'appui de la planification et des délibérations. Le tableau de bord de la

**Figure 4.9-1** : Tableau de bord stratégique permettant de suivre la progression des indicateurs de catégorie I. Les diagrammes en barres affichent le nombre absolu d'indicateurs de catégorie I, de catégorie II et en cours de catégorisation. Les diagrammes circulaires montrent le statut relatif des indicateurs des différentes catégories.



**Figure 4.9-2** : Tableau de bord analytique. L'indicateur 9.4.1 relatif aux émissions de CO<sub>2</sub> est présenté dans un tableau de bord analytique contenant une carte à symboles proportionnels (2015, millions de tonnes), un diagramme de flux (2000–2015, tonnes par habitant) et un cartogramme (2015, millions de tonnes). L'opérateur de récupération est coordonné entre les perspectives de manière à mettre en évidence le même élément de données (Brésil).

figure 4.9-1 montre la catégorie de chaque indicateur de suivi des objectifs de développement durable sous la forme de représentations absolues (diagrammes en barres) et relatives (diagrammes circulaires), donnant un aperçu visuel de l'état actuel de la cohérence méthodologique et de la disponibilité des données à l'échelle mondiale pour les indicateurs (voir section 1.6). Les tableaux de bord stratégiques résumant l'état passé et actuel de chaque cible, et ne nécessitent souvent pas de flux de données en temps réel ou d'interactivité.

Un **tableau de bord analytique** contient quant à lui des informations plus complètes et des fonctionnalités interactives permettant de générer et d'évaluer des informations jusqu'alors inconnues sur des modèles, des tendances et des anomalies au sein d'un ensemble de données. En ce qui concerne les indicateurs de suivi des objectifs de développement durable, les tableaux de bord analytiques peuvent être utilisés dans les laboratoires régionaux et nationaux ou sur les campus universitaires où les décideurs et les scientifiques travaillent ensemble pour découvrir et éprouver de nouvelles solutions aux problèmes mondiaux. Le tableau de bord

analytique de la figure 4.9-2 relie une carte à symboles proportionnels, un diagramme de flux et un cartogramme, ce qui permet d'obtenir plusieurs points de vue sur l'indicateur 9.4.1. L'interaction coordonnée entre ces multiples perspectives est essentielle pour favoriser une exploration libre et une analyse approfondie (voir section 4.10).

Enfin, un **tableau de bord opérationnel** utilise des cartes et des diagrammes relativement simples décrivant des flux de données en temps réel et envoi généralement des alertes lorsque des seuils définis sont dépassés, nécessitant une réponse urgente. L'interactivité peut être prise en charge pour récupérer des informations supplémentaires, mais l'interface est généralement moins complexe pour les tableaux de bord opérationnels que pour les tableaux de bord analytiques (voir section 4.4). Les tableaux de bord opérationnels ne sont pas recommandés pour les indicateurs de suivi des objectifs de développement durable, compte tenu de la lenteur avec laquelle les ensembles de données relatifs aux indicateurs sont mis à jour.

## 4.10. Cartographie exploratoire

L'*exploration* désigne l'utilisation spécialisée de cartes et de diagrammes interactifs dans le but de générer des connaissances précédemment ignorées sur certains phénomènes et processus géographiques. La cartographie exploratoire stimule la pensée visuelle, en permettant à l'utilisateur de créer de nouvelles cartes et de nouveaux diagrammes à mesure qu'il étudie les modèles, les tendances et les anomalies représentés. En ce qui concerne les objectifs de développement durable, l'exploration débouche sur de nouvelles hypothèses et des solutions potentielles aux grands défis sociaux, économiques et environnementaux auxquels notre planète est confrontée.

L'exploration est un cas d'utilisation des cartes et des diagrammes fondamentalement différent de la présentation, sur laquelle se concentre généralement la cartographie (voir [section 4.1](#)). L'objectif principal de la *présentation* consiste à assurer une communication visuelle efficace et efficiente entre le cartographe et un public plus large, en suivant les recommandations de conception cartographique décrites dans les trois premières sections de cet ouvrage, ce qui aboutit souvent à une carte unique. Avec l'exploration, les utilisateurs sont encouragés à enfreindre un grand nombre de ces conventions, car nul ne sait quelle perspective alternative des données pourrait générer spontanément de nouvelles connaissances.

L'exploration s'adresse généralement à un public spécialisé plutôt que général, car les personnes qui maîtrisent moins le sujet cartographié risquent d'avoir de fausses impressions sans la formation et le contexte requis. Une mise en récit peut permettre de surmonter cette limitation, si le cartographe présente un récit tout en incluant une carte interactive exploratoire au début et à la fin de l'histoire (voir [section 4.7](#)).

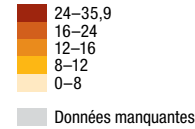
L'exploration est améliorée par la *coordination* de l'interaction entre plusieurs cartes et diagrammes, un opérateur d'interaction appliqué à une perspec-

tive étant également à toutes les autres. Par exemple, lorsque des détails sont extraits d'un élément de la carte dans un champ d'affichage, le même élément doit être mis en évidence visuellement dans tous les autres champs d'affichage pour permettre la comparaison.

Aux fins de l'exploration, pour rechercher des informations, il est courant de faire appel à différents ensembles d'opérateurs d'interaction en trois étapes (voir [section 4.4](#)). La première étape consiste à réexprimer les données pour créer une vue d'ensemble ou plusieurs vues d'ensemble coordonnées ([figure 4.10-1](#)). Cette première étape peut également impliquer le défilement des données dans une série chronologique dans le but de visualiser les tendances de la vue d'ensemble ou la superposition d'un contexte supplémentaire permettant d'interpréter la vue d'ensemble. Vous pouvez zoomer sur la vue d'ensemble et y ajouter des filtres en fonction des modèles observés afin de cibler un sous-ensemble d'éléments cartographiques jusqu'alors inconnus ([figure 4.10-2](#)), éventuellement en vous déplaçant sur la carte ou en la resymbolisant afin de clarifier le champ d'affichage ciblé. Récupérez enfin à la demande des détails concernant les éléments cartographiques d'intérêt ([figure 4.10-3](#)), qui peuvent impliquer le calcul de statistiques supplémentaires à l'aide des données récupérées.

Les tableaux de bord analytiques (voir [section 4.9](#)) combinent l'interaction exploratoire avec des techniques statistiques avancées afin de faciliter l'*analyse* ou la confirmation des hypothèses générées pendant l'exploration. L'*analyse géovisuelle* désigne plus spécifiquement l'utilisation d'interfaces visuelles dans le cadre de processus informatiques visant à soutenir l'analyse en plus de l'exploration. Certains tableaux de bord permettent de *synthétiser* les preuves et les résultats pour étayer une présentation ultérieure à des fins de communication visuelle, couvrant ainsi les quatre cas d'utilisation de la carte présentés à la [figure 4.1-1](#).

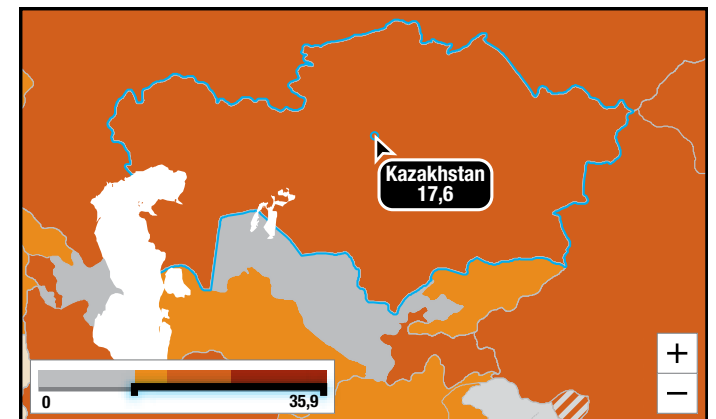
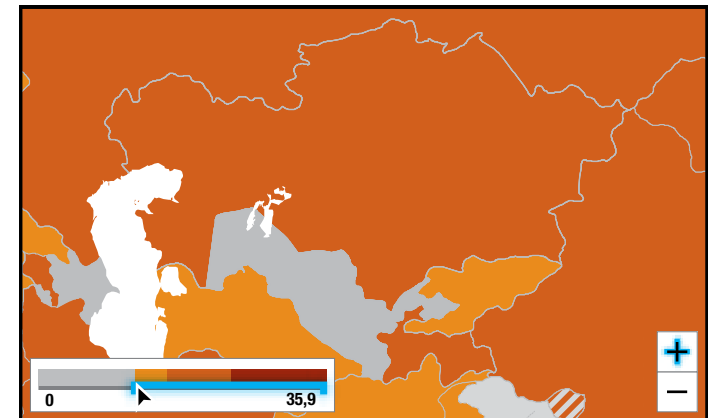
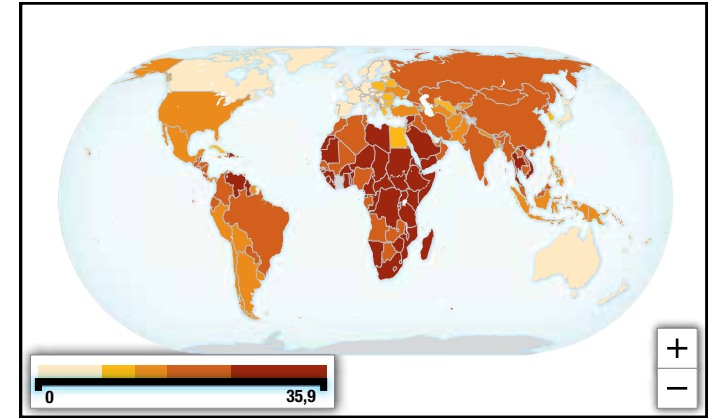
**Taux de mortalité lié aux accidents de la route (pour 100 000 habitants; 2016)**



**Figure 4.10-1 :** Vue d'ensemble d'origine. Les utilisateurs se voient d'abord présenter ou réexprimer une carte générale de l'indicateur 3.6.1 (2016) relatif au taux de mortalité lié aux accidents de la route pour 100 000 habitants. Une légende apparaît à l'extérieur de l'interface hypothétique à des fins de contexte.

**Figure 4.10-2 :** Zoom et filtre. Les utilisateurs peuvent ensuite zoomer sur le champ d'affichage et le filtrer de manière interactive pour limiter leur recherche à un sous-ensemble d'éléments cartographiques. Ici, l'utilisateur a zoomé sur l'Asie centrale pour afficher les valeurs spécifiques des pays et a filtré les deux classes inférieures de la carte.

**Figure 4.10-3 :** Détails à la demande. Enfin, les utilisateurs peuvent récupérer des détails à la demande sur un élément cartographique spécifique. Ils peuvent ensuite revenir à une nouvelle vue d'ensemble et répéter le processus. Cette stratégie de recherche d'information, qui consiste à commencer par une vue d'ensemble, puis à zoomer et à filtrer, et enfin à récupérer des détails à la demande, facilite l'exploration d'ensembles de données géospatiales volumineux et de représentations cartographiques complexes dans des environnements d'utilisation interactifs.



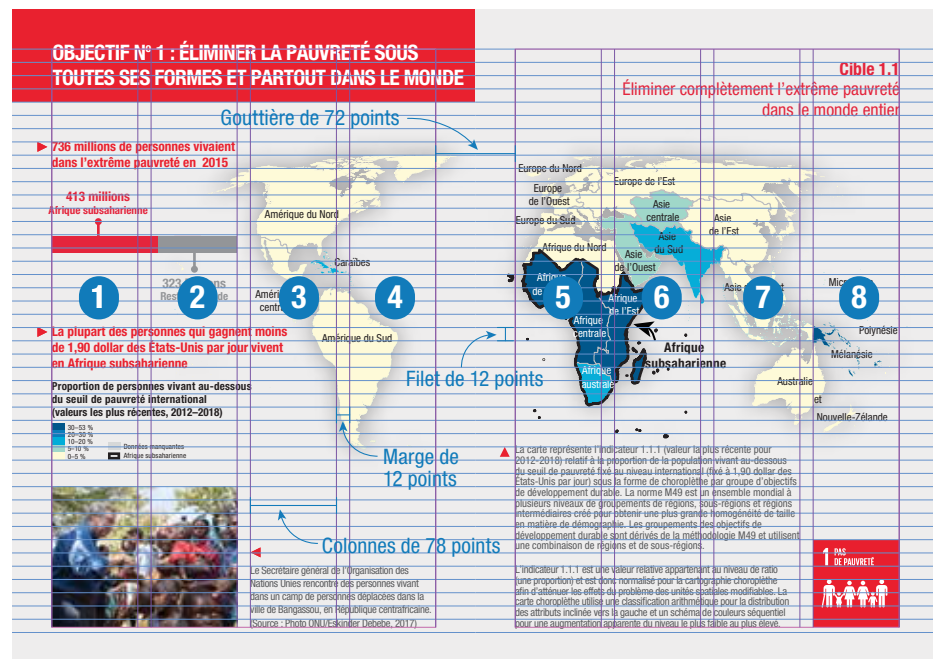
## 4.11. Atlas

Un *atlas* est une séquence intentionnelle de cartes, de texte et d'autres éléments graphiques illustrant différentes dimensions de phénomènes et de processus géographiques. De nombreux atlas se concentrent sur un sujet spécifique, comme un domaine thématique particulier (*qui/quoi*), une période (*quand*) ou un lieu (*où*) (voir [section 2.1](#)). Les atlas poursuivent divers objectifs et peuvent servir de référence générale ou d'outil d'éducation géographique, voire de sensibilisation et d'information. Le comité de rédaction d'un atlas contribue à son autorité, en particulier en ce qui concerne les atlas nationaux.

La conception d'un atlas dépend fortement du support de présentation. Les atlas traditionnels sont publiés sous la forme d'ouvrages imprimés. Chaque carte est alors présentée sur une *double page* destinée à

être pliée, avec un espace vertical, ou *gouttière*, au centre pour tenir compte de la tranche du livre ([figure 4.11-1](#)). Les projections doivent être centrées de manière à ce que la gouttière découpe la carte dans l'espace négatif (voir [section 2.5](#)), par exemple au milieu de l'océan pour une carte du monde relative aux indicateurs terrestres de suivi des objectifs de développement durable. Les doubles pages de l'atlas doivent également être organisées selon une *grille régulière* de colonnes et/ou de lignes, comme la grille à 8 colonnes utilisée dans ce petit ouvrage au format A5 ou une grille à 12 colonnes pour les publications papier de plus grande taille et les conceptions réactives destinées aux cartes mobiles (voir [section 4.6](#)). L'utilisation d'une grille améliore la disposition et l'équilibre des cartes, du texte et de l'espace négatif dans les atlas plus complexes (voir [section 2.13](#)).

**Figure 4.11-1** : Double page traditionnelle d'un atlas. La grille à 8 colonnes utilisée dans cet ouvrage est présentée à la double page de la [section 1.3](#). Chaque colonne mesure 78 points et dispose d'une marge de 12 points, une gouttière de 72 points élargissant l'océan Atlantique pour tenir compte de la tranche de l'ouvrage. Les cartes sont conçues comme des figures à 2, 3, 4 et 6 colonnes, le texte traversant 2 colonnes sur un filet de 12 points.



**Figure 4.11-2** : Atlas interactif. À l'instar d'un atlas traditionnel, un atlas interactif organise les ensembles de données et les cartes par thème, par exemple en fonction de l'indicateur qu'ils concernent. Le public sélectionne d'abord un objectif de développement durable (dans ce cas, l'objectif n° 15, Vie terrestre), puis fait défiler une séquence de cartes en diaporama (dans ce cas, les indicateurs qui composent l'objectif n° 15). Les utilisateurs peuvent activer des informations complémentaires sur un indicateur spécifique en fonction de leur intérêt. L'atlas étant interactif, ils peuvent également effectuer des recherches sur des indicateurs ou des lieux spécifiques, ainsi que se déplacer, zoomer, récupérer des détails et, éventuellement, réaliser des opérations supplémentaires.

Les atlas numériques peuvent prendre un certain nombre de formes différentes, comme une série de pages Web uniques reliées par des hyperliens à partir d'une table des matières ou un ensemble de couches cartographiques superposées sur le même fond de carte central. Ils sont généralement interactifs et disposent notamment d'opérateurs de superposition, de recherche et de séquence, en plus des opérateurs plus courants de déplacement, de zoom et de récupération (voir [section 4.4](#)). Ils peuvent également servir de catalogue spatial à un riche éventail de contenus multimédias sur les sujets cartographiés, y compris du texte, des photographies, des animations et des vidéos.

L'ordre des pages de l'atlas en fait le récit global (voir [section 4.7](#)). Un atlas papier relate un récit fixe, même si les utilisateurs parcourent souvent les pages dans un autre ordre. Un atlas numérique offre davan-

tage de possibilités de s'écarter d'un parcours narratif prédéfini en fonction des expériences et des intérêts du public (voir [section 4.1](#)).

Il est de plus en plus envisageable de réaliser un atlas interactif sur les objectifs de développement durable, dans la mesure où de plus en plus d'indicateurs relèvent de la catégorie I ([figure 4.11-2](#)). La Banque mondiale a publié un premier recueil sur les objectifs en utilisant ses propres indicateurs de développement mondial comme substituts aux indicateurs. La création d'un atlas sur les indicateurs de suivi des objectifs de développement durable présente de nombreux défis, y compris la distribution à l'échelle mondiale, la traduction multilingue et les mises à jour régulières. Un tel ouvrage pourrait cependant constituer une pièce maîtresse à l'appui des prises de décision au niveau local et national ainsi qu'en matière d'éducation et de sensibilisation.

L'**utilisabilité** désigne la facilité d'utilisation d'un produit, qu'il s'agisse ou non d'une carte. L'utilisabilité d'une carte est essentielle à l'**expérience** globale **de l'utilisateur**, ou au processus qui mène à un résultat satisfaisant. Il convient de prendre en considération l'utilisabilité lors de la création de cartes et de diagrammes représentant les indicateurs de suivi des objectifs de développement durable, compte tenu de la diversité des publics qu'ils peuvent atteindre à l'échelle mondiale (voir [section 4.1](#)). Un outil utilisable pour un public ne l'est pas nécessairement pour un autre.

Dans la pratique, l'utilisabilité recouvre un certain nombre de considérations globales de conception cartographique qui concernent tant les cartes statiques que les cartes numériques. Par exemple, plusieurs mesures d'utilisabilité portent sur la vitesse d'assimilation : la **facilité d'apprentissage** évalue les difficultés rencontrées lors de la première utilisation de la

carte, tandis que la **facilité de mémorisation** désigne la rapidité avec laquelle les utilisateurs peuvent retrouver leur maîtrise après une période prolongée sans utilisation. L'**efficacité** désigne la rapidité avec laquelle les utilisateurs peuvent accomplir les tâches souhaitées sur la carte après avoir appris à l'utiliser. Contrairement aux mesures basées sur la vitesse, la **fréquence d'erreurs** et la **reprise sur erreur** désignent respectivement le nombre d'erreurs commises par les utilisateurs avec une carte et la facilité avec laquelle ils les corrigent. Enfin, la **satisfaction subjective** désigne le niveau d'appréciation de la carte parmi les utilisateurs.

Dans la pratique, l'utilisabilité est traitée de manière conjointe avec l'**utilité** du produit pour l'usage auquel il est destiné. En ce qui concerne les cartes numériques, l'utilité peut être décrite comme les **exigences fonctionnelles** de l'application ([figure 4.12-1](#)), ventilées par ensembles de données, techniques de représentation

**Figure 4.12-1** : Exigences fonctionnelles et non fonctionnelles. Cet ouvrage présente une série d'exigences fonctionnelles et non fonctionnelles qui définissent le champ d'application et les attentes de tout projet de cartographie. La définition et l'affinage itératif des exigences fonctionnelles et non fonctionnelles dans le cadre de l'étude d'avant-projet et du prototypage rationalisent le processus de conception centrée sur l'utilisateur, ce qui permet souvent d'économiser du temps et des ressources sur les projets de cartographie de moyenne ou de grande envergure.

### Exigences fonctionnelles

#### [ ] Données :

- **Localisation** : Absolue ou relative (voir [section 1.3](#)), échelle (voir [section 2.6](#)), généralisation (voir [section 2.7](#)), dimensionnalité (voir [section 2.8](#)).
- **Attributs** : Niveau de mesure (voir [section 1.4](#)), transformations et normalisation (voir [section 1.7](#)), classification (voir [section 1.9](#)), données manquantes (voir [section 2.15](#)).
- **Temps** : Absolu ou relatif, linéaire ou cyclique (voir [section 1.5](#)).

#### [ ] Représentation :

- **Cartes** : Symbolisation (voir [section 2.9](#)), couleur (voir [section 2.10](#)), typographie et toponymie (voir [sections 2.11](#) et [2.12](#)), types de cartes thématiques (voir [section 3.1](#)).
- **Diagrammes** : À une seule variable (voir [section 3.11](#)), comparatifs (voir [section 3.12](#)), à plusieurs variables (voir [section 3.13](#)), temporels (voir [section 3.14](#)).

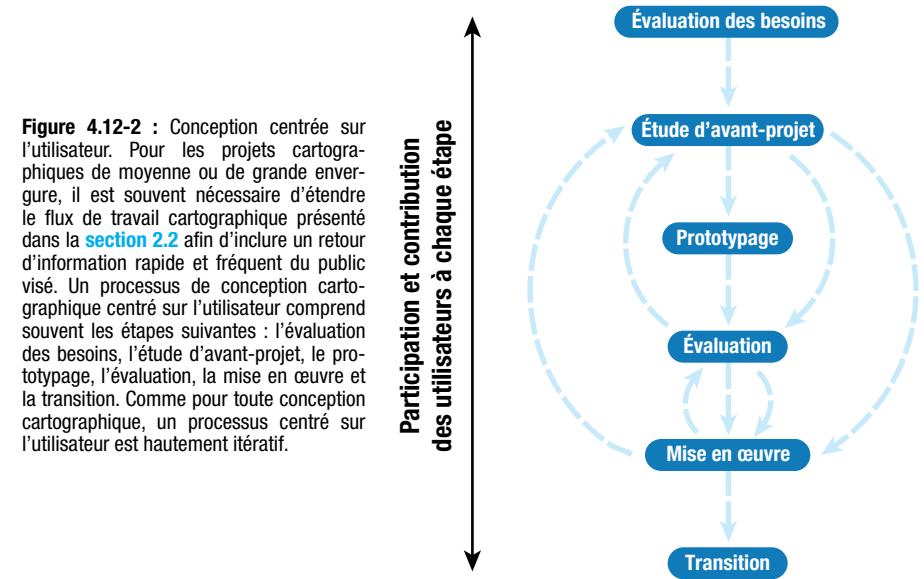
#### [ ] Interaction :

- **Styles d'interface** : Manipulation directe, menu de sélection, champ à remplir (voir [section 4.3](#)).
- **Opérateurs d'interaction** : Conception, perspective, contenu (voir [section 4.4](#)).

### Exigences non fonctionnelles

[ ] **Utilisabilité** : Facilité d'apprentissage, facilité de mémorisation, efficacité, fréquence d'erreurs, reprise sur erreur, satisfaction subjective ([section 4.12](#)).

[ ] **Accessibilité** : Déficience visuelle, handicap, fracture numérique (voir [section 4.2](#)), libre accès (voir [section 4.13](#)).



**Figure 4.12-2** : Conception centrée sur l'utilisateur. Pour les projets cartographiques de moyenne ou de grande envergure, il est souvent nécessaire d'étendre le flux de travail cartographique présenté dans la [section 2.2](#) afin d'inclure un retour d'information rapide et fréquent du public visé. Un processus de conception cartographique centré sur l'utilisateur comprend souvent les étapes suivantes : l'évaluation des besoins, l'étude d'avant-projet, le prototypage, l'évaluation, la mise en œuvre et la transition. Comme pour toute conception cartographique, un processus centré sur l'utilisateur est hautement itératif.

(à savoir, cartes ou diagrammes) et opérateurs d'interaction. Les **exigences non fonctionnelles** comprennent ensuite l'utilisabilité et l'accessibilité (voir [section 4.2](#)).

Dans la pratique, l'utilisabilité et l'utilité se retrouvent souvent en concurrence dans le cadre de projets de cartographie de moyenne ou grande envergure : les cartes destinées au grand public privilégient une utilisabilité transparente à l'inclusion de nombreuses fonctionnalités, tandis que les cartes destinées aux spécialistes privilégient les fonctionnalités complexes aux interfaces simples d'utilisation. Pour concilier ces forces concurrentes, il est recommandé d'étendre le flux de travail cartographique présenté dans la [section 2.2](#) afin de suivre un processus de **conception centrée sur l'utilisateur** plus robuste qui cherche à obtenir rapidement et régulièrement un retour du public visé ([figure 4.12-2](#)).

La conception centrée sur l'utilisateur commence généralement par une évaluation des besoins afin de définir le profil des utilisateurs ainsi que les scénarios d'utilisation prévus (voir [section 4.1](#)). L'évaluation des

besoins étaye ensuite la définition initiale, au cours de l'**étude d'avant-projet**, des exigences fonctionnelles de la carte (c'est-à-dire son utilité par rapport aux expériences et aux besoins des utilisateurs). Le **prototypage** traduit ensuite les exigences fonctionnelles en une validation de principe approximative qui propose d'autres conceptions visuelles conformes aux exigences non fonctionnelles identifiées (c'est-à-dire l'utilisabilité par rapport à l'utilité). L'étude d'avant-projet et les prototypes sont renvoyés aux utilisateurs visés afin de leur permettre de soumettre leurs observations. Ces utilisateurs continuent de participer aux boucles d'évaluation et de mise en œuvre ultérieures, à mesure que des fonctionnalités sont ajoutées à la carte. Le processus de conception centrée sur l'utilisateur se termine généralement par une étape de **transition** au cours de laquelle la version définitive de la carte est transférée et déboguée. Comme pour toute conception cartographique, tout processus centré sur l'utilisateur est hautement itératif.

## 4.13. Libre accès

Le **libre accès** désigne les produits qui sont librement accessibles et que chacun peut utiliser ou modifier. Différents types de produits peuvent être disponibles en libre accès, comme des textes scientifiques ou des écrits savants ou populaires, des ensembles de données tels que ceux relatifs aux indicateurs de suivi des objectifs de développement durable, des cartes et des diagrammes réalisés à partir d'ensembles de données en libre accès, et des codes de logiciels. En ce qui concerne les cartes numériques, le libre accès est lié au mouvement des **logiciels libres et ouverts** sur lequel reposent les normes Web ouvertes (par exemple, HTML, CSS, JavaScript) et les bibliothèques populaires de cartographie Web (par exemple, D3.js, Leaflet.js, OpenLayers.js) (voir [section 4.5](#)). L'objectif du libre accès est de démocratiser la collecte et la distribution des données, d'améliorer l'accès aux technologies numériques, de promouvoir la production et le partage de connaissances, et d'encourager une gouvernance transparente pour renforcer l'application du principe de responsabilité, le tout, en définitive, pour remédier aux inégalités persistantes au sein de la société.

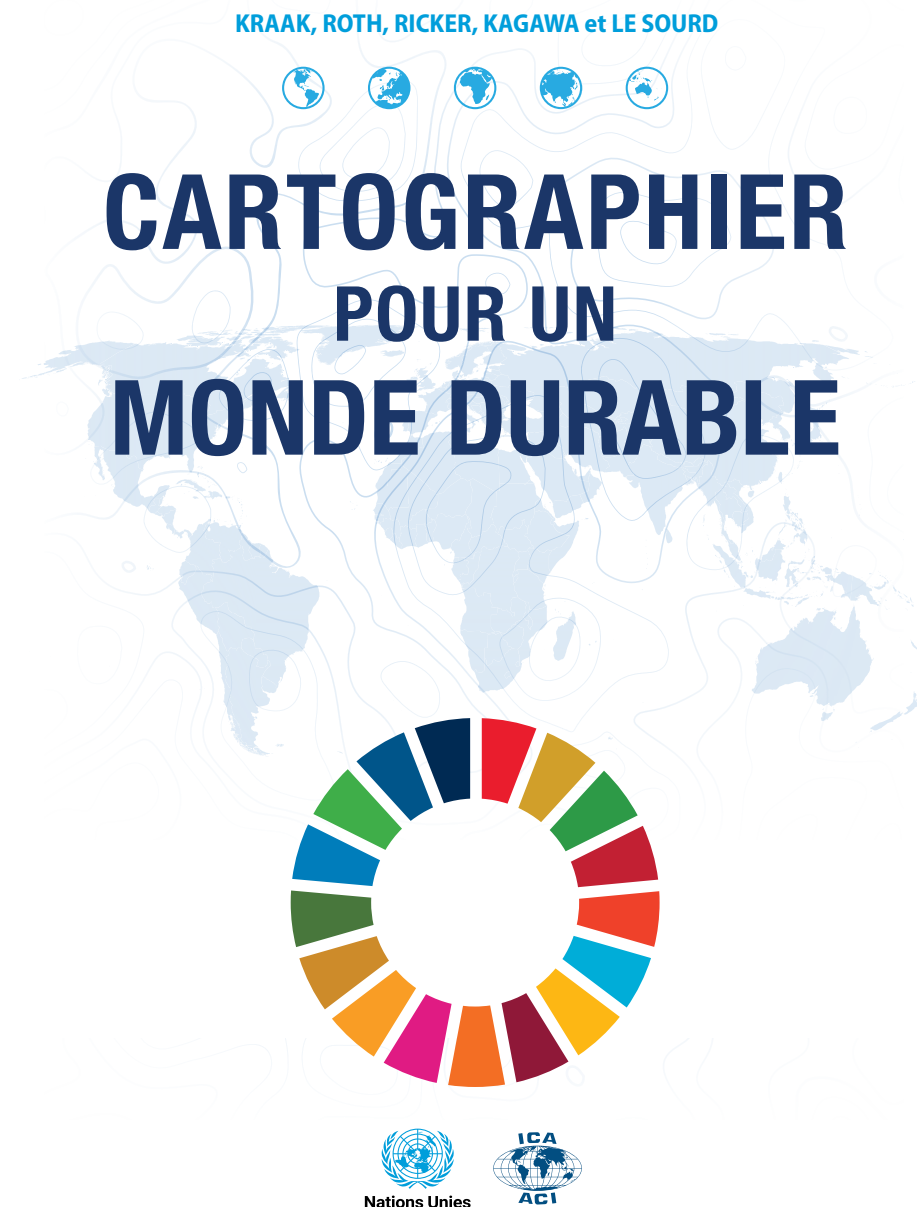
Le terme « libre » en matière d'accès ouvert a plusieurs significations : la gratuité et la liberté. La **gratuité** signifie que les produits sont disponibles sans frais. Les produits en libre accès connaissent le plus grand succès au niveau mondial lorsqu'ils sont mis à disposition gratuitement, présentés dans un format pratique, interopérables et distribués en ligne afin d'être téléchargés ou utilisés en direct en continu. Les ensembles de données sur les indicateurs de suivi des objectifs de développement durable et le présent ouvrage peuvent être téléchargés gratuitement. La limite des produits gratuits réside dans l'assistance et la maintenance limitées dont ils bénéficient, ce qui rend plus essentiel encore le recours à des normes interopérables et à des forums et wikis collaboratifs en ligne pour faciliter leur utilisation.

La **liberté** signifie que les produits peuvent être utilisés, modifiés et redistribués librement. La forme la plus avancée de libre accès permet de partager un produit sans restrictions commerciales ni autres pratiques discriminatoires sur les produits réalisés ultérieurement à partir de l'original. Les produits en libre accès sont toutefois souvent soumis à une licence **Creative Commons** (CC) qui exige l'attribution (BY), le partage dans les mêmes conditions (SA), l'absence d'utilisation commerciale (NC) ou l'absence de modification (ND). Les données d'OpenStreetMap utilisent par exemple la version CC BY-SA de la licence, qui permet une utilisation et une extension sans restriction tant que les travaux qui en sont dérivés citent l'œuvre originale. Les ensembles de données sur les indicateurs de suivi des objectifs de développement durable ne sont soumis à aucune licence et peuvent donc être utilisés ou modifiés sans restriction. Enfin, le présent ouvrage utilise la version CC BY-NC de la licence ([figure 4.13-1](#)), qui permet une diffusion plus large et la réédition du texte ou des figures à la condition de les attribuer aux auteurs d'origine, mais restreint les applications commerciales sans l'obtention préalable de l'autorisation des Nations Unies et de l'Association cartographique internationale.

Le libre accès représente une étape majeure vers la réalisation des objectifs de développement durable, car il permet de suivre les progrès effectués et de renforcer la compréhension collective des objectifs. Étant donné que les ensembles de données et les conseils cartographiques contenus dans cet ouvrage sont librement accessibles, ils permettront à un public toujours plus vaste de créer des cartes en faveur d'un avenir plus durable sur le plan économique, environnemental et social.

**Figure 4.13-1 : Cartographier pour un monde durable.** Cet ouvrage est disponible gratuitement et librement sous licence CC BY-NC. Lors de la réutilisation du texte ou des figures, il doit être cité comme suit :

**Kraak M. J., R. E. Roth, B. Ricker, A. Kagawa et G. Le Sourd (2020). Cartographier pour un monde durable. Nations Unies, New York (États-Unis d'Amérique).**



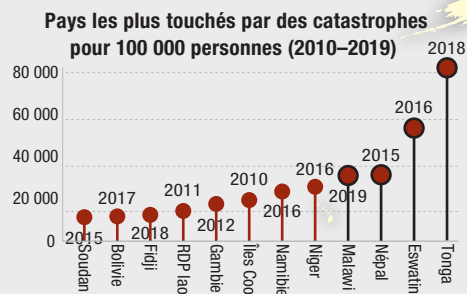


# OBJECTIF N° 13 : PRENDRE D'URGENCE DES MESURES POUR LUTTER CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

## Cible 13.1

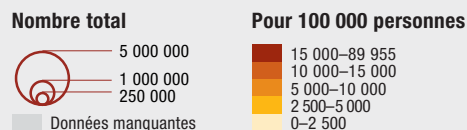
Renforcer la résilience et les capacités d'adaptation face aux aléas climatiques et aux catastrophes naturelles liées au climat

### ► Les changements climatiques ont touché plus de 39 millions de personnes en 2018

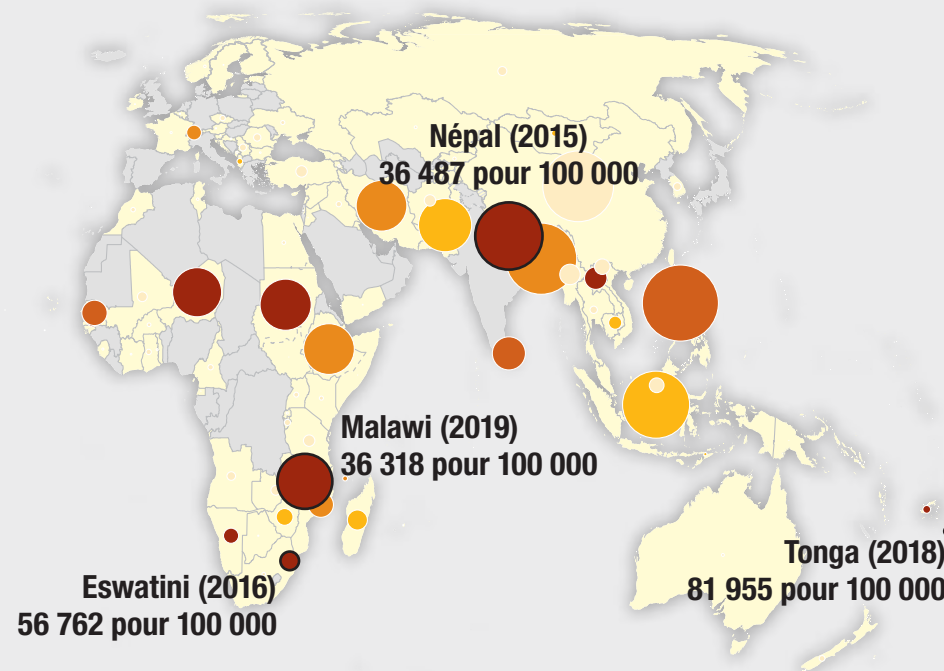


### ► Seuls 85 pays ont des plans pour réaliser le Cadre de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe

Personnes directement touchées par des catastrophes (valeur la plus élevée; 2010–2019)



Le Secrétaire général de l'Organisation météorologique mondiale (OMM) présente à la presse le rapport sur l'état du climat pour 2019. En arrière-plan, une carte du monde montrant les différences de température à l'échelle de la planète entre 1981–2010 et 2019. (Source : Photo ONU/Manuel Elias, 2020)



▲ La carte représente l'indicateur 13.1.1 (valeur la plus élevée pour 2010–2019) relatif aux personnes directement touchées lors de catastrophes, en utilisant des symboles proportionnels ombrés par pays. Les personnes touchées sont représentées de deux manières : le total absolu sous la forme de symboles proportionnels (taille) et le taux relatif pour 100 000 personnes grâce à l'ombrage (valeur de la couleur).

Les changements climatiques touchent tout le monde, mais les pays en développement et les populations marginalisées doivent souvent supporter un fardeau disproportionné en raison des aléas climatiques, tels que les phénomènes météorologiques violents, les incendies et les inondations, ainsi que la pénurie de nourriture et d'eau. La double représentation de l'indicateur 13.1.1 permet d'illustrer à la fois l'ampleur globale du problème grâce aux symboles proportionnels et son incidence sur certaines populations spécifiques grâce à l'ombrage.





Dans l'introduction du présent ouvrage, nous avons affirmé que des cartes et des diagrammes bien conçus pouvaient aider les gouvernements et les populations à mieux comprendre les objectifs de développement durable et à suivre les progrès réalisés pour les atteindre. Les cartes rendent visibles les processus sociaux, économiques et environnementaux, et révèlent des schémas spatiaux qui pourraient autrement passer inaperçus. De cette manière, elles permettent à l'esprit humain de s'adapter à la complexité de notre monde, certes de manière imparfaite.

Dans le contexte actuel, les cartes ne sont plus des fenêtres statiques sur le monde. Elles peuvent être interactives ou animées et être diffusées en ligne ou sur des appareils mobiles. Elles sont des interfaces dynamiques et collaboratives qui simplifient la prise de décisions des autorités locales et nationales et sensibilisent le grand public aux problèmes mondiaux afin d'encourager ces autorités à agir. Elles peuvent atteindre des publics plus diversifiés que jamais, grâce à un affichage personnalisé qui permet d'améliorer l'accessibilité, de promouvoir la sensibilité interculturelle et de faire entendre les voix marginalisées. Les cartes et les cartographes doivent faire partie de la solution qui nous permettra de parvenir à un monde durable et d'atteindre les objectifs fixés à cet effet.

Cependant, aujourd'hui comme hier, les cartes font aussi partie du problème, contribuant aux inégalités mondiales que les objectifs de développement durable cherchent à éliminer et renforçant ainsi les structures de pouvoir dominantes. Il reste nécessaire de déterminer qui peut créer des cartes et y avoir accès, ainsi que d'établir les connaissances nécessaires pour ce faire. Dans cet ouvrage, nous tentons de proposer librement des connaissances sur la conception cartographique, trop souvent retranchée derrière des manuels ou des cours universitaires coûteux. Si l'ouverture de ce savoir constitue un pas vers la démocratisation de la cartographie, elle ne suffit en aucun cas à se mesurer aux objectifs de développement durable. Nous appelons

la communauté mondiale des cartographes à continuer de développer et partager librement des données, des cartes et des technologies cartographiques afin de rendre le monde meilleur.

À cette fin, cet ouvrage synthétise des lignes directrices pour la cartographie des ensembles de données géographiques liés aux objectifs de développement durable en présentant les principes de base de la conception et de l'utilisation des cartes, en examinant les pratiques exemplaires et les conventions établies, et en expliquant comment les différentes techniques de cartographie favorisent la compréhension des objectifs de développement durable. Le même sujet peut être représenté par une carte ou un diagramme de différentes manières, toutes aussi appropriées les unes que les autres, mais certaines décisions de conception ne sont pas optimales dans certains contextes cartographiques. Nous mettons l'accent sur les pièges courants qui donnent lieu à des cartes et des diagrammes défectueux, voire trompeurs, mais notre objectif n'est pas de laisser entendre que ces lignes directrices constituent des règles strictes à suivre dans tous les contextes cartographiques. Notre objectif est au contraire d'encourager les cartographes de tous horizons à prendre de manière plus consciente ces décisions de conception cartographique. Il existe une multitude de raisons de s'écarter de nos recommandations, mais celles-ci doivent être prises en considération de manière attentive et collective, en fonction de l'utilisation de la carte et du contexte de l'utilisateur.

Notre propre parcours lors de la préparation de cet ouvrage nous a conduits à trois observations majeures sur la cartographie des objectifs de développement durable. Premièrement, les données ouvertes disponibles dans la base de données mondiale des indicateurs de suivi des objectifs de développement durable sont souvent incomplètes. Même pour les indicateurs de catégorie I, pour un certain nombre de pays, des données sont manquantes ou sont rapportées de manière irrégulière d'année en année. En outre, les ensembles de données rapportés par

groupement régional ou par pays masquent les modèles spatiaux au sein de ces unités de dénombrement, ce qui appelle à se concentrer davantage sur la compilation et le suivi des données au niveau infranational, ainsi que sur l'établissement de rapports à leur sujet, comme le recommande le Programme 2030. De nombreux indicateurs renforcent par ailleurs le problème des catégorisations partielles, simplifiées ou binaires (telles que les groupes homme/femme, handicap/sans handicap et urbain/rural), qui pousse l'utilisateur à se demander ce qu'excluent ces ensembles de données. Si le présent ouvrage se concentre sur les cartes qui en résultent, ce sont les données sous-jacentes qui continuent de limiter la prise de conscience, le débat et l'action au niveau mondial sur les problèmes les plus urgents de notre planète.

Deuxièmement, il est trop souvent avancé au sujet des indicateurs de suivi des objectifs de développement durable que lorsqu'une plus grande quantité de données, et par extension de cartes, seront disponibles, les problèmes du monde disparaîtront. L'expérience acquise durant la conception de cet ouvrage nous a permis de constater que les indicateurs sont davantage axés sur les inégalités mondiales, les interdépendances croissantes et les alternatives futures. Au mieux, les cartes des objectifs de développement durable confrontent nos partis pris et préjugés, en nous aidant à penser au-delà de nos expériences personnelles et à prendre en compte de multiples contextes culturels, ethniques, géographiques, politiques, religieux et sociodémographiques. La cartographie des objectifs constitue dès lors bien plus un processus continu qu'un produit final. Elle est l'un des nombreux moyens de partager nos connaissances et nos perspectives et de nous inciter à échanger les uns avec les autres en tant que citoyens du monde, et cette conversation n'a pas de date limite ni de ligne d'arrivée.

Enfin, nous en sommes venus à considérer les objectifs de développement durable comme un cadre extensible permettant de progresser collectivement vers un monde

durable. Au cours des 18 mois consacrés à l'élaboration de cet ouvrage se sont déroulés tous les événements suivants : les mouvements sociaux mondiaux visant à dénoncer les abus sexuels et la violence à l'égard des femmes et des personnes lesbiennes, gays, bisexuelles, transgenres et intersexes, les répercussions continues sur les peuples autochtones, notamment les revendications foncières non reconnues, le mouvement Black Lives Matter et les protestations mondiales contre le racisme, les menaces transnationales et les groupes haineux tels que la suprématie blanche, la glace de mer de l'Arctique qui atteint des niveaux historiquement bas et les températures mondiales qui atteignent les pires sommets envisagés, des incendies sans précédent de l'Océanie aux Amériques et des inondations dévastatrices des Caraïbes à l'Asie de l'Est, l'invasion de criquets pèlerins menaçant les approvisionnements alimentaires dans la Corne de l'Afrique, les mouvements internationaux de jeunes contre les injustices environnementales et pour l'action climatique, les menaces contre le multilatéralisme et la montée des idéologies politiques nationalistes, l'urgence sanitaire mondiale due au coronavirus et le nombre de morts évitables exacerbé par l'inégalité de l'accès aux soins de santé.

Les facteurs à l'origine de ces problèmes ne sont pas nouveaux, mais beaucoup ne sont lisibles que de façon incidente dans les indicateurs de suivi des objectifs de développement durable. Alors que nous réalisons des progrès en ce qui concerne les indicateurs grâce aux données et aux initiatives de cartographie, nous devons également rester vigilants pour intégrer les défis persistants et émergents auxquels notre monde est confronté et qui ne sont pas encore couverts par le Programme de développement durable à l'horizon 2030. Et, à mesure que ces défis mondiaux évoluent et prennent de l'ampleur, les pratiques exemplaires et les conventions en matière de conception cartographique leur emboîtent le pas.

Nous vous invitons à nous rejoindre et à cartographier en faveur d'un monde durable.

— MJK, RER, BR, AK et GLS

# Notes relatives aux figures

**Figure 1.1-1** : Voir <https://unsdg.un.org/resources/guidelines-use-sdg-logo-including-colour-wheel-and-17-icons>.

**Figure 1.2-1** : Basé sur Peuquet, D. J., 1984, “A conceptual framework and comparison of spatial data models”, *Cartographica*, vol. 2, n° 4, p. 66-113.

**Figure 1.2-2 (gauche)** : Source OpenStreetMap attribution OpenStreetMap CC BY-SA.

**Figure 1.2-3 (gauche)** : Source Joseph Colton, *Smithsonian Magazine*, (**droite**) Source Google Maps copyright 2020 Google LLC.

**Figures 1.3-1 et 1.3-2** : Voir (en anglais) <https://unstats.un.org/unsd/methodology/m49/>.

**Figure 1.3-3** : Voir (en anglais) <https://unstats.un.org/sdgs/indicators/regional-groups>.

**Figure 1.5-2** : Basé sur Andrienko, N., Andrienko, G., et Gatalsky, P., 2003, “Exploratory spatio-temporal visualization: An analytical review”, *Journal of Visual Languages and Computing*, vol. 14, p. 503-541.

**Figure 1.6-1** : Basé sur Kraak, M. J., Ricker, B., et Engelhardt, Y., 2018, “Challenges of mapping Sustainable Development Goals indicators data”, *ISPRS International Journal of Geo-Information*, vol. 7, n° 12, p. 482.

**Figure 2.6-2** : Source OpenStreetMap attribution OpenStreetMap CC BY-SA.

**Figure 2.7-2** : Basé sur Roth, R. E., Brewer, C. A., et Stryker, M. S., 2011, “A typology of operators for maintaining legible map designs at multiple scales”, *Cartographic Perspectives*, n° 61, p. 29-64.

**Figure 2.9-1** : Basé sur Bertin, J., 1967, *Sémiologie graphique*, La Haye, Mouton, tel que développé dans MacEachren, A.M., 1995, *How Maps Work*, New York, The Guilford Press.

**Figure 2.10-1** : Basé sur Roth, R. E., Woodruff, A. W., et Johnson, Z. F., 2010, “Value-by-alpha maps: An alternative technique to the cartogram”, *The Cartographic Journal*, vol. 47, n° 2., p. 130-140.

**Figures 2.10-2, 2.10-3, et 2.10-4** : Basé sur Brewer, C. A., 1994, “Colour use guidelines for mapping and visualization”, in *Visualization in Modern Computing*, MacEachren, A. M., et Taylor, D. R. F. (Eds), Tarrytown, Elsevier Science.

**Figures 2.11-1 et 2.11-2** : Basé sur Imhof, E., 1975, “Positioning names on maps”, *The American Cartographer*, vol. 2, n° 2, p. 128-144.

**Figure 2.14-1 (gauche)** : Source OpenStreetMap CC BY-SA, (**gauche-centre**) Esri World Light Gray Canvas attribution Esri, HERE, Garmin, INCREMENT P, OpenStreetMap CC BY-SA, et GIS user community, (**droite-centre**) CARTO Dark Matter attribution CARTO, OpenStreetMap CC BY-SA, (**droite**) Stamen Watercolor attribution Stamen CC BY 3.0, OpenStreetMap CC BY-SA.

**Figure 2.15-2** : Basé sur Kinkeldey, C., MacEachren, A. M., et Schiewe, J., 2014, “How to assess visual communication of uncertainty? A systematic review of geospatial uncertainty visualization user studies”, *The Cartographic Journal*, vol. 51, n° 4, p. 372-386.

**Figure 3.1-1** : Basé sur MacEachren, A. M., et DiBiase, D., 1991, “Animated maps of aggregate data: Conceptual and practical problems”, *Cartography and Geographic Information Systems*, vol. 18, n° 4, p. 221-229.

**Figure 3.7-1** : Basé sur Nelson, E. S., 2000, “Designing effective bivariate symbols: The influence of perceptual grouping processes”, *Cartography and Geographic Information Systems*, vol. 27, n° 4, p. 261-278.

**Figure 4.1-1** : Basé sur MacEachren, A. M., et Kraak, M. J., 1997, “Exploratory cartographic visualization: Advancing the agenda”, *Computers & Geosciences*, vol. 23, n° 4, p. 335-343.

**Figure 4.1-2** : Voir D’Ignazio, C., et Klein, L., 2020, *Data Feminism*, Boston, MIT Press pour une discussion complète sur les différences individuelles et les identités intersectionnelles.

**Figures 4.2-1 et 4.2-2** : Basé sur Brewer, C. A., 2003, “A transition in improving maps: The ColorBrewer example”, *Cartography and Geographic Information Systems*, vol. 30, n° 2, p. 159-162, et [ColorBrewer2.org](https://colorbrewer2.org).

**Figure 4.3-1** : Basé sur Norman, D. A., 1988, *The Design of Everyday Things*, New York, Basic Books, et Shneiderman, B., et Plaisant, C., 2010, *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction*, Boston, Addison-Wesley.

**Figure 4.4-1** : Basé sur Roth, R. E., 2013, “An empirically-derived taxonomy of interaction primitives for Interactive Cartography and Geovisualization”, *IEEE Transactions in Visualization and Computer Graphics*, vol. 19, n° 12, p. 2356-2365.

**Figure 4.5-1** : Voir <https://www.un.org/geospatial/mapsgeo/webservices>.

**Figure 4.5-2** : Icônes issues de Wikimedia Commons, sauf mention contraire. Icônes pour plateformes de cartographie en ligne copyright CARTO, Esri et Mapbox.

**Figures 4.6-1 et 4.6-2** : Based on Ricker, B., et Roth, R. E., 2018, “Mobile maps and responsive design”, in *The Geographic Information Science & Technology Body of Knowledge*, Wilson, J. (Ed), University Consortium for Geographic Information Science.

**Figure 4.8-1** : Basé sur Kraak, M. J., 2014, *Mapping Time*, Redlands, Esri Press.

**Figures 4.9-1 et 4.9-2** : Basé sur Few, S., 2006, *Information Dashboard Design: The Effective Visual Communication of Data*, Sebastopol, O’Reilly.

**Figures 4.10-1, 4.10-2, et 4.10-3** : Basé sur Shneiderman, B., 1996, “The eyes have it: A task by data type taxonomy for information visualization” in *Proceedings of the IEEE Symposium on Visual Languages*, Boulder, IEEE.

**Figure 4.12-1** : Basé sur Robinson, A. C., Chen, J., Lengerich, E. J., Meyer, H. G., et MacEachren, A. M., 2005, “Combining usability techniques to design geovisualization tools for epidemiology”, *Cartography and Geographic Information Systems*, vol. 32, n° 4, p. 243-255.

Le glossaire suivant présente les termes tels qu'ils sont définis et utilisés dans cet ouvrage :

**Accessibilité** : capacité d'obtenir une carte et d'en tirer parti, dans le but de servir le plus large éventail possible de publics ([section 4.2](#), p. 92-93)

**Actualité** : âge des données ([section 2.15](#), p. 52-53); voir également **Fiabilité**, **Incertitude**

**Agrégation** : augmentation de la dimensionnalité ([section 2.8](#), p. 38-39); voir également **Opérateur de généralisation**

**Analyse** : confirmation des hypothèses générées lors de l'exploration ([section 4.10](#), p. 108-109); voir également **Cube cartographique**

**Analyse géovisuelle** : utilisation d'interfaces visuelles pour les processus informatiques à l'appui de l'exploration et de l'analyse ([section 4.10](#), p. 108-109)

**Animation** : utilisation du temps du système numérique pour mettre à jour l'affichage de la carte ([section 4.8](#), p. 104-105)

- **animation non temporelle** : animation dont les images sont ordonnées pour faciliter la compréhension de la carte
- **animation temporelle** : animation dont le temps d'affichage représente le temps du monde réel

**Animation narrée** : genre de mise en récit visuelle qui assure la continuité par la progression du temps d'affichage ([section 4.7](#), p. 102-103); voir également **Genre de mise en récit visuelle**

**Animation non temporelle** : voir **Animation** ([section 4.8](#), p. 104-105)

**Animation temporelle** : voir **Animation** ([section 4.8](#), p. 104-105)

**À plusieurs variables** : carte ou diagramme représentant au moins trois attributs ([section 3.13](#), p. 82-83)

**Appareil mobile** : système informatique portable ou de poche tel qu'un téléphone intelligent, une montre intelligente ou une tablette ([section 4.6](#), p. 100-101)

**Arrangement** : disposition des marques graphiques dans le symbole ([section 2.9](#), p. 40-41); voir également **Variable visuelle**

**Art visuel** : œuvres créatives visuelles qui aident les humains à partager leurs expériences du monde, à promouvoir l'empathie et la compassion à l'égard des conditions sociales et environnementales inégales, et à appuyer les politiques pour forger un avenir durable ([section 2.14](#), p. 50-51)

**Aspect** : orientation de la surface de la carte par rapport au globe ([section 2.5](#), p. 32-33)

- **aspect normal** : orientation de la surface de la carte par rapport à l'axe de rotation de la Terre, ce qui donne des parallèles standard
- **aspect oblique** : tous les aspects qui ne sont pas normaux ou transverses
- **aspect transverse** : orientation de la surface de la carte à 90° par rapport à l'axe de rotation, ce qui donne des méridiens standard

**Aspect normal** : voir **Aspect** ([section 2.5](#), p. 32-33)

**Aspect oblique** : voir **Aspect** ([section 2.5](#), p. 32-33)

**Aspect transverse** : voir **Aspect** ([section 2.5](#), p. 32-33)

**Association graphique** : lien clair entre un élément de la carte et une étiquette ([section 2.11](#), p. 44-45)

**Atlas** : séquence intentionnelle de cartes, de texte et d'autres éléments graphiques illustrant différentes dimensions de phénomènes et de processus géographiques ([section 4.11](#), p. 110-111)

**Attribut** : éléments ou personnes que concernent les données ([section 1.4](#), p. 8-9); voir également **Données géospaciales**

- **attribut absolu** : attribut mesuré ou compté et rapporté sans qu'il soit tenu compte des autres attributs
- **attribut de niveau individuel** : conditions ou qualités uniques d'un emplacement spécifique
- **attribut énuméré** : attribut de niveau individuel qui est agrégé ou compté dans un espace prédéfini, ou unité de dénombrement
- **attribut relatif** : attribut qui est normalisé en fonction d'une, de deux ou de plusieurs autres valeurs

**Attribut absolu** : voir **Attribut** ([section 1.4](#), p. 8-9)

**Attribut de niveau individuel** : voir **Attribut** ([section 1.4](#), p. 8-9)

**Attribut énuméré** : voir **Attribut** ([section 1.4](#), p. 8-9)

**Attribut relatif** : voir **Attribut** ([section 1.4](#), p. 8-9)

**À une seule variable** : carte ou diagramme représentant un seul attribut ([section 3.11](#), p. 78-79)

**Autocorrélation spatiale** : les lieux proches sont plus susceptibles d'être similaires en termes d'attributs et de temps que les lieux éloignés ([section 1.3](#), p. 6-7)

**Barre d'échelle** : indication graphique de l'échelle cartographique utilisant une ligne pour illustrer une distance de référence ([section 2.6](#), p. 34-35)

**But** : but général de production de la carte ([section 2.1](#), p. 24-25)

**Cadre mondial d'indicateurs** : cadre de présentation des objectifs de développement durable aux niveaux mondial, régional, national et local, qui comprenait en avril 2020 17 objectifs, 169 cibles et 231 indicateurs ([section 1.1](#), p. 2-3)

**Calculer** : dérivation interactive de nouvelles informations à partir de la carte ([section 4.4](#), p. 96-97); voir également **Opérateur d'interaction**

**Carte** : représentation visuelle abstraite et issue du travail d'un auteur (souvent) de phénomènes ou de processus géographiques ([section 2.3](#), p. 28-29)

**Carte à deux variables** : carte thématique représentant deux attributs de données ([section 3.7](#), p. 70-71)

- **carte à deux variables configurale** : carte à deux variables qui conserve la lecture des attributs X et Y d'origine tout en incluant un repère visuel de la relation + qui peut être utilisée pour une corrélation visuelle
- **carte à deux variables intégrale** : carte à deux variables qui restreint la lecture des indicateurs X et Y d'origine, mais favorise la lecture de la relation + entre les indicateurs
- **carte à deux variables séparable** : carte à deux variables qui préserve la lecture des deux indicateurs X et Y d'origine sur la carte

**Carte à deux variables configurale** : voir **Carte à deux variables** ([section 3.7](#), p. 70-71)

**Carte à deux variables intégrale** : voir **Carte à deux variables** ([section 3.7](#), p. 70-71)

**Carte à deux variables séparable** : voir **Carte à deux variables** ([section 3.7](#), p. 70-71)

**Carte à symboles gradués** : carte à symboles proportionnels qui a été classée ou dont les plages ont été graduées ([section 3.4](#), p. 64-65); voir également **Graduation des plages**

**Carte à symboles proportionnels** : carte thématique qui utilise la variable visuelle taille pour mettre à l'échelle des points en fonction de leur valeur attributaire ([section 3.4](#), p. 64-65)

**Carte adjacente** : représentation de plusieurs attributs, de données avec leur incertitude, ou d'une série chronologique sur des cartes distinctes ([section 2.15](#), p. 52-53); également appelée **Carte en treillis**

**Carte binaire** : carte thématique montrant deux catégories telles que présence/absence ou oui/non ([section 3.2](#), p. 60-61)

**Carte choroplèthe** : carte thématique qui ombre les unités de dénombrement en fonction de leurs valeurs attributaires, en se basant principalement sur la valeur de la couleur ([section 3.3](#), p. 62-63)

**Carte coïncidente** : représentation de plusieurs attributs, de données avec leur incertitude ou d'une série chronologique sur une seule carte ([section 2.15](#), p. 52-53)

**Carte dasymétrique** : carte thématique qui exploite des données géospatiales auxiliaires pour redessiner les frontières des unités de dénombrement, souvent à une résolution spatiale plus fine, qui reflètent mieux la distribution spatiale du phénomène cartographié ([section 3.5](#), p. 66-67)

**Carte de changement** : représentation du temps qui calcule la différence entre deux relevés de données dans la série chronologique ([section 3.9](#), p. 74-75)

**Carte de densité de points** : carte thématique utilisant la variable visuelle composite numérosité pour ajuster la densité des points placés dans les unités de dénombrement en fonction de leurs valeurs attributaires ([section 3.1](#), p. 58-59)

**Carte de flux** : carte thématique d'éléments linéaires qui symbolise les relations attributaires entre les lieux plutôt que les valeurs attributaires des lieux ([section 3.2](#), p. 60-61)

**Carte d'isolignes** : carte thématique qui interpole entre les valeurs attributaires échantillonnées, en utilisant la variable visuelle localisation pour représenter le gradient de l'attribut interpolé comme une nouvelle couche de données géospatiales ([section 3.1](#), p. 58-59)

**Carte en treillis** : voir **Carte adjacente** ([section 3.9](#), p. 74-75)

**Carte extrinsèque** : représentation de multiples attributs, de données avec leur incertitude ou d'une série chronologique en tant que couches de données distinctes ([section 2.15](#), p. 52-53)

**Carte interactive** : carte qui permet l'interaction ([section 4.3](#), p. 94-95)

**Carte intrinsèque** : représentation de plusieurs attributs, de données avec leur incertitude ou d'une série chronologique comme une seule couche de données en modifiant la symbolisation appliquée ([section 2.15](#), p. 52-53)

**Carte mobile** : carte accessible depuis un appareil mobile ([section 4.6](#), p. 100-101)

**Carte nominale** : carte thématique qui représente des données catégorielles et qui s'appuie donc sur des variables visuelles non ordonnées ([section 3.2](#), p. 60-61)

**Carte par points** : carte nominale dans laquelle chaque point de la carte correspond à un seul lieu ([section 3.2](#), p. 60-61)

**Carte-récit** : représentation cartographique qui présente des éléments narratifs ([section 4.7](#), p. 102-103)

**Carte-récit personnalisée** : genre de mise en récit visuelle qui assure la continuité par l'ordre des contributions des utilisateurs (les plus anciens d'abord) ([section 4.7](#), p. 102-103); voir également **Genre de mise en récit visuelle**

**Carte thématique** : carte qui décrit la variation d'un ou parfois de plusieurs phénomènes géographiques ([section 3.1](#), p. 58-59)

**Carte Web** : carte partagée sur Internet et rendue dans un navigateur Web ([section 4.5](#), p. 98-99)

- **carte Web glissante** : carte Web tuilée qui comprend des fonctions de déplacement et de zoom

**Carte Web glissante** : voir **Carte Web** ([section 4.5](#), p. 98-99)

**Cartogramme** : carte thématique qui met à l'échelle la surface de chaque unité de dénombrement en fonction de sa valeur attributaire ([section 3.8](#), p. 72-73)

- **cartogramme contigu** : cartogramme qui préserve la topologie entre les unités de dénombrement tout en faisant des compromis sur la forme
- **cartogramme non contigu** : cartogramme qui maintient complètement la forme en mettant à l'échelle chaque unité de dénombrement à l'intérieur de ses limites

**Cartogramme contigu** : voir **Cartogramme** ([section 3.8](#), p. 72-73)

**Cartogramme non contigu** : voir **Cartogramme** ([section 3.8](#), p. 72-73)

**Cartographie** : art, science et technologie de la fabrication et de l'utilisation des cartes ([Introduction](#), p. v)

**Cascading Style Sheets (CSS)** : soit feuilles de style en cascade, norme Web ouverte utilisée pour styliser le contenu d'un document Web ([section 4.5](#), p. 98-99)

**Catégorie** : classification des données d'indicateurs définie par le Groupe d'experts des Nations Unies et de l'extérieur chargé des indicateurs relatifs aux objectifs de développement durable, et basée sur la cohérence méthodologique de la collecte et la disponibilité des données au niveau mondial ([section 1.6](#), p. 12-13)

**Catégorie I** : indicateur dont le concept est clair, dont la méthodologie est établie au niveau international et pour lequel des normes sont disponibles; les données sont régulièrement produites par les pays pour au moins 50 % des pays et 50 % de la population dans chaque région où l'indicateur est pertinent ([section 1.6](#), p. 12-13)

**Catégorie II** : indicateur dont le concept est clair, dont la méthodologie est établie au niveau international et pour lequel des normes sont disponibles, mais dont les données ne sont pas régulièrement produites par les pays ([section 1.6](#), p. 12-13)

**Catégorisation en cours** : indicateur qui est en attente d'un examen de la disponibilité des données ([section 1.6](#), p. 12-13)

**Cécité au changement** : phénomène visuel au cours duquel le public manque une grande partie des informations d'une animation en raison d'une plus grande complexité visuelle ([section 4.8](#), p. 104-105)

**Champ à remplir** : style d'interface visuelle prenant en charge la saisie de caractères pour indiquer les paramètres de l'interaction ([section 4.3](#), p. 94-95)

**Changement** : différence dans le temps ([section 1.5](#), p. 10-11)

- **changement d'attribut** : changement qualitatif (par exemple, identique ou différent) ou quantitatif (par exemple, augmentation ou diminution) dans le temps
- **changement de localisation** : déplacement, expansion ou rétrécissement dans le temps
- **changement existentiel** : apparition et disparition dans le temps

**Changement d'attribut** : voir **Changement** ([section 1.5](#), p. 10-11)

**Changement de localisation** : voir **Changement** ([section 1.5](#), p. 10-11)

**Changement de projection** : modification interactive des distorsions de la projection cartographique ([section 4.4](#), p. 96-97); voir également **Opérateur d'interaction**

**Changement existentiel** : voir **Changement** ([section 1.5](#), p. 10-11)

**Cible** : résultats réels et exploitables en vue d'atteindre les objectifs de développement durable, 169 au total en avril 2020 ([section 1.1](#), p. 2-3); voir également **Cadre mondial d'indicateurs**

**Classification** : processus d'organisation des éléments de la carte en groupes afin d'améliorer la lisibilité de la représentation ([section 1.9](#), p. 18-19)

**CMJN** : modèle de couleurs soustractives (cyan, magenta, jaune et noir) utilisé pour la conception de cartes et de diagrammes imprimés qui reflètent la lumière ([section 2.10](#), p. 42-43)

**Code M49** : système de codage numérique à trois chiffres pour les régions géographiques polygonales, utilisé pour le traitement statistique par la Division de statistique de l'Organisation des Nations Unies ([section 1.3](#), p. 6-7)

**Codes standard des pays et des zones à usage statistique** : voir **Norme M49** ([section 1.3](#), p. 6-7)

**Cohérence** : uniformité dans la collecte des données ([section 2.15](#), p. 52-53); voir également **Fiabilité**, **Incertitude**

**Commandes contextuelles** : commandes des cartes interactives qui permettent d'ajouter des informations contextuelles après la première utilisation de la carte ([section 4.3](#), p. 94-95)

**Commandes de configuration** : commandes des cartes interactives qui configurent l'interaction avant que l'utilisateur ne consulte la carte ([section 4.3](#), p. 94-95)

**Compilation** : genre de mise en récit visuelle qui renforce la continuité par l'ordre des événements (le plus récent d'abord) ([section 4.7](#), p. 102-103); voir également **Genre de mise en récit visuelle**

**Conception** : 1. processus de planification, d'exécution et d'évaluation d'une carte; 2. décisions individuelles qu'un cartographe doit prendre pour représenter visuellement les ensembles de données géospatiales sélectionnés; 3. produit final du processus de conception cartographique ([section 2.3](#), p. 28-29)

- **conception centrée sur l'utilisateur** : processus de conception qui vise à obtenir un retour d'information rapide et fréquent de la part du public visé
- **conception inclusive** : conception pensée d'abord pour les utilisateurs les plus marginalisés, plutôt que pour un public imaginaire « moyen » ou « normal »
- **conception pensée d'abord pour les appareils mobiles** : conception optimisée pour les contraintes technologiques des appareils mobiles, notamment les écrans de petite taille, la puissance de traitement et la capacité de mémoire restreintes, la connectivité peu fiable, la bande passante réduite, l'autonomie limitée de la batterie et l'interaction multipoint
- **conception réactive** : logique de conception permettant de modifier la disposition, le contenu et le style des cartes numériques en fonction de leur affichage sur un appareil mobile ou non mobile
- **étude d'avant-projet** : identification des exigences fonctionnelles d'une carte à partir d'une évaluation des besoins

**Conception centrée sur l'utilisateur** : voir **Conception** ([section 4.12](#), p. 112-113)

**Conception inclusive** : voir **Conception** ([section 4.2](#), p. 92-93)

**Conception pensée d'abord pour les appareils mobiles** : voir **Conception** ([section 4.6](#), p. 100-101)

**Conception réactive** : voir **Conception** ([section 4.6](#), p. 100-101)

**Confrontation** : milieu du récit en trois actes contenant le problème central qui motive l'histoire ([section 4.7](#), p. 102-103); voir également **Récit en trois actes**

**Contraste simultané** : phénomène visuel dans lequel l'apparence d'une couleur sur la carte peut changer en fonction des couleurs environnantes ([section 2.10](#), p. 42-43)

**Coordination** : interaction entre plusieurs cartes et diagrammes, un opérateur d'interaction appliqué à une perspective étant également appliqué à toutes les autres ([section 4.10](#), p. 108-109)

**Coordonnées géographiques** : emplacement absolu basé sur la géométrie de la Terre et mesuré en degrés de latitude et de longitude ([section 1.2](#), p. 4-5)

**Couleur** : spectre électromagnétique perçu par l'œil ([section 2.10](#), p. 42-43); voir également **Style visuel**

**Creative Commons (CC)** : licence de libre accès qui peut comporter des restrictions d'attribution (BY), de partage dans les mêmes conditions (SA), d'absence d'utilisation commerciale (NC) ou d'absence de modification (ND) pour l'utilisation du produit ([section 4.13](#), p. 114-115)

**Crédibilité** : fiabilité de la source de données ([section 2.15](#), p. 52-53); voir également **Fiabilité**, **Incertitude**

**Cube cartographique** : cadre qui organise les cas d'utilisation des cartes selon trois axes : les utilisateurs de la carte, les tâches d'utilisation de la carte et l'interactivité de la carte ([section 4.1](#), p. 90-91)

**Culture visuelle** : artefacts culturels visuels qui reflètent les intérêts et les valeurs de l'humanité, la mettent face à ses échecs et à ses préjugés, et révèlent des alternatives et des possibilités ([section 2.14](#), p. 50-51)

**Déficiência visuelle** : limitations des capacités visuelles, notamment chez les personnes malvoyantes ou les personnes nécessitant une correction de la vue, les personnes daltoniennes ou les personnes non voyantes ([section 4.2](#), p. 92-93)

**Défilement** : progression interactive à travers un ensemble ordonné de cartes, comme dans une animation ([section 4.4](#), p. 96-97); voir également **Opérateur d'interaction**

**Déplacement** : ajustement de la localisation d'un élément pour éviter la coalescence avec des éléments adjacents ([section 2.7](#), p. 36-37); voir également **Opérateur de généralisation**

**Diagramme** : représentation d'attributs non géographiques et de modèles de données temporelles ([section 3.10](#), p. 76-77); également appelé **Graphique**

**Diagramme à bulles** : variante du diagramme de dispersion qui représente un troisième attribut en redimensionnant les points ([section 3.13](#), p. 82-83)

**Diagramme circulaire** : diagramme comparatif montrant les proportions relatives comme des morceaux d'un cercle ([section 3.12](#), p. 80-81)

**Diagramme de coordonnées parallèles** : diagramme à plusieurs variables qui étend la métaphore spatiale d'un diagramme de dispersion pour aligner trois cadres de coordonnées ou plus dans une disposition linéaire plutôt qu'orthogonale (angle droit) ([section 3.13](#), p. 82-83)

**Diagramme de dispersion** : diagramme à deux variables représentant des éléments de données sous la forme de coordonnées de points dans un espace statistique bidimensionnel ([section 3.13](#), p. 82-83)

**Diagramme de flux** : diagramme temporel qui redimensionne les lignes conceptuelles ou « flux », l'épaisseur de la ligne codant la valeur des données à un moment ou à un intervalle donné ([section 3.14](#), p. 84-85)

- **diagramme de flux trié** : variante du diagramme de flux qui réorganise les lignes verticalement à travers le diagramme de sorte que la plus grande valeur se trouve toujours en haut du diagramme

**Diagramme de flux trié** : voir **Diagramme de flux** ([section 3.14](#), p. 84-85)

**Diagramme de pente** : diagramme par paires ou temporel qui modifie le diagramme en haltères pour inclure un repère visuel d'orientation émergent, suggérant une augmentation ou une diminution au lieu d'une différence ([section 3.12](#), p. 80-81)

**Diagramme d'unités** : variante du diagramme en barres ou de l'histogramme qui ajoute comme embellissement graphique une grille régulière pour permettre le comptage des fréquences exactes et faciliter la comparaison de barres distantes ([section 3.11](#), p. 78-79)

**Diagramme d'unités figuratif** : variante du diagramme d'unités qui modifie la grille régulière du diagramme d'unités en empilant des symboles ([section 3.11](#), p. 78-79)

**Diagramme en aires empilées** : variante du diagramme linéaire qui superpose des quantités pour les combiner au total général ([section 3.14](#), p. 84-85)

**Diagramme en anneau** : diagramme circulaire modifié dont le centre est supprimé et qui met l'accent sur la taille relative du morceau plutôt que sur la forme des sous-divisions ([section 3.12](#), p. 80-81)

**Diagramme en barres** : diagramme à une seule variable utilisant des barres rectangulaires pour représenter la distribution d'un attribut dans différentes catégories nominales ([section 3.11](#), p. 78-79)

**Diagramme en barres empilées** : variante comparative du diagramme en barres qui divise un diagramme en barres pour montrer les contributions relatives des sous-catégories au total ([section 3.12](#), p. 80-81)

**Diagramme en colonnes** : diagramme en barres orienté verticalement ([section 3.11](#), p. 78-79); voir également **Diagramme en barres**

**Diagramme en étoile** : voir **Diagramme en radar** ([section 3.13](#), p. 82-83)

**Diagramme en gaufre** : diagramme comparatif qui remplit une grille de dix cases sur dix, chaque case représentant un pour cent ([section 3.12](#), p. 80-81)

**Diagramme en haltères** : diagramme par paires ou temporel représentant deux sous-catégories ou dates sous la forme d'un intervalle de taille unique ([section 3.12](#), p. 80-81)

**Diagramme en radar** : diagramme à plusieurs variables qui dispose trois coordonnées ou plus de manière circulaire plutôt que linéaire dans le diagramme de coordonnées parallèles, avec une base commune ou une coordonnée zéro ([section 3.13](#), p. 82-83); également appelé **Diagramme en étoile**

**Diagramme en sucettes** : variante du diagramme en barres ou de l'histogramme qui utilise une ligne plus fine terminée par un symbole de point à la valeur de la donnée, ce qui occupe moins d'espace dans la disposition ([section 3.11](#), p. 78-79)

**Diagramme linéaire** : diagramme temporel qui tisse un tracé linéaire à travers plusieurs dates ou périodes d'un même attribut ([section 3.14](#), p. 84-85)

**Diagramme Marimekko** : une variante du diagramme en barres empilées qui normalise la largeur des barres pour comparer à la fois les pourcentages relatifs et les totaux absolus ([section 3.12](#), p. 80-81)

**Diaporama dynamique** : genre de mise en récit visuelle qui impose une continuité dans l'ordre des diapositives ([section 4.7](#), p. 102-103); voir également **Genre de mise en récit visuelle**

**Dimensionnalité** : nombre minimum de coordonnées nécessaires pour spécifier la localisation d'un objet ([section 2.8](#), p. 38-39)

**Disposition** : emplacement des éléments de la carte sur la page ou l'écran de la carte ([section 2.13](#), p. 48-49)

**Données de ratio** : voir **Niveau de mesure** ([section 1.4](#), p. 8-9)

**Données d'intervalle** : voir **Niveau de mesure** ([section 1.4](#), p. 8-9)

**Données géospatiales** : données décrivant des aspects de l'environnement naturel et bâti avec les composantes de localisation, d'attribut(s) et de temps ([section 1.2](#), p. 4-5)

- **données géographiques d'exclusion** : données qui définissent les endroits où le phénomène cartographié ne peut pas exister
- **données géographiques d'inclusion** : données qui définissent les endroits où le phénomène cartographié peut exister, souvent en quantités différentes

**Données géospatiales d'exclusion** : voir **Données géospatiales** ([section 3.5](#), p. 66-67)

**Données géospatiales d'inclusion** : voir **Données géospatiales** ([section 3.5](#), p. 66-67)

**Données manquantes** : absence d'une valeur attributaire pour une localisation et une année données ([section 2.15](#), p. 52-53)

**Données nominales** : voir **Niveau de mesure** ([section 1.4](#), p. 8-9); également appelées **Données qualitatives**

**Données numériques** : données d'intervalle et de ratio ensemble ([section 1.4](#), p. 8-9); voir également **Données quantitatives**

**Données ordinales** : voir **Niveau de mesure** ([section 1.4](#), p. 8-9)

**Données qualitatives** : voir **Données nominales** ([section 1.4](#), p. 8-9)

**Données quantitatives** : voir **Données numériques** ([section 1.4](#), p. 8-9)

**Double page** : disposition sur deux pages pour l'impression destinée à être pliée ([section 4.11](#), p. 110-111)

**Échelle** : voir **Échelle cartographique** ([section 2.6](#), p. 34-35), **Échelle géographique** ([section 1.8](#), p. 16-17)

**Échelle cartographique** : rapport entre une distance représentée sur une carte et la distance correspondante dans le monde réel ([section 2.6](#), p. 34-35)

- **grande échelle cartographique** : fraction représentative qui résulte en un nombre décimal relativement plus grand, ce qui donne une carte représentant un phénomène à petite échelle géographique
- **petite échelle cartographique** : fraction représentative qui résulte en un petit nombre décimal, ce qui donne une carte représentant un phénomène à grande échelle géographique

**Échelle géographique** : taille et étendue d'un phénomène géographique ([section 1.8](#), p. 16-17)

- **grande échelle géographique** : phénomène géographique de niveau national avec des détails plus grossiers
- **petite échelle géographique** : phénomène géographique de niveau local avec des détails plus fins

**Échelle temporelle** : rapport entre le temps d'affichage et le temps réel ([section 4.8](#), p. 104-105)

**Efficiencia** : vitesse à laquelle un utilisateur peut accomplir les tâches souhaitées avec la carte après avoir appris à l'utiliser ([section 4.12](#), p. 112-113); voir également **Utilisabilité**

**Élément cartographique** : élément placé sur la page de la carte, tel que le titre, la légende, les indications d'échelle et de nord, la carte elle-même et d'autres textes et annotations ([section 2.13](#), p. 48-49)

**Endonyme** : toponyme provenant du lieu nommé ([section 2.12](#), p. 46-47)

**Énoncé verbal** : indication en langage clair de l'échelle cartographique qui rend la relation conceptuellement plus facile à comprendre ([section 2.6](#), p. 34-35)

**Environnement** : support et cadre dans lesquels la carte est utilisée ([section 2.1](#), p. 24-25)

**Équateur** : référence zéro pour les notations nord-sud de la latitude ([section 2.5](#), p. 32-33)

**Espace négatif** : espace inutilisé de la page créé par la forme de la zone cartographiée et les espaces entre les autres éléments cartographiques ([section 2.13](#), p. 48-49)

**Étiquette** : texte de la carte ([section 2.11](#), p. 44-45)

**Étude d'avant-projet** : voir **Conception** ([section 4.12](#), p. 112-113); voir également **Conception centrée sur l'utilisateur**

**Évaluation des besoins** : étude des besoins de l'utilisateur au début de la conception centrée sur l'utilisateur afin d'établir le profil des utilisateurs prévus et les scénarios de cas d'utilisation ([section 4.12](#), p. 90-91); voir également **Conception centrée sur l'utilisateur**

**Exactitude** : exactitude des données ([section 2.15](#), p. 52-53); voir également **Incertitude**

**Exagération** : amplification d'une partie de l'élément cartographique pour en souligner un aspect caractéristique lors d'un changement d'échelle cartographique ([section 2.7](#), p. 36-37); voir également **Opérateur de généralisation**



**Exhaustivité** : quantité de valeurs de données manquantes ([section 2.15](#), p. 52-53); voir également **Fiabilité**, **Incertitude**

**Exigences fonctionnelles** : éléments cartographiques prévus, ventilés par ensembles de données, techniques de représentation et opérateurs d'interaction ([section 4.12](#), p. 112-113)

**Exigences non fonctionnelles** : considérations relatives aux cartes autres que les ensembles de données, les techniques de représentation et les opérateurs d'interaction, ce qui inclut l'utilisabilité et l'accessibilité ([section 4.12](#), p. 112-113)

**Exonyme** : toponyme provenant de l'extérieur du lieu nommé ([section 2.12](#), p. 46-47)

**Expérience de l'utilisateur** : processus qui conduit à un résultat réussi et satisfaisant pour l'utilisateur de la carte ([section 4.12](#), p. 112-113)

**Expérience visuelle multimédia** : genre de mise en récit visuelle qui assure la continuité par des balises d'ancrage et des hyperliens ([section 4.7](#), p. 102-103); voir également **Genre de mise en récit visuelle**

**Exploration** : utilisation spécialisée de cartes et de diagrammes interactifs pour générer des connaissances jusqu'alors inconnues sur des phénomènes et des processus géographiques ([section 4.10](#), p. 108-109); voir également **Cube cartographique**

**Exposition** : début du récit en trois actes contenant le contexte général tel que le cadre et les personnages centraux ([section 4.7](#), p. 102-103); voir également **Récit en trois actes**

**Facilité d'apprentissage** : facilité avec laquelle une carte est utilisée pour la première fois ([section 4.12](#), p. 112-113); voir également **Utilisabilité**

**Facilité de mémorisation** : vitesse à laquelle les utilisateurs peuvent retrouver la maîtrise de la carte après une période prolongée sans utilisation ([section 4.12](#), p. 112-113); voir également **Utilisabilité**

**Facteur de forme** : dimensions horizontales par rapport aux dimensions verticales de la page (par exemple, portrait par rapport à paysage) ([section 2.13](#), p. 48-49)

**Fiabilité** : confiance dans les données ([section 2.15](#), p. 52-53); voir également **Incertitude**

**Figure** : éléments de la carte qui passent au premier plan dans la hiérarchie visuelle ([section 2.13](#), p. 48-49)

**Filtrer** : réduction interactive des éléments cartographiques représentés en fonction de critères donnés ([section 4.4](#), p. 96-97); voir également **Opérateur d'interaction**

**Fond** : éléments de la carte qui passent à l'arrière-plan dans la hiérarchie visuelle ([section 2.13](#), p. 48-49)

**Forme** : 1. aspects variables du tracé géospatial, y compris les détails généralisés et l'épaisseur des traits, le style des extrémités et des angles, et l'éffilement ([section 2.14](#), p. 50-51); voir également **Style visuel**; 2. forme extérieure du symbole ([section 2.9](#), p. 40-41); voir également **Variable visuelle**

**Fraction représentative** : indication numérique de l'échelle cartographique comprenant la fraction entre les mesures sur la carte et celles dans le monde réel ([section 2.6](#), p. 34-35)

**Fracture numérique** : fossé entre ceux qui ont accès à Internet et à la technologie informatique sous-jacente et ceux qui n'y ont pas accès ([section 4.5](#), p. 98-99)

**Fréquence d'erreurs** : nombre d'erreurs commises par les utilisateurs avec une carte ([section 4.12](#), p. 112-113); voir également **Utilisabilité**

**Fusion** : combinaison de plusieurs éléments en un seul qui n'affecte pas la dimensionnalité ([section 2.8](#), p. 38-39); voir également **Opérateur de généralisation**

**Généralisation** : processus de suppression notable de détails de la carte pour soutenir l'objectif, le public et l'environnement d'utilisation de la carte ([section 2.7](#), p. 36-37)

**Genre de mise en récit visuelle** : catégorie d'histoires visuelles, caractérisée par une manière spécifique d'assurer la continuité à travers un arc narratif ([section 4.7](#), p. 102-103)

**Global Positioning System (GPS)** : soit système mondial de localisation, système de navigation géospatial utilisant des signaux satellites pour capturer des informations de localisation en trois dimensions sur la surface de la Terre ([section 4.6](#), p. 100-101)

**Gouttière** : espace dans la disposition ([section 4.11](#), p. 110-111)

**Graduation des plages** : classification des symboles proportionnels, la carte résultante étant décrite comme une carte à symboles gradués ([section 3.4](#), p. 64-65); voir **Carte à symboles gradués**

**Grande échelle cartographique** : voir **Échelle cartographique** ([section 2.6](#), p. 34-35)

**Grande échelle géographique** : voir **Échelle géographique** ([section 1.8](#), p. 16-17)

**Graphique** : voir **Diagramme** ([section 3.10](#), p. 76-77)

**Graticule** : réseau projeté de parallèles et de méridiens ajouté à la carte ([section 1.2](#), p. 4-5); voir également **Coordonnées géographiques**

**Gratuit** : produits en libre accès et disponibles sans frais ([section 4.13](#), p. 114-115)

**Grille** : réseau de colonnes et/ou de lignes régulières permettant d'organiser la page ([section 4.11](#), p. 110-111)

**Groupe de travail sur l'information géospatiale** : sous-groupe du Groupe d'experts des Nations Unies et de l'extérieur chargé des indicateurs relatifs aux objectifs de développement durable qui l'informe sur la façon dont les données géospatiales peuvent contribuer au développement des indicateurs de suivi des objectifs de développement durable et améliorer les rapports nationaux et sous-nationaux ([section 1.1](#), p. 2-3)

**Groupe d'experts des Nations Unies et de l'extérieur chargé des indicateurs relatifs aux objectifs de développement durable** : groupe créé par l'ONU pour unir la communauté mondiale afin de développer et de mettre en œuvre le cadre mondial d'indicateurs ([section 1.1](#), p. 2-3)

**Groupe d'experts des Nations Unies pour les noms géographiques** : groupe qui aide les efforts nationaux en matière de noms de lieux et qui facilite le débat autour des pratiques exemplaires en matière de toponymie ([section 2.12](#), p. 46-47)

**Hiérarchie visuelle** : ordre dans lequel les éléments de la carte sont perçus visuellement ([section 2.13](#), p. 48-49)

**Histogramme** : diagramme à une seule variable qui répartit les données numériques en classes mutuellement exclusives et exhaustives ([section 3.11](#), p. 78-79)

**Histoire visuelle statique** : genre de mise en récit visuelle qui assure la continuité par le cloisonnement et l'annotation de la page ([section 4.7](#), p. 102-103); voir également **Genre de mise en récit visuelle**

**Hypertext Markup Language (HTML)** : soit langage de balisage hypertexte, norme Web ouverte utilisée pour structurer le contenu d'un document Web ([section 4.5](#), p. 98-99)

**Icône** : symbole cartographique qui ressemble à des caractéristiques visuelles importantes associées à la catégorie cartographiée ([section 3.2](#), p. 60-61)

**Image** : instance visuelle unique dans une séquence d'animation ([section 4.8](#), p. 104-105)

**Incertitude** : écart entre la réalité représentée sur la carte et la compréhension que le public en tire ([section 2.15](#), p. 52-53)

**Indicateur** : ensemble de données utilisées pour mesurer et suivre les progrès accomplis vers chaque cible, pour appuyer les politiques et pour garantir l'application du principe de responsabilité pour toutes les parties prenantes, 231 au total en avril 2020 ([section 1.1](#), p. 2-3); voir également **Cadre mondial d'indicateurs**

**Indice** : attribut relatif créé à partir de plusieurs valeurs appartenant à plusieurs attributs à l'aide d'une formule ([section 1.4](#), p. 8-9)

**Indice visuel** : signal visuel à l'intention de l'utilisateur sur la manière d'interagir avec les commandes fournies ([section 4.3](#), p. 94-95)

**Infographie longue** : genre de mise en récit visuelle qui assure la continuité par la lecture verticale et le défilement du navigateur ([section 4.7](#), p. 102-103); voir également **Genre de mise en récit visuelle**

**Interaction** : conversation ou série de séquences de questions-réponses entre l'utilisateur et la carte, animée par une technologie informatique numérique ([section 4.3](#), p. 94-95)

**Interdépendance** : dépendance des données envers la qualité d'autres ensembles de données ([section 2.15](#), p. 52-53); voir également **Fiabilité**, **Incertitude**

**Interface** : outil numérique utilisé pour manipuler des éléments à l'écran ([section 4.3](#), p. 94-95)

**Internet** : série de réseaux informatiques interconnectés qui facilitent le transfert de fichiers ([section 4.5](#), p. 98-99)

**Interruption** : tranche dans la projection visant à réduire les distorsions locales dans chaque lobe cartographique résultant ([section 2.5](#), p. 32-33); voir également **Projection**

**Interruption de classe** : point de division entre les classes dans un système de classification ([section 1.9](#), p. 18-19)

**JavaScript** : langage de script utilisé pour ajouter des comportements interactifs aux éléments d'un document Web ([section 4.5](#), p. 98-99)

**JavaScript Object Notation (JSON)** : soit notation objet issue de JavaScript, format de fichier Web ouvert dont GeoJSON et TopoJSON sont des variantes pour données géospatiales ([section 4.5](#), p. 98-99)

**Latitude** : emplacement mesuré en degrés au nord et au sud de l'équateur ([section 1.2](#), p. 4-5); voir également **Coordonnées géographiques**

**Légende** : description de chaque type de symbole inclus sur la carte ([section 3.6](#), p. 68-69)

**Libre** : produits en libre accès, libres d'utilisation, de modification et de redistribution ([section 4.13](#), p. 114-115)

**Libre accès** : produits qui sont librement disponibles et que chacun peut utiliser ou modifier ([section 4.13](#), p. 114-115)

**Lignage** : processus de transformation des données ([section 2.15](#), p. 52-53); voir également **Fiabilité**, **Incertitude**

**Ligne** : ensemble non fermé de nœuds et d'arcs dans un modèle de données vectorielles ([section 1.3](#), p. 6-7)

**Ligne standard** : ligne dans une projection où la surface de la carte et le globe se touchent ou se croisent en théorie et, par conséquent, une ligne sur la carte du projet où l'échelle géographique est précise ([section 2.4](#), p. 30-31)

**Lissage** : suppression des petites variations en dents de scie dans les nœuds et les arcs ([section 2.7](#), p. 36-37); voir également **Opérateur de généralisation**

**Localisation** : 1. lieu d'origine des données géospatiales ([section 1.3](#), p. 6-7); 2. position du symbole sur la page ([section 2.9](#), p. 40-41); voir également **Données géospatiales**, **Variable visuelle**

- **localisation absolue** : coordonnées spatiales dans un système de référence prédéfini
- **localisation relative** : directions à partir d'un point de repère arbitraire ou d'un autre emplacement

**Localisation absolue** : voir **Localisation** ([section 1.3](#), p. 6-7)

**Localisation relative** : voir **Localisation** ([section 1.3](#), p. 6-7)

**Logiciel libre et ouvert** : mouvement à l'origine des normes Web ouvertes et des bibliothèques populaires de cartographie Web afin de démocratiser la collecte et la distribution des données, d'améliorer l'accès aux technologies numériques, de promouvoir la production et le partage des connaissances et d'encourager une gouvernance transparente pour renforcer l'application du principe de responsabilité, le tout dans le but ultime de remédier aux inégalités persistantes au sein de la société ([section 4.13](#), p. 114-115)

**Longitude** : emplacement mesuré en degrés à l'est et à l'ouest du premier méridien ([section 1.2](#), p. 4-5); voir également **Coordonnées géographiques**

**Manipulation directe** : style d'interface visuelle permettant d'explorer, de faire glisser ou d'ajuster des illustrations en cliquant (pour les appareils non mobiles) ou en appuyant (pour les appareils mobiles) ([section 4.3](#), p. 94-95)

**Médiane** : observation du milieu lorsque les données sont ordonnées ([section 3.2](#), p. 60-61)

**Menu de sélection** : style d'interface visuelle permettant de sélectionner une ou plusieurs options dans une liste visuelle ([section 4.3](#), p. 94-95)

**Méridien** : ligne de longitude égale, produite par un plan passant par les pôles Nord et Sud ([section 1.2](#), p. 4-5)

- **méridien central** : longitude le long de laquelle la surface de la carte d'une projection est centrée
- **méridien origine** : référence zéro à Greenwich (Royaume-Uni) pour les notations est-ouest de la longitude

**Méridien central** : voir **Méridien** ([section 2.5](#), p. 32-33); voir également **Projection**

**Méridien origine** : voir **Méridien** ([section 2.5](#), p. 32-33)

**Métaphore visuelle** : représentation visuelle évoquant les caractéristiques du phénomène cartographié qui ne sont pas explicitement exprimées dans les données ([section 3.1](#), p. 58-59)

**Mise à l'échelle mathématique** : mise à l'échelle des symboles proportionnels reliant directement la surface du symbole à sa valeur attributaire ([section 3.4](#), p. 64-65)

**Mise à l'échelle perceptive** : mise à l'échelle des symboles proportionnels qui tient compte de la sous-estimation systématique des dimensions 2D et 3D lorsque les symboles deviennent plus grands ([section 3.4](#), p. 64-65)

**Mise en récit** : méthode pour documenter ou expliquer une séquence d'événements ([section 4.7](#), p. 102-103)

- **mise en récit visuelle** : histoire relatée par des cartes, des diagrammes, des images et des vidéos, ainsi que par d'autres formes de mise en récit orale, écrite et audio

**Mise en récit visuelle** : voir **Mise en récit** ([section 4.7](#), p. 102-103)

**Mode** : la valeur la plus courante ([section 3.2](#), p. 60-61)

**Modèle de données vectorielles** : modèle de données décrivant des lieux sous la forme de nœuds comprenant des coordonnées par paires (X,Y) et des arcs reliant les nœuds pour former des points, des lignes, des polygones et des volumes ([section 1.3](#), p. 6-7)

**Moyenne** : somme de toutes les valeurs divisée par le nombre total d'observations ([section 3.2](#), p. 60-61)

**Narration** : structure et présentation du contenu d'une histoire qui en façonnent le sens ([section 4.7](#), p. 102-103)

**Netteté** : netteté des bords des symboles ([section 2.9](#), p. 40-41); voir également **Variable visuelle**

**Niveaux de mesure** : échelles de données sur lesquelles les attributs sont collectés ou transformés ([section 1.4](#), p. 8-9)

- **données de ratio** : données attributaires qui sont des valeurs quantitatives avec un zéro fixe
- **données d'intervalle** : données attributaires qui sont quantitatives, mais dont la valeur zéro est arbitraire et limite donc l'estimation des magnitudes relatives
- **données nominales** : données attributaires qui sont des catégories non classées
- **données ordinales** : données attributaires non numériques et classées

**Normalisation** : conversion d'attributs absolus en attributs relatifs pour masquer la confidentialité des données au niveau individuel et pour assurer la comparabilité visuelle des données énumérées dans des unités de dénombrement dont la disposition, la forme et la taille varient ([section 1.4](#), p. 8-9); voir également **Transformation des données**

**Norme M49** : ensemble mondial à plusieurs niveaux de groupements de régions, sous-régions et régions intermédiaires identifiés par les codes M49 ([section 1.3](#), p. 6-7); également appelée **Codes standard des pays et des zones à usage statistique**

**Numérosité** : variable visuelle composite comprenant l'arrangement et la taille ([section 3.1](#), p. 58-59)

**Objectif** : un des 17 défis les plus pressants pour un monde durable ([section 1.1](#), p. 2-3); voir également **Cadre mondial d'indicateurs**

**Objectifs de développement durable** : plan directeur général visant à assurer un avenir meilleur et plus durable pour tous et à relever les défis mondiaux, adopté en 2015 par les États Membres de l'Organisation des Nations Unies ([section 1.1](#), p. 2-3); également appelé **Programme de développement durable à l'horizon 2030**

**Opérateur de généralisation** : modification générique de la conception d'une carte en vue d'en réduire la complexité et d'en maintenir la lisibilité lors d'un changement d'échelle cartographique ([section 2.7](#), p. 36-37)

**Opérateur d'interaction** : fonctionnalité interactive générique qui permet aux utilisateurs de manipuler l'affichage de la carte ([section 4.4](#), p. 96-97)

**Optimisation** : ajout d'embellissements de symboles autour ou à l'intérieur de symboles existants pour maintenir ou clarifier les relations entre les symboles ([section 2.7](#), p. 36-37); voir également **Opérateur de généralisation**

**Organiser** : modification interactive de la disposition des cartes et des diagrammes ([section 4.4](#), p. 96-97); voir également **Opérateur d'interaction**

**Orientation** : rotation du symbole ([section 2.9](#), p. 40-41); voir également **Variable visuelle**

**Parallèle** : ligne de latitude égale, produite par un plan qui découpe le globe parallèlement à l'équateur ([section 1.2](#), p. 4-5)

**Pays M49** : entité politique et territoriale souveraine reconnue dans la norme M49 ([section 1.3](#), p. 6-7); voir également **Norme M49**

**Petite échelle cartographique** : voir **Échelle cartographique** ([section 2.6](#), p. 34-35)

**Petite échelle géographique** : voir **Échelle géographique** ([section 1.8](#), p. 16-17)

**Pile Web** : compilation de multiples outils et techniques Web spécialisés pour le développement et l'hébergement de cartes Web ([section 4.5](#), p. 98-99)

**Plan de projet** : série d'étapes à réaliser depuis la conceptualisation jusqu'à la livraison finale pendant le processus de conception cartographique ([section 2.2](#), p. 26-27)

**Point** : nœud unique dans un modèle de données vectorielles ([section 1.3](#), p. 6-7)

**Point d'entrée** : premier clic ou première pression à l'entrée d'une carte interactive ([section 4.3](#), p. 94-95)

**Point standard** : point dans la projection où la surface de la carte et le globe se touchent en théorie, qui n'existe que sur les projections planes tangentes ([section 2.4](#), p. 30-31)

**Police de caractères à empattement** : police de caractères avec empattement qui imite l'écriture manuscrite et évoque les bords irréguliers de l'environnement naturel ([section 2.11](#), p. 44-45)

**Police de caractères sans empattement** : police de caractères sans empattement qui évoque les lignes épurées de l'environnement bâti ([section 2.11](#), p. 44-45)

**Polygone** : ensemble fermé de nœuds et d'arcs dans un modèle de données vectorielles ([section 1.3](#), p. 6-7)

**Précision** : exactitude des données ([section 2.15](#), p. 52-53); voir également **Incertitude**

**Présentation** : communication visuelle efficace et efficiente du cartographe à un public plus large en suivant les recommandations de conception cartographique, résultant en une carte unique ([section 4.10](#), p. 108-109); voir également **Cube cartographique**

**Problème des unités spatiales modifiables** : problème de cartographie dans lequel les mêmes données au niveau individuel, lorsqu'elles sont énumérées selon différents ensembles de limites polygonales, produisent des modèles visuels différents sur la carte ([section 1.8](#), p. 16-17)

**Programme de développement durable à l'horizon 2030** : voir **Objectifs de développement durable** ([section 1.1](#), p. 2-3)

**Projection** : processus de transfert de données géospatiales d'un modèle tridimensionnel de la Terre à une carte bidimensionnelle ou « plate » ([section 2.4](#), p. 30-31)

- **projection azimutale** : projection qui préserve les directions d'un point unique vers tous les autres points de la carte
- **projection conforme** : projection qui préserve les relations angulaires en des points locaux, en déformant les zones à des échelles cartographiques plus petites
- **projection conique** : projection qui enroule la surface de la carte autour d'un hémisphère du globe, ce qui donne un graticule semi-circulaire
- **projection cylindrique** : projection qui enroule complètement la surface de la carte autour du globe, la surface déroulée donnant un graticule rectangulaire
- **projection de compromis** : projection qui équilibre la distorsion entre toutes les propriétés de la carte
- **projection équidistante** : projection qui préserve la distance entre un ou deux endroits spécifiques et tous les autres endroits de la carte
- **projection équivalente** : projection qui préserve les surfaces relatives des polygones, ce qui entraîne souvent une forte distorsion des formes
- **projection plane** : projection qui place la surface de la carte sur le globe, ce qui donne un graticule circulaire
- **projection sécante** : projection qui découpe le globe avec la surface de la carte, produisant deux lignes standard pour les projections coniques et cylindriques et une ligne standard pour les projections planes
- **projection tangente** : projection qui touche la surface de la carte au globe, produisant une ligne standard pour les projections coniques et cylindriques et un point standard pour les projections planes

**Projection azimutale** : voir **Projection** ([section 2.4](#), p. 30-31)

**Projection conforme** : voir **Projection** ([section 2.4](#), p. 30-31)

**Projection conique** : voir **Projection** ([section 2.4](#), p. 30-31)

**Projection cylindrique** : voir **Projection** ([section 2.4](#), p. 30-31)

**Projection de compromis** : voir **Projection** ([section 2.4](#), p. 30-31)

**Projection équidistante** : voir **Projection** ([section 2.4](#), p. 30-31)

**Projection équivalente** : voir **Projection** ([section 2.4](#), p. 30-31)

**Projection plane** : voir **Projection** ([section 2.4](#), p. 30-31)

**Projection sécante** : voir **Projection** ([section 2.5](#), p. 32-33)

**Projection tangente** : voir **Projection** ([section 2.5](#), p. 32-33)

**Proportion** : attribut relatif créé à partir de deux valeurs appartenant au même attribut ([section 1.4](#), p. 8-9)

**Prototypage** : traduction des exigences fonctionnelles en une validation de principe approximative qui propose d'autres conceptions visuelles ([section 4.12](#), p. 112-113); voir également **Conception centrée sur l'utilisateur**

**Public** : utilisateurs visés par la carte ([section 2.1](#), p. 24-25; [section 4.1](#), p. 90-91)

**Rechercher** : identification interactive d'éléments cartographiques spécifiques présentant un intérêt ([section 4.4](#), p. 96-97); voir également **Opérateur d'interaction**

**Récit** : informations sur des événements, des lieux et des personnes spécifiques combinées dans un récit ([section 4.7](#), p. 102-103)

- **récit en trois actes** : arc narratif présenté en trois parties comprenant l'exposition, la confrontation et la résolution

**Récit en trois actes** : voir **Narration** ([section 4.7](#), p. 102-103)

**Récupérer** : acquisition interactive de détails supplémentaires à la demande pour des éléments cartographiques spécifiques ([section 4.4](#), p. 96-97); voir également **Opérateur d'interaction**

**Réduction** : diminution de la dimensionnalité ([section 2.8](#), p. 38-39); voir également **Opérateur de généralisation**

**Réexprimer** : changement interactif vers un autre type de carte thématique ou de diagramme utilisant les mêmes données ([section 4.4](#), p. 96-97); voir également **Opérateur d'interaction**

**Région intermédiaire M49** : division d'une sous-région dans la norme M49 à des fins statistiques ([section 1.3](#), p. 6-7); voir également **Norme M49**

**Région M49** : grande région continentale de la norme M49 ([section 1.3](#), p. 6-7); voir également **Norme M49**

**Représentation** : chose (par exemple, une carte ou un diagramme) qui en représente une autre (par exemple, des phénomènes et processus géographiques réels) ([section 2.3](#), p. 28-29)

**Reprise sur erreur** : facilité avec laquelle les utilisateurs corrigent leurs erreurs ([section 4.12](#), p. 112-113); voir également **Utilisabilité**

**Retour visuel** : signaux visuels sur ce qui s'est passé à la suite de l'interaction ([section 4.3](#), p. 94-95)

**Résolution** : 1. niveau de détail du symbole ([section 2.9](#), p. 40-41); 2. fin du récit en trois actes contenant l'enjeu climatique auquel sont confrontés les personnages et une ou plusieurs solutions pour le récit ([section 4.7](#), p. 102-103); voir également **Récit en trois actes**, **Variable visuelle**

**Resymbolisation** : 1. stylisation visuelle d'éléments cartographiques sélectionnés lors d'un changement d'échelle cartographique ([section 2.7](#), p. 36-37); 2. changement interactif des paramètres de conception de la carte, tels que la classification ou le schéma de couleurs ([section 4.4](#), p. 96-97); voir également **Opérateur de généralisation**, **Opérateur d'interaction**

**RVB** : modèle de couleurs additives (rouge, vert et bleu) utilisé pour la conception de cartes et de diagrammes numériques qui émettent de la lumière ([section 2.10](#), p. 42-43)

**Satisfaction subjective** : degré d'appréciation de la carte par les utilisateurs ([section 4.12](#), p. 112-113)

**Saturation de la couleur** : pureté spectrale de la couleur du symbole ([section 2.10](#), p. 42-43); voir également **Variable visuelle**

**Scalable vector graphics (SVG)** : soit graphiques vectoriels adaptables, format d'image ouvert pour dessiner des données vectorielles ([section 4.5](#), p. 98-99)

**Schéma de classification** : ensemble des interruptions de classe et leur logique pour organiser les éléments cartographiques en groupes ([section 1.9](#), p. 18-19)

- **schéma de classification arithmétique** : schéma de classification avec une augmentation ou une diminution des distances entre les interruptions de classe selon une progression régulière
- **schéma de classification géométrique** : variante de la classification arithmétique dans laquelle les distances entre les interruptions de classe augmentent ou diminuent géométriquement (par exemple, en doublant, triplant, etc.)
- **schéma de classification par interruptions optimales** : traitement des classes en groupes, qui minimise les différences au sein de chaque classe et maximise les différences entre les classes
- **schéma de classification par intervalles égaux** : schéma de classification qui place les interruptions de classe à équidistance les unes des autres
- **schéma de classification par moyenne et écart-type** : variante du schéma de classification par intervalles égaux dans lequel l'intervalle égal est exprimé en écarts-types par rapport à la moyenne
- **schéma de classification par quantile** : placement du même nombre d'éléments dans chaque classe

**Schéma de classification arithmétique** : voir **Schéma de classification** ([section 1.9](#), p. 18-19)

**Schéma de classification géométrique** : voir **Schéma de classification** ([section 1.9](#), p. 18-19)

**Schéma de classification par interruptions optimales** : voir **Schéma de classification** ([section 1.9](#), p. 18-19)

**Schéma de classification par intervalles égaux** : voir **Schéma de classification** ([section 1.9](#), p. 18-19)

**Schéma de classification par moyenne et écart-type** : voir **Schéma de classification** ([section 1.9](#), p. 18-19)

**Schéma de classification par quantile** : voir **Schéma de classification** ([section 1.9](#), p. 18-19)

**Schéma de couleurs** : ensemble de symboles de couleurs et leur logique pour représenter des attributs sur des cartes et des diagrammes ([section 2.10](#), p. 42-43)

- **schéma de couleurs divergent** : schéma de couleurs combinant deux schémas séquentiels pour créer une augmentation apparente dans deux directions
- **schéma de couleurs qualitatif** : schéma de couleurs sans ordre apparent
- **schéma de couleurs séquentiel** : schéma de couleurs avec une augmentation apparente de bas en haut
- **schéma de couleurs spectral** : schéma arc-en-ciel de rouge, d'orange, de jaune, de vert, de cyan, de bleu, d'indigo et de violet

**Schéma de couleurs arc-en-ciel** : voir **Schéma de couleurs spectral** ([section 2.10](#), p. 42-43)

**Schéma de couleurs divergent** : voir **Schéma de couleurs** ([section 2.10](#), p. 42-43)

**Schéma de couleurs qualitatif** : voir **Schéma de couleurs** ([section 2.10](#), p. 42-43)

**Schéma de couleurs séquentiel** : voir **Schéma de couleurs** ([section 2.10](#), p. 42-43)

**Schéma de couleurs spectral** : voir **Schéma de couleurs** ([section 2.10](#), p. 42-43); également appelé **Schéma de couleurs arc-en-ciel**

**Se déplacer** : changement interactif du centrage de la projection ([section 4.4](#), p. 96-97); voir également **Opérateur d'interaction**

**Sélection** : maintien ou suppression d'éléments cartographiques ([section 2.1](#), p. 24-25); voir également **Opérateur de généralisation**

**Série chronologique** : données géospatiales concernant le même attribut recueillies de façon récurrente sur une période ou un intervalle de temps régulier ([section 1.5](#), p. 10-11)

**Services de localisation** : services Web qui adaptent les cartes et les informations en fonction de la localisation actuelle de l'utilisateur ([section 4.6](#), p. 100-101)

**Simplification** : réduction du nombre de nœuds qui constituent un élément ([section 2.7](#), p. 36-37); voir également **Opérateur de généralisation**

**Sophisme écologique** : les mêmes données au niveau individuel énumérées à différentes résolutions de limites (c'est-à-dire les échelles géographiques) donnent lieu à des relations statistiques différentes au sein des attributs énumérés ([section 1.8](#), p. 16-17)

**Sous-régions M49** : division d'une région continentale dans la norme M49 à des fins statistiques ([section 1.3](#), p. 6-7); voir également **Norme M49**

**Style visuel** : ensemble cohérent de caractéristiques et de qualités de conception qui renforcent l'objectif de la carte ([section 2.14](#), p. 50-51)

**Subjectivité** : degré d'interprétation humaine pendant le processus de transformation des données ([section 2.15](#), p. 52-53); voir également **Fiabilité**, **Incertitude**

**Sujet** : le qui, quoi, quand et où, ou le contexte spatiotemporel, de la carte ([section 2.1](#), p. 24-25)

**Superposition** : 1. chevauchement d'étiquettes sur des éléments ou d'étiquettes sur d'autres étiquettes ([section 2.11](#), p. 44-45); 2. ajout ou retrait interactif de couches de données au-dessus du fond de carte ou choix de différents fonds de carte ([section 4.4](#), p. 96-97); voir également **Opérateur d'interaction**

**Surface de l'écran** : proportion de l'écran consacrée à la carte, aux commandes de l'interface, etc. ([section 4.3](#), p. 94-95)

**Survол** : animation qui modifie la perspective de la carte ([section 4.8](#), p. 104-105)

**Symbolisation** : codage graphique des données sur une carte ou un diagramme ([section 2.9](#), p. 40-41)

**Synthèse** : combinaison de preuves et de résultats issus de l'exploration et de l'analyse afin d'étayer une présentation ultérieure à des fins de communication visuelle ([section 4.10](#), p. 108-109); voir également **Cube cartographique**

**Tableau de bord** : résumé visuel de données, souvent affiché sous la forme de plusieurs cartes et diagrammes de différents lieux, attributs ou périodes de temps sur un seul écran ([section 4.9](#), p. 106-107)

- **tableau de bord analytique** : tableau de bord contenant des informations détaillées et des fonctionnalités interactives permettant de générer et d'évaluer des informations jusqu'alors inconnues sur des modèles, des tendances et des anomalies dans un ensemble de données
- **tableau de bord opérationnel** : tableau de bord comportant des cartes et des diagrammes relativement simples décrivant des flux de données en temps réel et des alertes lorsque des seuils définis sont dépassés, nécessitant une réponse urgente
- **tableau de bord stratégique** : tableau de bord fournissant une vue d'ensemble des paramètres de données fondamentaux que les responsables politiques et les décideurs doivent mesurer et surveiller

**Tableau de bord analytique** : voir **Tableau de bord** ([section 4.9](#), p. 106-107)

**Tableau de bord opérationnel** : voir **Tableau de bord** ([section 4.9](#), p. 106-107)

**Tableau de bord stratégique** : voir **Tableau de bord** ([section 4.9](#), p. 106-107)

**Taille** : quantité d'espace occupée par le symbole ([section 2.9](#), p. 40-41); voir également **Variable visuelle**

**Taux** : attribut relatif créé à partir de deux valeurs appartenant à deux attributs différents ([section 1.4](#), p. 8-9)

**Technologies côté client** : technologies Web utilisées pour rendre des données, telles que des cartes et des diagrammes, dans le navigateur afin que l'utilisateur puisse les visualiser et les manipuler ([section 4.5](#), p. 98-99)

**Technologies côté serveur** : technologies Web utilisées pour stocker des données, y compris des ensembles de données géospatiales ([section 4.5](#), p. 98-99)

**Teinte de la couleur** : longueur d'onde dominante de la couleur du symbole ([section 2.10](#), p. 42-43); voir également **Variable visuelle**

**Temps : moment** où un événement s'est produit à l'endroit spécifié ou **moment** où les données ont été collectées ([section 1.5](#), p. 10-11); voir également **Données géospatiales**

- **temps absolu** : temps mesuré par des calendriers et des horloges
- **temps cyclique** : séquences d'événements qui se répètent à perpétuité
- **temps linéaire** : événements qui se succèdent de manière régulière sans répétition
- **temps relatif** : événement ou période décrit par rapport à d'autres

**Temps absolu** : voir **Temps** ([section 1.5](#), p. 10-11)

**Temps cyclique** : voir **Temps** ([section 1.5](#), p. 10-11)

**Temps linéaire** : voir **Temps** ([section 1.5](#), p. 10-11)

**Temps relatif** : voir **Temps** ([section 1.5](#), p. 10-11)

**Texture** : grosseur du grain des marques graphiques dans le symbole ([section 2.9](#), p. 40-41); voir également **Style visuel**, **Variable visuelle**

**Toponyme** : nom d'un lieu géographique ([section 2.12](#), p. 46-47)

**Toponymie** : étude des noms de lieux, de leurs origines, de leurs significations et de leurs usages ([section 2.12](#), p. 46-47)

**Transformation des données** : conversion statistique d'un attribut ([section 1.7](#), p. 14-15); voir également **Niveau de mesure**, **Normalisation**

**Transition** : transfert et débogage de la version finale de la carte avec les publics cibles dans l'environnement d'utilisation prévu de la carte ([section 4.12](#), p. 112-113); voir également **Conception centrée sur l'utilisateur**

**Translittération** : conversion des toponymes en langues et alphabets alternatifs pour une identification au niveau mondial ([section 2.12](#), p. 46-47)

**Transparence** : mélange graphique entre les symboles ([section 2.9](#), p. 40-41); voir également **Variable visuelle**

**Typographie** : style et emplacement du texte ([section 2.11](#), p. 44-45); voir également **Style visuel**

**Unité de dénombrement** : espace prédéfini dans lequel un attribut de niveau individuel est agrégé ou compté ([section 1.4](#), p. 8-9)

**Utilité** : utilité du produit, qu'il s'agisse d'une carte ou d'un autre produit, pour l'usage auquel il est destiné ([section 4.12](#), p. 112-113)

**Utilisabilité** : facilité d'utilisation d'un produit, d'une carte ou autre ([section 4.12](#), p. 112-113)

**Utilisateur général** : membre du grand public ([section 4.1](#), p. 90-91); voir également **Cube cartographique**

**Utilisateur spécialisé** : cartographe, statisticien ou toute autre partie prenante ayant une motivation, des compétences et un intérêt pertinents dans le contexte de la cartographie ([section 4.1](#), p. 90-91); voir également **Cube cartographique**

# Glossaire

---

**Valeur de la couleur** : intensité spectrale de la couleur du symbole ([section 2.10](#), p. 42-43); voir également **Variable visuelle**

**Variable de compensation** : attribut qui normalise statistiquement ou visuellement la variable d'intérêt ([section 3.8](#), p. 72-73)

**Variable d'intérêt** : attribut qui est statistiquement ou visuellement normalisé par la variable de compensation ([section 3.8](#), p. 72-73)

**Variable visuelle** : manière dont un symbole peut être modifié pour transmettre de l'information ([section 2.9](#), p. 40-41)

- **variable visuelle non ordonnée** : variable visuelle sans classement apparent, y compris la forme, l'orientation, l'arrangement, la texture et la teinte de la couleur
- **variable visuelle ordonnée** : variable visuelle avec un classement apparent, y compris la valeur de la couleur, la saturation, la transparence, la netteté et la résolution
- **variable visuelle quantitative** : variable visuelle avec une magnitude apparente, y compris l'emplacement et la taille

**Variable visuelle non ordonnée** : voir **Variable visuelle** ([section 2.9](#), p. 40-41)

**Variable visuelle ordonnée** : voir **Variable visuelle** ([section 2.9](#), p. 40-41)

**Variable visuelle quantitative** : voir **Variable visuelle** ([section 2.9](#), p. 40-41)

**Volume** : objet tridimensionnel fermé dans un modèle de données vectorielles ([section 1.3](#), p. 6-7)

**Web** : voir **World Wide Web** ([section 4.5](#), p. 98-99)

**World Wide Web** : documents interconnectés partagés sur Internet et rendus dans un navigateur Web ([section 4.5](#), p. 98-99); également appelé **Web**

**Zéro** : absence d'un phénomène dans une unité de dénombrement ([section 2.15](#), p. 52-53)

**Zone d'agrégation** : disposition et forme des limites polygonales utilisées pour le dénombrement des données au niveau individuel ([section 1.8](#), p. 16-17); voir également **Unité de dénombrement**

**Zoom** : changement interactif de l'échelle cartographique ([section 4.4](#), p. 96-97); voir également **Opérateur d'interaction**



Nations Unies

