

EXPLORATION DE LA DEMOGRAPHIE MONDIALE EN LIGNE

PISON G.(1), MATHIAN H.(2), PLUMEJEAUD C.(3), GENSEL J.(3), INED WEB TEAM G.(1)

(1) Institut national d'études démographiques, PARIS, FRANCE ; (2) UMR 8504 Géographie-cités (CNRS), PARIS, FRANCE ; (3) UMR 5217 LIG (University Joseph Fourier), GRENOBLE - ST MARTIN DHERES, FRANCE

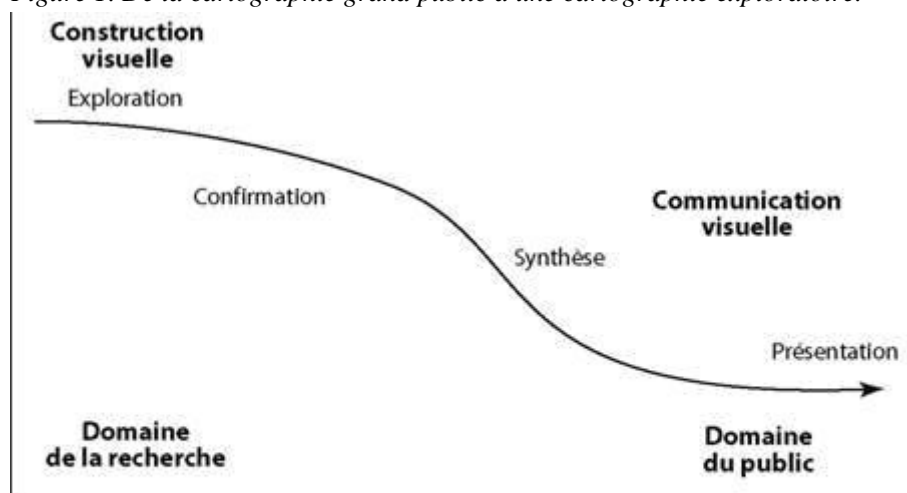
INTRODUCTION

La croissance de la population mondiale pose un défi à l'humanité. Les différences de fécondité et l'accélération des migrations redistribuent la croissance démographique et réorganisent le peuplement humain (Le Bras, 1993 ; Pison, 2009). Pour alimenter le débat public dans ce domaine, l'Institut national d'études démographiques (INED) propose un outil de cartographie interactive de la population accessible en ligne gratuitement sur son site internet (www.ined.fr). Les données, issues des statistiques de la Division de la population des Nations unies (World Population Prospects, the 2008 Revision) (Nations unies, 2009), présentent un ensemble d'indicateurs démographiques mesurés ou estimés annuellement entre 1950 et 2050 au niveau des pays. Cet outil pédagogique est destiné aux enseignants et à leurs élèves, ainsi qu'au grand public, comme ceux précédemment réalisés (www.ined.fr/fr/tout_savoir_population/), mais il intègre la dimension géographique. L'objectif est de donner à voir et à comprendre l'évolution du phénomène démographique à l'échelle mondiale.

OBJECTIF ET MÉTHODOLOGIE

L'objectif de ce travail est de proposer des représentations de l'information statistique démographique permettant différents éclairages des évolutions dans le temps et dans l'espace de variables démographiques : les réorganisations spatiales du peuplement liées aux différentiels de fécondité et aux flux migratoires peuvent être lues au regard de leurs différentes dimensions, à différentes échelles et présentent dans le temps des temporalités différentes. Nous avons pour cela exploité les potentialités des cartographies associant animations et interactivité qui, favorisant l'exploration spatiale et temporelle, conduisent l'utilisateur à construire progressivement son propre questionnement, à en être successivement et itérativement acteur et spectateur. Etant donné le public visé, la difficulté réside ici à équilibrer deux aspects antagonistes de cet objectif : rendre accessible la connaissance à un public jeune de façon simple et pédagogique, tout en proposant des modes de représentation stimulant la réflexion et donc nécessitant d'intégrer une cartographie plus exploratoire (figure 1, Klein et al., 2004, Cauvin, 1996 et DiBiase, 1990)

Figure 1. De la cartographie grand public à une cartographie exploratoire.



C. Cauvin (1996), d'après D. DiBiase (1990)

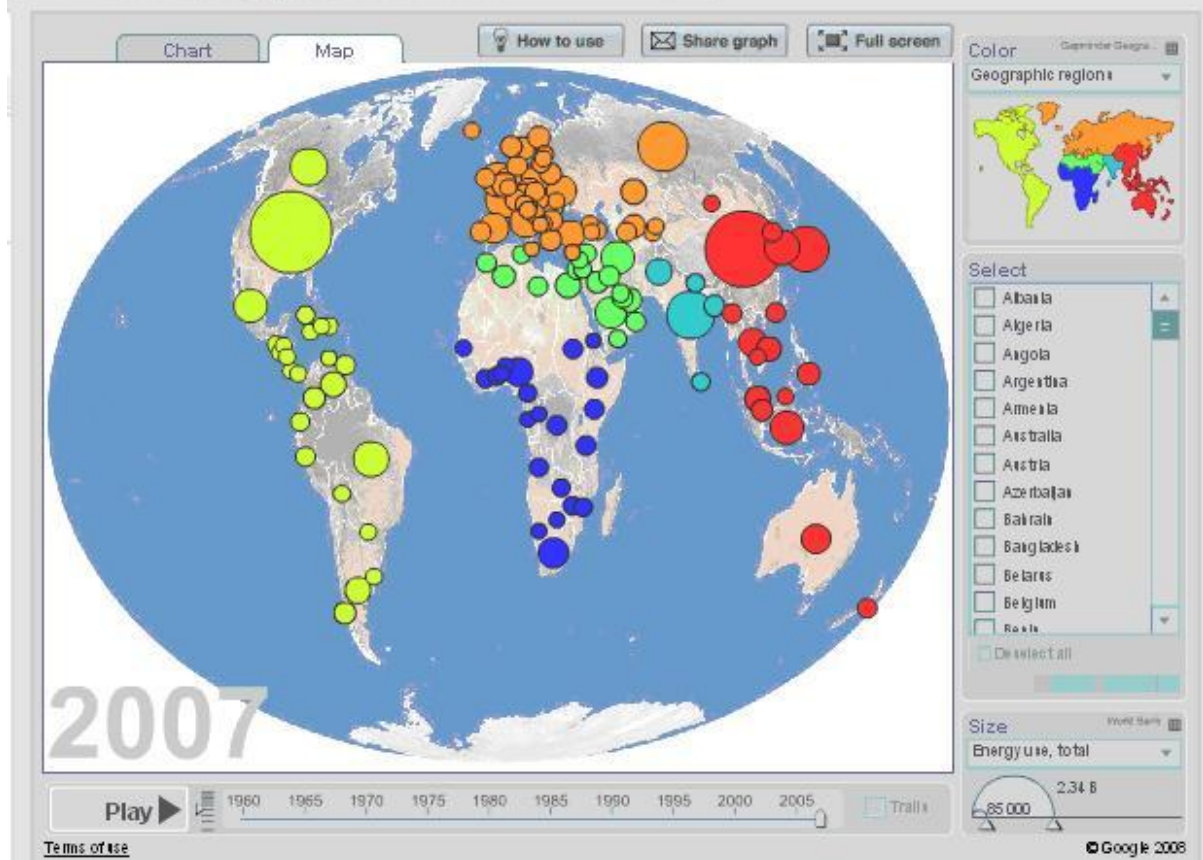
L'application présentée ici se situe dans la lignée des travaux du groupe HyperCarte (Grasland et al., 2005) qui développe des méthodes et outils de représentation s'appuyant sur le postulat qu'il n'existe pas une représentation cartographique unique d'un phénomène social (MacEachren, 1994), mais un très grand nombre, en fonction de la nature intrinsèque de ce phénomène, des hypothèses du concepteur de la carte,

des objectifs, des demandes, des pratiques ou des croyances des utilisateurs finaux de l'information cartographique... L'objectif est donc la *production d'une collection ou atlas de cartes répondant de manière cohérente et complémentaire à une question posée*, qui concerne ici le domaine de la démographie et son évolution dans le monde. Notre positionnement se situe dans le champ développé ces dernières années dans le domaine de la cartographie dynamique et de la géovisualisation et rejoint les formalismes développés à partir du modèle de la triade "Où", "Quoi" et "Quand" (Peuquet 1994), et intégrant une approche fondée sur la classification des différentes formes d'interrogation des séries temporelles (Andrienko & al. 1999, 2001).

Les nouvelles technologies et, en particulier, l'outil cartographique Web, fournissent aujourd'hui les moyens de créer des environnements favorables à de multiples représentations cartographiques (Koben, 2001), (Josselin et Fabrikant, 2003). Sur le Web la cartographie s'est « démocratisée », et des applications d'explorations cartographiques grand public fleurissent. S'inscrivant dans le champ de l'application présentée ici, des environnements tels que Google Public Data Explorer¹ ou GapMinder², dédiés au grand public, offrent des représentations animées statistiques et cartographiques d'indicateurs pour l'ensemble des pays du monde, avec, dans le cas de GapMinder, une orientation vers des usages pédagogiques (Lindgren, the Gapminder Foundation, 2010). Ces environnements proposent des outils d'exploration très simples permettant à l'utilisateur une manipulation et visualisation multiple des données : déroulement dans le temps et sélection de pays. Un jeu de couleurs par continent offre une visualisation à deux niveaux d'échelle : pays et continent. Les cartes n'utilisent que des représentations cartographiques sous formes de cercles proportionnels (figure 2). Tout l'enjeu devient alors d'évaluer les potentialités cognitives de ce type d'environnement pour l'analyse comparative spatiale et temporelle. Par exemple, ne disposant que d'un outil de déroulement temporel, l'utilisateur peut se retrouver rapidement exposé au risque du « changement aveugle » relevé par les cognitiens (Rensik, 2002), qui fait référence au fait qu'il est quasiment impossible de détecter tous les changements intervenus entre deux tableaux représentant la même scène, visualisés par exemple à 5 secondes d'écarts, lorsque de nombreux détails changent, et surtout d'en produire une interprétation synthétique. Ainsi, si le mode de représentation cartographique n'est pas adapté, l'interactivité ne joue plus le rôle de complément utile à l'analyse, permettant par un jeu de défilement et d'arrêts sur image, de distinguer le changement de la permanence, de différencier des « patrons » d'évolutions (Andrienko et al, 1999).

Figure 2. Un aperçu Gapminder World

GAPMINDER WORLD



La démarche que nous avons suivie lors de la conception de l'application présentée ici, est de produire plusieurs représentations de l'évolution de caractéristiques démographiques, en proposant un cadre d'exploration spatio-temporelle guidant l'utilisateur pour l'évaluation des ressemblances ou, au contraire, des différenciations dans les évolutions entre les pays. Nous nous situons dans une démarche d'analyse spatiale, et donnons les moyens aux utilisateurs de questionner les proximités démographiques entre les lieux géographiquement proches, les conduisant ainsi à penser l'espace comme un support continu d'interactions, aux portées variables, pouvant être explorées localement ou globalement. Nous avons décidé d'employer des moyens simples afin d'une part, qu'ils puissent être intégrés dans une interface Web, et d'autre part qu'ils puissent être accessibles directement à un public jeune et/ou non spécialiste. Notre démarche peut être rapprochée de celle adoptée par l'environnement OECD eXplorer³ mis à disposition par l'OCDE. Cet environnement propose une interface extrêmement complète du point de vue des outils d'exploration et s'orientant vers une synchronisation des représentations spatiales, temporelles, thématiques. Cette interface propose des outils sophistiqués d'exploration très adaptés à des spécialistes mais sans doute trop complexes pour le grand public. Pour palier cela, le site propose des « scénarios d'explorations » (« preloaded stories »), mais qui restent cependant à visualiser dans le même environnement : la simplification est proposée a posteriori. Notre positionnement est de simplifier en amont, afin que l'utilisateur garde la main sur la construction même de ses propres scénarios.

L'application décrite ici se présente sous la forme d'un atlas cartographique interactif et ludique offrant plusieurs représentations animées permettant de faciliter la compréhension de l'indicateur choisi. Comme dans une approche visuelle exploratoire classique, ces représentations synchronisent cartes et graphiques statistiques, afin de mettre en regard des trajectoires d'évolution à plusieurs niveaux géographiques. L'originalité est leur scénarisation grand public et ludique. L'utilisateur peut ainsi dérouler ses propres questions, et s'initier à des notions telles que l'évolution du tout et celles de ses parties, la variété des trajectoires d'évolution, ou encore la localisation relative grâce à la contextualisation d'un pays sur différents types de voisinage. Enfin, l'esthétique et l'ergonomie sont privilégiées dans ce développement, basé sur Flash.

UN ATLAS, CINQ POINT DE VUES

L'atlas est organisé en cinq onglets qui donnent chacun des éclairages différents des phénomènes, allant de représentations classiques pour les trois premiers onglets à des représentations plus spécialisées pour les derniers onglets. Cet atlas propose des vues originales et complémentaires des différenciations de localisation relative. En effet, les trois premiers onglets sont basés sur l'usage de cartes maillées, alors que les deux derniers onglets sont basés sur des cartes dites « continues ». Les travaux antérieurs déjà réalisés dans le cadre du projet HyperCarte (Grasland et al., 2000) ont montré l'intérêt de la confrontation entre des métriques territoriales discrètes (maillage) et des métriques spatiales continues (distance) pour une meilleure appréhension de la dimension spatiale des phénomènes sociaux. Alors que les trois premiers onglets ont pour caractéristique de représenter à la fois la répartition spatiale et temporelle des variables démographiques, les deux derniers onglets, qui proposent une conceptualisation de l'espace plus inhabituelle, n'intègrent pas la représentation des évolutions dans le temps. En effet, ils invitent l'utilisateur à jouer ici sur la dimension scalaire d'un phénomène. Pour simplifier l'interface, dans un souci d'ergonomie, le paramètre scalaire a remplacé le paramètre temporel.

- L'onglet 1 «Le monde» propose une représentation animée classique des indicateurs de la base au niveau des pays.

- L'onglet 2 «Un pays et ses voisins» cible les questions d'hétérogénéité et de ressemblance par voisinage. Il est proposé d'observer l'évolution d'un pays en liaison avec celle de son environnement.

- L'onglet 3 «D'un pays à un autre» cible aussi des questions d'hétérogénéité, de proche en proche, permettant de représenter l'évolution de discontinuités dans l'espace et dans le temps.

- L'onglet 4 «Cartes sans frontières» propose des représentations continues dans l'espace. Seule une année est ciblée, l'utilisateur anime la carte en jouant sur la résolution du lissage.

- L'onglet 5 «Suis-je loin des autres ?» propose une représentation de la distribution spatiale d'un phénomène en fonction de l'éloignement à un point choisi par l'utilisateur de manière interactive.

Le temps est au cœur des trois premiers onglets. Il est représenté par une frise linéaire, graduée par année, et différenciant le passé du futur. L'ensemble des fenêtres d'un même onglet sont synchronisées sur le curseur qui évolue le long de la frise localisant l'instant associé aux représentations. Les outils associés sont ceux classiques de l'animation, qui permettent à l'utilisateur d'animer les cartes et graphiques au rythme du temps réel. Mais l'utilisateur peut tout aussi bien interagir avec le temps et cibler des dates spécifiques, et ainsi animer la carte selon son propre rythme.

Ainsi l'animation et l'interactivité sont les deux « moteurs » de l'atlas. Par exemple, sur le premier onglet, au départ, l'écran anime simultanément l'organisation spatiale de l'indicateur sélectionné au niveau des pays du monde, et son évolution temporelle au niveau mondial, sur un graphique. Des outils d'exploration de comportements de certains pays, ou de sous-ensembles de pays, permettent l'exploration des différenciations des pays par la comparaison avec le niveau mondial

Nous proposons de reprendre un à un ces onglets, en illustrant les différentes fonctionnalités de chacun, et en montrant l'intérêt de chaque approche pour la compréhension de l'hétérogénéité au niveau mondial.

– Onglet 1 - Le monde

Cet écran est le premier et sert d'écran d'accueil. L'utilisateur choisit un indicateur et obtient une carte mondiale de ses variations pour l'année en cours (aujourd'hui, 2011). Sur la partie droite de l'écran s'affiche dans un graphique l'évolution de la valeur de l'indicateur à l'échelle mondiale entre 1950 et 2050. La courbe comprend deux parties distinguées graphiquement : la partie correspondant à la période entre 1950 et l'année en cours, qui présente les observations historiques, et celle entre l'année en cours et 2050, qui correspond à des projections, en l'occurrence celles du scénario central des Nations unies (2009). L'utilisateur peut choisir une autre année sur une échelle de temps allant de 1950 à 2050, la carte s'adaptant à l'année choisie (figure 3). Il peut aussi faire défiler le film des évolutions entre ces deux dates de façon automatique, cartes et graphiques s'animant de façon coordonnée.

La représentation se fait sur un fond de carte harmonisé correspondant au découpage en pays en 2010. La situation visualisée en 1950 ne correspond donc pas au découpage de l'époque : certains pays n'existaient pas, ou n'existent plus, ou n'avaient pas les frontières actuelles... En revanche, ce fond harmonisé permet à l'utilisateur de ne pas perdre ses repères spatiaux et de comparer plus aisément les valeurs d'aujourd'hui avec les valeurs du passé, telles qu'elles ont été calculées par l'ONU.

L'utilisateur a le choix entre 25 indicateurs démographiques (voir annexe). Les variations d'un indicateur de type taux (par exemple, le taux de natalité) sont représentées sur la carte par une teinte plus ou moins foncée recouvrant la superficie de chaque pays, les variations d'un indicateur de type effectif (par exemple,

le nombre d'habitants) sont représentées par des cercles de surface proportionnelle à la valeur de l'indicateur, positionnés au centre de chaque pays (figure 3).

L'utilisateur peut sélectionner un ou plusieurs pays soit sur la carte, soit dans la liste déroulante « Choisissez un pays ». Le graphique affiche les courbes d'évolution de l'indicateur dans les différents pays (figure 3).

Dans le cas des indicateurs de type taux, l'utilisateur a le choix de faire apparaître tous les pays du monde, ou seulement les pays extrêmes. Dans ce second cas, n'apparaissent colorés que les x% de pays où l'indicateur est le plus élevé (ou le plus faible) : par exemple, dans la figure 4, les 20% de pays ayant le taux de natalité le plus élevé du monde. Dans la partie graphique, le niveau de la jauge de gauche est modifiable par un curseur, ce qui permet à l'utilisateur d'agir sur ce pourcentage de pays du monde, où l'indicateur est élevé (ou faible). La jauge de droite, synchronisée, mais sur laquelle il ne peut pas agir, indique le pourcentage de population mondiale auquel correspond cette fraction de pays.

Figure 3. Onglet 1 – Le Monde. Exemple d'un indicateur de type effectif⁴

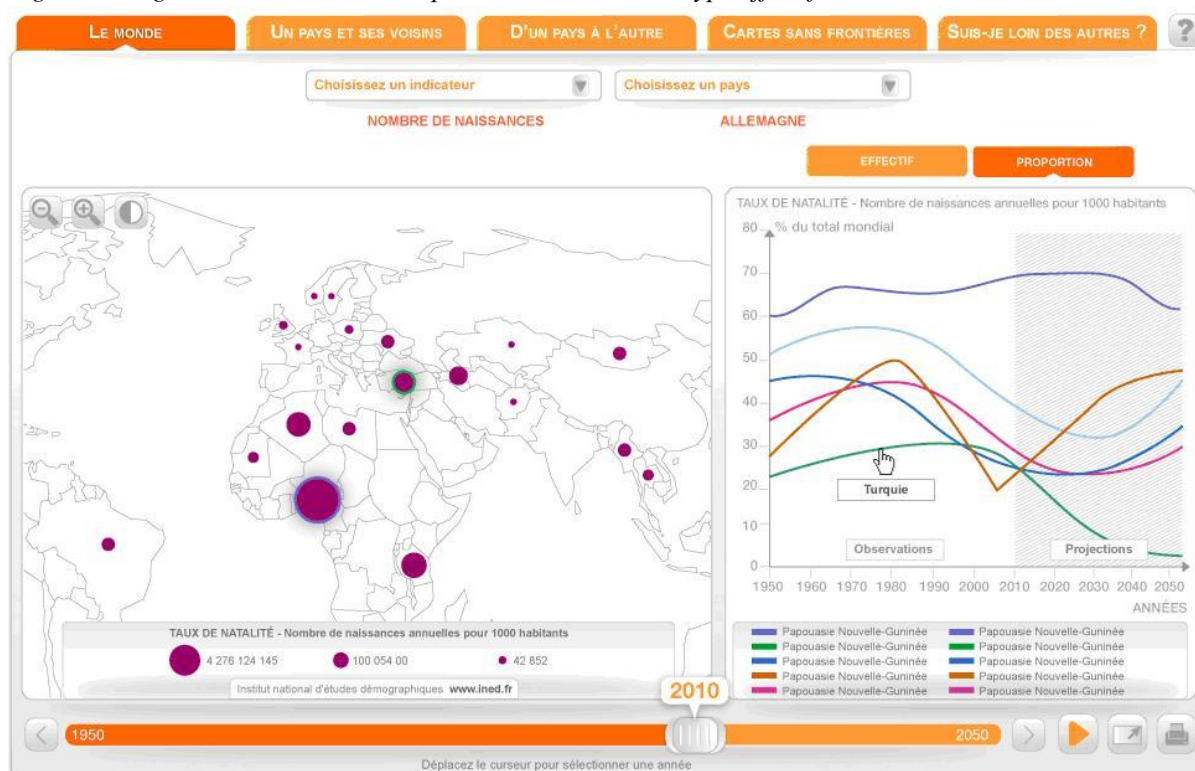
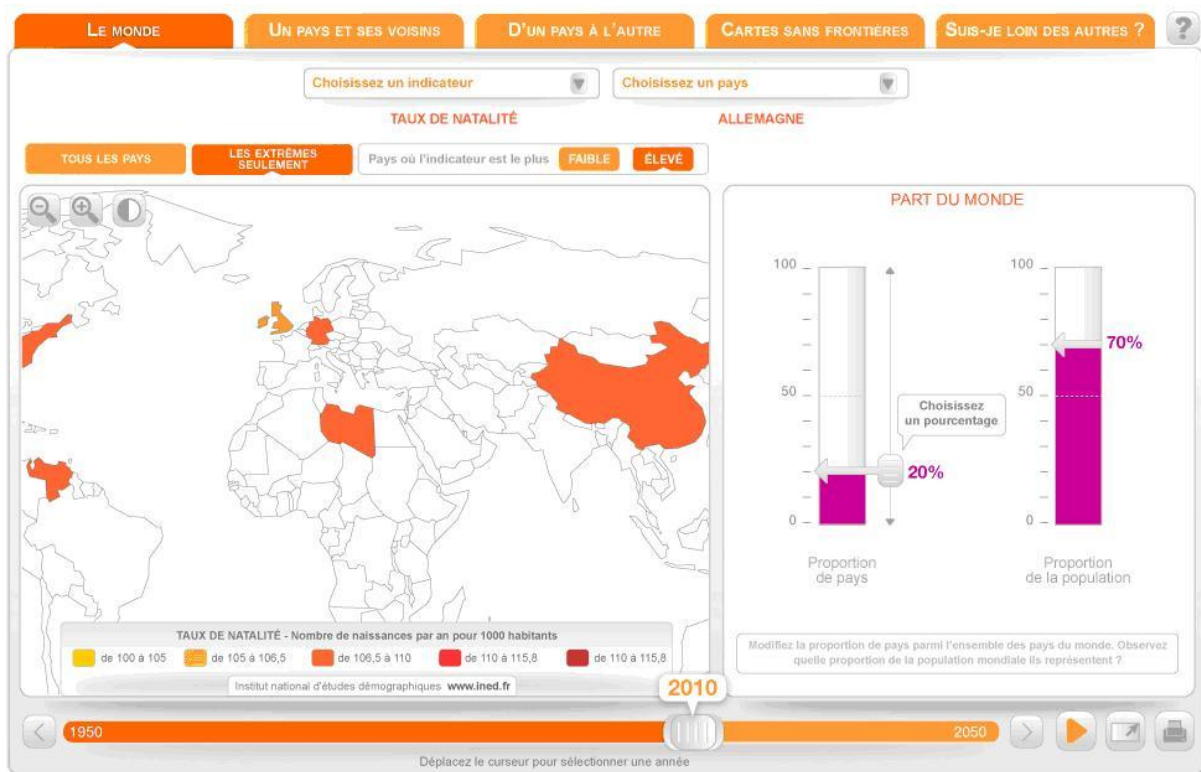


Figure 4. Onglet 1 – Le Monde. Fonction : « Les extrêmes seulement »

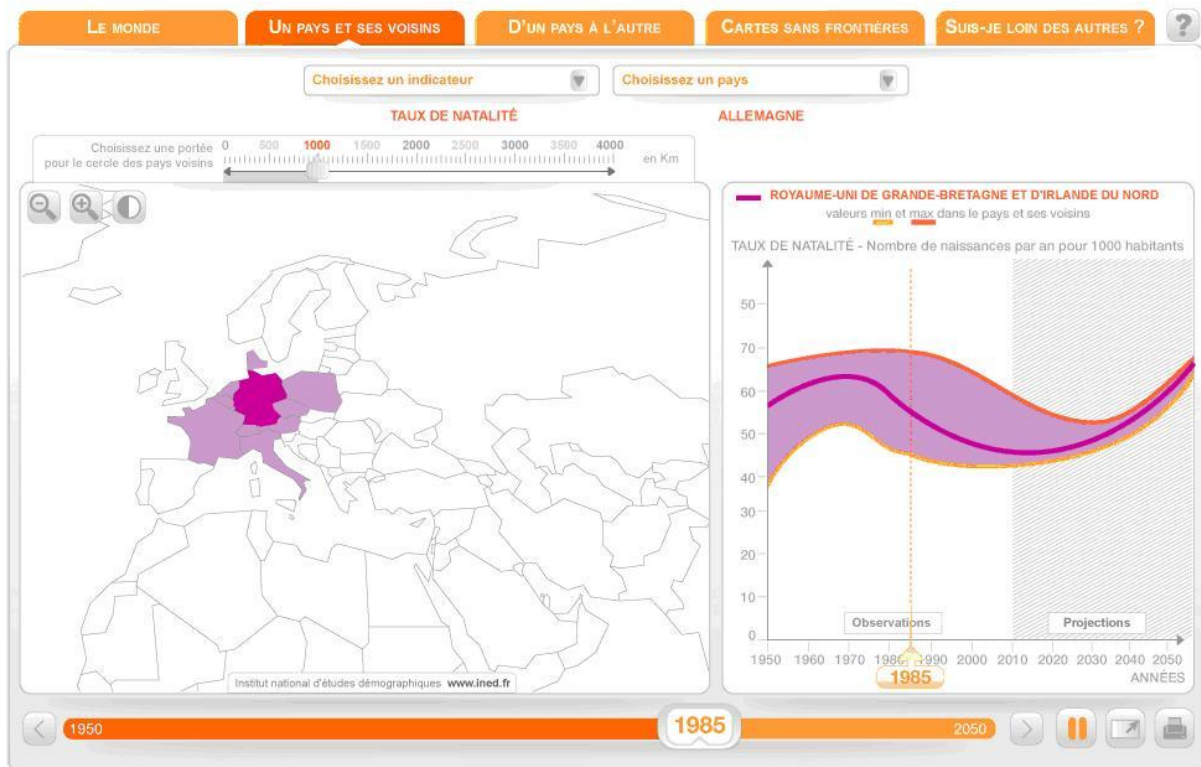


Cette représentation met en valeur les pays les plus ou les moins peuplés, riches, jeunes ou vieux, etc. L'utilisateur concentre ainsi plus fortement son attention sur les inégalités de répartition de certaines variables.

– **Onglet 2 - Un pays et ses voisins**

Un pays est choisi et il est comparé à ses voisins. L'utilisateur a la possibilité d'effectuer une sélection plus ou moins large de pays voisins en choisissant une portée de voisinage sur une réglette munie d'un curseur (figure 5). L'objectif de l'écran est de contextualiser un pays et d'illustrer l'hétérogénéité spatio-temporelle locale. Le graphique illustre l'hétérogénéité du contexte et situe l'évolution temporelle du pays sélectionné dans celle de son voisinage, en montrant l'évolutions des valeurs extrêmes de ce voisinage au cours du temps.

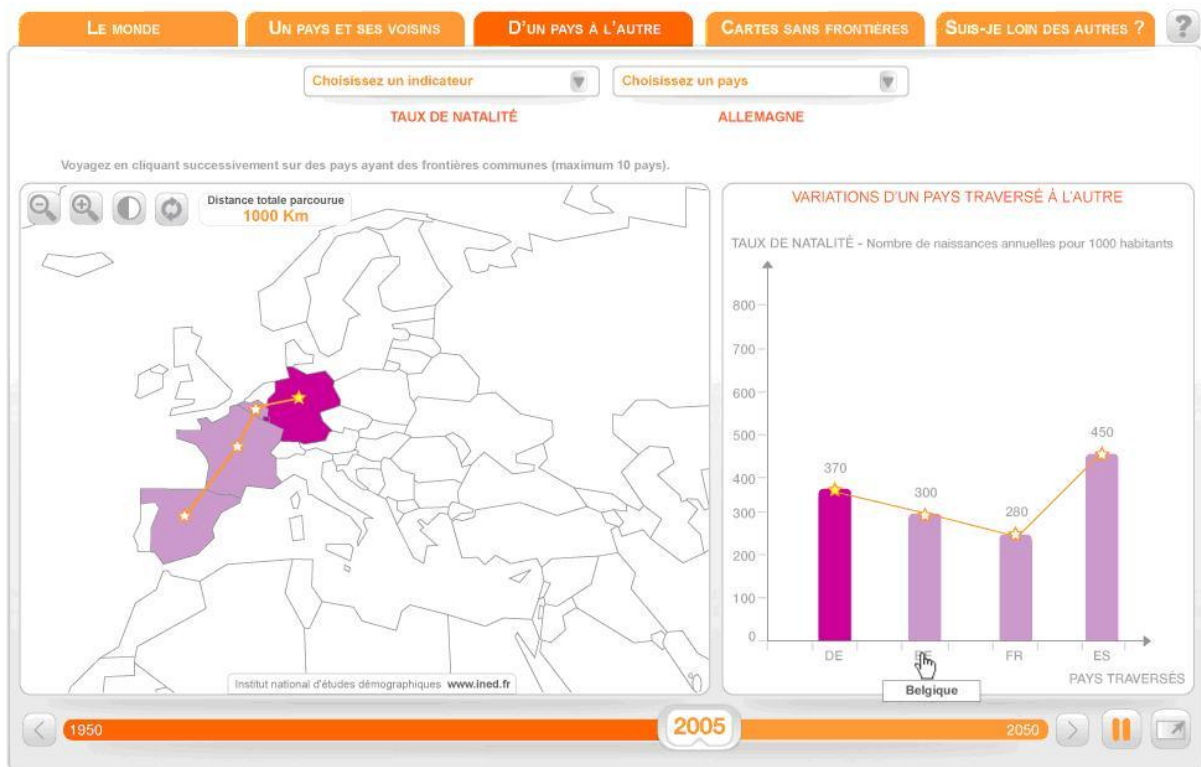
Figure 5. Onglet 2 – Un pays et ses voisins.



– Onglet 3 - D'un pays à un autre

L'utilisateur effectue un voyage le faisant passer dans plusieurs pays (figure 6). Le graphique affiche les variations de l'indicateur d'un pays à l'autre, faisant ainsi apparaître les gradients et les discontinuités. En faisant varier le temps, l'évolution des discontinuités apparaît.

Figure 6. Onglet 3 – D'un pays à un autre.



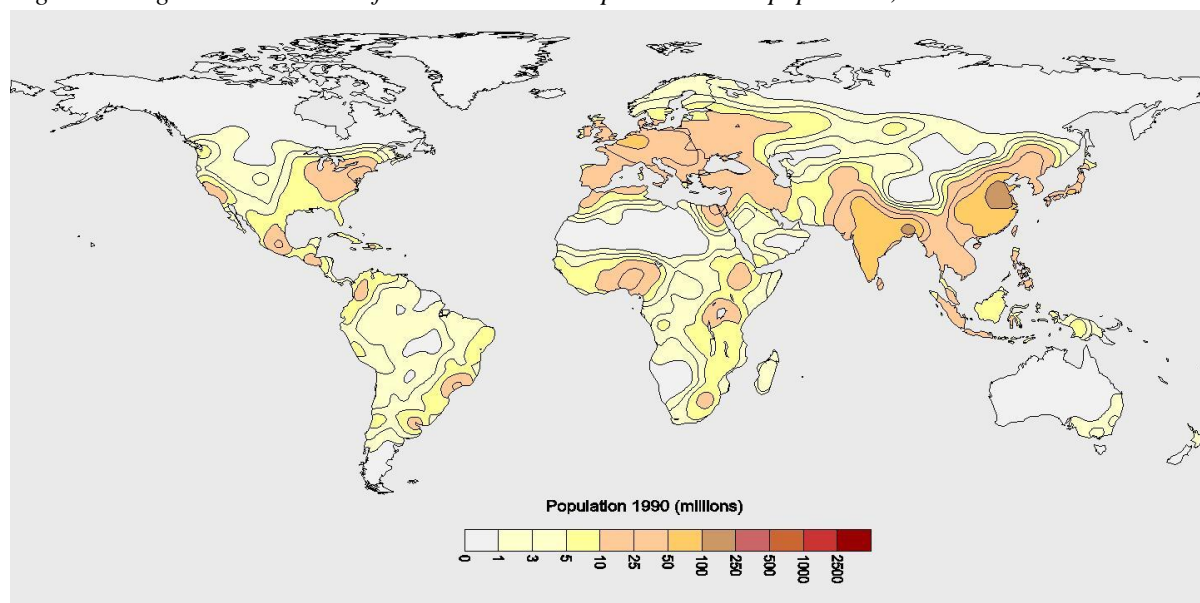
– Onglet 4 - Cartes sans frontières

Cet écran affiche des cartes "sans frontières", qui offrent une représentation continue d'un phénomène. La représentation provient d'un calcul en tout point de l'espace fondé sur la répartition d'un indicateur donné connu dans un certain maillage. Les représentations proposées dans cet onglet sont basées sur la méthode

du potentiel qui consiste à évaluer l'intensité du phénomène en cumulant « ce qui se passe autour », pondérée par une fonction inverse de la distance (la méthode est appliquée ici avec un noyau de type gaussien). L'utilisateur prend ainsi conscience de la continuité spatiale des phénomènes, économiques ou démographiques, sans le biais qu'introduit la lecture des cartes avec frontières. Par ailleurs, le lissage proposé agit comme un filtre faisant apparaître la structure de répartition spatiale de la variable étudiée. L'utilisateur se concentre sur la forme générale de l'organisation mondiale. Un des paramètres associés à la fonction de la distance, la portée, matérialise l'échelle d'analyse géographique. La portée est associée à l'intensité avec laquelle la fonction décroît avec la distance : plus la portée est petite, plus l'échelle d'analyse est fine. Lorsque la portée grandit, ce sont les structures globales de répartition qui sont mises à jour, et le phénomène est généralisé. Pour faciliter la lecture, la carte est vectorisée et les limites des seuils de variations notables de potentiel sont représentées par des isolignes. L'utilisateur visualise ainsi d'un seul coup d'œil les zones de forte ou faible valeur pour la variable étudiée. Il peut choisir parmi dix variables démographiques, économiques ou environnementales présentées en annexe. Les valeurs des variables sont celles correspondant à la dernière date de mise à jour, en l'occurrence 2010. En faisant varier la portée (entre 250, 500, 1000 ou 2000 kilomètres), il peut affiner son analyse, ou bien résumer encore plus l'information. La figure 7 montre la répartition du potentiel de population sur les continents, avec un lissage de 250 km.

Techniquement, les cartes sont pré-calculées au Laboratoire d'Informatique de Grenoble⁵ en utilisant la méthode du potentiel publiée par Claude Grasland et al. (2000) et dont le noyau de calcul (hyantes)⁶, sous licence libre, a été développé par le groupe de recherche HyperCarte (C. Plumejeaud et al. (2006)). Les calculs sont effectués à partir d'une grille régulière, sur laquelle l'ensemble des variables a été ventilé, au prorata de la quantité de population connue en 2000 par pixel de 1° (la grille de population est disponible sur le site de l'UNEP-GRID⁷). La méthode est proche de celle mise en œuvre pour produire les cartes du cédérom interactif « 6 milliards d'hommes...et moi » (Pison, 1999).

Figure 7. Onglet 4 – Carte sans frontières. Carte de potentiel de la population, à 250 km.

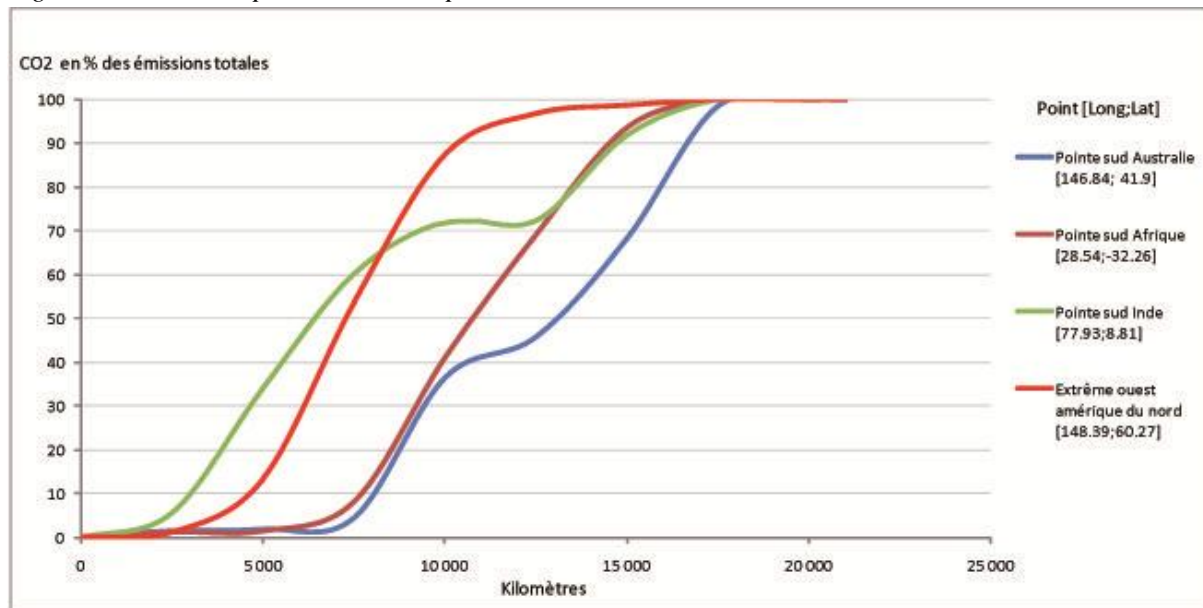


– Onglet 5 - Suis-je loin des autres ?

Pour trois des précédents indicateurs, (le CO₂, le PIB et la population en 2010), l'utilisateur se positionne en un point de la carte de potentiel (au format matriciel cette fois-ci) et, à l'aide d'un clic, obtient des informations sur la répartition de la quantité que représente l'indicateur par rapport à ce point. L'objectif est ici d'offrir un système de représentation spatiale permettant de se situer par rapport à la répartition spatiale d'une variable quantitative (ou stock). À cet effet, une courbe de potentiels cumulés met en évidence la répartition de la quantité étudiée relativement au point sélectionné, en affichant la part du stock cumulé sur un voisinage par rapport au stock total. Sur la courbe, l'utilisateur observe la vitesse de cumul de la variable, en faisant varier le voisinage depuis une zone restreinte autour du point sélectionné jusqu'à une zone couvrant toute la surface terrestre. Le potentiel cumulé sur le voisinage maximum vaut alors le total de la quantité (par exemple 7 milliards d'humains si la variable est la population). Dans la figure 8, où la variable est les émissions de CO₂, la courbe en vert démarre dans une zone densément peuplée (Sud de l'Inde), ayant par conséquent une production de CO₂ liée aux activités humaine plus élevée que celle de la

zone située au sud de l'Australie, très peu peuplée. Les deux courbes de cumul reflètent cette inégalité, car la courbe démarrant en Inde (verte) s'accroît de façon nettement plus forte sur le voisinage compris entre 0 et 7500 km que la courbe relative à l'Australie (en bleu), qui ne débute significativement sa croissance qu'à partir de 7500 km environ (lorsque son voisinage inclut les zones plus peuplées d'Asie).

Figure 8. Courbes de potentiel cumulé pour les émissions de CO₂.



La courbe est accompagnée de plusieurs informations : la valeur du potentiel cumulé à 1000, 2000 et 4000 km, ainsi que la *distance moyenne à la variable*. Celle-ci représente la distance à parcourir depuis le point sélectionné pour que le voisinage comprenne la moitié du compte total de la variable. En prenant comme variable la population, la distance moyenne est plus courte dans les zones densément peuplées que dans les zones de faible peuplement, où il faut parcourir de longues distances avant de rencontrer des zones peuplées. Elle donne rapidement à l'utilisateur une idée de l'éloignement du point sélectionné d'avec les zones de forte concentration de la variable considérée (si c'est la population, c'est la distance aux foyers de peuplement).

DES MISES À JOUR RÉGULIÈRES POUR OFFRIR LES DERNIÈRES STATISTIQUES DISPONIBLES

Comme les autres ressources du site internet de l'INED, cet atlas interactif sera régulièrement mis à jour de façon à offrir les dernières statistiques disponibles. La mise à jour aura lieu tous les deux ans, la base de données sur laquelle il s'appuie étant alimentée par les statistiques de population des Nations unies, elles-mêmes révisées tous les deux ans.

CONCLUSION

L'ensemble de ces vues animées et interactives sont développées pour un public de non-spécialistes. Profitant du lien privilégié de l'INED avec le monde scolaire et le grand public, cet outil en ligne serait l'occasion de construire une enquête afin d'évaluer la dimension cognitive de nos différentes propositions et leur apport dans la perception d'un phénomène spatio-temporel tel que l'évolution démographique mondiale.

RÉFÉRENCES

Andrienko, G, and Andrienko, N., 1999, Interactive maps for visual data exploration, *International Journal of Geographical Information Science*, 13, 355-374.

Andrienko, G, and Andrienko, N. and Gatalisky, P., 2001, Exploring changes in Census Time Series with Interactive Dynamic Maps and graphics, *Computational Statistics*, 16 (3), 417-433.

Antoni, J-P., Klein, O., et Moisy, S., 2004, Cartographie interactive et multimédia : vers une aide à la réflexion géographique, *Cybergeo : European Journal of Geography, Systèmes, Modélisation, Géostatistiques*, article 288, mis en ligne le 21 octobre 2004, modifié le 28 février 2007. URL : <http://cybergeo.revues.org/2621>. Consulté le 17 février 2011.

Cauvin C., 1996, In favour in teaching theory in cartography. *Suggestions for an academic cursus, Cartographica*, vol.33, n°3, 21-28.

- DiBiase D., 1990, Visualization in the earth sciences, Earth and Mineral Sciences, Bulletin of the college of Earth and Mineral Sciences, PSU, Vol. 59, No. 2, 13-18.
- Grasland, C., Mathian, H., Vincent, J.M., 2000, Multiscalar analysis and map generalisation of discrete social phenomena: Statistical problems and political consequences, Statistical Journal of the United Nations Economic Commission for Europe, IOS Press, 17, 2, pp. 157-188.
- Grasland, C., Martin, H., Vincent, J-M., Gensel, J., Mathian, H., Oulahal, S., Cuenot, O., Edi, E., Lizzi, L., 2005, Le projet Hypercarte : analyse spatiale et cartographie interactive” SAGEO'2005, Avignon, France, June.
- Josselin D., Fabrikant S., 2003, Cartographie animée et interactive, Revue Internationale de Géomatique, Editions Hermès.
- Kobben, B., 2001, Publishing maps on the web.” Chapter 6 In: Web Cartography, M-J. Kraak and A. Brown (eds.), New York: Taylor and Francis.
- Le Bras, H., 1993, La planète au village, Datar/éditions de l’Aube, 222 p.
- Lindgren, M., 2010, the Gapminder Foundation, Teachers’ guide Teachers’ guide « 200 years that changed the world », en ligne sur <http://www.gapminder.org/GapminderMedia/GapPDFs/GapminderTeachersGuide200years/GapminderTeachersGuide200years.pdf>
- MacEachren A.M, Taylor D.R.F, (eds), 1994, Visualization in modern cartography, Oxford, Nations unies, 2009, «World Population Prospects, the 2008 Revision», www.un.org/esa/population/
- Peuquet D. J., 1994, It’s about time; A conceptual framework for the representation of temporal dynamics in geographic information systems, Annals of the Association of the American Geographers, No.3, 441-461.
- Pison, G., 1999, 6 milliards d’hommes... et moi, Cédérom, coédition Syrinx/Muséum national d’histoire naturelle.
- Pison, G., 2009, Atlas de la population mondiale - Faut-il craindre la croissance démographique et le vieillissement ?, Éditions Autrement, 80 p.
- Plumejeaud, C., Vincent, J-M., Grasland, C., Gensel, J., Mathian, H., Guelton, S., Boulier, J., 2007, HyperSmooth : calcul et visualisation de cartes de potentiel interactives , Colloque International de Géomatique et d’Analyse Spatiale (SAGEO 2007), Clermont-Ferrand, France, 18-20 juin 2007.
- Rensik, R.A., 2002. Change detection. Annual Review of Psychology, 53, 245-277.
- Annexe : Liste des indicateurs disponibles sur chaque onglet.*

Nom français	Nom anglais	Onglets 1, 2 et 3	Onglet 4	Onglet 5
Population	Total population	X	X	X
Densité de population	Population density	X		
Nombre de naissances	Births per year	X	X	
Taux de natalité	Crude birth rate	X		
Taux de fécondité	Total fertility	X		
Nombre de décès	Deaths per year	X	X	
Taux de mortalité	Crude death rate	X		
Espérance de vie à la naissance	Life expectancy at birth	X		
Nombre de décès d'enfants de moins d'un an	Infant deaths	X	X	
Taux de mortalité infantile	Infant mortality rate	X		
Accroissement naturel	Total population natural change	X		
Taux d'accroissement naturel	Rate of natural increase	X		
Accroissement migratoire	Net number of migrants	X		
Taux d'accroissement migratoire	Net migration rate	X		
Accroissement total	Population change per year	X		
Taux de croissance de la population	Annual rate of population change	X		
Population de moins de 20 ans	Population under 20	X	X	
Population ayant entre 20 et 64 ans	Population aged 20-64	X		
Population de 65 ans ou plus	Population aged 65 or over	X	X	
Population de 85 ans ou plus	Population aged 85 or over	X	X	
Proportion de la population de moins de 20 ans	Percentage of Population under 20	X		
Proportion de la population ayant entre 20 et 64 ans	Percentage of Population aged 20-64	X		
Proportion de la population de 65 ans ou plus	Percentage of Population aged 65 or over	X		
Proportion de la population de 85 ans ou plus	Percentage of Population aged 85 or over	X		
Age médian de la population	Median age	X		
Richesse (produit intérieur brut - PIB)	Gross domestic product (GDP)		X	X
Emissions de CO2	CO2 emissions		X	X
Consommation d'eau	Water consumption		X	

1 - <http://www.google.com/publicdata/directory>

2 - <http://www.gapminder.org/world/>

3 - Organisation for economic and co-operation and development
<http://stats.oecd.org/OECDregionalstatistics/>

4 - Nota Bene : dans les figures 3, 4 et 5, la taille des cercles et les courbes ne correspondent pas aux valeurs réelles ; l'image présentée est une esquisse graphique.

5 - <http://www.liglab.fr/>

6 - <http://hyantes.gforge.inria.fr/>

7 - <http://geodata.grid.unep.ch/results.php>