

Produire et socialiser la connaissance : la visualisation des données au CIEU.

Une rétrospective sur 50 ans pour préparer l'avenir

Producing and socializing knowledge: the data visualization at CIEU.

Looking back over 50 years to prepare for the future.

Laurent Jégou¹, Julia Hidalgo², Yann-Philippe Tastevin³, Najla Touati⁴

¹ UMR LISST, équipe CIEU, Université de Toulouse-Jean Jaurès, laurent.jegou@univ-tlse2.fr

² UMR LISST, équipe CIEU, Université de Toulouse-Jean Jaurès, julia.hidalgo@univ-tlse2.fr

³ UMR LISST, Université de Toulouse-Jean Jaurès, philippe.tastevin@univ-tlse2.fr

⁴ UMR LISST, Université de Toulouse-Jean Jaurès, najla.touati@univ-tlse2.fr

RÉSUMÉ. Ce texte représente une synthèse illustrée de la session « Produire et socialiser la connaissance : la visualisation des données au CIEU » qui s'est déroulée en novembre 2018 dans le cadre du colloque « La ville vue du CIEU », à l'occasion des 50 ans de cette équipe de recherche. L'équipe a fait preuve, tout au long de son histoire, d'un lien particulier avec la représentation graphique, sous diverses formes, mais surtout selon des modalités, des usages et en reflet d'enjeux qui sont au cœur de son positionnement et de son activité scientifique. Nous pouvons désormais affirmer que, malgré son rôle longtemps réservé (ou perçu comme tel) à celui de l'illustration des résultats de recherche, réalisée par des techniciens spécialisés, la visualisation de données a profondément évolué pour faire partie intégrante des méthodes de recherche, voire, dans certains cas, devenir un objet de recherche à part entière. Aujourd'hui, c'est aussi le lieu d'enjeux centraux pour le fonctionnement et le dynamisme des recherches de l'équipe.

ABSTRACT. We present here a synthesis of the session named "Producing and socializing knowledge: data visualization at the CIEU, which occurred in November 2018 with the conference "The city seen from the CIEU" marking the 50th anniversary of the research team. The team demonstrated, throughout its history, of a particular interest in graphical data visualization, via various forms but more importantly using modalities, uses types and facing various stakes at the heart of its scientific positioning and activity. We can now affirm that, albeit viewed for a long time as a technical activity tasked to illustrate research results, data visualization has profoundly evolved to become an essential part of research methods, even, in certain cases, become a research object in its own right. Today, the research organization of the team and its dynamism are at stake.

MOTS-CLÉS. visualisation des données, cartographie, recherche, ville.

KEYWORDS. data visualization, cartography, research, city.

1. Un exercice rétrospectif et réflexif à l'occasion des 50 ans de l'équipe

Le Centre Interdisciplinaire d'Études Urbaines est une équipe du Laboratoire Interdisciplinaire Solidarités, Sociétés, Territoire (*UMR 5193 UT2J-CNRS*), fondé en tant que groupe de recherche en 1966 par Bernard Kayser et Raymond Ledrut à Toulouse. En tant qu'objet d'étude, le CIEU porte une attention particulière aux politiques qui agissent sur la ville, contribuent à modifier tant son fonctionnement social et environnemental que ses structures économiques. À l'occasion des 50 ans de sa fondation, l'équipe a organisé un colloque, nommé « La Ville vue du CIEU », dans lequel une session a été proposée sur le sujet de la visualisation des données.

En effet, l'équipe a fait preuve, tout au long de son histoire, d'un lien particulier avec la représentation graphique, sous diverses formes, mais surtout selon des modalités, des usages et en reflet d'enjeux qui sont au cœur de son positionnement et de son activité scientifique. Il nous a semblé important, après 50 ans et plusieurs évolutions, de réaliser un retour réflexif sur cette thématique transversale des travaux de l'équipe, pour interroger les pratiques, prendre du recul puis dégager les enjeux et les questionnements pour l'équipe et le laboratoire. Nous voudrions ici faire

part des résultats de cette session : une présentation rétrospective qui permet la définition de problématiques et leur mise au débat.

2. Rétrospective : quelques fragments de l'activité du CIEU

La première partie de la session a donc passé en revue quelques éléments sélectionnés dans les archives de l'équipe, pour leur représentativité de certaines périodes ou phases caractéristiques. Ces périodes ont été délimitées par des « moments-charnières », puis analysées selon une grille qui croise les points de vue :

- Les supports matériels des représentations
- Les sources et les données
- Les techniques et logiciels utilisés, l'organisation des traitements
- Le rôle donné à la représentation
- Les personnels concernés au CIEU
- Les compétences mises en œuvre
- Les usages et les enjeux pour l'équipe

Nous avons, de plus, déterminé qu'une observation fine du rôle donné à la représentation était centrale à notre analyse, en essayant de catégoriser ce rôle en quatre types, ordonnés selon l'intensité ou la complexité (figure 1).

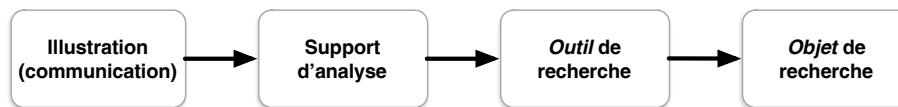


Figure 1. quatre types de rôles donnés à la représentation en fonction de l'intensité de mobilisation dans les travaux de recherche.

Cette progression correspond aussi, généralement, à une évolution dans le temps. La représentation visuelle a d'abord été utilisée comme illustration, mise en image des idées et travaux, dans le but de leur meilleure communication. Étant donné la spécificité, la technicité et, finalement, le temps nécessaire à la production des illustrations, elles constituaient souvent un travail réalisé par des spécialistes, en fin de recherche, au moment de la préparation de la publication.

Avec le développement des données numériques et des outils informatisés pour leur traitement, les représentations sont progressivement devenues des outils de travail du chercheur, qui les utilise pour étudier un territoire, une thématique, comme support de ses analyses, ou, plus intensément, comme une étape à part entière de la recherche, notamment dans les approches quantitatives et modélisatrices, par exemple en géographie de la population, des transports ou en climatologie.

Depuis quelques années, avec certaines recherches et projets collectifs, la représentation visuelle est devenue un objet de recherche en elle-même, en cartographie thématique particulièrement.

Enfin, on a essayé de rassembler des exemples de productions avec, si possible, des illustrations sous la forme de matériaux concrets (affiches, atlas, revues...) pour une exposition lors du colloque.

2.1. Première période : 1970-1988

Techniques	
Cartes, fonds	Papier, calque, photo oblique et aérienne
Données	Enquêtes, annuaires, formulaires de recensement...
Traitements	Manuels
Supports	Revue, livres, maquette
Rôle de la représentation	
Cartographier et représenter graphiquement : Illustrer, décrire, synthétiser	
Personnels	
Chercheurs eux-mêmes, dessinateurs de l'atelier commun à l'Institut de Géographie Daniel Faucher	
Compétences	
Dessin cartographique, graphes, croquis, schémas	
Usages et enjeux pour l'équipe	
Recherche, publication, communication vers les acteurs locaux, aide à la décision, vulgarisation, recherche appliquée...	

Figure 2. Tableau des caractéristiques de la première période

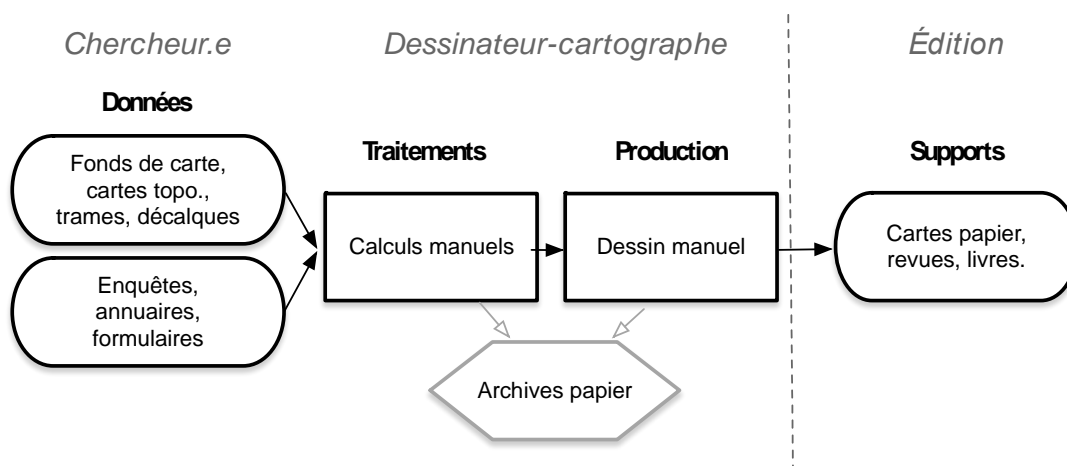


Figure 3. chaîne de traitement simplifiée de la période

Cette première période est celle des techniques manuelles de production de représentations à destination essentiellement de documents imprimés : revues, livres ou affiches. Le CIEU est depuis 1969 doté d'un dessinateur cartographe, localisé dans l'atelier de cartographie du département de géographie de l'université, l'Institut Daniel Faucher, qui héberge alors jusqu'à six techniciens et assistants-ingénieurs dessinateurs-cartographes. Ces personnels assurent la production des figures pour la Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest¹, ainsi que pour des projets d'ouvrages d'envergure variable comme l'Atlas Midi-Pyrénées (dirigé par F. Taillefer en 1970, figure 6). Les chercheur.e.s et enseignants-chercheur.e.s de l'équipe, alors unité associée (UA) puis URA du CNRS, produisent des « maquettes », c'est à dire des brouillons de figures et de cartes, qui sont reprises par les dessinateurs. Les rôles assumés par la représentation sont essentiellement de communication, d'illustration de textes par des représentations thématiques (figure 4) ou de synthèse (figure 5). Comme la production d'une illustration est un processus complexe, long et contraint, leur nombre est de fait réduit.

¹ Dont la collection numérisée est disponible en ligne : <https://www.persee.fr/collection/rgpso>

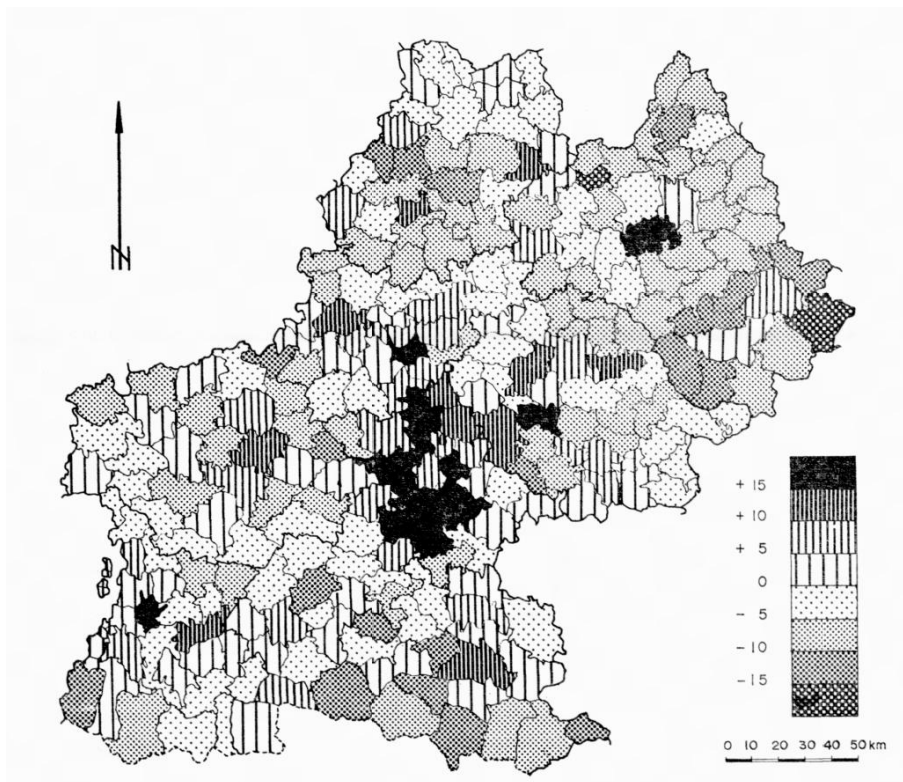


Figure 4. une carte thématique tirée de la RGPSO (Boudou et al, 1969).

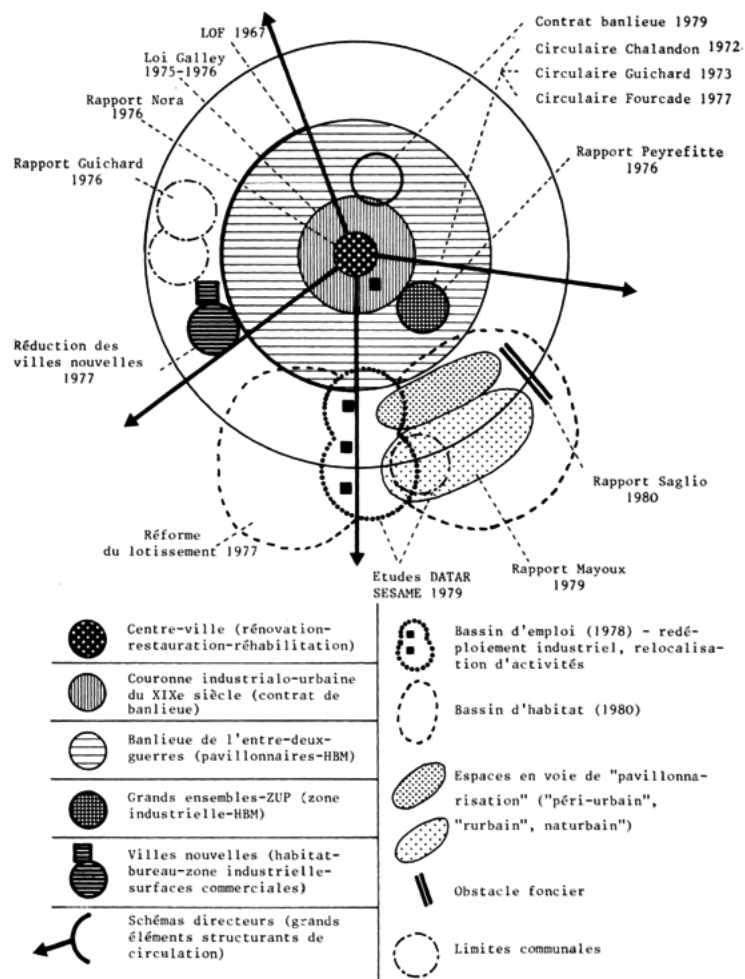
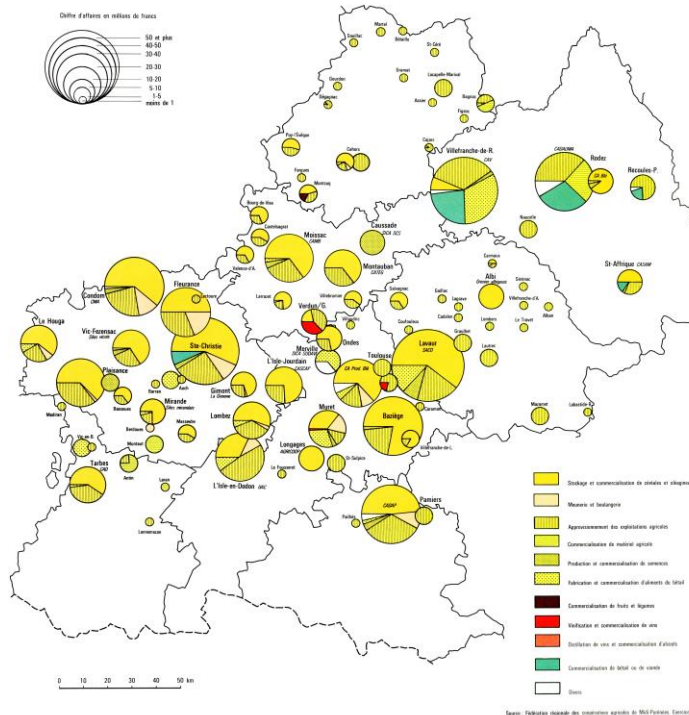


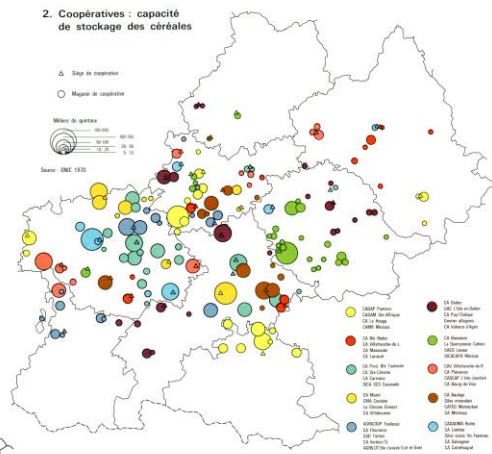
Figure 5. un schéma de synthèse, tiré de la RGPSO (Jaillet et Jalabert, 1982).

RÉSEAU COOPÉRATIF AGRICOLE

1. Coopératives agricoles à activités multiples : céréales et approvisionnement



2. Coopératives : capacité de stockage des céréales



3. Coopératives : fruits et légumes, vins et alcools

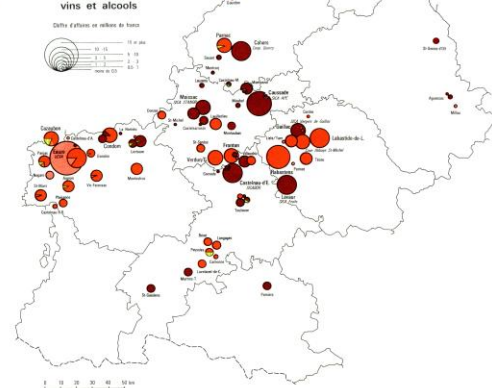


Figure 6. extrait de l'Atlas Midi-Pyrénées, (Taillefer, 1970)

L'innovation de rupture qui va opérer la charnière avec la période suivante est la disponibilité des premiers ordinateurs, sous la forme du centre de calcul interuniversitaire de Toulouse (CICT), qui dispose d'ordinateurs, d'imprimantes grand format et de logiciels pour dessiner graphiques et cartes.

2.2. De 1988 à 1993 : l'informatique avant la micro

La disponibilité de ces nouveaux outils, même légèrement distante et d'un accès très technique, va permettre une évolution des moyens de représentation au CIEU.

Techniques	
Cartes, fonds	+ Informatique CICT
Données	Statistiques INSEE, enquêtes
Traitements	Indicateurs statistiques, cartographie thématique assistée par programmation
Supports	+ Films, couleur, Fiches perforées, bandes magnétiques, saisie sur terminal
Logiciels	UNIRASS, SAS, Fortran
Rôle de la représentation	
+ Analyser des données quantitatives plus volumineuses, dessiner des cartes complexes	
Personnels	
+ personnels permanents, + personnels dédiés temporaires, +masterant.e.s + doctorant.e.s	
Compétences	
+ programmation, statistiques, sémiologie graphique	
Usages et enjeux pour l'équipe	
+ Veille technologique, transfert de méthodes, formation, collaborations de recherche, valorisation et vulgarisation. Interdisciplinarité avec les sciences de l'information.	

Figure 7. Tableau des caractéristiques de la période 1988-1993

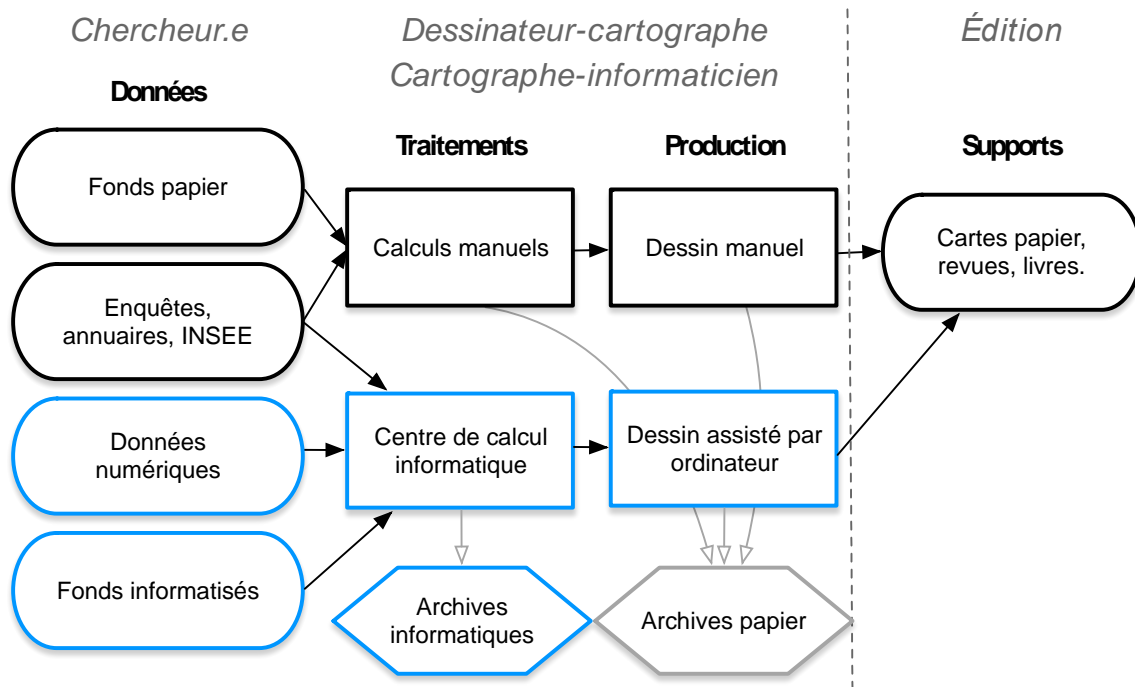


Figure 8. chaîne de traitement simplifiée de la période

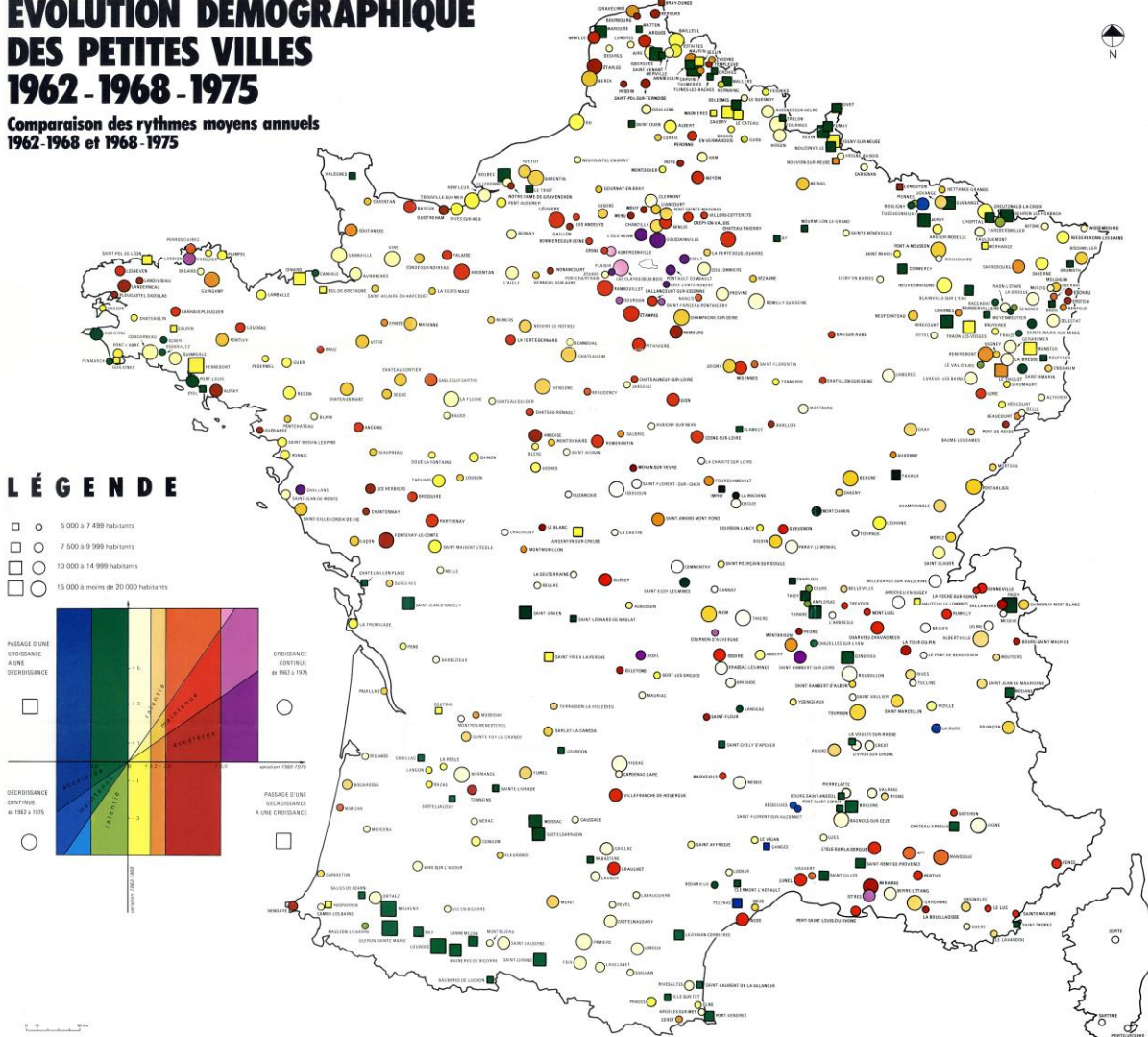
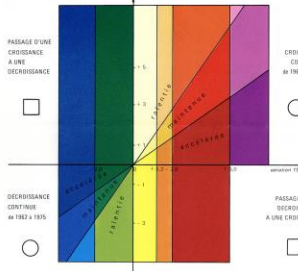
La disponibilité d'ordinateurs et de traceurs ouvre la possibilité de saisir et traiter des volumes de données plus importants, notamment des fiches de recensement de l'INSEE. Du point de vue des techniques, les cartes thématiques sont assistées par des logiciels qui vont calculer des indicateurs et piloter l'impression, ce qui accélère grandement les procédures. Les données sont alors saisies sur fiches perforées ou via terminal et sont ensuite stockées sur bandes magnétiques, ce qui en assure une réutilisation plus rapide. Comme les compétences techniques associées à cette production évoluent, il faut former les personnels et des étudiants avancés (maîtrise ou doctorat) apprennent à manipuler certains systèmes, notamment via la programmation sur terminal. C'est aussi la période où les travaux de Jacques Bertin sur la sémiologie graphique deviennent une référence pour la production de cartes et graphiques qui augmente en volume et nécessite des méthodes plus systématiques (figure 10).

Le besoin de mener une veille technologique se fait sentir, pour pouvoir profiter des nouvelles technologies disponibles. De même, les collaborations avec les chercheur.e.s en statistiques et les développeurs de l'université de Toulouse-3 se développent. Les supports de publication restent avant tout les revues et ouvrages, même si l'on voit apparaître la production d'affiches ou de posters (figure 9), à vocation de communication vers les décideurs (ministères, collectivités) ou pédagogique (atlas départementaux). Le style dépouillé et net des cartes produites « par ordinateur » s'impose progressivement et la plus grande réactivité des outils de production motive les chercheur.e.s à proposer des ouvrages de type Atlas renouvelés (figures 11 et 12).

ÉVOLUTION DÉMOGRAPHIQUE DES PETITES VILLES 1962 - 1968 - 1975

Comparaison des rythmes moyens annuels
1962-1968 et 1968-1975

LÉGENDE



01 - BAYONNE	02 - LA ROCHE	03 - LANGEAC	04 - LANTIERRE	05 - LANTIERRE	06 - LANTIERRE	07 - LANTIERRE	08 - LANTIERRE	09 - LANTIERRE	10 - LANTIERRE	11 - LANTIERRE	12 - LANTIERRE	13 - LANTIERRE	14 - LANTIERRE	15 - LANTIERRE	16 - LANTIERRE	17 - LANTIERRE	18 - LANTIERRE	19 - LANTIERRE	20 - LANTIERRE	21 - LANTIERRE	22 - LANTIERRE	23 - LANTIERRE	24 - LANTIERRE	25 - LANTIERRE	26 - LANTIERRE	27 - LANTIERRE	28 - LANTIERRE	29 - LANTIERRE	30 - LANTIERRE	31 - LANTIERRE	32 - LANTIERRE	33 - LANTIERRE	34 - LANTIERRE	35 - LANTIERRE	36 - LANTIERRE	37 - LANTIERRE	38 - LANTIERRE	39 - LANTIERRE	40 - LANTIERRE	41 - LANTIERRE	42 - LANTIERRE	43 - LANTIERRE	44 - LANTIERRE	45 - LANTIERRE	46 - LANTIERRE	47 - LANTIERRE	48 - LANTIERRE	49 - LANTIERRE	50 - LANTIERRE	51 - LANTIERRE	52 - LANTIERRE	53 - LANTIERRE	54 - LANTIERRE	55 - LANTIERRE	56 - LANTIERRE	57 - LANTIERRE	58 - LANTIERRE	59 - LANTIERRE	60 - LANTIERRE	61 - LANTIERRE	62 - LANTIERRE	63 - LANTIERRE	64 - LANTIERRE	65 - LANTIERRE	66 - LANTIERRE	67 - LANTIERRE	68 - LANTIERRE	69 - LANTIERRE	70 - LANTIERRE	71 - LANTIERRE	72 - LANTIERRE	73 - LANTIERRE	74 - LANTIERRE	75 - LANTIERRE	76 - LANTIERRE	77 - LANTIERRE	78 - LANTIERRE	79 - LANTIERRE	80 - LANTIERRE	81 - LANTIERRE	82 - LANTIERRE	83 - LANTIERRE	84 - LANTIERRE	85 - LANTIERRE	86 - LANTIERRE	87 - LANTIERRE	88 - LANTIERRE	89 - LANTIERRE	90 - LANTIERRE	91 - LANTIERRE	92 - LANTIERRE	93 - LANTIERRE	94 - LANTIERRE	95 - LANTIERRE	96 - LANTIERRE	97 - LANTIERRE	98 - LANTIERRE	99 - LANTIERRE	100 - LANTIERRE
--------------	---------------	--------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	-----------------

Figure 9. Affiche cartographique sur l'évolution des petites villes, à noter : la complexité de la légende (J-P. Laborie, M. Barreau, 1983).

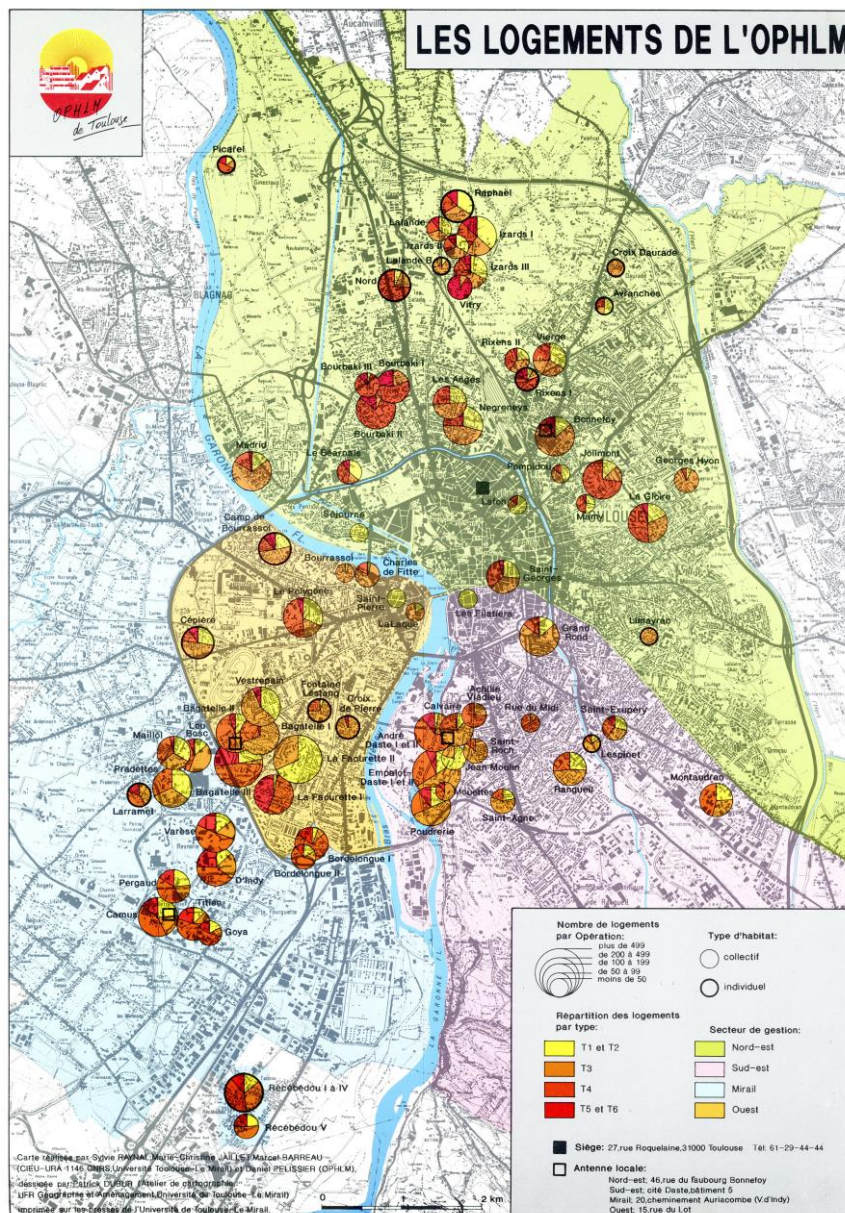


Figure 10. Cartographie systématique des logements de l'OPHLM de Toulouse (S. Raynal, M-Ch Jaillet, M. Barreau, 1991).

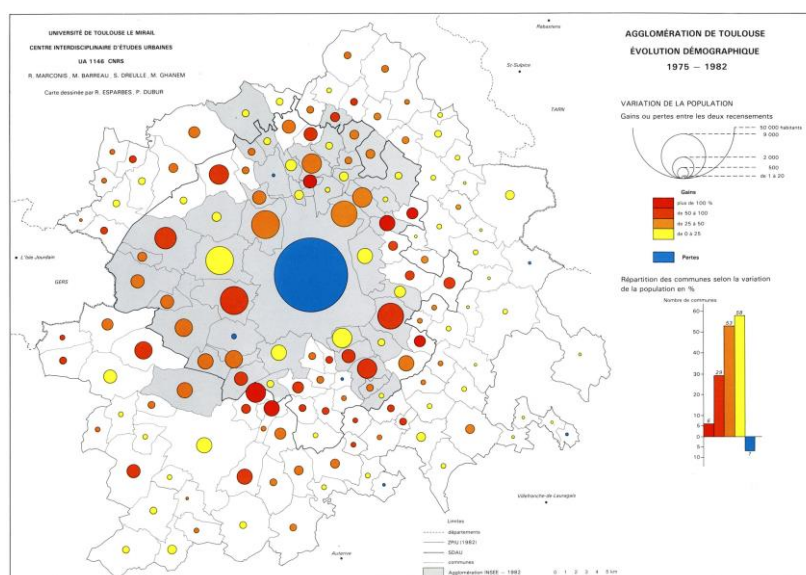


Figure 11. Carte dessinée selon le style des cartes par ordinateur, 1988.

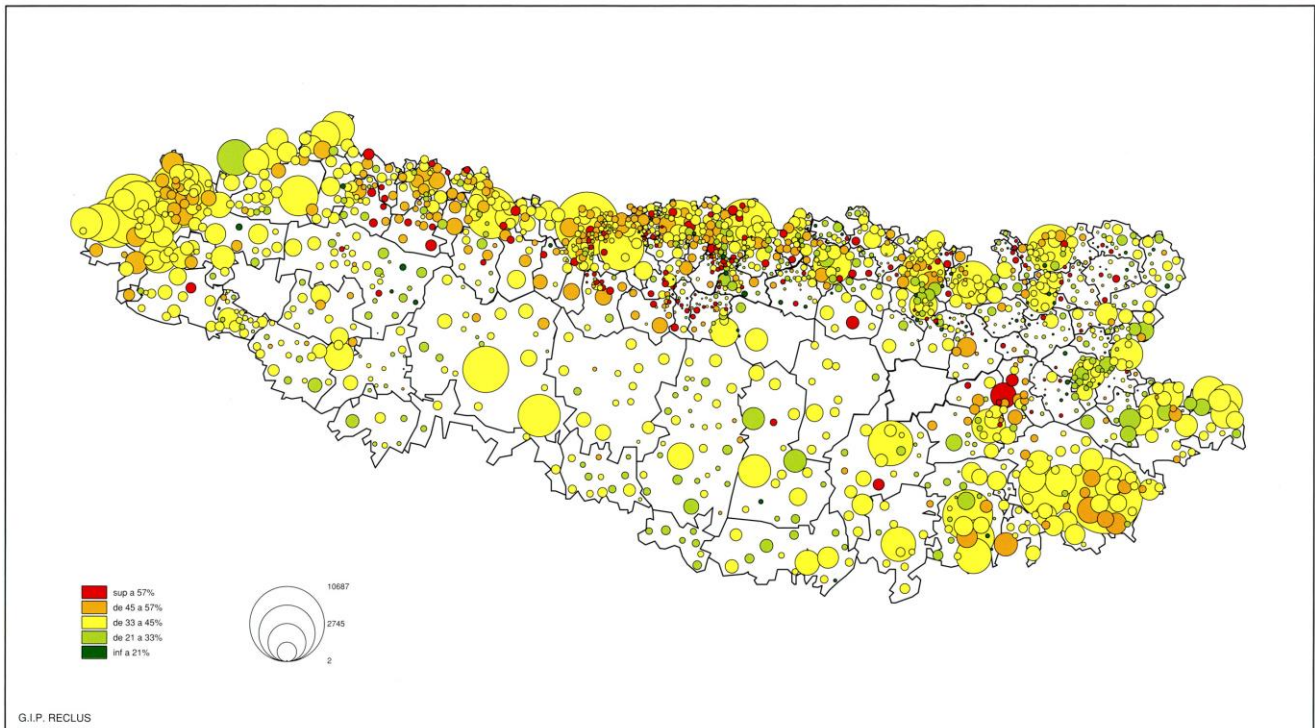


Figure 12. Carte extraite de l'Atlas « Pyrénées : présentation d'une montagne frontalière » (DATAR, MOPU, 1989). Un film plastique comprenant les limites administratives et des repères était fourni pour faciliter la lecture des cartes.

L'innovation de rupture, à la fin de cette période, c'est bien sur l'arrivée de la micro-informatique dans le laboratoire, accompagnée d'une numérisation croissante des données, cartographiques et statistiques.

2.3. 1993-2013 : Micro-informatique, Géomatique, Systèmes d'Information Géographique

Cartes, fonds	+ fonds dessinés, fonds achetés sur CDROM
Données	+ BDD locales, quelques images satellite
Traitements	+ cartographie thématique assistée, traitements SIG, dessin vectoriel
Supports	+ impressions couleur, CDROMs, disquettes, début du Web (flash)
Logiciels	Carto2D, Cartes&Bases, Mapinfo, ArcGIS, Philcarto, dBase, FileMaker, Illustrator, CorelDRAW
Rôle de la représentation	
+ Analyse spatiale, croisement de données SIG, observatoires , modèles géostatistiques	
Personnels	
+ MCF transports + géomatique, formation des chercheurs aux logiciels sur micro, équipement personnel	
Compétences	
+ logiciels carto. SIG et dessin, formation et enseignement au département de Géo., télédétection / images	
Usages et enjeux pour l'équipe	
+ organisation de BDD SIG, accompagnement des études, observatoires aggro, la carto. pour susciter le débat sur les projets, revue M@ppemonde (direction + secrétariat + membres du comité), master de géomatique Sigma .	

Figure 13. Tableau des caractéristiques de la période 1993-2013

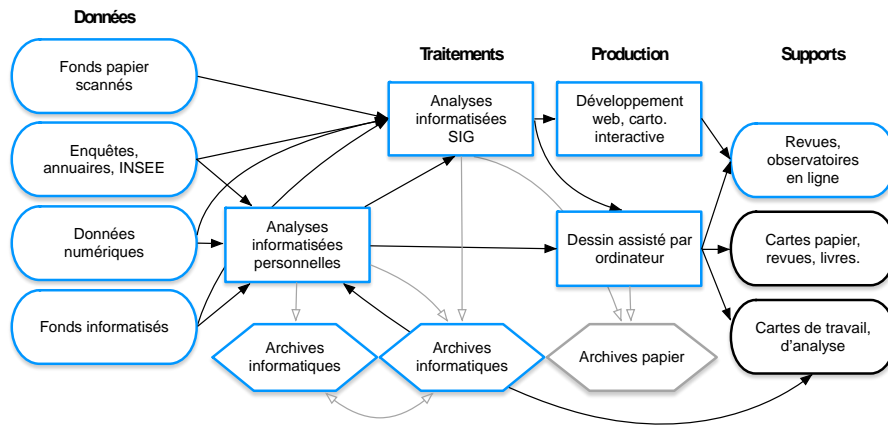


Figure 14. chaîne de traitement simplifiée de la période

Cette période, assez longue, aurait pu être subdivisée, par exemple au moment de l'utilisation intensive des S.I.G, mais nous avons préféré ici proposer une rétrospective plus compacte. L'arrivée de la micro-informatique au laboratoire (machines et logiciels, d'abord sur système *MacIntosh* d'Apple) a signifié une nouvelle accélération des opérations de conception et de production de visualisations de données, par la disponibilité d'outils directement dans les locaux, mais aussi par leur plus grande facilité d'emploi, avec des logiciels adaptés et plus ergonomiques (à la différence des programmes à écrire) et de données plus facilement stockables, diffusables, accessibles et manipulables, même si elles sont souvent d'abord dans des formats propriétaires. Cette période correspond en effet à la mise en place de bases de données numériques dans les organismes publics et les grandes collectivités, ainsi qu'à la numérisation plus large des fonds de carte et autres données spatiales. Les données peuvent être stockées et gérées de manière plus adaptée, voire organisées et traitées directement dans des systèmes conçus pour elles, les SIG. Ces logiciels étendent les capacités de traitement et incitent le laboratoire à mettre en place une réflexion sur l'organisation des données, leurs flux et les modalités de leur traitement. En effet, l'ingénieure d'études chargée des représentations graphiques développe ses compétences en géomatique SIG, d'abord sur Mapinfo (alors le logiciel utilisé dans beaucoup de services de l'État et dont les universités bénéficient d'un tarif réduit) puis sur ArcGIS et QGIS, et met en place progressivement un réseau local pour l'organisation des données et leur partage. Avec le développement des échanges de données numériques (avec l'INSEE mais aussi les collectivités locales comme le Conseil Régional, notamment pour les données spatiales), ces flux s'intensifient et la gestion des données devient importante, pour éviter la dispersion ou la disparition (mises à jour, tenue de catalogue, maintenance des matériels). De même, pour éviter des pertes de temps ou des redondances inutiles de traitements, des formations sont organisées pour rendre plus accessibles aux chercheurs des outils logiciels accessibles (comme QGIS ou Philcarto). Des fiches synthétiques offrent une première action pour le développement de la genericité et la reproductibilité des traitements. Plusieurs stages d'étudiant.e.s en géomatique viennent épauler ces travaux. Les formats de données se standardisent progressivement, notamment dans le domaine des données spatiales (*shapefiles*, format dBase, échanges en CSV). Le réseau Internet se développe et devient un support de publication, d'abord expérimental, pour des représentations nouvelles, prévues pour des écrans, mais aussi pour être animées, manipulées par l'utilisateur.

Les travaux de recherche du CIEU présentent alors des formes de représentation de données plus nombreuses et plus variées. Un nouvel Atlas régional est produit (figure 15), en collaboration avec l'INSEE, qui en grande partie rendu possible par la capacité à produire les cartes et les documents prêts à imprimer directement sur un micro-ordinateur, à l'aide du logiciel CorelDRAW (préféré à Adobe Illustrator, ce dernier étant à l'époque moins performant sous Windows), par une personne spécifiquement embauchée pour cette tâche. En effet, après une longue période d'utilisation des

matériels et logiciels d'Apple, sous la pression des coûts financiers et, surtout, du développement plus dynamique des logiciels sous Windows, la production SIG et infographique du laboratoire passe sur PC.

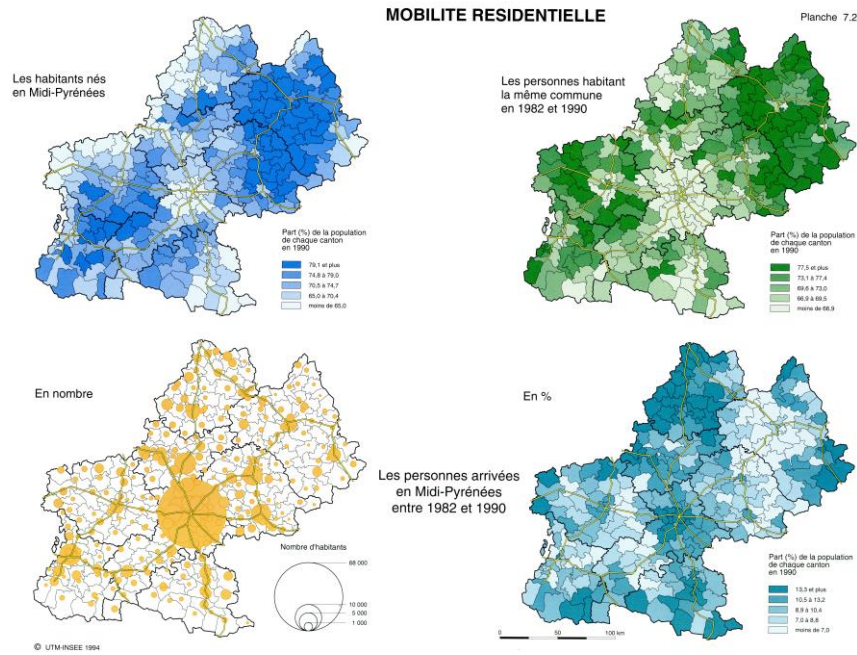


Figure 15. Extrait de l'Atlas Régional Midi-Pyrénées, UTM-INSEE, 1995.

Figure 16. Page d'accueil de la revue scientifique en ligne M@ppemonde, 2004-2016

La participation de chercheur.e.s et de personnels du CIEU à la revue Mappemonde (figure 16), revue scientifique sur l'image géographique et les formes du territoire (sur support web en 2004), notamment à la direction et au secrétariat de rédaction, va encourager la réflexion et l'expérimentation. De jeunes enseignants-chercheurs et ingénieurs participent alors aux expérimentations de nouvelles formes de représentation interactive sur ce support (figure 17). Le format Flash, malgré son absence de gestion des projections géographiques (ce qui implique de

préparer les fonds à l'avance sous SIG), permet la production de représentations dont le public va pouvoir choisir interactivement les variations et animer l'évolution d'une variable statistique, développant ainsi une nouvelle sémiologie graphique.

La production de cartes pour les ouvrages et revues se poursuit cependant, avec des méthodes plus souples (infographie) et une utilisation plus facile de la couleur (figure 18). L'infographie revient progressivement sous Adobe Illustrator, devenu plus complet et plus stable sur système Windows.

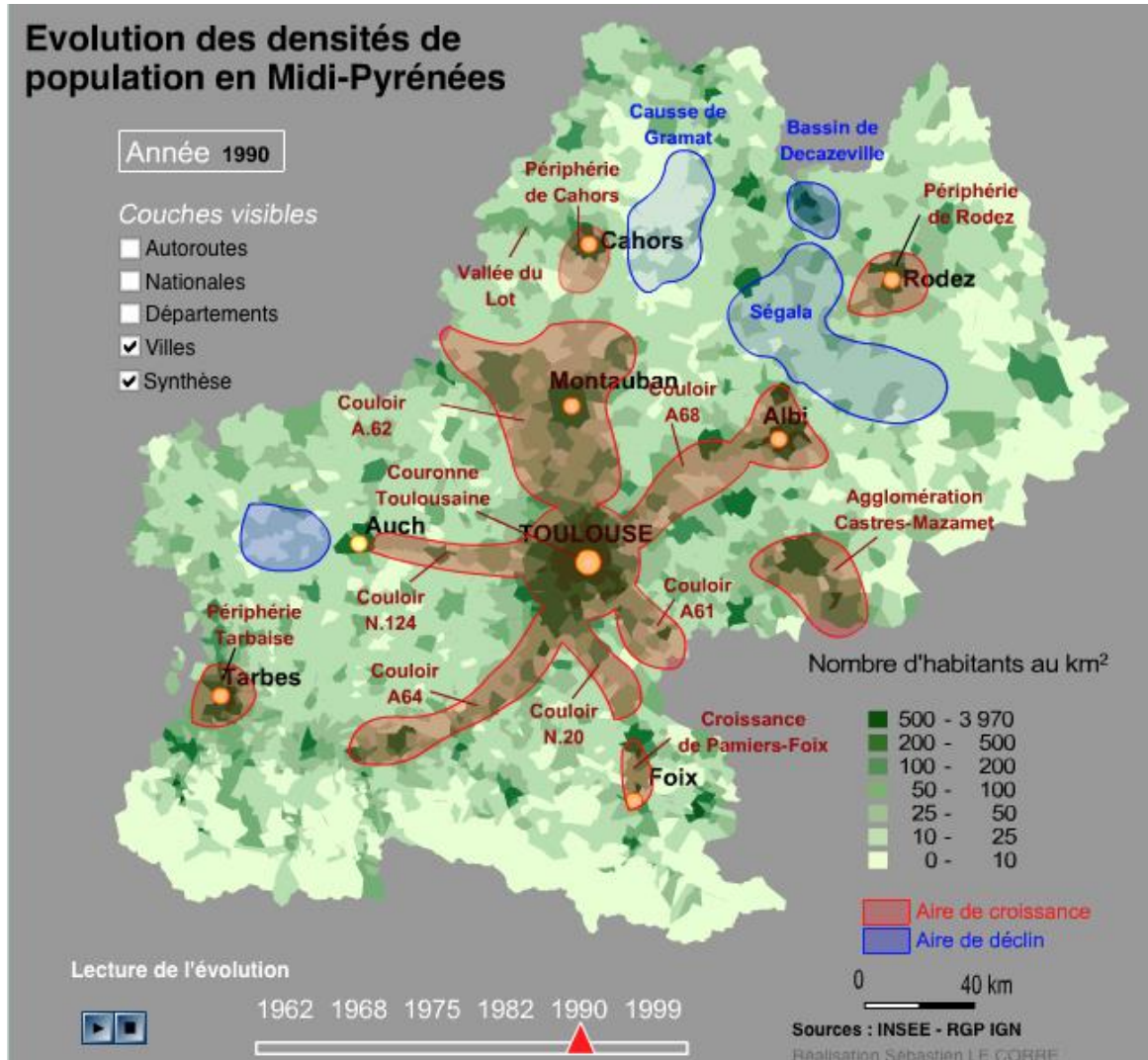


Figure 17. Carte interactive et dynamique (format Flash) dans un article de M@ppemonde, S. Le Corre, 2004².

² Toujours disponible en ligne : <https://mappemonde-archivage.mgm.fr/num1/articles/art04104.html>

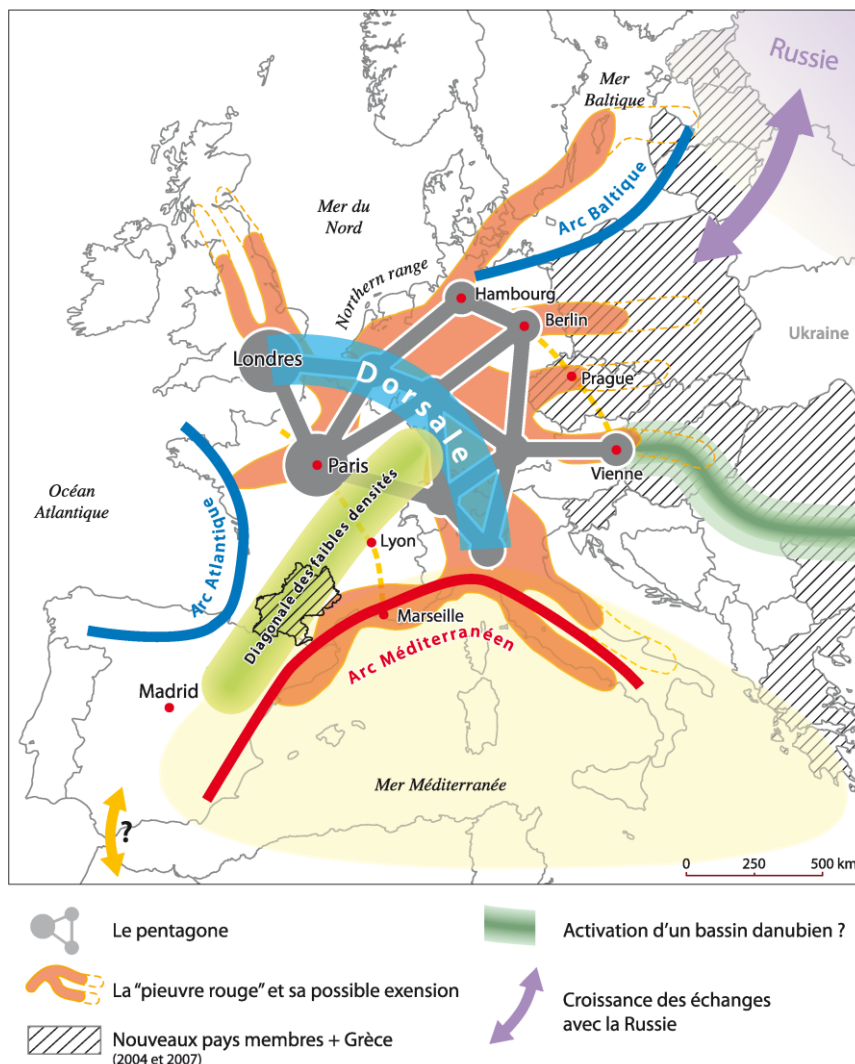


Figure 18. Assemblage des différentes visions schématiques de l'Europe, Ph. Dugot, 2008.

Cette période voit notamment évoluer le rôle de la visualisation de données : d'une illustration à des fins de communication ou de synthèse, elle acquiert la capacité à assister l'analyse des informations en proposant des représentations plus complexes et quasi immédiates, voire en constituant la part majeure des traitements et des analyses d'un programme de recherche, grâce aux SIG. Le CIEU connaît d'ailleurs le recrutement d'un maître de conférences doté de compétences SIG et les chercheur.e.s sont progressivement formé.e.s aux outils de la géomatique et du SIG.

C'est aussi l'époque à laquelle la disponibilité de données mises à jour régulièrement et d'outils pour les traiter et les représenter fait se développer les différentes initiatives d'observatoires statistiques urbains, avec la production de rapports et d'atlas variés, en collaboration avec des agences d'urbanisme ou des collectivités.

La veille technologique renforce son rôle dans un contexte de démultiplication des outils, des sources de données et des supports de publication. Certaines technologies deviennent trop complexes pour un personnel à vocation généraliste, le CIEU fait intervenir ponctuellement des spécialistes via des doctorats ou postdoctorats, notamment en télédétection. La création d'un Master deuxième année spécialisé en géomatique en 2000 (M2 Sigma) implique des enseignants-chercheurs du CIEU et permet la formation de nombreuses étudiantes et étudiants dans le domaine, dont certains vont continuer en doctorat ou faire leur stage au laboratoire. Les logiciels utilisés sont de plus en plus variés, voire expérimentaux ou développés en interne. Les besoins de l'enseignement à visée professionnelle (licences professionnelles et masters), devant former des étudiants adaptés au marché du travail, motivent un développement de la veille technologique.

Pour marquer la différence avec la période qui suit, nous avons repéré deux ruptures : le développement du Web comme support incontournable de diffusion, mais aussi de socialisation et de participation ainsi que le développement de la représentation des données comme composante centrale de projets et comme sujet propre de recherche.

2.4. 2013-2018 : Web et géomatique approfondie

Techniques	
Cartes, fonds	+ client-serveur, cloud, flux de données
Données	+ BDD distances centralisées, IDS, OpenData, citoyens-capteurs, images lourdes...
Traitements	+ traitements complexes avec flux, modélisation avancée (physique, 3D, temps), prog. web
Supports	+ Web interactif et dynamique, Flash puis HTML5
Logiciels	+ OpenSource en outil principal : QGIS, SAGA, R, Python
Rôle de la représentation	
+ Analyse par chaînes de traitement auto, modélisation avancée, réflexion sur les méthodes, objet d'étude	
Personnels	
+ Chercheure en climatologie, anthropologue utilisant la représentation, ingénieure en géomatique et représentation de données, MCF géomatique, thèses utilisant la géomatique + anthropologue	
Compétences	
+ Modélisation, développement web, SIG en ligne, sémiotique, communication	
Usages et enjeux pour l'équipe	
+ la représentation comme méthode et objet de recherche, séminaires et collaborations <u>interdisciplinaires</u> , <u>dataviz</u> de communication / vulgarisation des projets, <u>cartographie participative</u> avec les habitants.	

Figure 19. Tableau des caractéristiques de la période 2013-2018

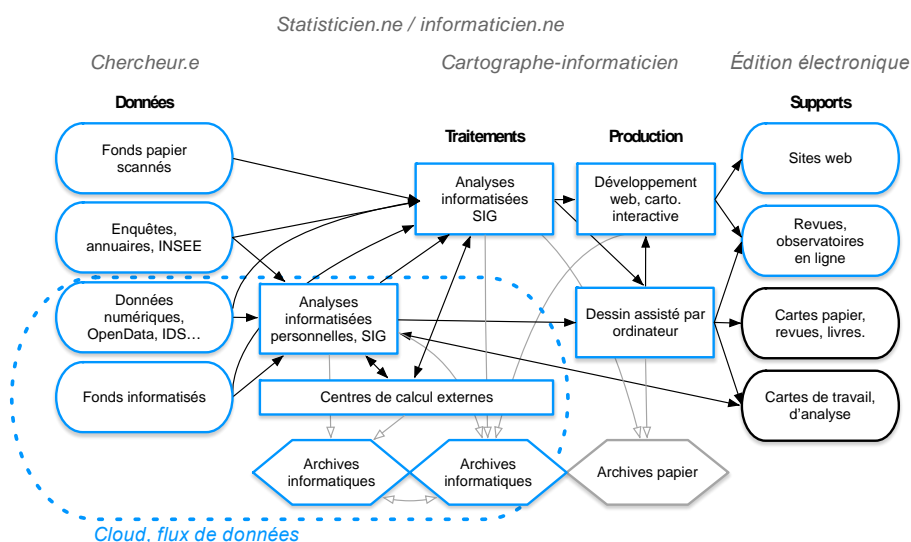


Figure 20. chaîne de production simplifiée de la période

Comme l'illustre la figure 20, le développement du réseau Internet a apporté la possibilité de stocker les données en ligne, sous des formes organisées (catalogues, flux), directement chez leurs producteurs (INSEE, IGN, IDS³ régionales...), volumineuses, et l'apparition d'initiatives de données ouvertes en croissance rapide. Par ailleurs, l'accélération des vitesses de transfert et des capacités de stockage fait d'Internet un lieu de stockage stable, puis de traitements distants (« *cloud computing* »). En tant que support de diffusion, Internet évolue aussi vers des capacités beaucoup plus larges d'interaction avec les représentations visuelles (figure 21), mais aussi de mise à disposition d'informations auprès du public pour recueillir son avis, ses impressions, sur des sujets donnés. Les enquêtes qualitatives, méthode centrale au CIEU depuis son origine, s'en trouvent facilitées et augmentées.

³ Infrastructures de Données Spatiales comme le CRIGE-Paca, PIGMA Aquitaine...

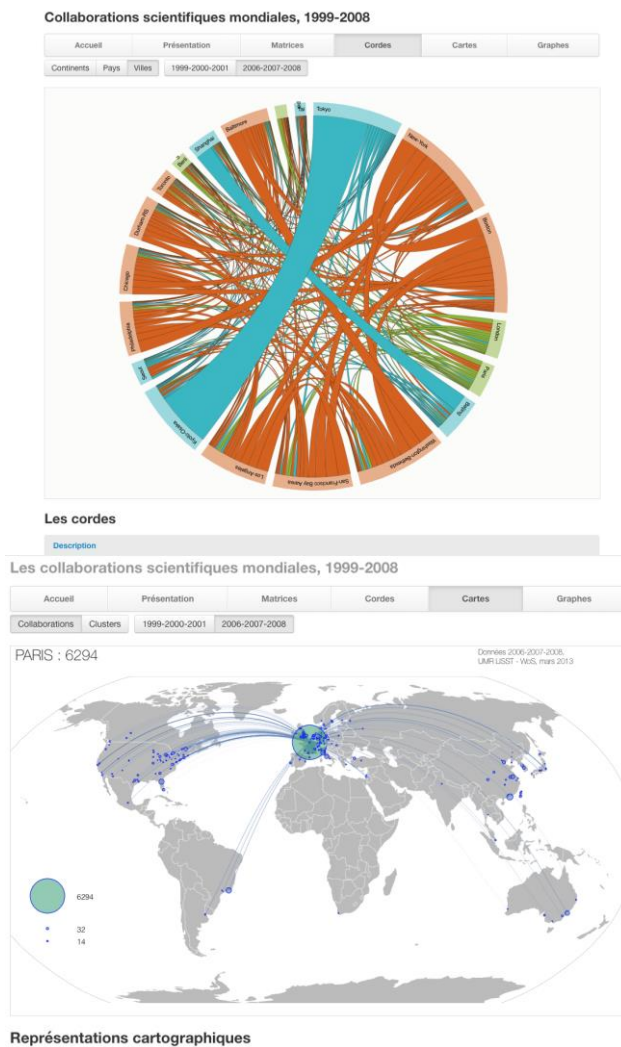


Figure 21. CoSciMo⁴, un site Internet d'infographies interactives pour explorer les Collaborations Scientifiques Mondiales (M. Maisonobe, L. Jégou, 2013).

En parallèle, les traitements se complexifient avec des SIG thématiques qui se spécialisent, s'interconnectent et deviennent capables de gérer des données plus massives, en flux continu. Tout en restant dans un cadre très interdisciplinaire, voire transdisciplinaire, marque de fabrique de l'équipe, des spécialisations progressives par thématiques impliquent des compétences qui deviennent de moins en moins accessibles à un.e chercheur.e généraliste et demandant des compétences plus poussées en traitements et analyses de données géographiques : modélisation spatiale (figure 22), programmation en *webmapping*, climatologie urbaine (figure 23). Ce sont les productions de chercheur.e.s spécialistes, dont une climatologue des milieux urbains qui est alors recrutée, des doctorants... appuyés par une ingénieure géomaticienne, à l'interface entre les spécialisations thématiques et technologiques. La question se pose alors du transfert et de la pérennisation des méthodes et des outils développés spécifiquement pour certaines études et travaux de recherche. La création de dépôts de codes sources, le développement d'outils interopérables sont des pistes expérimentées et mises en pratique. La généricité et la reproductibilité des traitements est alors facilitées, plusieurs scripts conçus et mis en place dans des travaux de doctorat sont ensuite repris dans des études. Des expérimentations de traitement visuel et de représentations interactives sont, de même, proposées en code ouvert sur des dépôts libres. Certains programmes en collaboration (ANR, Labex) font l'objet de partages plus intenses d'outils de développement et de jeux de données.

⁴ Disponible en ligne : <http://www.coscimo.net/>

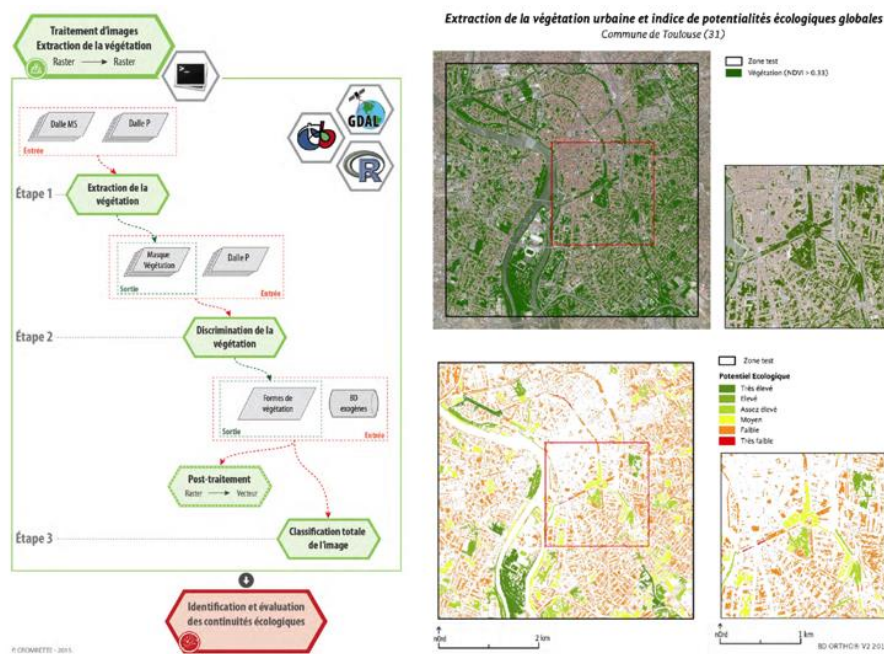


Figure 22. Graphe et cartes issus de la thèse de Pauline Crombette, 2016

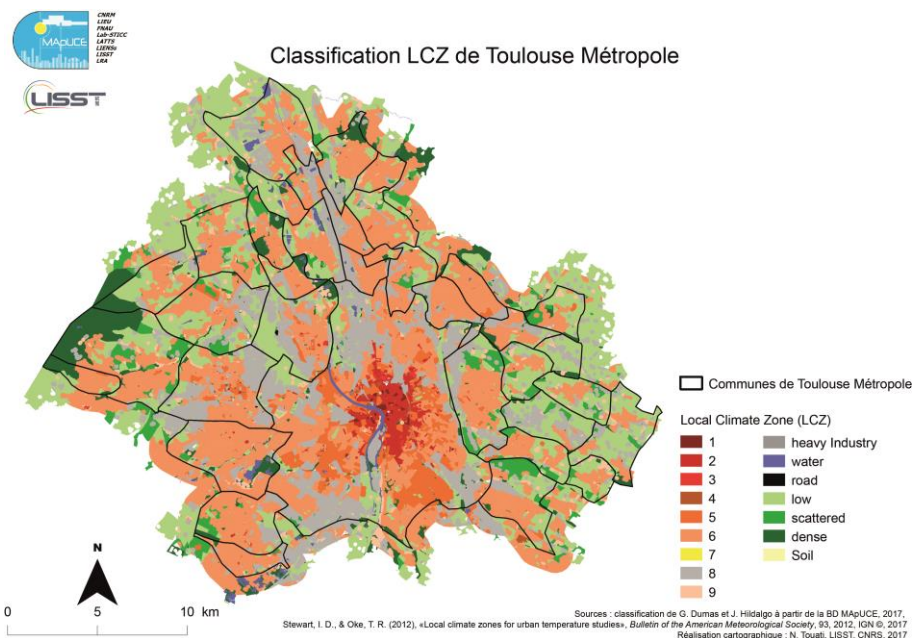


Figure 23. Visualisations de données issues du programme ANR Mapuce en climatologie urbaine, 2018 (Hidalgo et al., 2019).

Par ailleurs, le sujet de la représentation visuelle des données acquiert le rôle d'objet de recherche dans l'équipe, notamment de par les travaux sur l'extension esthétique de la sémiologie graphique (figure 24) et la participation de l'équipe à l'exposition « Vies d'Ordures » au Mucem de Marseille en 2017 (figure 25). Ces recherches, qui deviennent une activité à part entière (avec des travaux de chercheurs, des collaborations et des séminaires dédiés) ont eu un impact important sur la manière dont la représentation est traitée : les chercheur.e.s et les ingénieur.e.s s'intéressent plus spécifiquement à la manière dont les représentations visuelles sont reçues et donc à l'amélioration et l'adaptation de leur aspect visuel, par un travail sur l'état de l'art des types de représentations et sur le graphisme. Les questions de conception graphique, de typographie et d'harmonie des couleurs sont davantage prises en compte, lorsque le temps donné aux travaux le permet. C'est particulièrement sensible dans les productions des doctorants. Si ce nouveau rôle des représentations n'intervient pas vraiment sur les flux de données (à part, marginalement, sur le besoin de plus de

données d’habillage des cartes, de contextualisation), il influe naturellement plus fortement sur les modalités de post-traitement et de mise en forme en vue de diffusion des résultats.

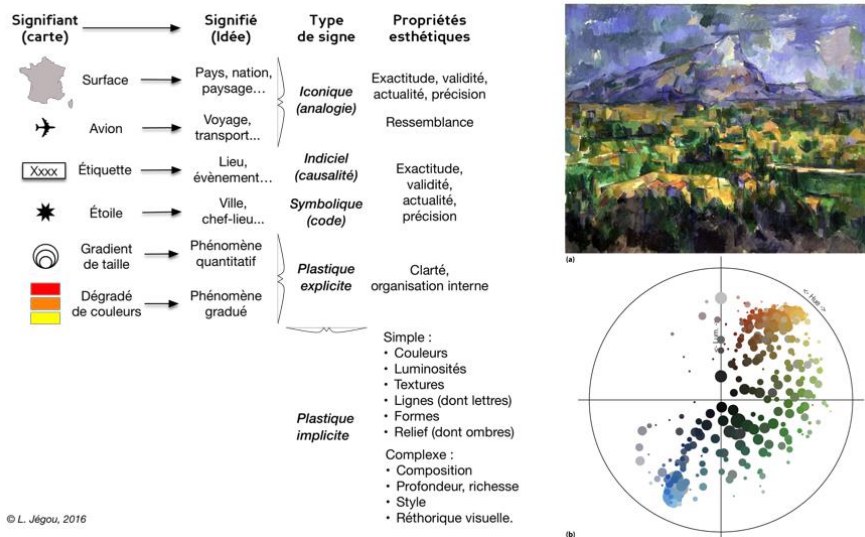


Figure 24. Extraits de travaux sur la sémiologie graphique, sur la théorie et par la production d’outils accessibles d’analyse (L. Jégou, 2016).

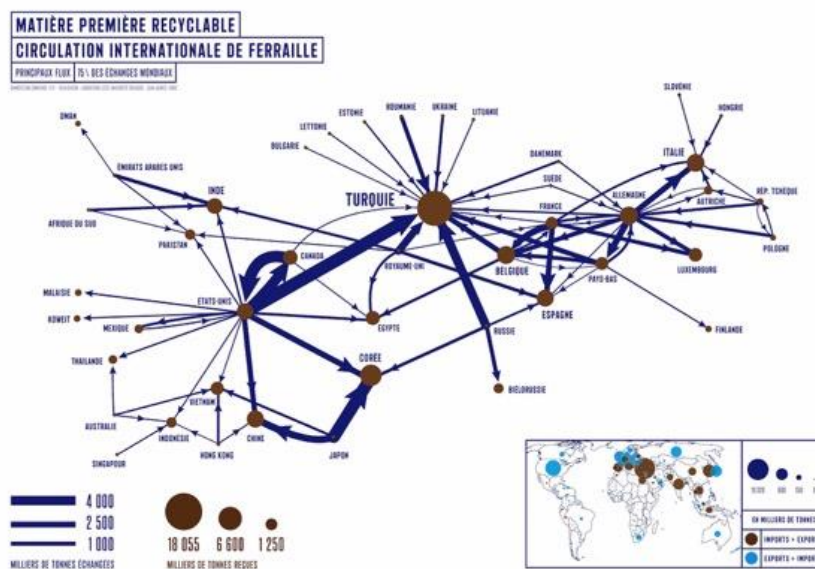


Figure 25. Graphe et carte produits pour l’exposition « Vies d’Ordures » du Mucem, 2017 (N. Touati, M. Maisonobe, L. Jégou et Y-Ph. Tastevin)

Cette exposition au Mucem, dont un membre du CIEU était commissaire-associé, fut notamment l’occasion d’une réflexion sur la manière de visualiser des flux complexes, en direction du grand public. Les graphes produits en collaboration avec l’équipe éditoriale et graphique de l’exposition ont connu un succès intéressant pour la socialisation de cette connaissance, lors de l’exposition, mais aussi étant repris notamment par des publications comme la Lettre d’information de l’InSHS (N° 50, 2018) ou Socialter (H.S. N°4, juin 2018). Le rôle de la visualisation, ici, outre la diffusion des savoirs, dépasse l’illustration pour devenir un objet de réflexion interdisciplinaire dans l’équipe. Cette dynamique, très fructueuse, a été poursuivie au travers de séminaires-ateliers, croisant réflexion et pratique (figure 26), qui ont permis d’alimenter les méthodes des chercheur.e.s, notamment des doctorant.e.s (figure 27).



Figure 26. Page de présentation des ateliers Mondis-Géovisu⁵ (LISST, 2017)

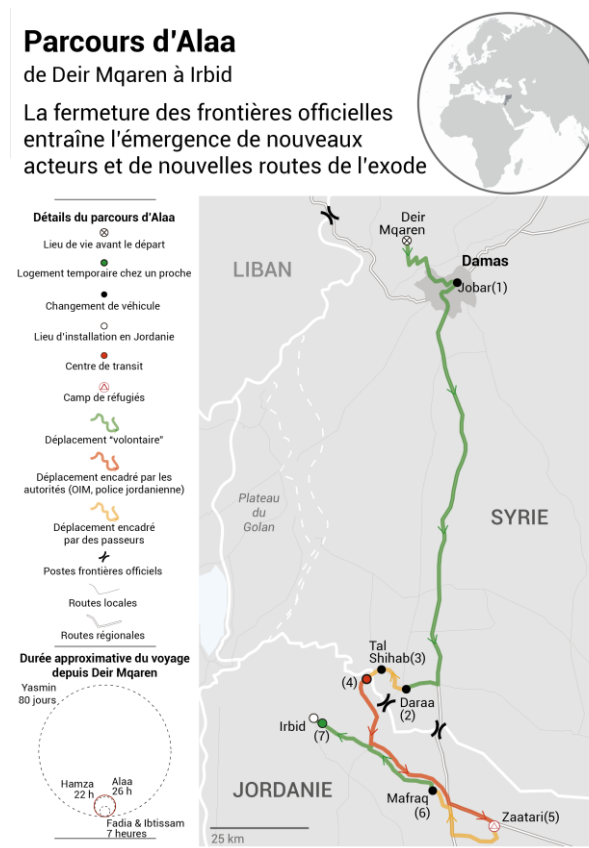


Figure 27. Extrait du mémoire de thèse de David Lagarde (2018)

Ces séminaires se poursuivent en 2018 avec une focalisation thématique sur des travaux en cours en climatologie, en collaboration avec les spécialistes toulousains.

Enfin, Internet devient aussi une source de données en lui-même, par le biais de l'automatisation de la recherche de contenus dans les pages via la création de scripts, ce qui permet de produire de nouvelles analyses à composante spatiales (figure 28).

⁵ Disponible en ligne : <https://mondis.hypotheses.org/410>

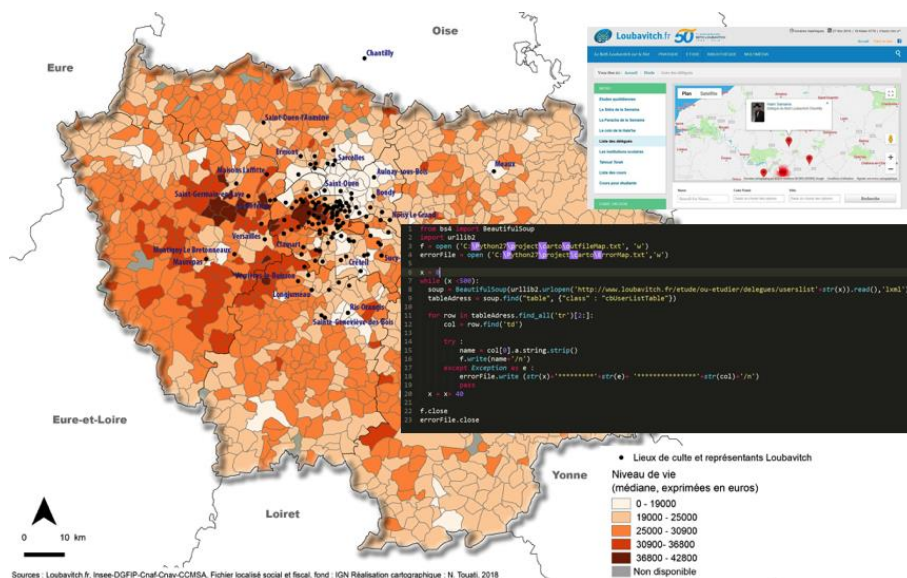


Figure 28. Exemple d'automatisation de l'acquisition de données sur des pages web, le cas des Loubavitch (L. Endelstein et N. Touati, 2018)

Ainsi, cette dernière période étudiée montre que la diversification des données, méthodes, outils et supports apportée par les progrès de l'informatique et du réseau Internet a offert de nouvelles possibilités pour la visualisation de données, mais aussi de nouveaux défis : développement web, extension de la sémiologie graphique, spécialisation thématique, qualité graphique, volume et qualité des données... La question des rôles supportés s'est révélée intéressante avec le développement de recherches et de travaux interdisciplinaires sur la représentation elle-même, son fonctionnement comme son évolution pour tenter d'en développer l'efficacité et la pertinence. Le rôle de vulgarisation, de diffusion des savoirs et d'animation scientifique, prend aussi un poids réel dans les travaux.

2.4. Quel avenir pour la visualisation de données au CIEU ?

Techniques	
Cartes, fonds	+ environnements en réalité augmentée, virtuelle, 3D temps réel
Données	+ big data centralisé, simulation et modèles de la « ville intelligente » alimentés en continu
Traitements	+ Infrastructures de données spatiales avec traitements SIG, modélisation fine
Supports	+ Web immersif, simulations pour réalité virtuelle
Logiciels	? Programmation, création 3D et VR
Rôle de la représentation	
+ Ressentir, expérimenter par la simulation réaliste, représenter le ressenti, ex. : la qualité de l'enviro. urbain	
Personnels	
+ stagiaires, développeurs nouveaux médias, spécialistes de la vulgarisation / diffusion	
Compétences	
+ développement en réalité augmentée et virtuelle, dialogue avec les IDS nouvelle génération	
Usages et enjeux pour l'équipe	
+ Maintenir la veille technologique, vulgariser plus largement, collaborer avec de nouveaux partenaires de recherche (disciplines STI, psychologie...), participer aux nouveaux modes de diffusion de la science.	

Figure 29. tableau des caractéristiques envisagées pour l'avenir proche

La première partie de la session s'est terminée sur un questionnement à propos de la poursuite des tendances identifiées et des frémissements perçus de certaines pratiques ou techniques. Sans vouloir ici trop prophétiser, on peut penser que certains domaines risquent de voir leur intérêt pour la visualisation de données dans les travaux du CIEU en études urbaines se développer dans les années à venir :

- La représentation en réalité augmentée ou virtuelle, déjà en plein développement via les terminaux mobiles, ce qui rejoint l'idée évoquée d'une personnalisation des expériences utilisateurs des visualisations ;
- La modélisation en temps réel, alimentée par des capteurs urbains variés, dans le cadre notamment des « *smart cities* ».
- Une plus grande prise en compte de la diversité des publics des représentations, de leur ressenti et de leur motivation pour interagir avec les données.

Ces perspectives impliquent des efforts continus pour l'équipe pour développer et partager la veille technologique, nouer des collaborations avec les spécialistes des interfaces et des techniques associées et participer aux initiatives nouvelles d'animation et de diffusion auprès du public.

3. Les enjeux pour le CIEU : mise en évidence et débat

Tout au long de la rétrospective précédente, des éléments récurrents et des logiques se sont fait jour, du point de vue des actions que l'équipe pouvait engager pour accompagner et encourager la pertinence et l'innovation dans le domaine de la visualisation des données.

3.1. La question de la veille scientifique et technologique

Un élément revient régulièrement : pour suivre l'évolution des outils, techniques, mais aussi des données disponibles, il faut mettre en place et maintenir une veille technologique. Si elle se complique par la dispersion et la spécialisation thématique évoquée, elle tend aujourd'hui à être facilitée par la concentration sur certains canaux normalisés : flux RSS, fils Twitter, salons, conférences et presse spécialisée. La participation de membres de l'équipe à des formations spécialisées comme le Master Sigma encourage cette mise à jour des compétences et leur transfert auprès des étudiants et collègues.

Il reste la question du partage des résultats de cette veille, éventuellement de sa curation et de son organisation, qui sont du domaine de la documentation scientifique (qui voit lui aussi ses effectifs mutualisés ou réduits).

En corollaire, le débat fait surgir une idée complémentaire : il faut que les chercheur.e.s soient sensibles au fait que la technologie n'est pas une course infinie. La valeur ajoutée de la recherche est aussi dans la réflexivité sur ses méthodes, il est souvent salutaire de prendre du recul et de croiser les approches. Un exemple parmi d'autres : les gains en précision et en finesse des données, notamment spatiales, qui peuvent parfois s'avérer plus problématiques qu'utiles (augmentation de la complexité, dilution de l'incertitude...). Parfois, notamment en planification urbaine, la schématisation est même préférable, voire requise, pour aider à réfléchir sur des tendances, des zonages généraux, plutôt que sur des limites précises. De même, en visualisation de données, offrir une cartographie fine peut utilement être accompagné d'un regard plus large et synthétique, c'est justement l'un des atouts des chercheur.e.s d'être capables d'avoir cette réflexivité et cette capacité de changer d'échelle d'analyse, parce qu'ils ont étudié les phénomènes, ont acquis une expertise et peuvent en tirer des principes généraux. La modélisation graphique reste une piste, à ce propos. C'est aussi leur rôle de pouvoir développer une pédagogie autour de ces méthodes. Enfin, la représentation de l'incertitude (des données, de la localisation), reste une question vive dans le domaine de la visualisation.

3.2. La participation aux initiatives interdisciplinaires de transfert de compétences, d'échanges de pratiques, de formation

La confrontation des approches et des méthodes, dans un contexte de complexification et de spécialisation, ne peut qu'être bénéfique. Encore faut-il pouvoir s'organiser pour y participer et échanger, ce qui signifie suivre les initiatives en ce sens et dégager du temps et des ressources. Dans ce domaine, il existe des regroupements de laboratoires, comme le GDR MAGIS⁶, ou des réseaux de praticiens comme le réseau Méthodes Analyses Terrains Enquêtes⁷ du CNRS. Des organismes comme le Comité Français de Cartographie, le comité de la revue Mappemonde, auquel participent plusieurs membres de l'équipe, sont aussi des lieux d'échanges et de partages à préserver.

3.3. Valoriser, vulgariser et animer les travaux de recherche

Avec cette rétrospective, on l'a vu, la visualisation des données au CIEU a toujours été en partie orientée vers l'extérieur, notamment les organismes de planification urbaine, les collectivités territoriales ou, plus largement, les acteurs locaux. Avec l'évolution technique et de la communication scientifique, de nouveaux moyens et de nouveaux lieux de communication sont apparus, qu'il faut que l'équipe et le laboratoire les investissent sérieusement, au risque d'être progressivement moins bien reconnus. On pense bien sûr aux sites Internet, institutionnels ou de programmes de recherche, mais aussi aux efforts de communication et de promotion à fournir dans des contextes plus larges : réseaux spécialisés, initiatives de valorisation scientifique locales et thématiques (animations, salons, conférences), etc. La participation à des expositions ou des forums grand public existe et doit être développée. Dans un contexte d'évaluation croissante de la recherche et de mise en compétition, paradoxalement malgré des effectifs d'accompagnement qui diminuent, c'est une question qui va prendre de l'importance.

3.4. Préserver le positionnement de l'équipe sur certaines questions

De par ses recrutements, ses travaux, son expérience, l'équipe a acquis certains savoir-faire et capacités dans le domaine de la visualisation de données. Ce positionnement est important, reconnu, et nous souhaitons pouvoir le préserver et le faire évoluer. C'est un enjeu pour l'équipe notamment dans un contexte où se multiplient les exemples de visualisations de données, notamment en rapport avec l'actualité et les nouveaux supports. D'autres laboratoires ou structures de recherches ont mis sur pied des structures spécialisées qui diffusent des réalisations et des outils à un rythme rapide, se créant ainsi une place certaine dans le domaine. C'est dans les possibilités de l'équipe que de mieux participer à cet engouement assez large pour les visualisations simples, mais efficaces, qui peuvent se diffuser en ligne et qui aident à animer des questions d'actualité ou des débats publics, notamment dans le cadre de questions vives traitées par le laboratoire comme le bien-être urbain, le vieillissement des populations, les débats sur la planification urbaine, les projets d'infrastructures de transport...

4. Conclusion

En guise de conclusion, nous pouvons désormais affirmer que, malgré son rôle longtemps réservé (ou perçu comme) à celui de l'illustration des résultats de recherche, réalisée par des techniciens spécialisés, la visualisation de données au CIEU a largement évolué pour faire partie intégrante des méthodes de recherche, voire, dans certains cas, devenir un objet de recherche à part entière.

⁶ <http://gdr-magis.imag.fr>

⁷ <http://mate-shs.cnrs.fr>

Naturellement très liée à l'évolution des techniques, méthodes et outils de traitement de l'information et de publication, la visualisation de données a constitué un enjeu important de la modernisation des pratiques de recherche et donc des personnels et de la formation des chercheur.e.s, en plus de celle des équipements et de l'organisation du travail. Si certaines méthodes restent d'actualité, comme la cartographie et les SIG, leurs outils et supports changent et demandent une adaptation. De nouvelles méthodes se font jour, adaptées aux données qui deviennent disponibles, comme celles issues de capteurs urbains multiples ou celles liées à des enquêtes de perception d'environnement, ou à de nouveaux moyens de les analyser et de les représenter (réalité augmentée ou virtuelle). Ces nouvelles approches sont souvent caractérisées par une technicité et une spécialisation poussées, nécessitant des compétences spécifiques, donc des formations et des recrutements adaptés, mais aussi des collaborations, par exemple sous la forme de séminaires-atelier, mêlant réflexion et pratique.

La valorisation des recherches scientifiques prend de l'importance, pour montrer l'engagement des recherches dans la vie de la société, la participation aux débats, et diffuser au mieux les résultats, ce qui implique de nouveaux enjeux pour les laboratoires. Non seulement la communication extérieure reste importante et développe de nouveaux supports et lieux (réseaux sociaux, professionnels, promotion de la recherche, expositions et conférences de vulgarisation), mais la communication interne des laboratoires, qui ont tendance à devenir de grosses structures multi-équipes, devient cruciale pour partager et préserver les connaissances, animer et diffuser la veille technologique, faire émerger de nouvelles collaborations ou les appuyer. Sur la question spécifique de la représentation des données, ces thématiques sont aussi l'occasion d'une interdisciplinarité renouvelée, avec des disciplines comme les sciences de l'information et de la communication, la climatologie, la psychologie en plus des collaborations plus fréquentes avec la sociologie et l'anthropologie.

Dynamique, stimulante, pratique de recherche et de diffusion, la représentation des données fut donc un domaine important de l'activité du CIEU, mais aussi le lieu d'enjeux centraux des équipes et laboratoires de recherches pour l'avenir.

Remerciements

Les auteurs souhaitent vivement remercier les membres ou proches de l'équipe qui les ont aidés à rassembler et analyser la production du CIEU au fil du temps : Marcel Barreau, Joseph Buosi, Françoise Desbordes, Jean-Paul Laborie et Robert Marconis.

Bibliographie

- Boudou A., Jalabert G., Kayser B., (1969). L'évolution récente de la population dans la région Midi-Pyrénées. *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, tome 40, fascicule 2. pp. 197-216.
- Chevallier D., Tastevin YP., (2017), *Vies d'ordures - de l'économie des déchets*, Coédition Mucem/Artlys Presse.
- Crombette P., (2016). Contribution des technologies satellitaires Pléiades à l'étude des trames vertes urbaines : entre maintien des connectivités écologiques potentielles et densification des espaces urbains. Thèse de géographie, Université de Toulouse-le-Mirail.
- DATAR-MOPU, (1989). Les Pyrénées, présentation d'une montagne frontalière. Centro de Publicaciones MOPU, Madrid.
- Dugot Ph., Laborderie S., Taulelle F. (2008). *Midi-Pyrénées : région d'Europe*. CRDP Midi-Pyrénées, Toulouse.
- Jaillet M-Ch., Jalabert G., (1982). La production de l'espace urbain périphérique. *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, tome 53, fascicule 1. Périurbanisation. pp. 7-26.
- Jalabert, G. (2009). *Mémoires de Toulouse : ville d'hier, ville d'aujourd'hui*. Presses Univ. du Mirail, Toulouse.

- Jégou L. (2013). Vers une nouvelle prise en compte de l'esthétique dans la composition de la carte thématique : propositions de méthodes et d'outils. Thèse de géographie, Université de Toulouse-le-Mirail.
- Jégou L., Maisonobe M., (2013). Les collaborations scientifiques mondiales, 1999-2008, une application web de géovisualisation. *M@ppemonde*, n°112 (2013-4), <https://mappemonde-archive.mgm.fr/num40/index.html>
- Hidalgo J., G. Dumas, V. Masson, G. Petit, B. Betchtel, E. Bocher, M. Foley, R. Schoetter, G. Mills, (2018). Comparison between Local Climate Zones maps derived from administrative datasets and satellite observations, *Urban Climate*, Elsevier, 2019, 27, pp.64-89.
- Lagarde D. (2018). Sur les routes de l'exil syrien. Récits de vie et parcours migratoires des réfugiés de Deir Mqaren. Thèse de géographie, Université de Toulouse-Jean Jaurès.
- Le Corre S., (2004). Évolution de la population en Midi-Pyrénées. *M@ppemonde*, n°73 (2004-1), <https://mappemonde-archive.mgm.fr/num1/articles/art04104.html>
- Taillefer F. (dir.). (1970). *Atlas Midi-Pyrénées*, Berger-Levrault, Paris.