

DÉCOUPAGE ÉLECTORAL DES CIRCONSCRIPTIONS LÉGISLATIVES EN FRANCE

Déséquilibres démographiques et contraintes territoriales

[Thomas Ehrhard](#), [Solal Attias](#), [Evrpidis Bampis](#), [Vincent Cohen-Addad](#), [Bruno Escoffier](#), [Claire Mathieu](#), [Fanny Pascual](#), [Adèle Pass-Lanneau](#), [David Saulpic](#)

Presses de Sciences Po | « [Revue française de science politique](#) »

2022/3 Vol. 72 | pages 333 à 364

ISSN 0035-2950

ISBN 9782724637465

DOI 10.3917/rfsp.723.0333

Article disponible en ligne à l'adresse :

<https://www.cairn.info/revue-francaise-de-science-politique-2022-3-page-333.htm>

Distribution électronique Cairn.info pour Presses de Sciences Po.

© Presses de Sciences Po. Tous droits réservés pour tous pays.

La reproduction ou représentation de cet article, notamment par photocopie, n'est autorisée que dans les limites des conditions générales d'utilisation du site ou, le cas échéant, des conditions générales de la licence souscrite par votre établissement. Toute autre reproduction ou représentation, en tout ou partie, sous quelque forme et de quelque manière que ce soit, est interdite sauf accord préalable et écrit de l'éditeur, en dehors des cas prévus par la législation en vigueur en France. Il est précisé que son stockage dans une base de données est également interdit.

DÉCOUPAGE ÉLECTORAL DES CIRCONSCRIPTIONS LÉGISLATIVES EN FRANCE

DÉSÉQUILIBRES DÉMOGRAPHIQUES
ET CONTRAINTES TERRITORIALES

**Thomas Ehrhard, Solal Attias, Evripidis Bampis, Vincent Cohen-Addad, Bruno Escoffier,
Claire Mathieu, Fanny Pascual, Adèle Pass-Lanneau, David Saulpic**

Lors de la campagne électorale de l'élection présidentielle de 2017, Emmanuel Macron avait proposé l'introduction d'une dose de proportionnelle et une réduction du nombre de parlementaires. Devenu président de la République, il avait précisé le contenu de cette réforme électorale devant le Parlement réuni en Congrès à Versailles, en juillet 2017¹.

Présentée en Conseil des ministres, le 9 mai 2018², elle prévoyait une réduction de 30 % du nombre de parlementaires et l'élection de 15 % des députés au scrutin de liste³. Elle a ensuite été suspendue pendant 16 mois, avant d'être présentée dans une version remaniée, lors du Conseil des ministres du 28 août 2019. Elle comportait alors une réduction de 25 % du nombre de parlementaires et l'élection de 20 % des députés au scrutin de liste⁴. Dans les deux cas, cette réforme impliquait un redécoupage général des circonscriptions législatives ou, selon la formule médiatique, un « big bang » de la carte électorale⁵. Cette possibilité a suscité, comme lors des découpages électoraux de 1986 et 2010⁶, la suspicion de l'opposition et la crainte des parlementaires de tous bords que les médias ont largement relayées, évoquant « le spectre du redécoupage⁷ » qui « affole les députés⁸ », « la fin des circons en or⁹ », la mise en garde des sénateurs contre « un bidouillage électoral¹⁰ » ou, encore, « une arme qui peut se retourner contre l'exécutif¹¹ ». Finalement, la réforme électorale maintes fois promise a

1. *Journal officiel de la République française*, débats parlementaires, compte rendu intégral, 3 juillet 2017.

2. En trois projets de loi (constitutionnelle, organique et ordinaire), déposés le 23 mai 2018 à l'Assemblée nationale, contenant la réforme dénommée « pour une démocratie plus représentative, responsable et efficace ».

3. Pour une étude des conséquences, voir Thomas Ehrhard, Olivier Rozenberg, « La réduction du nombre de parlementaires est-elle justifiée ? Une évaluation ex-ante », *LIEPP Working Paper*, 75, 2018, p. 1-45.

4. En trois projets de loi, déposés le 29 août 2019 à l'Assemblée nationale, contenant la réforme renommée « pour un renouveau démocratique ».

5. *Le Monde*, 11 juin 2018.

6. Sur le découpage électoral en France, voir Thomas Ehrhard, *Le découpage électoral sous la V^e République. Intérêts parlementaires, logiques partisanes*, Paris, Classiques Garnier, 2017.

7. BFMTV.com, 3 juillet 2018.

8. *Le Figaro*, 2 juillet 2018.

9. France Inter, 6 juin 2017.

10. Public Sénat, 17 mai 2021.

11. Europe 1, 12 juin 2018.

été enterrée « sans fleurs ni couronnes¹ », sans même être mise à l'ordre du jour parlementaire.

Cette renonciation peut s'expliquer en se référant aux recherches de science politique relatives aux réformes électorales². C'est notamment le *politics* des réformes électorales qui explique leurs abandons et leur rareté. En ce sens, la difficulté des réformes provient des attentes et des craintes ambivalentes des acteurs politiques, selon leurs intérêts, à partir de projections électorales souvent défailtantes ou déçues³. À ces contraintes s'ajoutent celles d'autres acteurs⁴ (citoyens, médias, etc.) qui contribuent à formuler un cadre cognitif⁵ des attentes de changements ou à en être à l'initiative. Plus les réformes électorales sont complexes, plus elles ont de chance d'agrèger contre elles des oppositions variées⁶.

Parmi les réformes électorales, le découpage électoral est l'une des plus difficiles à mettre en œuvre en raison de sa dimension éminemment politique. Le découpage construit la carte électorale par deux phases successives, avec la répartition des sièges entre les départements puis la délimitation des circonscriptions au sein desquelles se déroulent les élections⁷. Le découpage électoral conditionne l'égalité du droit de suffrage entre les électeurs et l'égalité des votes⁸, en favorisant ou défavorisant potentiellement des partis politiques ou des candidats par des techniques de délimitations orientées du territoire. On parle alors de « charcutage électoral » ou de *gerrymandering*. La modification des limites des circonscriptions électorales suscite la réticence et les craintes des élus qui y ont remporté les élections. D'autres contraintes politiques expliquent également l'absence de découpage à intervalles réguliers sous la V^e République⁹. Dans cette perspective, l'abandon de la réforme électorale de 2017, qui supposait une refonte globale de la carte électorale, s'explique aisément avec la littérature des réformes électorales.

1. France Culture, 19 janvier 2021.

2. Parmi les travaux majeurs, voir Pippa Norris, « Introduction : the Politics of Electoral Reforms », *International Political Science Review*, 16 (1), 1995, p. 3-8 ; Michael Gallagher, Paul Mitchell (dir.), *The Politics of Electoral Systems*, Oxford, Oxford University Press, 2005 ; Alan Renwick, *The Politics of Electoral Reform. Changing the Rules of Democracy*, Cambridge, Cambridge University Press, 2010. À ce sujet, une synthèse, sous forme de lecture critique, a été publiée dans la *Revue française de science politique* : Jean-Benoit Pilet, « Les nouveaux souffles dans l'analyse des systèmes électoraux », 58 (1), février 2008, p. 137-144.

3. Dans le sens où les réformes électorales atteignent rarement leurs objectifs électoraux supposés. Voir, par exemple, Jean-Benoit Pilet, *Changer pour gagner ? Les réformes des lois électorales en Belgique*, Bruxelles, Éditions de l'Université de Bruxelles, 2007.

4. Lawrence Leduc, « Electoral Reform and Direct Democracy in Canada : When Citizens Become Involved », *West European Politics*, 34 (3), 2011, p. 551-567.

5. Par exemple, à propos de la réforme de la réduction du nombre de parlementaires, voir Thomas Ehrhard, Paulo Canelas Rapaz, « Pour une approche des politiques électorales par les idées : la réduction du nombre de parlementaires en France, au Portugal et au Royaume-Uni », *Gouvernement et action publique*, 8 (2), 2019, p. 81-112.

6. Voir, par exemple, Camille Bedock, « Du *mattarellum* au *porcellum* : une comparaison des réformes électorales de 1993 et 2005 en Italie », *Pôle Sud*, 34, 2011, p. 27-44. Plus largement, voir C. Bedock, *Reforming Democracy. Institutional Engineering in Western Europe*, Oxford, Oxford University Press, 2017.

7. Sur les enjeux définitionnels du découpage électoral, voir T. Ehrhard, *Le découpage électoral sous la V^e République...*, *op. cit.*, p. 13-18.

8. L'égalité des votes est souvent assimilée sans nuance à l'égalité du suffrage, ce qui est partiellement exact. L'égalité ne peut être limitée uniquement à son aspect procédural quantitatif (le droit de suffrage), il est nécessaire de lui adjoindre une dimension qualitative (l'égalité des votes). Chaque voix compte, mais que pèse-t-elle réellement ? Dans cette perspective, les citoyens ne peuvent se concevoir seulement comme des unités électorales interchangeables.

9. La temporalité, la diversité des acteurs et leurs stratégies, la suspicion et la violence des accusations subies par le découpeur déterminent la décision de ne pas découper, qui forment un ensemble de rétributions du non-agir en politique. Pour une étude du processus du découpage électoral sous la V^e République, voir T. Ehrhard, *Le découpage électoral sous la V^e République...*, *op. cit.*, p. 85-431.

Néanmoins, les contraintes *politics* ne sont pas les seules qui pèsent sur l'élaboration de la carte électorale. Sa modification est aussi rendue difficile par les règles formelles que les délimitations des circonscriptions doivent respecter. La réalisation de la carte électorale serait ainsi délicate¹, avant même de l'être politiquement, avec la cumulation des critères juridiques et constitutionnels, relatifs à la démographie et à la géographie.

Deux types de contraintes pèsent donc sur l'élaboration de la carte électorale : des contraintes politiques, bien connues pour avoir concentré l'attention des recherches, et des contraintes techniques, peu connues. En effet, la complexité de la carte électorale n'est pas précisée et l'influence des critères qui encadrent l'élaboration des circonscriptions n'est pas mesurée. Cette dimension technique de la carte électorale est pourtant fondamentale pour comprendre sa production. Elle est la première étape de l'élaboration de la carte électorale : sa connaissance permet de saisir les potentialités concrètes des délimitations des circonscriptions.

Dans cet article, nous nous intéressons à cette dimension technique de la carte électorale par les critères qui encadrent le découpage des circonscriptions législatives en France en fonction des données territoriales (cantons et population)². Nous quantifions les potentialités de la carte électorale, c'est-à-dire l'ensemble des découpages possibles, pour saisir empiriquement dans quelle mesure la délimitation des circonscriptions est contrainte par les critères démographiques et géographiques. Nos conclusions mettent en évidence la complexité de l'élaboration de la carte électorale à travers nos résultats relatifs à l'égalité des suffrages atteignable et à l'influence forte des critères géographiques.

À ces enjeux de recherche, s'ajoutent des conclusions plus normatives, grâce à l'empirisme de nos résultats, permettant d'évaluer l'encadrement juridique du découpage électoral. Dans cette perspective issue des recherches internationales, le travail des données peut favoriser la transparence et l'ouverture du processus à de nouveaux acteurs.

Enjeux et questions de recherche

Les recherches relatives aux critères de la délimitation des circonscriptions ne prennent pas en compte les caractéristiques démographiques et géographiques des territoires. Les critères sont analysés principalement en fonction de leur capacité supposée à répondre aux objectifs que doit atteindre un découpage électoral ; par exemple, la déviation de population de 20 % entre les circonscriptions d'un département permet-elle d'atteindre l'égalité démographique entre circonscriptions³ ?

Cependant, ces approches ne permettent pas de connaître la pertinence des critères en fonction des réalités territoriales qu'ils encadrent ; par exemple, la déviation de population de 20 % entre les circonscriptions d'un département est-elle pertinente compte tenu de la distribution démographique sur un territoire ?

Pour répondre à ce type de questionnement, nous rejoignons les recherches en *computational social science* et, en particulier, celles sur les découpages assistés par ordinateur (*computer redistricting*).

1. Laurent Touvet, Yves-Marie Doublet, *Droit des élections*, Paris, Économica, 2014, 2^e éd., p. 427.

2. Par exemple, les circonscriptions doivent respecter les limites départementales, un certain équilibre démographique entre elles, etc. Ces critères sont détaillés dans la partie II, sous-partie 1.

3. La réponse est alors évidemment négative car cette déviation autorisée permet des déséquilibres de 50 % de populations entre les circonscriptions d'un même département.

Une connaissance très limitée de l'influence des critères du découpage électoral en fonction du territoire à délimiter

Les critères sont des contraintes, édictés par le Conseil constitutionnel dans sa jurisprudence¹ puis transcrits dans les lois d'habilitation². Dans les recherches qui abordent les critères à respecter dans la délimitation des circonscriptions, ceux-ci ne sont pas envisagés concrètement, *in situ*, par rapport à la faisabilité de la carte électorale. Ces études n'apportent donc aucune connaissance empirique et quantitative sur ces critères en fonction des territoires concernés par les découpages électoraux.

Les critères sont majoritairement étudiés avec une approche juridique, constitutionnaliste et administrative. Influencée par la pléthorique jurisprudence de la Cour suprême des États-Unis sur les découpages électoraux et la lutte contre le *gerrymandering*, une large partie de ces recherches interroge la capacité des critères à atteindre une égalité arithmétique et à empêcher un découpage partisan³. Juridiques, elles sont souvent limitées à une étude de l'évolution des jurisprudences du Conseil constitutionnel et du Conseil d'État⁴ ou à une dénonciation excessive et subjective des critères⁵. Cette approche se heurte également à l'absence de censure des projets de découpages, conformes aux critères juridiques sans atteindre l'idéal « un homme, une voix », dont la constitutionnalité serait donc « un trompe-l'œil⁶ », une impasse⁷.

Moins nombreuses, les recherches en science politique⁸, géographie ou mathématiques⁹ consistent essentiellement en une critique des critères en raison des déviations qu'ils produisent sur l'égalité « un homme, une voix » ou en fonction de la négligence avec laquelle les délimitations ne respectent pas la géographie locale¹⁰. Cependant, sans méthode d'analyse statistique poussée¹¹, sans recours à la comparaison systématique et sans arriver à

1. Cons. const., déc. n°85-196 DC du 8 août 1985 ; déc. n°86-208 DC du 2 juillet 1986 ; déc. n°86-218 DC du 18 novembre 1986 ; déc. n°2008-573 DC du 8 janvier 2009 ; et déc. n°2010-602 DC du 18 février 2010.

2. Les lois n°86-825 du 11 juillet 1986 et n°2009-39 du 13 janvier 2009.

3. Par exemple, est-ce que la déviation de population de 20 % entre les circonscriptions d'un département permet d'éviter les charcutages électoraux ? Ce type de questionnement est peu pertinent car il est démontré de longue date qu'une égalité démographique peut masquer un fort biais partisan.

4. Pour une analyse de la jurisprudence du Conseil constitutionnel relative à l'élection des députés, voir, par exemple, Vanessa Barbé, « Le découpage électoral selon le Conseil constitutionnel », *La semaine juridique. Administrations et collectivités territoriales*, 16 mars 2009, 11-12, p. 52-59 ; Agnès Roblot-Troizier, « Les garanties constitutionnelles encadrant le découpage des circonscriptions électorales », *Revue française de droit administratif*, 2009, 3, p. 580-583 ; Dominique Turpin, « La répartition des sièges de députés et le redécoupage des circonscriptions : nouvelle carte électorale et rappel des principes constitutionnels », *La semaine juridique. Administrations et collectivités territoriales*, 7 juin 2010, 23, p. 34-40.

5. Ils ne seraient, par exemple, qu'« un habillage juridique de manipulations politiques », selon Isabelle Badorc, Frédéric Veau, « La délimitation des circonscriptions pour les élections législatives et cantonales sous la V^e République », *Revue de la recherche juridique*, 16 (46), 1991, p. 685-721, ici p. 705.

6. Anne Levade, « Une constitutionnalité en trompe-l'œil ou l'impossible censure des découpages électoraux ? À propos de la décision du Conseil constitutionnel du 18 février 2010 », *La semaine juridique. Edition générale*, 11, 15 mars 2010, p. 522-525.

7. Nadine Susani, « Une aporie de la justice constitutionnelle française : l'impuissance du Conseil constitutionnel face à l'inconstitutionnalité de l'actuel découpage électoral pour les élections législatives de 2007 », *Revue française de droit constitutionnel*, 69, 2007, p. 145-159, ici p. 146.

8. Robert Ponceyri, *Le découpage électoral*, Paris, Economica, 1988.

9. Michel Balinski, *Le suffrage universel inachevé*, Paris, Belin, 2004.

10. Par exemple, Roger Brunet, « Territoires : l'art de la découpe », *Revue de géographie de Lyon*, 72 (3), 1997, p. 251-255. À l'exception des travaux de géographie électorale de Michel Bussi : voir M. Bussi, « La carte électorale : miroir de la démocratie ? », *EchoGéo*, 20, 2012, en ligne : <https://doi.org/10.4000/echogeo.13042>.

11. Par exemple, aucune étude en France n'utilise les méthodes statistiques d'évaluation de la symétrie partisane ou de la compacité des circonscriptions qui sont les standards mathématiques reconnus pour détecter les biais

rendre compte des autres contraintes (*politics*) qui pèsent sur la main du découpeur dans l'élaboration de la carte électorale, ces recherches ne sont que pour partie convaincantes. Elles ont « pour point commun la comparaison à un idéal¹ », ce qui limite de fait leur portée car un découpage parfait dans un sens arithmétique ne le sera pas dans une perspective géographique et aurait des sens encore différents dans une approche politiste des biais politiques.

L'importance des critères y est affirmée mais pas démontrée. Ils sont considérés comme déterminants et complexes en raison de leurs fonctions² : régir la délimitation des circonscriptions, assurer l'égalité des votes et lutter contre les charcutages électoraux. Il s'agit toutefois d'un paralogisme dans le sens où les critères sont assimilés à l'objet auquel ils se rapportent : le découpage électorale. La complexité dont il est question dans ces recherches est ainsi plus celle du découpage électorale (et de ses enjeux) que celle des critères eux-mêmes. En effet, le découpage électorale est considéré comme l'une des lois électorales les plus fondamentales pour la démocratie et, par conséquent, son encadrement par des critères « peut avoir des conséquences graves sur la démocratie et l'expression du suffrage³ ». On constate alors que la discussion des critères est reliée à la dimension partisane du découpage électorale, ce qui écarte leur dimension technique de la carte électorale par l'absence d'études sur les contraintes et les conséquences des critères en fonction du territoire à délimiter⁴.

Au total, ces recherches ne portent donc pas spécifiquement sur les critères et n'apportent pas de connaissance sur la complexité de la réalisation de la carte électorale et ses potentialités. En effet, montrer des biais statistiques ou des étrangetés géographiques de certaines circonscriptions n'apporte aucun enseignement sur la pertinence des critères du découpage et leurs influences sur la carte électorale, en fonction des caractéristiques empiriques du territoire. Il n'existe ainsi aucune étude en France relative au rapport entre les critères, le territoire et la potentialité de la carte électorale, ou à la quantification des découpages électoraux possibles.

Autrement formulé, ces recherches ne permettent pas de savoir si d'autres découpages électoraux sont possibles, lesquels et dans quelles mesures ceux-ci respectent les critères. Notre article vise à répondre précisément à ces questions.

partisans. Pour un article synthétique présentant ces méthodes et leur place dans la détection des *gerrymandering* : Gary King, « Redistricting and Representation », *Bulletin of the American Academy of Arts & Sciences*, hiver 2018, p. 55-58.

1. Pour une étude exhaustive des recherches sur le découpage électorale en France, voir T. Ehrhard, *Le découpage électorale sous la V^e République...*, op. cit., p. 22.

2. Par exemple, les critères sont importants car ils permettent de définir les circonscriptions législatives qui « en droit ne sont rien ». Voir, par exemple, Dominique Turpin, « Le principe d'égalité du suffrage », dans Thierry Debarb, François Robbe (dir.), *Le caractère équitable de la représentation politique*, Paris, L'Harmattan, 2005, p. 35-58, ici, p. 47.

3. V. Barbé, « Le découpage électorale selon le Conseil constitutionnel », art. cité, p. 52.

4. On remarquera également l'absence de spécificité de ces conclusions qui sont aussi formulées, plus largement, à propos des lois ou des politiques électorales, qui ont une importance « décisive tant sous l'angle du "politique" (partis, systèmes, acteurs) que sous celui des électeurs » par les trois fonctions qu'elles recouvrent : désigner, gouverner et représenter. Voir, par exemple, Annie Laurent, Pierre Delfosse, André-Paul Frogner, « Introduction », dans A. Laurent, P. Delfosse, A.-P. Frogner, *Les systèmes électoraux. Permanences et innovations*, Paris, L'Harmattan, 2004, p. 11-23, ici p. 11 et 19.

Les découpages assistés par ordinateur pour étudier la carte électorale

Des études relatives aux potentialités concrètes de la carte électorale se retrouvent plus couramment, dans les recherches internationales, avec l'apport des outils informatiques¹. Elles appartiennent au champ du *computer redistricting*, le « redécoupage électoral assisté par ordinateur », qui comprend deux perspectives.

Dans la première, le découpage assisté par ordinateur concerne les enjeux liés à son utilisation partisane. À son origine, il était conçu comme un moyen de parvenir à une égalité démographique parfaite et d'empêcher les découpages partisans. Dès le début des années 1960, aux États-Unis, l'usage des ordinateurs a ainsi été pensé comme un antidote contre le *gerrymandering*² car il permettrait d'écarter la dimension politique de la carte électorale qui serait élaborée par un algorithme sur des critères uniquement géographiques et démographiques³. L'espoir suscité a néanmoins été déçu avec la généralisation du *computer redistricting* au début des années 1990, lorsque les majorités politiques n'ont pas manqué d'utiliser à leur avantage les nouvelles possibilités offertes par les progrès informatiques et l'ajout de données politiques territoriales et individuelles. Depuis, les recherches portent sur les conséquences de l'utilisation des ordinateurs sur la compétition électorale⁴, à la suite, notamment, des travaux d'Andrew Gelman et de Gary King⁵. Dans cette perspective, les enjeux sous-jacents de ces recherches sont principalement relatifs aux critiques ou aux vertus des biais partisans⁶, ce qui ne correspond pas aux questionnements de notre article.

Dans la seconde perspective, les recherches contribuent plus directement au champ du *computational social choice*⁷, l'ingénierie informatique rapportée à des objets de sciences sociales. Parmi ces objets, les systèmes électoraux connaissent de nombreuses études en raison de leur dimension mathématique qui concourent à mathématiser l'étude du découpage électoral pour répondre à des questionnements statistiques variés relatifs au fractionnement de la carte électorale en circonscriptions, à l'automatisation de son élaboration⁸, à la mesure croisée de contraintes, jusqu'à essayer de trouver des solutions au problème « P vs. NP », l'un des sept

1. Pour une revue de littérature complète sur cet objet, voir Thomas Ehrhard, « Le découpage électoral sous la V^e République. Intérêts parlementaires, logiques partisanes », thèse de doctorat en science politique (Hugues Portelli, dir.), université Paris II Panthéon-Assas, tome 2, 2014, p. 493 sq.

2. Micah Altman, Karin Mac Donald, Michael McDonald, « Pushbutton Gerrymanders? How Computing Has Changed Redistricting », dans Thomas E. Mann, Bruce E. Cain, *Party Lines. Competition, Partisanship, and Congressional Redistricting*, Washington, Brookings Institution Press, 2005, p. 51-66.

3. Pour un regard historique complet du *computer redistricting*, voir Micah Altman, Michael McDonald, « The Promise and Perils of Computers in Redistricting », *Duke Journal of Constitutional Law & Public Policy*, 5 (1), 2010, p. 69-111.

4. La baisse de la compétition électorale est antérieure à l'usage généralisée des ordinateurs pour la réalisation de la carte électorale. Voir, sur ce point, M. Altman, M. McDonald, « The Promise and Perils of Computers in Redistricting », art. cité ; Andrew Gelman, Gary King, « Estimating the Electoral Consequences of Legislative Redistricting », *Journal of the American Statistical Association*, 85 (410), 1990, p. 274-282.

5. Andrew Gelman, Gary King, « A Unified Method of Evaluating Electoral Systems and Redistricting Plans », *American Journal of Political Science*, 38 (2), 1994, p. 514-554.

6. Les recherches tendent plutôt à en montrer les vertus et que le redécoupage électoral n'en est pas la cause unique. Voir, par exemple, Alan Abramowitz, Brad Alexander, Matthew Gunning, « Don't Blame Redistricting of Uncompetitive Elections », *PS: Political Science and Politics*, 39 (1), 2006, p. 87-90 ; Nolan McCarty, Keith T. Poole, Howard Rosenthal, « Does Gerrymandering Cause Polarization? », *American Journal of Political Science*, 53 (3), 2009, p. 666-680.

7. Felix Brandt *et al.* (dir.), *Handbook of Computational Social Choice*, Cambridge, Cambridge University Press, 2016.

8. Alejandro Trelles *et al.*, « The Effects of Automated Redistricting and Partisan Strategic Interaction on Representation: The Case of Mexico », *SSRN Electronic Journal*, 25 août 2014.

problèmes millénaires¹. Rapporté au découpage électoral, celui-ci consiste à trouver « une procédure pour partager en deux n'importe quel ensemble [...] [de circonscriptions], qui minimise l'inégalité entre les populations des deux parties, sans énumérer toutes les possibilités, c'est-à-dire en accomplissant la tâche dans un temps que l'on sait d'avance raisonnable » expliquait Michel Balinski². Devant la complexité de la tâche du découpage électoral, dont la complexité « *may exceed human capacities*³ », le recours à l'ordinateur permet d'optimiser la recherche de solutions en intégrant des ensembles de paramètres (contraintes légales, démographie, géographie, etc.). Notre démarche s'inscrit pleinement dans cette perspective, fondée sur les données et méthode quantitative, visant à développer la connaissance des découpages électoraux par la prise en compte des contraintes régissant l'élaboration de la carte électorale.

Les recherches récentes⁴ interrogent les découpages électoraux et la carte électorale par des méthodes quantitatives, qu'il s'agisse de comprendre les déterminants des changements des circonscriptions en Angleterre et en Écosse⁵, de chercher « *an optimal solution unburdened by human limitations*⁶ », de trouver une méthode pour optimiser la prise en compte des enjeux spatiaux des circonscriptions⁷, d'une démonstration mathématique de la difficulté d'obtenir un découpage *fair*⁸ ou, encore, de définir un *gerrymandering*⁹.

La mathématisation de l'étude des découpages électoraux vise fondamentalement à dépasser les arguments souvent subjectifs conduisant à une dénonciation (ou une validation) des processus des découpages et de leurs conséquences, altérée par des considérations de principes ou partisans. Pour cela, les découpages assistés par ordinateur permettent l'apport d'une connaissance objective des découpages en contexte. Comme l'ont formulé Jonathan Katz, Gary King et Elizabeth Rosenblatt, en 2019, dans un article majeur, les lacunes des recherches sur le découpage électoral peuvent être résolues par une approche fondée sur « *a fundamental principle of statistical inference too often ignored in this literature*¹⁰ » permettant de formaliser le débat en donnant un cadre pour des recherches futures¹¹.

-
1. Dont la résolution est récompensée de la somme d'un million de dollars par le Clay Mathematics Institute, en ligne : www.claymath.org/millennium-problems/p-vs-np-problem (consulté le 3 décembre 2022).
 2. M. Balinski, *Le suffrage universel inachevé*, op. cit., p. 242.
 3. Olivia Guest, Frank Kanayet, Bradley Love, « Gerrymandering and Computational Redistricting », *Journal of Computational Social Science*, 2, 2019, p. 119-131, ici p. 119.
 4. Ces questions de recherche ne sont toutefois pas nouvelles. Voir, par exemple, Sidney Hess *et al.*, « Nonpartisan Political Redistricting by Computer », *Operations Research*, 13 (6), 1965, p. 998-1006.
 5. Jamie Furlong, « The Changing Electoral Geography of England and Wales : Varieties of "Left-Behindness" », *Political Geography*, 75, 2019, en ligne : <https://doi.org/10.1016/j.polgeo.2019.102061>.
 6. O. Guest, F. Kanayet, B. Love, « Gerrymandering and Computational Redistricting », art. cité, p. 131.
 7. Hai Jin, « Spatial Optimization Methods and System For Redistricting Problems », thèse de doctorat en géographie, University of South Carolina, 2017.
 8. Richard Kueng, Dustin G. Mixon, Soledad Villar, « Fair Redistricting is Hard », *Theoretical Computer Science*, 791, 2019, p. 28-35.
 9. Boris Alexeev, Dustin G. Mixon, « An Impossibility Theorem For Gerrymandering », *The American Mathematical Monthly*, 125 (10), 2018, p. 878-884.
 10. Jonathan N. Katz, Gary King, Elizabeth Rosenblatt, « Theoretical Foundations and Empirical Evaluations of Partisan Fairness in District-Based Democracies », *American Political Science Review*, 114 (1), p. 164-178.
 11. Ils clarifient la mesure d'intérêts en jeu pour évaluer la *partisan fairness* des cartes électorales (*racial fairness*, *representing communities of interest*, *district compactness*, etc.), ce qui rejoint la diversité des objets de recherche basée sur des méthodes statistiques.

Estimation des conséquences des critères du découpage électoral en France

À la suite de ces recherches, notre étude développe une nouvelle perspective d'étude de la carte électorale et du découpage électoral en France, fondée sur les méthodes de la *computational social science*, pour évaluer les conséquences des critères sur les délimitations des circonscriptions.

Nous considérons, à la suite de Michel Offerlé, qu'il n'existe « pas de bon découpage¹ » car il n'existe pas un unique découpage électoral naturel, incontestable, ou de découpage qui s'imposerait suivant un seul procédé scientifique. Ainsi, « il n'y a que des découpages potentiels et des découpages qui contreviennent aux principes à respecter² », d'après Thomas Ehrhard.

Nous proposons d'inverser la conceptualisation des enjeux relatifs à l'encadrement de la carte électorale : au lieu d'interroger les critères *in abstracto*, ou de partir des critères pour évaluer la carte électorale, notre recherche se fonde sur les données démographiques et géographiques du territoire à délimiter pour évaluer les critères qui encadrent la réalisation de la carte électorale. Nous étudions aussi la pertinence des critères par rapport aux caractéristiques empiriques du territoire à délimiter par une évaluation statistique des découpages potentiels de la carte électorale.

Notre article n'aborde donc pas les enjeux partisans du découpage électoral. La méthode que nous avons mise en place grâce aux outils informatiques n'ambitionne pas plus à identifier une carte électorale « parfaite », une notion qui doit par ailleurs être fortement relativisée. Nous ne cherchons pas non plus à proposer une carte électorale alternative, améliorant celle actuelle. Si des conclusions en ce sens peuvent être tirées de l'analyse de nos résultats, l'article ne vise pas à produire directement ce type de conclusions. L'objectif de cette recherche est de développer la connaissance de la carte électorale et du découpage électoral, sur les lacunes identifiées des recherches en France.

Cet article vise à faire progresser la connaissance du découpage électoral et de son encadrement juridique, en science politique et science de l'information, par le renouvellement du cadre conceptuel et méthodologique de leurs études. Le traitement informatique novateur, par les programmes que nous avons élaborés, nous permet de connaître l'ensemble des découpages électoraux et leur nombre exact par département. Nous répondons également à des questions variées pour savoir comment la coexistence des critères complique leur application sur le territoire et comment elle influe sur la réalisation de la carte électorale et ses enjeux d'égalité des suffrages. Nos résultats peuvent aussi être lus dans une perspective plus normative, en servant à évaluer empiriquement les critères encadrant les délimitations des circonscriptions législatives et en pouvant les calibrer de la manière la plus pertinente possible.

Cas d'étude et hypothèses

Si « nul espace n'est plus réglementé que l'espace public du vote³ », les critères du découpage électoral sont relativement sommaires et connaissent des sources variées. L'encadrement du découpage électoral est composé des règles à valeur constitutionnelle,

1. Michel Offerlé, *Un homme, une voix ? Histoire du suffrage universel*, Paris, Gallimard, 2002, p. 46.

2. T. Ehrhard, *Le découpage électoral sous la V^e République...*, *op. cit.*, p. 20.

3. Yves Déloye, Olivier Ihl, « La civilité électorale : vote et forclusion de la violence en France », *Cultures & conflits*, 9-10, 1993, p. 75-96, ici p. 78.

de textes législatifs et de la jurisprudence du Conseil constitutionnel¹. Nous les précisons, avant d'en déduire différentes définitions de découpages admissibles.

Cas d'étude

Pour notre recherche, nous retenons les critères juridiques qui encadrent actuellement la délimitation des circonscriptions législatives en France. Les circonscriptions doivent y être conformes. Les projets de carte électorale sont vérifiés par la Commission de contrôle prévue à l'article 25 de la Constitution, par le Conseil d'État et le Conseil constitutionnel à différentes étapes du processus législatif. Ces règles de délimitation doivent être respectées par celui qui est chargé de réaliser la carte électorale, à défaut la Commission et le Conseil d'État peuvent rendre un avis public négatif et le Conseil constitutionnel censurer le projet. Nous listons les critères ci-dessous :

- le nombre de députés est de 577² ;
- le nombre de circonscriptions législatives est limité à 577³ ;
- le chiffre de population auquel il convient de se référer en matière électorale est le dernier chiffre de population municipale authentifié avant l'élection⁴ ;
- les délimitations sont réalisées selon des bases « essentiellement démographiques », « respectant au mieux l'égalité devant le suffrage »⁵ ;
- la population d'une circonscription ne peut s'écarter de plus de 20 % de la population moyenne des circonscriptions au sein du département⁶ ;
- la représentation minimale par département est d'un député⁷ ;
- les circonscriptions sont monodépartementales ;
- les circonscriptions « doivent être constituées par un territoire continu⁸ » ;
- les territoires qui comportent « des parties insulaires ou enclavées », des cantons dont la population excède 40 000 habitants, et les villes de Paris, Lyon, Marseille peuvent être scindés⁹ ;
- la division d'un canton doit « [tenir] compte des réalités naturelles que constituent certains ensembles géographiques et de solidarités qui les unissent », n'intervenir que « dans une mesure limitée » et « être strictement proportionnée au but poursuivi »¹⁰.

1. Pour une analyse exhaustive des critères, voir T. Ehrhard, *Le découpage électoral sous la V^e République...*, *op. cit.*, p. 87-145, chap. 1.

2. L'ordonnance n° 2009-935 du 29 juillet 2009 portant répartition des sièges et délimitation des circonscriptions pour l'élection des députés, prise en application de la loi n° 2009-39 du 13 janvier 2009 relative à la commission prévue à l'article 25 de la Constitution et à l'élection des députés et autorisant le gouvernement à fixer le nombre total et à délimiter les circonscriptions des députés élus par les Français établis hors de France et à mettre à jour la répartition des sièges de députés élus dans les départements et dans les collectivités d'outre-mer, ainsi que la délimitation des circonscriptions législatives, est ratifiée.

3. Depuis la loi constitutionnelle n° 2008-724 du 23 juillet 2008.

4. Code électoral, article R25-1.

5. Cons. const., déc. n° 86-208 DC du 2 juillet 1986 ; déc. n° 86-218 DC du 18 novembre 1986 ; déc. n° 2008-573 DC du 8 janvier 2009 et déc. n° 2010-602 DC du 18 février 2010.

6. Depuis Cons. const., déc. n° 86-208 DC du 2 juillet 1986.

7. Depuis Cons. const., déc. n° 2008-573 DC du 8 janvier 2009.

8. Cons. const., déc. n° 86-208 DC du 2 juillet 1986 et déc. n° 2008-573 DC du 8 janvier 2009.

9. *Ibid.*

10. Cons. const., déc. n° 86-208 DC du 2 juillet 1986.

À partir de ces critères, notre étude porte sur le calcul de découpages électoraux des départements en circonscriptions. Pour déterminer ces découpages, nous reprenons l'ensemble des règles à l'exception, concernant le territoire, de la possibilité de scinder des cantons. Nous privilégions les deux contraintes territoriales principales selon lesquelles les circonscriptions sont monodépartementales et constituées d'un territoire continu, et écartons la possibilité d'y déroger. Ce choix est justifié car, d'une part, nous étudions les principes à respecter et non les exceptions permettant de s'en écarter et, d'autre part, nous cherchons à connaître l'influence du respect des cantons sur l'équilibre démographique¹. Conséquemment, nos résultats permettent de déterminer si le recours à la scission des cantons, prévu par la loi, est nécessaire.

Les critères retenus permettent de formuler les définitions formelles suivantes, qui servent ensuite à formuler et répondre aux hypothèses.

Définition 1. Découpage admissible

Un découpage d'un département d en circonscriptions est dit admissible si les trois conditions suivantes sont réunies :

- les circonscriptions respectent les limites des cantons ;
- les circonscriptions sont connexes, c'est-à-dire d'un seul tenant ;
- l'écart relatif entre la population de chaque circonscription c et la moyenne est d'au plus 20 % :

$$0.8 \leq \frac{\text{population}(c)}{\text{population}(d)/\text{nombreCirco}(d)} \leq 1.2$$

Définition 2. Déséquilibre d'un découpage

Le déséquilibre d'une circonscription c d'un département d est égal à :

$$\text{déséquilibre}(c) = \left| \frac{\text{population}(c)}{\text{population}(d)/\text{nombreCirco}(d)} - 1 \right|$$

Le déséquilibre d'un découpage C d'un département d en circonscriptions est égal au déséquilibre maximum des circonscriptions, soit :

$$\text{déséquilibre}(C) = \max\{\text{déséquilibre}(c) : c \text{ circonscription de } C\}$$

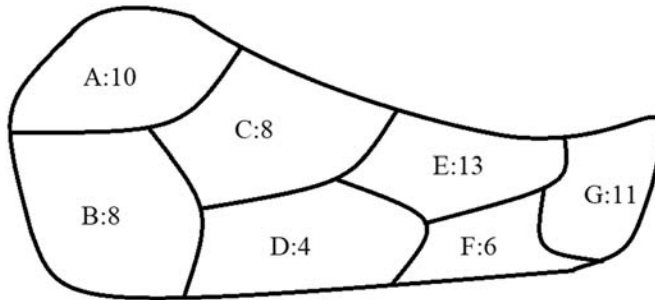
Concrètement, ces formules permettent de calculer l'ensemble des découpages possibles dans un département, respectant les critères juridiques, ce qui peut être illustré de la façon suivante.

1. De plus, les expériences passées montrent qu'il s'agit d'une pratique restreinte : 55 cantons scindés sur 4 055 lors du découpage de 2010. Voir T. Ehrhard, *Le découpage électoral sous la V^e République...*, *op. cit.*, p. 632.

Exemple 1

Considérons le département (fictif) représenté dans la figure 1. Il comporte 7 cantons, nommés de A à G. La population de chaque canton est indiquée, en milliers, sur la figure (A a 10 000 habitants, B en a 8 000, etc.), la population totale du département est de 60 000 habitants. Supposons que ce département doive être délimité en trois circonscriptions, la population moyenne des circonscriptions serait donc 20 000 habitants.

Figure 1. Un département fictif avec 7 cantons et leur population



- Le découpage (A,B,C), (D,G), (E,F) n'est pas admissible car la deuxième circonscription (D,G) n'est pas connexe.
- Le découpage (A,B,C), (D,E), (F,G) est connexe. Le déséquilibre de la première circonscription est $|26/20-1|=0.3=30\%$, celui de la deuxième est $|17/20-1|=0.15=15\%$, celui de la troisième est également 15% . Le déséquilibre du découpage est donc 30% . Le découpage n'est pas admissible.
- Le découpage (A,B), (C,E), (D,F,G) est connexe, le déséquilibre respectif des circonscriptions est 10% , 5% et 5% . Le déséquilibre du découpage est 10% , il est admissible (et c'est d'ailleurs le plus équilibré dans cet exemple).

Hypothèses

Nous formulons quatre hypothèses (H) sur les découpages admissibles (au sens de la définition 1) des départements en circonscriptions. Les H1 et H2 portent sur l'ensemble des découpages admissibles d'un département ; les H3 et H4 portent sur les rapports entre les critères, c'est-à-dire sur l'influence réciproque entre l'équilibre démographique et les contraintes territoriales dans les découpages admissibles.

Hypothèse 1. Calcul de l'ensemble des découpages admissibles d'un département

Il est possible de calculer l'ensemble des découpages admissibles d'un département en circonscriptions par un algorithme.

Cette hypothèse teste la potentialité des découpages par ordinateur dans le cas français, avec l'obtention d'un dénombrement de l'ensemble des découpages électoraux admissibles.

Hypothèse 2. Déséquilibre démographique minimum par département

Il est possible de découper la grande majorité des départements en circonscriptions en respectant les cantons et la connexité, avec un déséquilibre démographique inférieur à 1 %, entre les circonscriptions au sein d'un département.

Cette hypothèse permet l'évaluation concrète du critère démographique retenu dans le cas français et d'observer la potentialité de l'obtention *in situ* d'une égalité quasiment parfaite du suffrage : « 1 homme, 1 voix » ; elle fait également référence à la jurisprudence de la Cour suprême des États-Unis¹. Les résultats permettent d'évaluer la pertinence du critère de déviation autorisée (20 %) et de mesurer le meilleur équilibre possible dans le respect des contraintes territoriales, c'est-à-dire de connaître le déséquilibre démographique minimum qu'il est possible d'obtenir par département.

Hypothèse 3. Équilibre démographique et cantons

Plus un département a de cantons, mieux il est possible de respecter l'équilibre démographique au sein des circonscriptions de ce département.

Cette hypothèse interroge les rapports entre les critères démographiques et géographiques et leurs conséquences sur la carte électorale en fonction du nombre de cantons des circonscriptions. Nous postulons que plus le choix dans la manière de composer les circonscriptions est grand, plus les circonscriptions peuvent être équilibrées démographiquement. Nous considérons alors que la granularité de l'unité géographique (les cantons) influe sur la possibilité d'équilibrer les populations dans les circonscriptions. Concrètement, nous évaluons la relation entre l'équilibre démographique et la prise en compte des cantons au sein des circonscriptions.

Hypothèse 4. Contrainte de connexité et équilibre démographique des circonscriptions

La contrainte de connexité influence significativement le déséquilibre démographique qu'il est possible d'atteindre au sein des circonscriptions de départements.

Cette hypothèse interroge les rapports entre les critères démographiques et géographiques et leurs conséquences sur la carte électorale par la connexité du territoire des circonscriptions. Concrètement, nous mesurons le poids de la contrainte de connexité sur l'équilibre démographique des circonscriptions.

Données et méthodes

Données

L'étude de cet article porte sur 89 des 96 départements français métropolitains (Corse incluse). Ont été exclus :

- deux départements (Creuse, Lozère) qui ont une seule circonscription et pour lesquels la question du découpage ne se pose pas ;
- trois départements (Charentes-Maritime, Vaucluse, Vendée) qui ne sont pas connexes (présence d'îles ou d'enclave dans un autre département) et pour lesquels aucun découpage ne peut donc satisfaire l'exigence que les circonscriptions soient d'un seul tenant ;

1. Qui a, par exemple, rejeté un plan de redécoupage alors qu'il contenait 1% de variation. Voir les arrêts : *Wesberry v. Sanders* (376 US 1 [1964]) et *Kirkpatrick v. Preisler* (394 US 526 [1969]).

- Paris et le Rhône, fonctionnant sur un découpage administratif spécifique car les villes de Lyon et de Paris n'ont pas à proprement parler de cantons¹.

Cette restriction à 89 des 96 départements français métropolitains a pour unique raison la cohérence avec l'objet de notre étude centrée sur les découpages admissibles (voir « Définition 1 »). L'approche informatique permettant le calcul de découpages démographiquement équilibrés peut s'étendre à l'ensemble des départements (en prenant donc en compte la non-connexité pour les départements non connexes et le découpage administratif spécifique de Paris et du Rhône).

Les données des différents départements sont présentées dans la figure 8 en annexe : nombre de cantons, de circonscriptions et population. Elles sont issues de la plateforme data.gouv.fr².

Méthode

Pour répondre aux hypothèses, nous avons développé deux programmes informatiques (voir encadré 1).

Le premier programme permet de calculer l'ensemble des découpages admissibles d'un département et leur déséquilibre démographique. L'analyse des résultats permet de répondre aux deux premières hypothèses.

Pour l'hypothèse 3, le programme informatique précédent permet de calculer pour chaque département le découpage admissible le plus équilibré démographiquement. Nous analysons d'abord les liens entre cet équilibre démographique et le nombre de cantons. Nous définissons, ensuite, un paramètre que nous appelons « granularité ». La granularité mesure ainsi le degré de finesse des briques élémentaires (les cantons) à partir desquelles sont constituées les circonscriptions. Une forte granularité indique que les briques sont relativement nombreuses par rapport au nombre de circonscriptions, laissant une certaine latitude dans l'élaboration de celles-ci. À l'inverse, une granularité faible correspond à un problème intuitivement plus contraint. Concrètement, la granularité correspond au nombre moyen de cantons par circonscription dans un département. Ainsi, pour un département d ,

$$\text{granularité}(d) = \frac{\text{NombreCantons}(d)}{\text{NombreCirco}(d)}$$

Nous analysons le lien entre équilibre démographique et granularité d'un département.

Le deuxième programme informatique calcule le déséquilibre démographique minimum d'un découpage qui respecte les limites cantonales, sans nécessairement faire des circonscriptions connexes. La conjonction des résultats des deux programmes permet alors de mesurer l'influence de la contrainte de connexité.

1. Marseille possède à la fois un découpage en cantons et un découpage en arrondissements.

2. Voir www.data.gouv.fr/fr/datasets/contours-osm-des-cantons-electoraux-departementaux-2015 (consulté le 6 avril 2022).

Encadré 1. Programmes informatiques

Méthode algorithmique d'analyse des données pour étudier les hypothèses 1, 2 et 3

Pour chaque département :

- définir un graphe dont les sommets correspondent aux cantons et les arêtes à l'existence de frontières communes ;
- calculer la population moyenne m par circonscription, ainsi que les minimum (0,8 m) et maximum (1,2 m) acceptables ;
- pour i allant de 1 au nombre de circonscriptions du département ;
- pour chaque découpage admissible des $i-1$ premières circonscriptions : faire un parcours en profondeur avec *backtracking*, à partir du plus petit sommet non encore couvert, pour générer l'ensemble des circonscriptions i admissibles (connexité et contrainte démographique) et compatibles avec les circonscriptions 1,2,..., $i-1$;
- calculer le déséquilibre démographique de chaque découpage ainsi généré.

Des optimisations ont été nécessaires pour obtenir le résultat en un temps raisonnable.

Méthode d'analyse des données pour étudier l'hypothèse 4

Pour chaque département : résoudre le programme linéaire en nombres entiers suivant pour calculer le déséquilibre démographique minimum sans contrainte de connexité.

M désigne la population moyenne des circonscriptions du département, k le nombre de circonscriptions, n le nombre de cantons et p_i la population du canton i . x_{ij} vaut 1 si le canton i est dans la circonscription j , 0 sinon.

- Objectif : minimiser z
- Contraintes :

$$\forall i = 1, \dots, n: \sum_{j=1}^k x_{ij} = 1$$

$$\forall j = 1, \dots, k: z \geq \left| \sum_{i=1}^n p_i x_{ij} - M \right|$$

$$\forall i, j: x_{ij} \in \{0,1\}$$

L'ajout de bornes a été nécessaire pour résoudre le problème en un temps raisonnable avec un solveur.

Pour des informations plus détaillées, contacter les auteurs.

1. Le programme élimine les symétries pour éviter les doublons.

Résultats et discussion

Sur l'hypothèse 1 : calcul de l'ensemble des découpages admissibles d'un département

L'algorithme développé a permis de calculer l'ensemble exact des découpages admissibles pour 87 des 89 départements. Pour les deux restants, le calcul exact de l'ensemble des découpages admissibles nécessiterait un temps de calcul très important, mais nous pouvons en calculer, en quelques minutes, plusieurs centaines de milliers. L'hypothèse 1 est donc en grande partie vérifiée : il est possible de calculer l'ensemble des découpages admissibles d'un département par un algorithme.

Exemple : le département des Hautes-Alpes (n° INSEE 5) comporte 15 cantons et 2 circonscriptions. Il existe 126 découpages admissibles pour ces départements (voir tableau de la figure 3). Parmi ces découpages, certains réalisent un équilibre quasiment parfait entre les populations des deux circonscriptions, avec un écart à la moyenne inférieur à 0,3 %. La figure 2 présente les trois découpages admissibles les plus équilibrés démographiquement. On peut constater que ces découpages sont significativement différents géographiquement, aussi bien au niveau des cantons centraux autour de Gap (parfois regroupés dans une circonscription, parfois non) que des cantons moins densément peuplés. Cet exemple montre que le nombre conséquent de découpages électoraux admissibles se retrouve dans la variété géographique des circonscriptions potentielles.

Figure 2. Les trois découpages admissibles les plus équilibrés pour le département des Hautes-Alpes



Le tableau de la figure 3 donne pour chaque département son nombre de circonscriptions (actuel) et le nombre de découpages admissibles. Le tableau est trié par ordre croissant du nombre de découpages admissibles.

Figure 3. Nombre de découpages admissibles par département

| Département | n° INSEE | NC | NDA | Département | n° INSEE | NC | NDA | Département | n° INSEE | NC | NDA |
|-----------------------|----------|----|-----|----------------------|----------|----|-------|----------------------|----------|----|-----------|
| Bouches-du-Rhône | 13 | 16 | 0 | Tarn-et-Garonne | 82 | 2 | 543 | Cher | 18 | 3 | 5 474 |
| Nord | 59 | 21 | 0 | Alpes-de-Haute-Prov* | 4 | 2 | 612 | Hérault | 34 | 9 | 8 222 |
| Seine-et-Marne | 77 | 11 | 0 | Haute-Saône | 70 | 2 | 704 | Loiret | 45 | 6 | 13 603 |
| Yvelines | 78 | 12 | 0 | Vosges | 88 | 4 | 821 | Sarthe | 72 | 5 | 15 322 |
| Essonne | 91 | 10 | 0 | Deux-Sèvres | 79 | 3 | 1 015 | Manche | 50 | 4 | 15 836 |
| Hauts-de-Seine | 92 | 13 | 0 | Doubs | 25 | 5 | 1 033 | Vienne | 86 | 4 | 17 789 |
| Seine-Saint-Denis | 93 | 12 | 0 | Oise | 60 | 7 | 1 170 | Gard | 30 | 6 | 18 540 |
| Val-d'Oise | 95 | 10 | 0 | Ardennes | 8 | 3 | 1 187 | Haute-Garonne | 31 | 10 | 21 597 |
| Haute-Corse | 2A | 2 | 2 | Drôme | 26 | 4 | 1 394 | Isère | 38 | 10 | 22 080 |
| Corse-du-Sud | 2B | 2 | 5 | Ain | 1 | 5 | 1 442 | Indre-et-Loire | 37 | 5 | 23 970 |
| Territoire de Belfort | 90 | 2 | 8 | Mayenne | 53 | 3 | 1 457 | Aveyron | 12 | 3 | 25 850 |
| Haute-Savoie | 74 | 6 | 28 | Bas-Rhin | 67 | 9 | 1 524 | Lot-et-Garonne | 47 | 3 | 26 661 |
| Indre | 36 | 2 | 114 | Maine-et-Loire | 49 | 7 | 1 583 | Côtes-d'Armor | 22 | 5 | 30 114 |
| Ariège | 9 | 2 | 119 | Ariège | 57 | 9 | 1 797 | Marne | 51 | 5 | 30 901 |
| Hautes-Alpes | 5 | 2 | 126 | Aube | 10 | 3 | 1 877 | Calvados | 14 | 6 | 36 045 |
| Haut-Rhin | 68 | 6 | 138 | Morbihan | 56 | 6 | 2 002 | Gironde | 33 | 12 | 46 011 |
| Val-de-Marne | 94 | 11 | 142 | Corrèze | 19 | 2 | 2 188 | Loire-Atlantique | 44 | 10 | 64 217 |
| Loir-et-Cher | 41 | 3 | 154 | Allier | 3 | 3 | 2 303 | Eure | 27 | 5 | 94 206 |
| Meuse | 55 | 2 | 157 | Aude | 11 | 3 | 2 341 | Somme | 80 | 5 | 94 648 |
| Cantal | 15 | 2 | 176 | Haute-Loire | 43 | 2 | 2 566 | Tarn | 81 | 3 | 96 638 |
| Orne | 61 | 3 | 202 | Pyrénées-Orientales | 66 | 4 | 2 876 | Ille-et-Vilaine | 35 | 8 | 104 709 |
| Jura | 39 | 3 | 222 | Hautes-Pyrénées | 65 | 2 | 2 888 | Côte-d'Or | 21 | 5 | 110 653 |
| Eure-et-Loir | 28 | 4 | 261 | Aisne | 2 | 5 | 3 000 | Haute-Vienne | 87 | 3 | 165 313 |
| Ardèche | 7 | 3 | 288 | Charente | 16 | 3 | 3 241 | Dordogne | 24 | 4 | 165 658 |
| Landes | 40 | 3 | 316 | Loire | 42 | 6 | 3 831 | Pyrénées-Atlantiques | 64 | 6 | 282 457 |
| Haute-Marne | 52 | 2 | 333 | Yonne | 89 | 3 | 3 886 | Saône-et-Loire | 71 | 5 | 1 511 042 |
| Var | 83 | 8 | 342 | Meurthe-et-Moselle * | 54 | 6 | 4 279 | Pas-de-Calais | 62 | 12 | 3 494 226 |
| Gers | 32 | 2 | 481 | Savoie | 73 | 4 | 4 318 | Puy-de-Dôme | 63 | 5 | >200 000 |
| Nièvre | 58 | 2 | 488 | Finistère | 29 | 8 | 4 752 | Seine-Maritime | 76 | 10 | >200 000 |
| Lot | 46 | 2 | 531 | Alpes-Maritimes | 6 | 9 | 4 888 | | | | |

Lecture : n° INSEE 68 : Haut-Rhin, qui a 6 circonscriptions ; il existe 138 découpages admissibles.

Note : n° INSEE : identification du département ; NC : nombre de circonscriptions ; NDA : nombre de découpages admissibles.

Les résultats montrent principalement que les découpages admissibles sont souvent très nombreux, ce qui rend inenvisageable une étude exhaustive sans ordinateur des différentes possibilités. Ce constat chiffré confirme l'intérêt de faire des découpages assistés par ordinateur pour permettre d'envisager tous les possibles. Nous affinons ce constat par deux autres résultats pertinents pour comprendre la complexité de l'élaboration de la carte électorale et évaluer la pertinence des critères actuels.

Premièrement, nous observons que 8 départements ne possèdent aucun découpage admissible. Pour ces départements, le déséquilibre minimal étant supérieur à 20 %, il est nécessaire de diviser les cantons très peuplés, ce qui valide empiriquement la pertinence de cette possibilité.

Il s'agit des départements suivants : 13 (Bouches-du-Rhône), 59 (Nord), 77 (Seine-et-Marne), 78 (Yvelines), 91 (Essonne), 92 (Hauts-de-Seine), 93 (Seine-Saint-Denis), 95 (Val-d'Oise).

Ces 8 départements font partie des 15 départements les plus peuplés et des 15 qui ont le plus de circonscriptions. Ce résultat est de prime abord surprenant. En effet, l'intuition dirait que plus un département est peuplé, plus il a de circonscriptions et de cantons, et par conséquent plus il aura de découpages admissibles. Cette intuition est vérifiée pour les départements peu peuplés (les 10 départements les moins peuplés ont tous moins de 1 000 découpages admissibles) ; nous observons, néanmoins, que les départements sans découpage admissible sont tous très peuplés. Nous expliquerons ce résultat par la notion de granularité de la carte électorale dans les découpages admissibles (voir *supra*, hypothèse 3).

Deuxièmement, le nombre de découpages admissibles est extrêmement hétérogène, comme cela est montré dans le tableau 1. Nous constatons qu’il existe plus de 1 000 découpages admissibles dans plus de 60 % des départements et jusqu’à plus d’1 million dans certains départements.

Tableau 1. Distribution du nombre de découpages admissibles par département

| Nombre de découpages admissibles | 0 | Entre 1 et 100 | Entre 101 et 1 000 | Entre 1 001 et 10 000 | Entre 10 001 et 100 000 | Plus de 100 000 |
|---|-------------|----------------|--------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------|
| Nombre de départements | 8 | 4 | 22 | 28 | 18 | 9 |
| Total de départements (% de départements) | 34 (38,2 %) | | | 55 (61,8 %) | | |

Lecture : 8 départements ont plus de 100 000 découpages admissibles.

La conséquence de cette distribution des départements, avec des possibilités allant de 2 découpages admissibles (2A – Corse du Sud) à plus d’1 million (par exemple pour 63 – Puy-de-Dôme et 71 – Saône-et-Loire), est que les critères doivent s’appliquer dans des situations locales très distinctes, ce qui implique une certaine latitude pour leur standardisation nationale : si les règles actuelles peuvent paraître peu contraignantes pour certains départements, où l’on conserve un choix très large, elles sont en revanche très contraignantes pour d’autres où le choix est très restreint.

Sur l’hypothèse 2 : déséquilibre démographique minimum par département

L’analyse des ensembles de découpages admissibles par département montre que seuls 24 départements ont un découpage admissible avec un déséquilibre démographique inférieur à 1 %. L’hypothèse 2 n’est donc pas confirmée : il n’est pas possible d’obtenir un déséquilibre démographique inférieur à 1 %, entre les circonscriptions au sein d’un département, sur l’intégralité du territoire en France.

Tableau 2. Nombre de départements et déséquilibre démographique minimum parmi les découpages admissibles

| Déséquilibre démographique (%) | ≤ 1 | ≤ 5 | ≤ 10 | ≤ 15 | ≤ 20 | > 20 |
|--------------------------------|-----|-----|------|------|------|------|
| Nombre de départements | 24 | 46 | 64 | 72 | 81 | 8 |
| % de départements | 27 | 52 | 72 | 81 | 91 | 9 |

Lecture : 46 départements ont au moins un découpage admissible avec un déséquilibre inférieur à 5 %. Le détail par département est fourni dans la figure 9, voir annexes.

Parmi les départements considérés, près des trois quarts ne comportent pas de découpage admissible avec un déséquilibre démographique inférieur à 1 %. Les résultats indiquent ainsi nettement que l’existence d’un déséquilibre démographique significatif est inévitable avec le respect des limites cantonales, ce qui expose clairement l’influence des critères géographiques sur les critères démographiques.

Nos résultats rappellent, également, la pertinence relative des comparaisons *in abstracto* avec la jurisprudence de la Cour suprême des États-Unis et des principes démocratiques (« un homme, une voix ») et constitutionnel (art. 3 : « le suffrage est égal ») perçus comme des impératifs. Les contraintes spatiales et démographiques et celles légales ne permettent pas de les réaliser.

Nos résultats permettent, ensuite, d'évaluer la pertinence des critères. La législation actuelle impose un déséquilibre d'au plus 20 % qui, au regard de nos observations empiriques, est un bon compromis en pratique si l'on souhaite préserver les limites cantonales. Si ce seuil était diminué à 15 %, par exemple, 17 départements n'auraient plus de découpage admissible, ce qui augmenterait d'autant plus la nécessité de scinder les cantons. Inversement, il n'est pas utile d'augmenter ce seuil à 30 % car au moins 5 départements n'auraient toujours pas de découpage admissible.

La figure 4 et l'analyse précédente se focalisent sur le nombre de départements. Nous pouvons également changer la mesure et faire une projection de ces résultats en prenant en compte la population concernée. Cette projection est faite dans le tableau 3.

Tableau 3. Population des départements, répartis selon le déséquilibre démographique minimum

| Déséquilibre démographique (%) minimum | ≤ 1 | > 1 et ≤ 5 | > 5 et ≤ 10 | > 10 et ≤ 15 | > 15 et ≤ 20 | > 20 |
|--|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Nombre de départements | 24 | 22 | 18 | 8 | 9 | 8 |
| Population totale des départements concernés (en millions et en %) | 6,4 11 % | 8,8 15 % | 12,3 22 % | 6,9 12 % | 10,0 18 % | 12,9 22 % |

Lecture : les départements qui ont au moins un découpage admissible avec déséquilibre inférieur à 1 % regroupent 6,4 millions d'habitants, soit 11 % de la population française.

On constate que les 8 départements qui n'ont pas de découpage admissible représentent près du quart (22 %) de la population. De même, en abaissant le seuil de déséquilibre démographique de 20 % à 15 %, 17 départements, représentant 40 % de la population française, n'auraient plus de découpage admissible, ce qui est considérable.

Nos résultats apportent, enfin, un éclairage sur la situation actuelle de la carte électorale et les déséquilibres démographiques des 89 départements considérés. Par exemple, dans le découpage actuel, le déséquilibre démographique est inférieur à 5 % dans seulement 14 départements, alors qu'il est possible de respecter ce taux de 5 % dans 46 départements (voir tableau de la figure 5). La pertinence de cette comparaison reste toutefois limitée du fait que les conditions ont changé depuis le dernier découpage électoral (réforme des cantons et changement de population notamment).

Sur l'hypothèse 3 : équilibre démographique et cantons

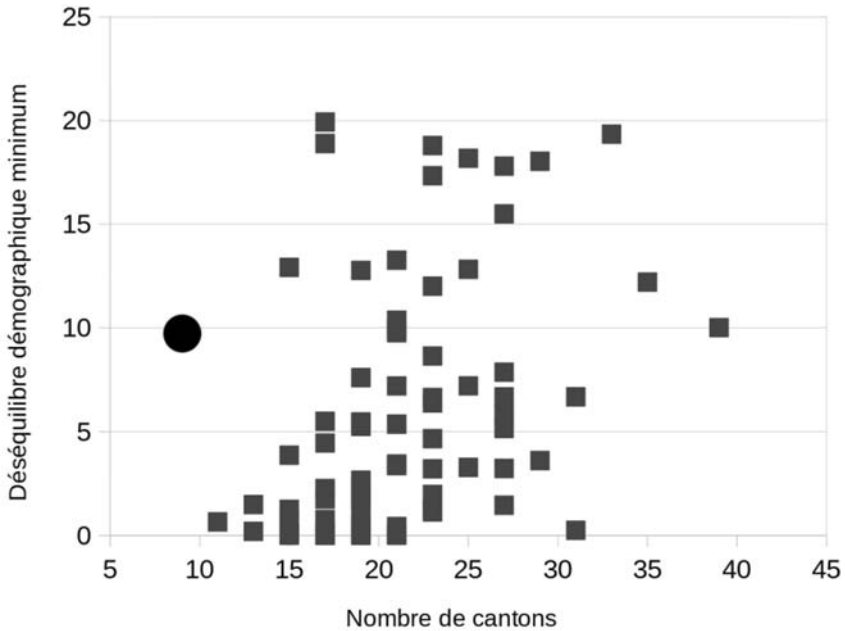
Pour chaque département, nous considérons le découpage admissible le plus équilibré démographiquement. Pour vérifier l'hypothèse, selon laquelle plus il y a de cantons dans un département, mieux il est possible de respecter l'équilibre démographique au sein des

circonscriptions, les résultats portent sur cet équilibre démographique et le nombre de cantons, puis la granularité.

Équilibre démographique et cantons

Dans la figure 4, chaque point correspond à un département, pour les 81 départements qui admettent un découpage admissible.

Figure 4. Nombre de cantons et déséquilibre démographique minimum



Lecture : le point rond de coordonnées (9,9,5) correspond à un département ayant 9 cantons et un déséquilibre minimum de 9,5 %.

Le nuage de points ne montre pas de corrélation claire entre ces deux éléments (nombre de cantons et équilibre démographique). Le nombre de cantons ne permet pas d'expliquer l'équilibre démographique. Par exemple, parmi les départements avec 25 cantons, la Dordogne (24) a un déséquilibre démographique minimum de 3 % alors que celui du Val-de-Marne (94) est de 18 %.

Équilibre démographique et granularité

La granularité d'un département correspond au nombre moyen de cantons par circonscription dans le département.

L'objet de cette section est d'évaluer empiriquement l'influence de la granularité sur l'équilibre démographique des découpages. Cependant, nous pouvons également montrer théoriquement cette influence : lorsque les populations des cantons sont équilibrées, si la granularité est forte, alors il existe nécessairement un découpage démographiquement

équilibré¹. Plus précisément, supposons que dans un département d la population de chaque canton soit comprise entre $(1-\epsilon)$ et $(1+\epsilon)$ fois la population moyenne des cantons. Alors il existe un découpage C tel que

$$\text{déséquilibre}(C) \leq \epsilon + \frac{1+\epsilon}{\text{granularité}(d)}$$

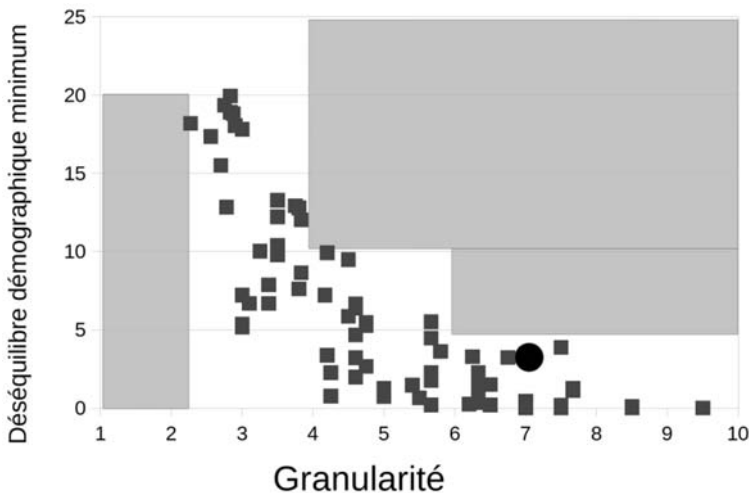
Par exemple, dans un département avec 3 circonscriptions et 24 cantons (soit de granularité $24/3=8$), si la population d'un canton ne s'écarte pas de plus de 5 % de la moyenne ($\epsilon=0,05$), il existe nécessairement un découpage respectant la contrainte de 20 % ($\epsilon+(1+\epsilon)/8 < 0,2$).

Pour montrer le résultat, il suffit de considérer un découpage où chaque circonscription a entre $n/k-1$ et $n/k+1$ cantons (où n est le nombre de cantons et k le nombre de circonscriptions). Chaque circonscription a alors une population d'au plus $(n/k+1)(1+\epsilon)$ PCM et d'au moins $(n/k-1)(1-\epsilon)$ PCM, où PCM est la population moyenne des cantons, alors que la population moyenne d'une circonscription est égale à n PCM/ k . Le résultat se déduit alors aisément du fait que, par définition, $\text{granularité}(d)=n/k$.

Empiriquement, pour le cas étudié, nous observons que la granularité varie fortement entre les départements considérés, de 1.75 à 9.5².

Dans la figure 7, chaque point correspond à un département. L'abscisse du point correspond à la granularité du département et l'ordonnée au déséquilibre minimal d'un découpage admissible.

Figure 5. Granularité et déséquilibre démographique minimum



Lecture : le point rond de coordonnées (7,3.4) sur la figure correspond à un département qui a une granularité 7 et un déséquilibre démographique minimum de 3,4 %.

1. Il ne s'agit pas forcément d'un découpage admissible, nous ne tenons pas compte dans ce résultat théorique de la contrainte de connexité.
 2. Ce qui s'explique par la variation de la population des cantons.

Nos résultats montrent une corrélation entre la granularité et l'équilibre démographique : plus le nombre moyen de cantons par circonscription d'un département est élevé, plus il est possible de respecter l'équilibre démographique au sein des circonscriptions de ce département.

Au total, les résultats obtenus pour l'hypothèse 3 sont ambivalents. Elle n'est pas vérifiée à propos des cantons par département car leur nombre ne permet pas d'expliquer le déséquilibre démographique. En revanche, elle est largement vérifiée à propos du nombre moyen de cantons par circonscription dans un département, c'est-à-dire en fonction de la granularité.

Les résultats présentés dans la figure 5 permettent d'affiner notre conclusion sur l'influence de la granularité. On peut ainsi remarquer que :

- Si un département a une granularité d'au moins 6, alors il existe un découpage avec un déséquilibre de population inférieur à 5 %.
- Si un département a une granularité d'au moins 4, alors il existe un découpage avec un déséquilibre de population inférieur à 10 %.
- Un département a une granularité d'au moins 2.2 si et seulement s'il existe un découpage avec un déséquilibre de population inférieur à 20 %.

Par ailleurs, il est notable que les 8 départements qui n'ont pas de découpage admissible (donc non représentés dans la figure 5) sont exactement les 8 départements avec la granularité la plus faible – comprise entre 1.75 et 2.1.

La granularité ressort donc comme un élément central de la carte électorale dans la recherche d'un équilibre démographique, en tant que variable explicative du déséquilibre minimum qu'il est possible d'atteindre dans le découpage des départements.

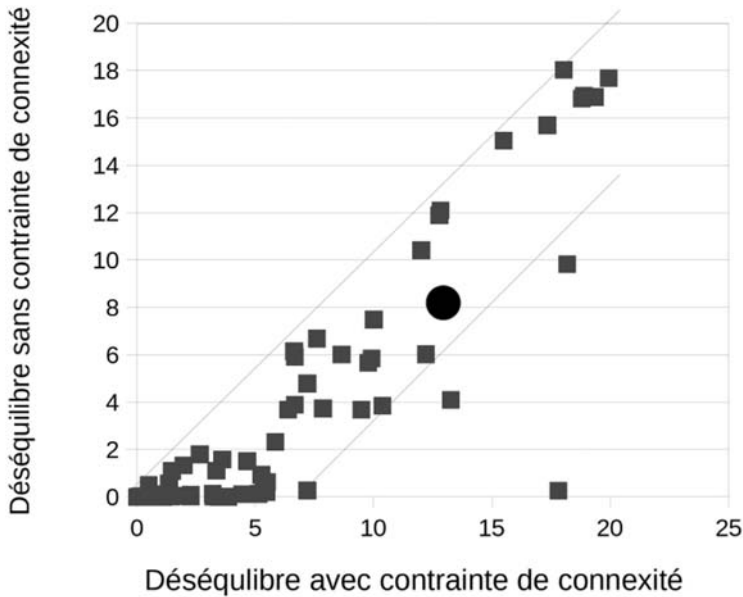
Ces éléments quantitatifs peuvent également permettre d'établir une prédiction des conséquences, relativement à l'équilibre démographique, d'une éventuelle réforme des cantons ou d'un éventuel changement du nombre de circonscriptions des départements. Par exemple, si de telles modifications produisent des départements avec une granularité proche de 2, il est probable que la limite de 20 % de déséquilibre ne puisse pas être respectée dans ces départements.

Sur l'hypothèse 4 : contrainte de connexité et équilibre démographique des circonscriptions

Nous nous intéressons ici à l'influence de la contrainte de connexité dans l'équilibre démographique des découpages, c'est-à-dire à l'obligation pour les circonscriptions d'un seul tenant. Nous comparons pour chaque département le déséquilibre minimum d'un découpage admissible lorsque l'on tient compte de la contrainte de connexité au déséquilibre minimum obtenu si l'on s'affranchit de cette contrainte.

Dans la figure 6, chaque point correspond à un département (pour chacun des 81 départements ayant un découpage admissible) ; son abscisse correspond au déséquilibre démographique minimum avec contrainte de connexité, son ordonnée au déséquilibre démographique minimum sans contrainte de connexité.

Figure 6. Impact de la contrainte de connectivité sur le déséquilibre démographique minimal d'un découpage admissible



Lecture : le point rond de coordonnées (12,9 ; 8,2) sur la figure correspond à un département dont les découpages admissibles ont un déséquilibre démographique minimal de 16,8 % mais pour lequel il existe, sans les contraintes de connectivité, un découpage avec déséquilibre démographique de 10,8 %. Le détail est fourni en figure 9 en annexe.

Les résultats montrent l'influence limitée de la contrainte de connectivité sur l'équilibre démographique, ce qui se repère à la présence de la grande majorité des points entre les deux droites obliques sur la figure 6. En effet, sans contrainte de connectivité (des cantons) des circonscriptions, les déséquilibres démographiques ne s'atténuent pas sensiblement, ce qui montre une influence modérée au regard de l'abandon de la cohérence géographique des circonscriptions. Le déséquilibre baisse de plus de 7 % pour seulement trois départements (les trois points en dessous de la droite du bas sur la figure).

Cette baisse limitée du déséquilibre se repère notamment pour les départements dans lesquels le déséquilibre démographique est élevé, par exemple pour l'Isère (38) où le déséquilibre est de 18 % dans les deux cas.

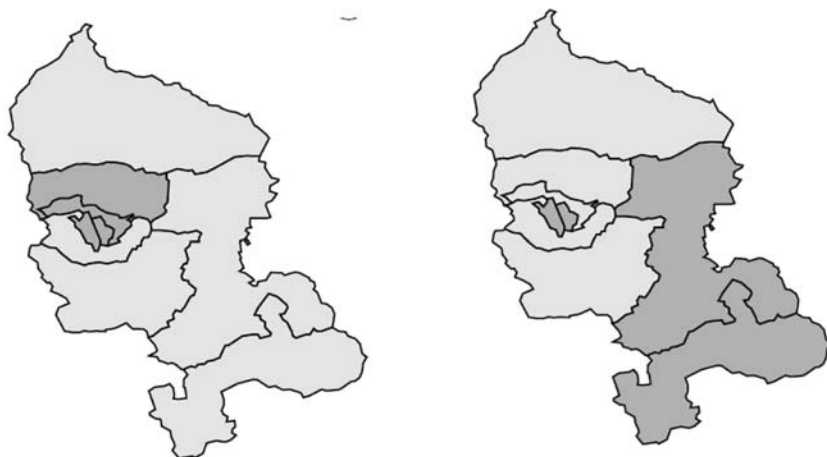
Pour les 8 départements qui n'ont aucun découpage admissible (voir figure 2), la suppression de la contrainte de connectivité est peu utile pour parvenir à un déséquilibre démographique inférieur à 20 % pour ces départements. En effet, sur ces 8 départements :

- 7 n'ont pas non plus de découpage admissible (à moins de 20 % de déséquilibre) sans contrainte de connectivité ;
- pour un département (77, Seine-et-Marne), le déséquilibre minimal devient 19,9 %.

Exemple : néanmoins, dans certains cas comme celui du Territoire de Belfort (n° INSEE 90), la non-prise en compte de la contrainte de connectivité peut permettre un équilibrage

démographique significativement meilleur. Le Territoire de Belfort possède 9 cantons et 2 circonscriptions. Le découpage admissible le plus équilibré, avec contrainte de connexité, a un déséquilibre de population de 9,5 % (voir figure 7 à gauche). Sans contrainte de connexité, le déséquilibre est de 3,7 % (voir figure 7 à droite), ce qui est significativement plus faible. L'explication réside dans le fait que les 9 cantons ayant une population relativement équilibrée, les deux circonscriptions doivent avoir l'une 5 cantons et l'autre 4 cantons. Lorsque l'on s'affranchit de la contrainte de connexité, on peut simplement mettre ensemble les 5 cantons les moins peuplés, ce qui n'est pas possible avec contrainte de connexité. Cet exemple illustre le possible poids que peut induire, dans des cas particuliers, la contrainte de connexité ; comme nous l'avons vu précédemment, l'influence de cette contrainte est en moyenne sur l'ensemble des départements beaucoup plus limitée.

Figure 7. Meilleur découpage admissible connexe et non connexe pour le Territoire de Belfort (n° INSEE 90)



Lecture : sur la carte de gauche, le meilleur découpage admissible connexe comporte un déséquilibre de 9,5 %. Sur la carte de droite, le meilleur découpage admissible non connexe comporte un déséquilibre de 3,5 %.

Conclusions et perspectives

Nos résultats contribuent à mieux comprendre la fabrique de la carte électorale. Ils mettent en évidence l'importance de la connaissance des dimensions techniques de la carte électorale en ce qu'ils apportent des réponses à des questionnements sur les biais de représentation et révèlent l'importance des critères géographiques sur la délimitation des circonscriptions. En interrogeant les potentialités de la carte électorale, notre recherche montre l'intérêt d'une étude des facteurs institutionnels qui déterminent ensuite, pour une part importante, les résultats électoraux. La compréhension des contraintes de la fabrique de la carte électorale est fondamentale dans le cadre des démocraties électorales.

Nos conclusions soulignent subsidiairement, dans une dimension normative très présente aux États-Unis, les apports des découpages assistés par ordinateur pour évaluer empiriquement les critères et potentialité de la carte électorale. Ce faisant, elles tendent, enfin, à montrer

les bénéfiques du traitement des données ouvertes et de la relative ouverture des processus de découpages électoraux envisageable.

L'égalité des suffrages conditionnée par la carte électorale

Nos résultats apportent des connaissances sur la pertinence des critères par rapport aux caractéristiques empiriques du territoire à délimiter et permettent de considérer les contraintes à partir de critères objectifs.

L'évaluation statistique des découpages potentiels de la carte électorale indique que la médiane du nombre de découpages potentiels par département est 1 877. L'évaluation statistique montre également une forte hétérogénéité du nombre de découpages admissibles selon les territoires : de moins d'une dizaine à plus d'un million d'alternatives de la carte électorale par département. Nous expliquons cette hétérogénéité par les caractéristiques territoriales très variables qui conditionnent la carte électorale avec (voir figure 6) : les différences de population entre les cantons, le nombre de cantons par département et le nombre de circonscriptions par lequel le département doit être divisé.

Le niveau de l'hétérogénéité et les facteurs explicatifs induisent trois conclusions majeures pour l'égalité de représentation en France.

Premièrement, à partir de nos résultats, il est flagrant qu'une égalité démographique parfaite entre les circonscriptions ne peut pas être trouvée dans le cadre juridique actuel de la carte électorale. L'objectif d'un déséquilibre démographique inférieur à 1 % entre circonscriptions ne peut pas être atteint en France. Cette conclusion relativise les critiques fréquentes de la carte électorale fondées sur la dénonciation de biais¹ par rapport au référentiel « 1 homme, 1 voix » car elles sont infondées empiriquement, faute de tenir compte des conséquences du respect des contraintes juridiques et de l'hétérogénéité des caractéristiques démographiques et géographique à l'échelle locale. En effet, une partie des écarts est causée, de manière incompressible, par les caractéristiques des territoires et par le respect des contraintes juridiques.

Deuxièmement, le niveau de l'hétérogénéité et les facteurs explicatifs rendent nécessaires des critères correspondant à un dénominateur commun à tous les départements². Les critères juridiques doivent comporter une déviation autorisée pour tenir compte des variances. Au regard de nos résultats, le taux actuel de 20 % (d'écart toléré de la population d'une circonscription avec la population moyenne des circonscriptions du département) est pertinent³. Sa réduction n'est pas souhaitable car, si ce seuil était abaissé à 15 %, 17 départements n'auraient plus de découpage admissible au regard des critères en vigueur⁴. Notre conclusion infirme donc l'idée d'une permissivité des critères de déviation autorisée. Cette déviation est nécessaire et son niveau est adapté aux variations qu'elle doit encadrer.

1. Voir M. Balinski, *Le suffrage universel inachevé*, *op. cit.*

2. L'encadrement juridique de la carte électorale s'applique en effet à toutes les parties du territoire, ce qui n'est pas sans soulever des difficultés. Thomas Ehrhard a notamment souligné les enjeux territoriaux présents lors du processus de découpage de 2010 relatif au nombre minimal de députés par département et le décalage entre la population et le nombre effectif d'électeurs, en particulier, à propos du cas de Mayotte : voir T. Ehrhard, *Le découpage électoral sous la V^e République...*, *op. cit.*, p. 115-145.

3. Dans le cadre juridique actuel, c'est-à-dire à condition de vouloir respecter et préserver les limites cantonales.

4. Sauf à scinder plus de cantons, ce qui doit rester une exception d'après la jurisprudence du Conseil constitutionnel : Cons. const., déc. n° 86-208 DC du 2 juillet 1986 et déc. n° 2008-573 DC du 8 janvier 2009.

Troisièmement, notre évaluation statistique de l'ensemble des découpages admissibles prouve qu'un meilleur équilibre démographique est possible dans de nombreux départements. Si l'existence d'un déséquilibre démographique significatif est inévitable avec le respect des limites cantonales de seuil est nécessaire et si l'écart toléré de 20 % est empiriquement pertinent, nous concluons également qu'il est possible de réduire considérablement les biais démographiques actuels, en respectant les contraintes territoriales. Ainsi, dans presque la moitié des départements (44), il est possible d'atteindre un écart inférieur à 5 %, ce qui n'est le cas que dans un sixième des départements actuellement (14).

L'influence prépondérante des critères géographiques sur la carte électorale : conséquences de la connexité et de la granularité territoriales sur l'égalité démographique

Notre étude met en évidence l'influence de l'encadrement juridique et des caractéristiques démographiques et géographiques des territoires sur l'élaboration des circonscriptions. Elle permet également de saisir les contraintes que fait peser la coexistence des critères. En ce sens, nous avons mesuré l'influence des critères géographiques sur ceux démographiques.

La mesure des contraintes nous permet de comprendre les rapports entre les critères démographiques et géographiques. Deux conclusions précisent comment les critères géographiques influencent les enjeux démographiques liés à l'égalité.

Premièrement, nous observons une relation forte entre géographie et démographie sur la granularité géographique du découpage électoral qui est corrélée avec l'équilibrage démographique. Concrètement, plus le nombre de cantons par circonscription est important, plus les biais démographiques sont réduits.

Deuxièmement, nous démontrons que la contrainte (géographique) de connexité n'a qu'une influence limitée sur l'équilibre démographique. En effet, sans contrainte de connexité des cantons des circonscriptions, les déséquilibres démographiques s'atténuent mais demeurent parfois à un niveau élevé. Cette contrainte géographique n'explique donc pas principalement et à elle seule les déséquilibres démographiques. Cette conclusion modère le sens commun qui consiste à affirmer que la contrainte de connexité des circonscriptions tend à nuire à l'égalité démographique.

Ces deux premiers ensembles de conclusions répondent à l'objectif de connaissances de la dimension technique de l'élaboration de la carte électorale en expliquant comment les contraintes démographiques et géographiques pèsent sur le découpage des circonscriptions législatives à travers un ensemble de relations causales. Les deux autres ensembles de conclusions concernent la portée de ces connaissances, que ce soit dans une dimension normative, comme pour les recherches états-uniennes, ou pour contribuer à l'étude de l'action publique.

La dimension normative des recherches de science politique. Les apports des études de découpages assistés par ordinateur dans les réformes électorales

Ces deux premiers ensembles de conclusions illustrent également la pertinence du recours à la méthode utilisée dans cette recherche. Les résultats de l'exploration statistique de la faisabilité de la carte électorale en France s'inscrivent dans les recherches internationales actuelles et permettent à la science politique de contribuer aux débats publics.

Premièrement, face aux millions de découpages électoraux admissibles et à l'impossibilité de les concevoir et de les évaluer « à la main », le recours aux algorithmes, comme ceux

développés dans cette recherche, pour calculer l'ensemble des découpages admissibles est une nécessité. La connaissance globale mais fine qui en résulte ouvre de nouvelles perspectives pour les recherches, qui ne peuvent plus procéder autrement pour évaluer les millions de données démographiques et géographiques. Notre cas d'étude confirme donc la plus-value de l'utilisation de ces méthodes pour les recherches de science politique, comme cela est déjà le cas dans les recherches internationales, et explique qu'aujourd'hui les découpages « *had never been examined with more sophisticated empirical tools*¹ ».

Deuxièmement, par l'étude de l'influence des critères sur l'élaboration de la carte électorale, la dimension normative est implicite dans le travail empirique mené dans cette recherche. Les questions normatives n'en sont pas l'objet principal, mais les conclusions tendent, naturellement, à les rendre saillantes. Ce type de lecture des résultats est accentué par le fait que toutes les mesures (*metrics*)² qui saisissent concrètement les cartes électorales sont une préoccupation majeure pour le droit³. Par la validité empirique des mesures effectuées⁴ et l'ensemble des alternatives envisageables en France⁵, les connaissances de cette recherche contribuent pleinement au débat public sur la réforme des cartes électorales, comme aux États-Unis où les « *political scientists have played an important role in this debate, reaching an unusually high level of public engagement*⁶ », alors que les politistes en France connaissent aujourd'hui une publicité limitée dans le débat public⁷, y compris dans les réformes électorales⁸. Par exemple, à partir de notre conclusion selon laquelle « plus le nombre de cantons par circonscription est important, plus les biais démographiques sont réduits », nous pouvons conclure que la réduction du nombre de cantons survenue en 2013⁹ aura des effets

1. Eric McGhee, « Partisan Gerrymandering and Political Science », *Annual Review of Political Science*, 23 (1), 2020, p. 171-196, ici p. 173. L'expression « *computer redistricting* » désigne actuellement autant la méthode utilisée que l'objet, tant les deux sont liés dans les recherches.

2. Traduction imparfaite du terme « *metric* » qui signifie plus que « mesure » au sens littéral. On évoque, par exemple, les *metrics of democracy* pour désigner les recherches dont l'objectif est « *to frame and measure democracy* ». Le cadrage de ces recherches repose sur l'idée de « *measuring democracy* ». Pour la carte électorale, le mot clé le plus partagé est « *Gerrymandering metrics* » qui correspond, au sens large, à l'ensemble des mesures des biais potentiels d'une carte électorale qui servent autant à l'évaluer pour en dénoncer les biais qu'à penser les concepts de science politique comme, par exemple, « *Partisan fairness* » ou « *Incumbency advantage* ».

3. Sur cette idée, voir E. McGhee, « Partisan Gerrymandering and Political Science », art. cité. Dans cette discussion critique de l'évolution de l'étude du *redistricting*, l'auteur montre également ce que l'évolution des méthodes fait aux recherches de science politique par la transformation des questions de recherche.

4. Sur les apports des « *computational method* » pour énumérer tous les plans de découpages électoraux possibles, voir Benjamin Fifield *et al.*, « The Essential Role of Empirical Validation in Legislative Redistricting Simulation », *Statistics and Public Policy*, 7 (1), 2020, p. 52-68.

5. De nombreuses recherches ont déjà souligné l'importance de connaître l'intégralité des propositions alternatives à un plan de découpage pour évaluer les biais de chacun : Jowei Chen, Jonathan Rodden, « Unintentional Gerrymandering : Political Geography and Electoral Bias in Legislatures », *Quarterly Journal of Political Science*, 8 (3), 2013, p. 239-269 ; Daniel B. Magleby, Daniel B. Mosesson, « A New Approach for Developing Neutral Redistricting Plans », *Political Analysis*, 26 (2), 2018, p. 147-167 ; Matthew P. Dube, Jesse T. Clark, Richard J. Powell, « Graphical Metrics for Analyzing District Maps », *Journal of Computational Social Science*, 5 (1), 2022, p. 449-475.

6. E. McGhee, « Partisan Gerrymandering and Political Science », art. cité, p. 171.

7. Pierre Squevin, David Aubin, « A Small Discipline, Scarce Publicity, and Compromised Outward Reach : The Advisory Roles of Political Scientists in France », dans Marleen Brans, Arco Timmermans (dir.), *The Advisory Roles of Political Scientists in Europe. Comparing Engagements in Policy Advisory Systems*, Basingstoke, Palgrave Macmillan, 2022, p. 131-155.

8. Camille Bedock, Damien Bol, Thomas Ehrhard, « Political Scientists and Electoral Reforms in Europe and Canada : What They Know, What They do », *Election Law Journal*, 16 (3), 2017, p. 335-340.

9. Loi n° 2013-403 du 17 mai 2013 relative à l'élection des conseillers départementaux, des conseillers municipaux et des conseillers communautaires et modifiant le calendrier électoral.

négatifs sur l'équilibre démographique des circonscriptions législatives, lors de la prochaine mise à jour de la carte électorale.

Plus largement, l'évaluation empirique des critères favorise la mise en place de « standards démocratiques » pour mieux encadrer les règles fondamentales de la démocratie. Les contributions « *from a social science perspective*¹ » pour rendre les *gerrymandering* plus justiciables à partir des connaissances académiques sont ainsi fréquentes aux États-Unis. Outre cette participation active à la dimension juridique, force est de constater que l'apport des outils informatiques et statistiques mis en œuvre dans cette recherche permettrait de savoir dans quelle mesure la carte électorale pourrait être améliorée par une refonte générale de ses critères, territoriaux et démographiques.

En France, par exemple, les pistes de réformes portent fréquemment sur la suppression des limites départementales des circonscriptions². En effet, peu importe au regard de la loi actuelle qu'une circonscription soit deux ou trois fois plus peuplée qu'une autre si elles se trouvent dans des départements différents, tant qu'un certain équilibre au sein de chaque département est vérifié. Or il semblerait plus naturel de mesurer l'équilibre démographique sur l'ensemble des circonscriptions du territoire. Néanmoins, parvenir à un tel équilibre est incompatible avec le principe de respect des limites départementales des circonscriptions. C'est pourquoi une étude sur l'influence de l'assouplissement de la contrainte géographique, en définissant par exemple des limites régionales, sur l'équilibre démographique global serait pertinente par rapport à l'objectif premier d'égalité des citoyens devant le suffrage, que le découpage électoral est censé assurer par des mises à jour régulières de la carte électorale.

Le traitement des données facteur d'ouverture du processus et d'amélioration de la transparence

Cet exemple illustre, d'une part, pourquoi la mesure des cartes électorales est une préoccupation majeure pour le droit et comment, d'autre part, les méthodes utilisées dans cet article peuvent être des opportunités pour renouveler les questions de recherche, les hypothèses et les concepts du champ des études électorales. Notre recherche, qui combine sociologie non électorale des élections et *computational science*, permet également de contribuer à d'autres domaines de la science politique. Elle illustre, en particulier, les apports qu'apporte la connaissance des politiques électorales³ aux politiques publiques.

D'abord, les *computational science* apportent une plus-value immédiate (en tant qu'objet et méthode) à la compréhension des outils d'aide à la décision publique⁴ et aux recherches sur les « *big data public policies* » ou « *big data governance and public policy* » qui traversent l'étude des nombreux domaines de politiques publiques.

Ensuite, les données publiques utilisées et leur traitement informatique, ainsi que la mise à disposition des algorithmes et la publication des résultats, contribuent à l'ouverture du

1. Voir, par exemple, Bernard Grofman, « Crafting a Judicially Manageable Standard for Partisan Gerrymandering : Five Necessary Elements », *Election Law Journal*, 17 (2), 2018, p. 117-136.

2. Par exemple, voir *Le Canard enchaîné*, 5 août 2020. Pour une étude des pistes de réforme, voir Thomas Ehrhard, « Sérénade ou requiem pour la proportionnelle ? Vers un renoncement probable à la réforme du mode de scrutin », JP blog, septembre 2020, en ligne : <https://blog.juspoliticum.com/2020/09/17/serenade-ou-requiem-pour-la-proportionnelle-vers-un-renoncement-probable-a-la-reforme-du-mode-de-scrutin-1-2-par-thomas-ehrhald/>.

3. Thomas Ehrhard, « Penser les politiques électorales : l'objet électoral saisi par les politiques publiques », *Gouvernement et action publique*, 5 (1), 2016, p. 9-33.

4. Gilles Rouet (dir.), *Algorithmes et décisions publiques*, Paris, CNRS Éditions, 2019.

processus du découpage électoral à y inclure indirectement d'autres acteurs que ceux institutionnels classiques (politiques et juridiques). Outre le rôle des universitaires, les données ouvertes et leur traitement rendent possible une participation du public dans le processus d'élaboration de la carte électorale¹. Les possibilités offertes par les découpages assistés par ordinateur rejoignent celles créées par l'ouverture des données pour la démocratie (*e-governement*, participation du public, etc.)² et ses techniques (transparence, *DIY democracy*, etc.)³. La participation du public *via* des logiciels de cartographie, en ligne et accessibles, pour créer des plans de redécoupage ou pour évaluer des projets, est une modalité de participation (*The Public Mapping Project*, par exemple) déjà mise en œuvre et étudiée dans les recherches internationales⁴. Ces nouveaux modes de production de la carte électorale alliant données nombreuses et ouvertes et participation du public mobilisent ainsi des concepts d'autres champs de la science politique⁵ sur des enjeux récents des politiques électorales. Cette hybridation d'approches ne peut qu'être bénéfique pour les recherches⁵.

— Thomas Ehrhard, Solal Attias, Evripidis Bampis, Vincent Cohen-Addad, Bruno Escoffier, Claire Mathieu, Fanny Pascual, Adèle Pass-Lanneau et David Saulpic

Thomas Ehrhard, maître de conférences en science politique à l'Université Paris II Panthéon-Assas, enseigne également à l'École polytechnique. Il travaille actuellement sur les évolutions des systèmes politiques et électoraux, les partis politiques ainsi que le microciblage électoral. Ses recherches récentes ont notamment été publiées dans *Gouvernement et action publique*, *Politiques de communication*, *Swiss Political Science Review* et *Parliaments, Estates and Representation* (Université Paris II Panthéon-Assas, Institut Cujas, CECP, Centre Panthéon, 12 place du Panthéon, 75005 Paris, <thomas.ehrhard@gmail.com>).

Solal Attias est élève en mathématiques et informatique à l'École normale supérieure de Paris. Il travaille sur l'optimisation combinatoire, les mathématiques discrètes et leurs applications dans les réseaux électriques et autres systèmes complexes (ENS Ulm, Casier Solal Attias, 45 rue d'Ulm, 75005 Paris, <solalattias@gmail.com>).

Evripidis Bampis est professeur à Sorbonne Université. Ses activités de recherche portent sur la conception et l'analyse d'algorithmes pour des problèmes d'optimisation combinatoire. Il a publié plus d'une centaine d'articles dans des revues ou des conférences internationales (Sorbonne Université, 4 place Jussieu, 75005 Paris, <Evripidis.Bampis@lip6.fr>).

Vincent Cohen-Addad est chargé de recherche au CNRS (en disponibilité) et *research scientist* à Google Research. Il travaille sur la conception d'algorithmes pour des problèmes d'optimisation combinatoire, le plus souvent motivés par des applications issues de l'analyse de données et de l'apprentissage machine. Ses travaux de recherche ont obtenu le prix du meilleur article au *Symposium on Computational Geometry 2019* et ses travaux de thèse le prix EATCS de la meilleure thèse en informatique théorique (IIP6, Sorbonne Université, 4 place Jussieu, 75005 Paris, <vcohenad@gmail.com>).

1. Sur ce point, voir T. Ehrhard, *Le découpage électoral sous la V^e République...*, *op. cit.*, p. 416-426.

2. Hélène Michel, « Promesses et usages des dispositifs de transparence : entre approfondissement et redéfinition de la démocratie », *Revue française d'administration publique*, 165, 2018, p. 5-15.

3. Voir, par exemple, Michael P. McDonald, Micah Altman, *The Public Mapping Project. How Public Participation Can Revolutionize Redistricting*, Ithaca, Cornell University Press, 2018.

4. Samuel Goëta, Clément Mabi, « L'open data peut-il (encore) servir les citoyens ? », *Mouvements*, 79, 2014, p. 81-91.

5. Sur cette idée, voir Gilles Bastin, Paola Tubaro, « Le moment *big data* des sciences sociales », *Revue française de sociologie*, 59 (3), 2018, p. 375-394.

Bruno Escoffier est professeur d'informatique au laboratoire LIP6 de Sorbonne Université et actuellement membre junior de l'Institut de France. Il travaille sur la conception d'algorithmes exacts ou approchés pour la résolution de problèmes combinatoires (LIP6, Sorbonne Université, 4 place Jussieu, 75005 Paris, <Bruno.Escoffier@lip6.fr>).

Claire Mathieu est directrice de recherche en informatique au CNRS. Elle travaille sur la conception et l'analyse d'algorithmes. Elle a publié plus d'une centaine d'articles et est notamment l'auteur de : *L'algorithmique*, Fayard/Collège de France, 2018 (édition électronique : Collège de France, DOI : 10.4000/books.cdf.5609) (IRIF, Université de Paris, Bâtiment Sophie Germain, Case courrier 7014, 8 place Aurélie Nemours, 75205 Paris cedex 13, <Claire.m.mathieu@gmail.com>).

Fanny Pascual est maîtresse de conférences en informatique à Sorbonne Université. Membre du laboratoire LIP6, elle s'intéresse à la conception et à l'analyse d'algorithmes pour la résolution de problèmes d'optimisation combinatoire (LIP6, Sorbonne Université, 4 place Jussieu, 75005 Paris, <Fanny.Pascual@lip6.fr>).

Adèle Pass-Lanneau est docteure en informatique de Sorbonne Université. Ses recherches portent sur l'optimisation combinatoire sous incertitudes et ses applications industrielles (LIP6, Sorbonne Université, 4 place Jussieu, 75005 Paris, <adele.pass-lanneau@polytechnique.org>).

David Saulpic est doctorant en informatique à Sorbonne Université. Ses recherches portent sur des thématiques de détection de communauté dans des graphes ou de recherche de cluster dans des nuages de points (LIP6, Sorbonne Université, 4 place Jussieu, 75005 Paris, <david.saulpic@normalesup.org>).

Annexes

Figure 8. Données sur les départements de l'étude

| Département | n° INSEE | Nca | Pop | NC | Département | n° INSEE | Nca | Pop | NC |
|-------------------------|----------|-----|-------|----|-----------------------|----------|-----|-------|----|
| Ain | 1 | 23 | 612 | 5 | Lot-et-Garonne | 47 | 21 | 332 | 3 |
| Aisne | 2 | 21 | 540 | 5 | Maine-et-Loire | 49 | 21 | 795 | 7 |
| Allier | 3 | 19 | 342 | 3 | Manche | 50 | 27 | 499 | 4 |
| Alpes-de-Haute-Provence | 4 | 15 | 161 | 2 | Marne | 51 | 23 | 568 | 5 |
| Hautes-Alpes | 5 | 15 | 139 | 2 | Haute-Marne | 52 | 17 | 182 | 2 |
| Alpes-Maritimes | 6 | 27 | 1 082 | 9 | Mayenne | 53 | 17 | 307 | 3 |
| Ardèche | 7 | 17 | 318 | 3 | Meurthe-et-Moselle | 54 | 23 | 733 | 6 |
| Ardennes | 8 | 19 | 282 | 3 | Meuse | 55 | 17 | 192 | 2 |
| Ariège | 9 | 13 | 152 | 2 | Morbihan | 56 | 21 | 732 | 6 |
| Aube | 10 | 17 | 305 | 3 | Moselle | 57 | 27 | 1 046 | 9 |
| Aude | 11 | 19 | 362 | 3 | Nièvre | 58 | 17 | 216 | 2 |
| Aveyron | 12 | 23 | 276 | 3 | Nord | 59 | 41 | 2 587 | 21 |
| Bouches-du-Rhône | 13 | 29 | 1 984 | 16 | Oise | 60 | 21 | 810 | 7 |
| Calvados | 14 | 25 | 687 | 6 | Orne | 61 | 21 | 290 | 3 |
| Cantal | 15 | 15 | 147 | 2 | Pas-de-Calais | 62 | 39 | 1 463 | 12 |
| Charente | 16 | 19 | 353 | 3 | Puy-de-Dôme | 63 | 31 | 638 | 5 |
| Cher | 18 | 19 | 311 | 3 | Pyrénées-Atlantiques | 64 | 27 | 660 | 6 |
| Corrèze | 19 | 19 | 241 | 2 | Hautes-Pyrénées | 65 | 17 | 228 | 2 |
| Haute-Corse | 2A | 11 | 171 | 2 | Pyrénées-Orientales | 66 | 17 | 457 | 4 |
| Corse-du-Sud | 2B | 15 | 149 | 2 | Bas-Rhin | 67 | 23 | 1 104 | 9 |
| Côte-d'Or | 21 | 23 | 527 | 5 | Haut-Rhin | 68 | 17 | 755 | 6 |
| Côtes-d'Armor | 22 | 27 | 595 | 5 | Haute-Saône | 70 | 17 | 239 | 2 |
| Dordogne | 24 | 25 | 416 | 4 | Saône-et-Loire | 71 | 29 | 555 | 5 |
| Doubs | 25 | 19 | 531 | 5 | Sarthe | 72 | 21 | 567 | 5 |
| Drôme | 26 | 19 | 491 | 4 | Savoie | 73 | 19 | 421 | 4 |
| Eure | 27 | 23 | 591 | 5 | Haute-Savoie | 74 | 17 | 756 | 6 |
| Eure-et-Loir | 28 | 15 | 432 | 4 | Seine-Maritime | 76 | 35 | 1 253 | 10 |
| Finistère | 29 | 27 | 901 | 8 | Seine-et-Marne | 77 | 23 | 1 353 | 11 |
| Gard | 30 | 23 | 725 | 6 | Yvelines | 78 | 21 | 1 412 | 12 |
| Haute-Garonne | 31 | 27 | 1 279 | 10 | Deux-Sèvres | 79 | 17 | 371 | 3 |
| Gers | 32 | 17 | 189 | 2 | Somme | 80 | 23 | 571 | 5 |
| Gironde | 33 | 33 | 1 483 | 12 | Tarn | 81 | 23 | 378 | 3 |
| Hérault | 34 | 25 | 1 077 | 9 | Tarn-et-Garonne | 82 | 15 | 246 | 2 |
| Ille-et-Vilaine | 35 | 27 | 1 007 | 8 | Var | 83 | 23 | 1 021 | 8 |
| Indre | 36 | 13 | 228 | 2 | Vienne | 86 | 19 | 430 | 4 |
| Indre-et-Loire | 37 | 19 | 596 | 5 | Haute-Vienne | 87 | 21 | 375 | 3 |
| Isère | 38 | 29 | 1 224 | 10 | Vosges | 88 | 17 | 377 | 4 |
| Jura | 39 | 17 | 260 | 3 | Yonne | 89 | 21 | 341 | 3 |
| Landes | 40 | 15 | 392 | 3 | Territoire de Belfort | 90 | 9 | 143 | 2 |
| Loir-et-Cher | 41 | 15 | 331 | 3 | Essonne | 91 | 21 | 1 237 | 10 |
| Loire | 42 | 21 | 753 | 6 | Hauts-de-Seine | 92 | 23 | 1 586 | 13 |
| Haute-Loire | 43 | 19 | 225 | 2 | Seine-Saint-Denis | 93 | 21 | 1 538 | 12 |
| Loire-Atlantique | 44 | 31 | 1 313 | 10 | Val-de-Marne | 94 | 25 | 1 341 | 11 |
| Loiret | 45 | 21 | 662 | 6 | Val-d'Oise | 95 | 21 | 1 221 | 10 |
| Lot | 46 | 17 | 174 | 2 | | | | | |

Note : n° INSEE : identification du département ; Nca : nombre de cantons ; Pop : population, en milliers d'habitants ; NC : nombre de circonscriptions.

Figure 9. Déséquilibres minimaux par département

| Département | n° INSEE | Avec connexité | Sans connexité | Département | n° INSEE | Avec connexité | Sans connexité |
|-------------------------|----------|-------------------|-------------------|-----------------------|----------|-------------------|-------------------|
| Haute-Marne | 52 | 0,0 | 0,0 | Eure | 27 | 4,7 | 1,5 |
| Corrèze | 19 | 0,0 | 0,0 | Alpes-Maritimes | 6 | 5,2 | 0,1 |
| Haute-Saône | 70 | 0,0 | 0,0 | Drôme | 26 | 5,3 | 0,9 |
| Haute-Vienne | 87 | 0,0 | 0,0 | Maine-et-Loire | 49 | 5,4 | 0,2 |
| Gers | 32 | 0,0 | 0,0 | Savoie | 73 | 5,5 | 0,2 |
| Alpes-de-Haute-Provence | 4 | 0,0 | 0,0 | Ardèche | 7 | 5,5 | 0,6 |
| Haute-Loire | 43 | 0,0 | 0,0 | Pyrénées-Atlantiques | 64 | 5,9 | 2,3 |
| Tarn-et-Garonne | 82 | 0,0 | 0,0 | Somme | 80 | 6,4 | 3,7 |
| Nièvre | 58 | 0,0 | 0,0 | Marne | 51 | 6,6 | 6,1 |
| Hautes-Pyrénées | 65 | 0,0 | 0,0 | Ille-et-Vilaine | 35 | 6,7 | 5,9 |
| Lot-et-Garonne | 47 | 0,1 | 0,0 | Loire-Atlantique | 44 | 6,7 | 3,9 |
| Lot | 46 | 0,1 | 0,0 | Oise | 60 | 7,2 | 0,3 |
| Meuse | 55 | 0,1 | 0,0 | Calvados | 14 | 7,2 | 4,8 |
| Cantal | 15 | 0,1 | 0,0 | Indre-et-Loire | 37 | 7,6 | 6,7 |
| Hautes-Alpes | 5 | 0,2 | 0,0 | Finistère | 29 | 7,9 | 3,7 |
| Aube | 10 | 0,2 | 0,0 | Gard | 30 | 8,6 | 6,0 |
| Ariège | 9 | 0,2 | 0,0 | Territoire de Belfort | 90 | 9,5 | 3,7 |
| Puy-de-Dôme | 63 | 0,2 | 0,0 | Morbihan | 56 | 9,8 | 5,7 |
| Aude | 11 | 0,3 | 0,0 | Sarthe | 72 | 9,9 | 5,8 |
| Yonne | 89 | 0,4 | 0,0 | Pas-de-Calais | 62 | 10,0 | 7,5 |
| Allier | 3 | 0,5 | 0,5 | Loiret | 45 | 10,4 | 3,8 |
| Haute-Corse | 2A | 0,7 | 0,0 | Meurthe-et-Moselle | 54 | 12,0 | 10,4 |
| Landes | 40 | 0,7 | 0,0 | Seine-Maritime | 76 | 12,2 | 6,0 |
| Vosges | 88 | 0,8 | 0,1 | Doubs | 25 | 12,8 | 11,9 |
| Aveyron | 12 | 1,1 | 0,0 | Hérault | 34 | 12,8 | 12,1 |
| Tarn | 81 | 1,3 | 0,1 | Eure-et-Loir | 28 | 12,9 | 8,2 |
| Loir-et-Cher | 41 | 1,3 | 0,0 | Loire | 42 | 13,3 | 4,1 |
| Cher | 18 | 1,4 | 0,6 | Haute-Garonne | 31 | 15,5 | 15,0 |
| Côtes-d'Armor | 22 | 1,5 | 0,0 | Bas-Rhin | 67 | 17,3 | 15,7 |
| Indre | 36 | 1,5 | 1,1 | Moselle | 57 | 17,8 | 0,3 |
| Charente | 16 | 1,7 | 0,1 | Isère | 38 | 18,0 | 18,0 |
| Mayenne | 53 | 1,8 | 0,0 | Val-de-Marne | 94 | 18,2 | 9,8 |
| Côte-d'Or | 21 | 2,0 | 1,3 | Var | 83 | 18,8 | 16,8 |
| Pyrénées-Orientales | 66 | 2,3 | 0,0 | Haute-Savoie | 74 | 18,9 | 16,9 |
| Jura | 39 | 2,3 | 0,0 | Gironde | 33 | 19,3 | 16,9 |
| Ardennes | 8 | 2,3 | 0,1 | Haut-Rhin | 68 | 19,9 | 17,7 |
| Vienne | 86 | 2,7 | 1,8 | Seine-et-Marne | 77 | > 20 | 19,9 |
| Ain | 1 | 3,2 | 0,1 | Essonne | 91 | > 20 | 23,4 |
| Manche | 50 | 3,2 | 0,0 | Val-d'Oise | 95 | > 20 | 28,8 |
| Dordogne | 24 | 3,3 | 0,0 | Seine-Saint-Denis | 93 | > 20 | 33,4 |
| Aisne | 2 | 3,4 | 1,1 | Yvelines | 78 | > 20 | 34,0 |
| Orne | 61 | 3,4 | 0,0 | Hauts-de-Seine | 92 | > 20 | 34,8 |
| Saône-et-Loire | 71 | 3,6 | 1,6 | Nord | 59 | > 20 | 38,5 |
| Corse-du-Sud | 2B | 3,9 | 0,0 | Bouches-du-Rhône | 13 | > 20 | 38,7 |
| Deux-Sèvres | 79 | 4,5 | 0,1 | | | | |

Lecture : déséquilibres démographiques minimum de découpages avec contrainte de connexité (colonne 2) et sans contrainte de connexité (colonne 3).

Figure 10. Par département, nombre de découpages admissibles selon le déséquilibre démographique

| Département | n° | ≤ 5 % | ≤ 10 % | ≤ 15 % | ≤ 20 % | Département | n° | ≤ 5 % | ≤ 10 % | ≤ 15 % | ≤ 20 % |
|-----------------------|----|-------|--------|---------|-----------|-------------------------|----|---------|--------|---------|-----------|
| Bouches-du-Rhône | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | Corse-du-Sud | 2B | 1 | 3 | 3 | 5 |
| Nord | 59 | 0 | 0 | 0 | 0 | Orne | 61 | 2 | 61 | 121 | 202 |
| Seine-et-Marne | 77 | 0 | 0 | 0 | 0 | Deux-Sèvres | 79 | 10 | 223 | 707 | 1 015 |
| Yvelines | 78 | 0 | 0 | 0 | 0 | Eure | 27 | 11 | 3 558 | 34 269 | 94 206 |
| Essonne | 91 | 0 | 0 | 0 | 0 | Aisne | 2 | 14 | 411 | 1 374 | 3 000 |
| Hauts-de-Seine | 92 | 0 | 0 | 0 | 0 | Loir-et-Cher | 41 | 18 | 52 | 80 | 154 |
| Seine-Saint-Denis | 93 | 0 | 0 | 0 | 0 | Jura | 39 | 20 | 54 | 117 | 222 |
| Val-d'Oise | 95 | 0 | 0 | 0 | 0 | Pyrénées-Orientales | 66 | 20 | 376 | 1 324 | 2 876 |
| Haute-Savoie | 74 | 0 | 0 | 0 | 28 | Ariège | 9 | 29 | 60 | 100 | 119 |
| Haut-Rhin | 68 | 0 | 0 | 0 | 138 | Indre | 36 | 30 | 57 | 89 | 114 |
| Val-de-Marne | 94 | 0 | 0 | 0 | 142 | Hautes-Alpes | 5 | 32 | 61 | 93 | 126 |
| Var | 83 | 0 | 0 | 0 | 342 | Mayenne | 53 | 39 | 438 | 942 | 1 457 |
| Bas-Rhin | 67 | 0 | 0 | 0 | 1 524 | Meuse | 55 | 40 | 79 | 119 | 157 |
| Moselle | 57 | 0 | 0 | 0 | 1 797 | Cantal | 15 | 46 | 88 | 126 | 176 |
| Haute-Garonne | 31 | 0 | 0 | 0 | 21 597 | Vosges | 88 | 47 | 257 | 452 | 821 |
| Isère | 38 | 0 | 0 | 0 | 22 080 | Manche | 50 | 57 | 1 537 | 5 671 | 15 836 |
| Gironde | 33 | 0 | 0 | 0 | 46 011 | Cher | 18 | 57 | 1 625 | 3 981 | 5 474 |
| Eure-et-Loir | 28 | 0 | 0 | 68 | 261 | Haute-Marne | 52 | 63 | 166 | 213 | 333 |
| Ain | 1 | 0 | 0 | 175 | 1 442 | Landes | 40 | 68 | 118 | 118 | 316 |
| Doubs | 25 | 0 | 0 | 246 | 1 033 | Vienne | 86 | 82 | 1 739 | 8 156 | 17 789 |
| Loire | 42 | 0 | 0 | 540 | 3 831 | Aube | 10 | 95 | 490 | 1 090 | 1 877 |
| Hérault | 34 | 0 | 0 | 558 | 8 222 | Ardennes | 8 | 106 | 301 | 677 | 1 187 |
| Meurthe-et-Moselle | 54 | 0 | 0 | 925 | 4 279 | Gers | 32 | 112 | 255 | 342 | 481 |
| Loiret | 45 | 0 | 0 | 2 738 | 13 603 | Charente | 16 | 120 | 871 | 2 019 | 3 241 |
| Pas-de-Calais | 62 | 0 | 0 | 228 986 | 3 494 226 | Lot | 46 | 127 | 281 | 376 | 531 |
| Seine-Maritime | 76 | 0 | 0 | 853 655 | | Aude | 11 | 138 | 527 | 1 303 | 2 341 |
| Morbihan | 56 | 0 | 2 | 197 | 2 002 | Nièvre | 58 | 143 | 243 | 418 | 488 |
| Territoire de Belfort | 90 | 0 | 3 | 8 | 8 | Haute-Saône | 70 | 145 | 377 | 468 | 704 |
| Finistère | 29 | 0 | 6 | 117 | 4 752 | Tarn-et-Garonne | 82 | 150 | 282 | 421 | 543 |
| Sarthe | 72 | 0 | 15 | 3 616 | 15 322 | Alpes-de-Haute-Provence | 4 | 157 | 312 | 472 | 612 |
| Drôme | 26 | 0 | 63 | 678 | 1 394 | Allier | 3 | 171 | 577 | 1 246 | 2 303 |
| Ardèche | 7 | 0 | 68 | 210 | 288 | Dordogne | 24 | 191 | 21 330 | 67 569 | 165 658 |
| Gard | 30 | 0 | 72 | 2 923 | 18 540 | Yonne | 89 | 303 | 811 | 1 868 | 3 886 |
| Oise | 60 | 0 | 138 | 755 | 1 170 | Côtes-d'Armor | 22 | 310 | 1 975 | 10 000 | 30 114 |
| Alpes-Maritimes | 6 | 0 | 141 | 3 268 | 4 888 | Côte-d'Or | 21 | 414 | 6 421 | 34 702 | 110 653 |
| Loire-Atlantique | 44 | 0 | 220 | 12 058 | 64 217 | Corrèze | 19 | 597 | 1 123 | 1 753 | 2 188 |
| Maine-et-Loire | 49 | 0 | 405 | 1 583 | 1 583 | Hautes-Pyrénées | 65 | 645 | 1 595 | 1 939 | 2 888 |
| Indre-et-Loire | 37 | 0 | 420 | 5 092 | 23 970 | Haute-Loire | 43 | 662 | 1 315 | 1 952 | 2 566 |
| Savoie | 73 | 0 | 425 | 1 678 | 4 318 | Aveyron | 12 | 723 | 7 778 | 13 787 | 25 850 |
| Ille-et-Vilaine | 35 | 0 | 532 | 17 963 | 104 709 | Lot-et-Garonne | 47 | 2 852 | 4 915 | 14 223 | 26 661 |
| Marne | 51 | 0 | 558 | 14 243 | 30 901 | Tarn | 81 | 5 086 | 27 257 | 51 453 | 96 638 |
| Pyrénées-Atlantiques | 64 | 0 | 1 584 | 84 943 | 282 457 | Saône-et-Loire | 71 | 8 210 | 68 783 | 321 509 | 1 511 042 |
| Somme | 80 | 0 | 4 148 | 41 843 | 94 648 | Haute-Vienne | 87 | 17 676 | 30 243 | 83 156 | 165 313 |
| Calvados | 14 | 0 | 4 828 | 18 996 | 36 045 | Puy-de-Dôme | 63 | 204 874 | | | |
| Haute-Corse | 2A | 1 | 1 | 1 | 2 | | | | | | |

Lecture : la figure 10 donne pour chaque département le nombre de découpages admissibles avec un déséquilibre d'au plus 5, 10, 15 et 20 %. Dans les trois cases manquantes, le nombre de découpages est de plusieurs millions, non calculé en raison d'un temps de calcul trop important.