



La mixité sociale est plus forte en journée sur les lieux d'activité que pendant la nuit dans les quartiers de résidence

Les données de mobilité issues de la téléphonie mobile permettent d'analyser la mixité sociale au-delà des seuls lieux de résidence. En effet, les personnes à hauts revenus et à bas revenus se déplacent et ainsi se côtoient pendant la journée.

La mixité sociale est plus importante en journée lorsque les personnes sont en dehors de leur lieu de résidence dans les agglomérations de Paris, Lyon et Marseille. La ségrégation est minimale entre 10 heures et 18 heures quand la plupart des gens ont rejoint leur lieu de travail, alors qu'elle est maximale la nuit.

Bien que la mixité sociale augmente avec les déplacements en journée, les personnes à bas revenus restent majoritaires dans le nord-est de l'agglomération parisienne et les personnes à hauts revenus dans l'ouest. La différence entre le jour et la nuit est plus marquée à l'ouest qu'à l'est.

Dans les villes, l'organisation des infrastructures de transport entre le centre et la périphérie facilite ou, au contraire, freine les déplacements. Les personnes à bas revenus habitent plus souvent dans les espaces où il est plus difficile de se déplacer (centre à Marseille, périphérie à Lyon et Paris).

Lino Galiana, Benjamin Sakarovitch, François Sémécurbe (Insee), Zbigniew Smoreda (Orange Labs)

Les populations les plus pauvres comme les plus aisées sont surreprésentées dans les villes [Floch, 2017]. Elles ne sont cependant pas uniformément réparties dans l'espace, mais se concentrent dans des lieux précis, ce qui génère de la **ségrégation résidentielle**. Ainsi, dans les **unités urbaines** de Paris et Lyon, les populations les plus aisées habitent plus souvent à l'ouest de l'agglomération, à proximité du centre, tandis que les populations les moins aisées sont surreprésentées à l'est (*figure 1a*). À Marseille, les populations pauvres sont concentrées dans le centre de l'agglomération, alors que les ménages plus aisés se situent plutôt en périphérie, notamment autour d'Aix-en-Provence.

Le calcul d'indices de ségrégation résidentielle (*méthodes*) montre que les personnes à **hauts revenus** vivent davantage regroupées que celles à **bas revenus**. Par ailleurs, la ségrégation résidentielle est plus marquée à Paris

qu'à Lyon et Marseille, où les populations sont plus mélangées.

Cependant, l'approche résidentielle ne permet d'appréhender qu'en partie la mixité sociale. Il est nécessaire de tenir compte des rencontres effectuées tout au long de la journée, au-delà du lieu de résidence : sur le lieu de travail, dans les magasins, etc. Comme il est moins coûteux de se déplacer dans un espace que d'y vivre, la **ségrégation spatiale** dans la journée est potentiellement plus faible que la ségrégation résidentielle.

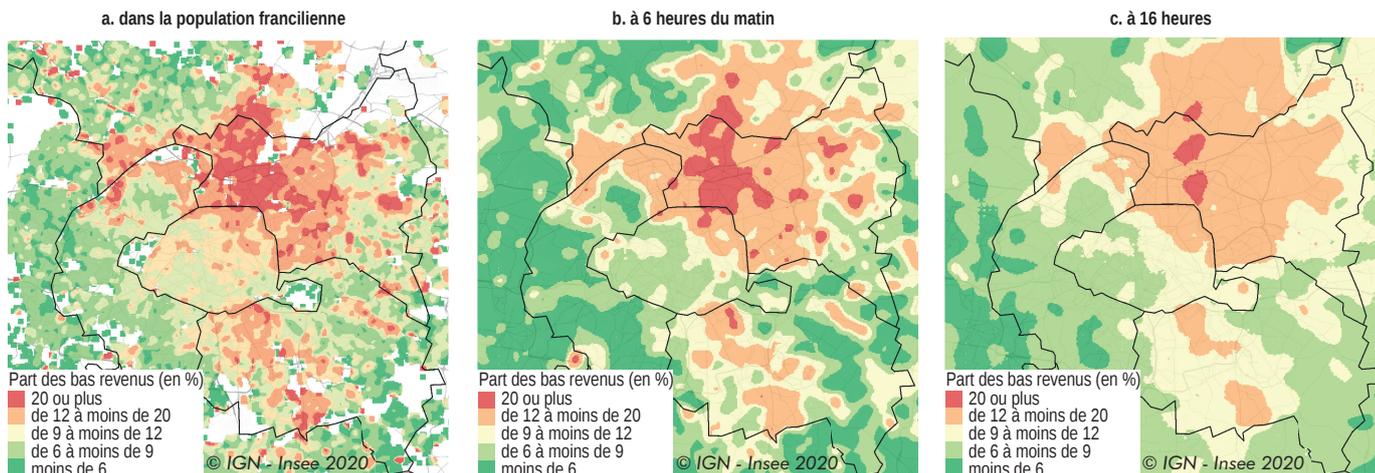
Les données de téléphonie mobile utilisées (*sources*) renseignent sur l'activité des antennes-relais et permettent indirectement d'estimer où les individus se trouvent approximativement tout au long de la journée. Elles ne comportent aucune information personnelle. Un quartier de résidence est attribué aux personnes à partir des localisations détectées par le réseau durant la nuit.

Leur position dans l'échelle des **niveaux de vie** est ensuite simulée en fonction de la distribution des niveaux de vie observés dans leur quartier de résidence grâce à des données carroyées (*méthodes*). Il est alors possible d'estimer les niveaux de ségrégation dans une zone au cours de la journée à partir du groupe d'appartenance simulé des personnes simultanément présentes.

Des mouvements massifs de population au cours de la journée modifient la répartition de la population sur les territoires

La ségrégation est maximale lorsque les individus ont davantage tendance à être chez eux, c'est-à-dire au cœur de la nuit, autour de 4 heures du matin. Cela reflète bien les contraintes pesant sur les lieux d'habitation : d'une part, les logements sociaux sont concentrés dans certains

1 Part des personnes à bas revenus dans l'agglomération parisienne



Lecture : une couleur rouge vif indique que les personnes à bas revenus sont fortement concentrées à cet endroit.
Sources : Orange, CDR 2007 ; Filosofi, 2014 ; calculs Insee.

quartiers et, d'autre part, les disparités de prix des logements conduisent les populations à vivre dans certains quartiers en fonction de leurs revenus. Ces conclusions coïncident avec les résultats issus de l'exploitation de l'enquête globale transport par Le Roux *et al.* [2017] et à ceux d'Athey *et al.* [2020] et Davis *et al.* [2019], obtenus sur des données américaines à partir de traces numériques.

Les indices de ségrégation décroissent fortement au cours de la matinée (figure 2). En effet, les populations sont moins concentrées pendant la journée que pendant la nuit (figures 1b et 1c). La ségrégation en journée (entre 10 heures et 18 heures), mesurée par un indice de Theil (méthodes), est très inférieure (d'environ 70 à 80 %) à sa valeur nocturne.

La mixité sociale s'accroît donc lorsque les populations quittent leur quartier de résidence. Le niveau de ségrégation se stabilise dès 10 heures, c'est-à-dire lorsque la

majorité des personnes ont rejoint leur lieu de travail. La ségrégation recommence à augmenter à partir de 18 heures. L'indice de ségrégation spatiale revient alors au niveau de ségrégation résidentielle, qui correspond aux inégalités spatiales les plus marquées. Le soir, l'augmentation de la ségrégation est la plus forte entre 18 et 20 heures.

Pendant la journée, les bas revenus côtoient plus de personnes n'appartenant pas à leur groupe que les hauts revenus. À Paris et Lyon, durant la journée, les bas revenus sont presque uniformément répartis dans la ville, ce qui n'est pas le cas des hauts revenus.

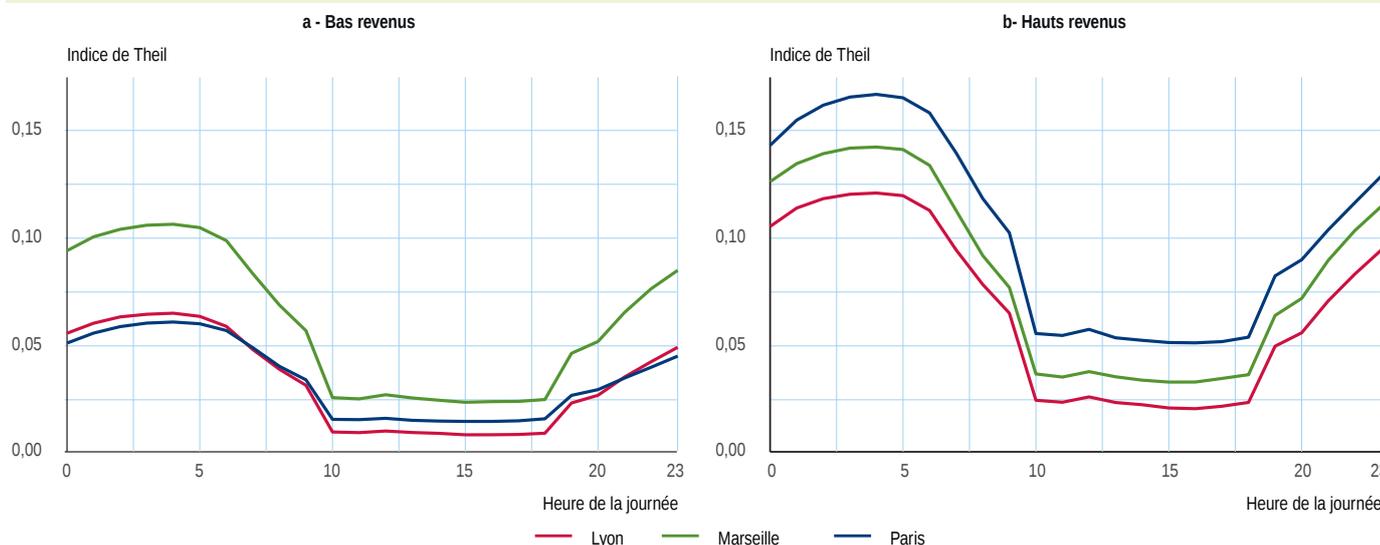
La ségrégation sociale reste plus marquée dans certains espaces parisiens

Dans l'ouest et le centre de l'agglomération parisienne, territoire dans lequel vivent davantage d'habitants à hauts revenus, deux types d'espaces se distinguent (figure 3). À l'ouest de Paris intra-muros et de la petite

couronne, la part des hauts revenus décroît de moitié pendant la journée. Les hauts revenus représentent 40 % des personnes présentes dans ces espaces pendant la nuit contre 20 % durant la journée. Ils restent toutefois surreprésentés puisqu'ils sont deux fois plus présents dans ces espaces que s'ils étaient uniformément répartis dans l'agglomération. À l'inverse, les bas revenus y restent sous-représentés pendant la journée. Pour les autres espaces de Paris intra-muros, ou dans la banlieue ouest plus lointaine, la diversité sociale est plus importante, la nuit comme le jour. Les parts des hauts et bas revenus y fluctuent ainsi beaucoup moins.

Dans le nord-est de l'agglomération, la majorité des bas revenus sont concentrés pendant la nuit et ils restent fortement présents pendant la journée. Leur surreprésentation s'atténue, mais cette variation est moins prononcée que celle des personnes à hauts revenus dans les espaces de l'ouest de la petite couronne.

2 Ségrégation spatiale selon l'heure de la journée



Lecture : mesurée par un indice de Theil, la ségrégation (l'absence de rencontres entre les personnes à hauts revenus ou à bas revenus et le reste de la population) diminue brusquement en matinée pour se stabiliser au cours de la journée, avant de remonter en fin d'après-midi jusqu'à atteindre un maximum dans la nuit.
Sources : Orange, CDR 2007 ; Filosofi, 2014 ; calculs Insee.

L'accessibilité de certains espaces dépend de l'offre de transport

La ségrégation est moindre dans la journée en raison des déplacements de la population. Cependant, certains facteurs limitent la circulation entre le centre et la périphérie de chaque agglomération.

Les morphologies de Paris et Lyon, d'une part, et de Marseille, d'autre part, diffèrent. Ceci a un effet sur les flux de population au sein de chaque ville. À Paris et Lyon, les mouvements d'un espace de banlieue à l'autre sont les plus contraints alors que la mobilité est plus facile vers le centre de ces deux agglomérations. Les personnes à bas revenus parcourent une plus grande distance que les hauts revenus lorsqu'elles se déplacent de la banlieue vers le centre de l'agglomération. Cela peut refléter la capacité des hauts revenus à s'installer dans des espaces périurbains proches des centres d'emploi.

L'inverse prévaut à Marseille, où les difficultés à se déplacer sont plus prononcées en centre-ville qu'en banlieue, en raison de la configuration urbaine spécifique de l'agglomération marseillaise. Le centre-ville y est en effet très étendu et la densité de transports en commun est moindre que dans les agglomérations parisiennes et lyonnaises. Qu'il s'agisse de Lyon et Paris (périphérie) ou de Marseille (centre), les populations à bas revenus résident dans les espaces où les facteurs limitant la mobilité sont plus forts. ■

Définitions

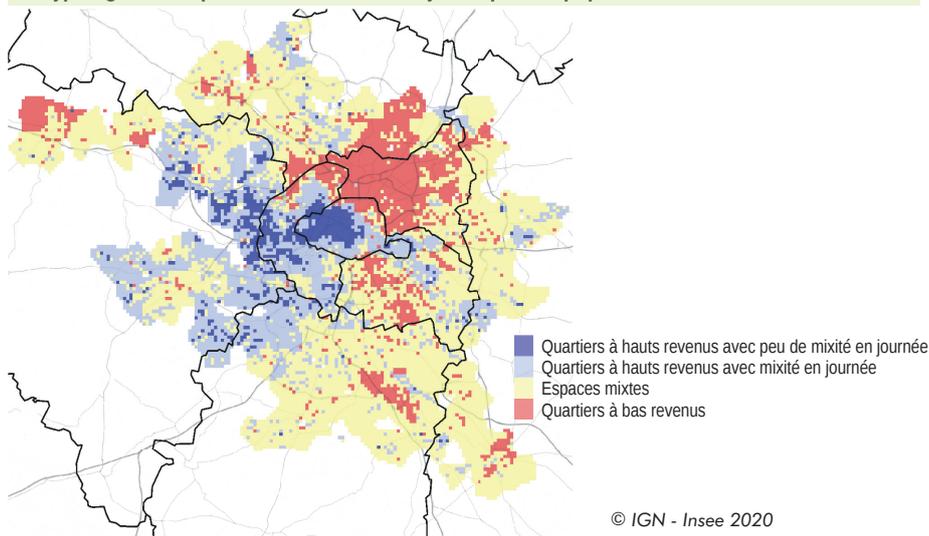
La **ségrégation spatiale** représente la séparation dans l'espace, à un moment donné, des hauts revenus ou des bas revenus, par rapport au reste de la population. Dans cette étude, les groupes de population sont en effet définis à partir du revenu. La **ségrégation résidentielle** représente une forme particulière de séparation dans l'espace, fondée sur la localisation résidentielle.

La notion d'**unité urbaine** repose sur la continuité du bâti et le nombre d'habitants. On appelle unité urbaine une commune ou un ensemble de communes présentant une zone de bâti continu (pas de coupure de plus de 200 mètres entre deux constructions) qui compte au moins 2 000 habitants.

Le **niveau de vie** est égal au revenu disponible du ménage (revenu net des impôts directs) divisé par le nombre d'unités de consommation (1 unité pour le premier adulte, 0,5 pour les autres personnes de 14 ans ou plus, et 0,3 pour les enfants de moins de 14 ans).

Les personnes dites à **bas revenus** font partie des 10 % d'individus ayant les niveaux de vie les plus bas dans la ville considérée. Sont qualifiés de **hauts revenus** les 10 % d'individus aux niveaux de vie les plus élevés dans la ville considérée. Choisir des seuils de

3 Typologie des espaces en fonction des dynamiques de population



Lecture : les espaces franciliens sont regroupés en quatre catégories en fonction de leur dynamique de population. Deux types de quartiers à hauts revenus se distinguent : ceux où la mixité est limitée pendant la journée (bleu foncé) et ceux avec davantage de mixité en journée (bleu clair). Les espaces où la concentration de bas revenus est importante, de jour comme de nuit, sont en rouge. Les espaces plus mixtes sont en jaune.

Source : Orange, CDR 2007 ; calculs Insee.

revenus propres à chaque ville, et non nationaux, permet de neutraliser les différences de niveau de vie moyen entre les villes et ainsi de mieux représenter le niveau de vie relatif d'un quartier.

Sources

Les principales données utilisées sont les **Comptes rendus d'appels (CDR)** de l'opérateur Orange. Ils fournissent une information horodatée et géolocalisée au niveau d'une antenne-relais pour 18,5 millions de porteurs de carte SIM Orange pendant le mois de septembre 2007. Ces données sont anonymisées et ne contiennent aucune information directe sur le nom de l'abonné, ni sur son adresse. Elles sont à disposition du laboratoire SENSE d'Orange Labs avec lequel l'Insee a une convention pour des projets de recherche. Elles ont été utilisées notamment par [Sakarovitch *et al.*, 2018]. Ces données permettent une étude fine des structures urbaines dans les villes où la densité d'antennes-relais était suffisante en 2007. Avec des données plus récentes, l'analyse pourrait être menée au-delà de trois villes et bénéficier d'une précision spatiale accrue afin de mieux caractériser les espaces d'activités.

Les données **Filosofi** 2014 sont utilisées pour caractériser les détenteurs de téléphone mobile à partir des proportions de bas revenus (premier dixième) et de hauts revenus (dernier dixième) constatées dans le quartier de résidence qui leur a été assigné. Ces données servent également à contrôler la cohérence des indicateurs de ségrégation obtenus à partir des données de téléphonie mobile. Seuls des agrégats carroyés à 500 mètres de côté sont combinés avec les données de téléphonie mobile.

Méthodes

Chaque unité urbaine est découpée en carreaux de 500 mètres de côté. Pour chaque carreau, les données de téléphonie mobile et Filosofi 2014 sont combinées. Les traces individuelles, enregistrées au niveau d'antennes-relais, sont transformées en probabilités de présence dans ces carreaux. Ce choix méthodologique se justifie par le fait qu'utiliser des probabilités de présence représente mieux l'incertitude sur la position exacte de l'utilisateur qui reste inconnue. En second lieu, il est nécessaire d'utiliser une maille spatiale cohérente entre données de téléphonie mobile et agrégats permettant de caractériser la population dans l'espace. Choisir une échelle spatiale définie à partir des antennes-relais rendrait l'analyse trop dépendante des densités locales d'antennes-relais qui sont très hétérogènes et introduisent des biais dans l'analyse statistique. Les seules informations présentes dans les données de téléphonie mobile sont les localisations des antennes-relais ayant servi à transmettre une communication mobile. En l'absence d'information sur les zones de couverture de chaque antenne, les appels et messages sont supposés relayés par l'antenne la plus proche de l'utilisateur. Aucune caractéristique individuelle, autre qu'un identifiant anonyme, n'est disponible. Un algorithme permet d'identifier le domicile à partir des localisations où un utilisateur est repéré le soir et la nuit, entre 19 heures et 9 heures du matin. Les localisations des événements téléphoniques ont plus de chances, sur cette période, de renseigner sur le domicile d'un individu. Détecter le domicile est une étape cruciale, car le lieu de vie d'un utilisateur permet de faire le lien avec les caractéristiques à imputer. En l'occurrence, une méthode de

simulation en deux étapes associe un utilisateur de téléphone mobile à une place dans la distribution de revenu. D'abord, un utilisateur est assigné à un quartier de résidence en utilisant sa nappe de présence nocturne sur l'ensemble du mois de septembre. Par exemple, à Paris, si un utilisateur est repéré vingt fois dans le mois autour de la Tour Eiffel et dix fois dans le quartier de la Défense, il aura 2 chances sur 3, lors de l'étape de simulation, d'être considéré comme vivant autour de la Tour Eiffel. Ensuite, il s'agit de caractériser les individus à partir de leur environnement résidentiel. Les proportions de hauts et bas revenus dans les données Filosofi 2014 sont utilisées pour simuler le groupe d'appartenance d'un individu en fonction de son carreau de résidence. Un utilisateur de téléphone mobile a ainsi plus de chances d'appartenir au dixième de revenu le plus présent autour de son domicile estimé. L'algorithme de détection de domicile ainsi que des tests de robustesse sont présentés dans [Galiana *et al.*, 2020].

Une fois les caractéristiques des utilisateurs de mobile imputées, une journée typique de 24 heures est reconstituée à partir de données sur l'ensemble du mois de septembre. Les proportions de hauts et bas revenus présents à l'instant t sont calculées pour chaque carreau. Elles mesurent la mixité d'un quartier, à un moment de la journée. Comme les groupes sont définis à partir de dixièmes de la distribution de revenu, une distribution uniforme dans l'espace devrait se traduire par la présence de 10 % du groupe d'intérêt dans chaque carreau. Plus un groupe est surreprésenté dans un quartier, plus la proportion observée diffèrera de cette valeur de référence.

Les indices de ségrégation fournissent une information synthétique pour quantifier l'intensité des inégalités spatiales au niveau de l'agglomération. L'indice utilisé est l'indice de Theil. Celui-ci compare l'entropie, soit la mesure de la diversité, d'un carreau, notée $h(p_i)$, à l'entropie globale, notée $h(p)$. Formellement, l'indice de Theil s'écrit

$$H = \sum_i \frac{N_i}{N} \frac{h(p) - h(p_i)}{h(p)}$$

, avec p la proportion du groupe de revenu dans la population (10 % lorsque ces groupes sont définis à partir de dixièmes de population) parmi les N personnes observées à une heure donnée et p_i cette proportion au niveau d'un carreau de 500 mètres parmi les N_i personnes qui y sont observées. L'entropie est calculée à partir de

la formule $h(p) = p \ln\left(\frac{1}{p}\right) + (1-p) \ln\left(\frac{1}{1-p}\right)$. L'indice de ségrégation sera d'autant plus faible (valeur proche de 0) que la répartition d'un groupe se rapproche d'une distribution uniforme. À l'inverse, plus l'indice est proche de 1, plus la ségrégation est élevée. La courbe représentée sur la *figure 2* correspond à la valeur médiane, heure par heure, de 50 itérations du calcul de l'indice. Plus de détails figurent dans [Galiana *et al.*, 2020].

L'analyse des facteurs déterminant la structure des flux urbains repose sur un modèle gravitaire. Ce modèle économétrique permet de mesurer l'effet de la distance entre deux lieux sur l'intensité des mouvements de population (marge intensive). Néanmoins, il est également nécessaire de tenir compte du fait que la distance affecte les chances d'observer des échanges entre deux espaces (marge extensive). En contrôlant des caractéristiques des espaces d'origine et de destination, cette modélisation

économétrique permet d'estimer l'effet de la distance sur les flux. Le modèle tient compte d'une possible hétérogénéité des coûts de transport entre centre et périphérie, d'une part, et entre niveaux de vie, d'autre part. Le modèle explique séparément l'existence de flux entre espaces (modèle de sélection, marge extensive) et l'intensité des flux entre espaces (modèle de comptage, marge intensive).

Pour en savoir plus

- Galiana L., Sakarovitch B., Sémécurbe F., Smoreda Z., " Residential segregation, daytime segregation and spatial frictions : an analysis from mobile phone data ", *Documents de travail* n° G2020/12, Insee, novembre 2020.
- Athey S., Ferguson B. A., Gentzkow M., Schmidt T., " Experienced segregation ", *NBER working paper* 27572, July 2020.
- Davis D. R., Dingel J. I., Monras J., Morales E., " How segregated is urban consumption ? ", *Journal of Political Economy*, 127(4), pp. 1684-1738, August 2019.
- Sakarovitch B., Bellefon M.P. (de), Givord P., Vanhoof M., " Estimating the Residential Population from Mobile Phone Data, an Initial Exploration ", *Économie et Statistique*, n°505-506 - 2018, avril 2019.
- Floch J.-M., « Niveau de vie et ségrégation dans douze métropoles françaises », *Économie et Statistique*, n° 497-498 - 2017, février 2018.
- Le Roux G., Vallée J., Commenges H., " Social segregation around the clock in the Paris region (France) ", *Journal of Transport Geography*, 59, pp. 134-145, February 2017.

Direction Générale :
88 avenue Verdier
92541 Montrouge Cedex
Directeur de la publication :
Jean-Luc Tavernier
Rédactrices en chef :
A. Goin, S. Pujol
Rédacteurs :
P. Glénat, C. Lesdos-Cauhapé
C. Tchobanian
Maquette : RPV
Code Sage : IA59
ISSN 2416-7851
© Insee 2020

- *Insee Analyses* figure dès sa parution sur le site internet de l'Insee : <https://www.insee.fr/fr/statistiques?debut=0&collection=6>
- Pour recevoir par courriel les avis de parution : <https://www.insee.fr/fr/information/1405555>

