

# La densité répartie

## Un instrument de mesure des inégalités géographiques d'accès aux soins

Andrée Mizrahi<sup>1</sup>, Arié Mizrahi<sup>2</sup>

ARgSES<sup>3</sup>

### RÉSUMÉ

La notion de densité hospitalière, variable macro-économique présente trois inconvénients : uniformité pour un ensemble de communes qu'elles soient bien ou mal desservies, discontinuités aux frontières, non prise en compte de la taille des hôpitaux. De même, la notion de distance à l'hôpital le plus proche présente deux inconvénients : non prise en compte de la taille des hôpitaux ni de la disponibilité de leurs lits.

Pour lever ces objections, on réunit ces deux notions par une extension de la notion de densité intégrant la distance, ce qui lui donne un caractère micro-économique et continu : on crée une nouvelle variable, la **densité répartie**, nombre de lits pour 1000 habitants, en affectant virtuellement à chaque commune C un nombre de lits proportionnel à son nombre d'habitants et à l'attraction qu'exercent sur elle les différents hôpitaux. On montre que la densité répartie est une densité et qu'elle prend en compte les notions de taille des hôpitaux et de distance à ces hôpitaux.

On présente un exemple d'application (800 000 habitants, 480 communes, zone de 85 sur 100 Km., 5 hôpitaux, 8 000 lits, attractions semi-logarithmiques). On calcule la densité répartie pour chaque commune et sa dispersion sur la zone ; on mesure l'effet sur cette dispersion de la fermeture de 250 lits dans chacun des 5 hôpitaux. L'égalité géographique est mesurée par la variance de la densité répartie.

### PRÉSENTATION DU PROBLÈME

Les études géographiques d'accessibilité aux équipements et aux personnels médicaux font appel à deux notions complémentaires : la densité et la distance<sup>4</sup>. A partir de ces deux notions nous proposons un indicateur unique de mesure de l'accessibilité.

Cet indicateur est présenté à partir de la densité de lits hospitaliers et de la distance aux hôpitaux d'une région ou de l'ensemble du pays, mais il pourrait tout aussi bien être utilisé pour des lits plus spécifiques (maternité, néonatalogie, cardiologie, etc.), pour d'autres catégories d'équipements (scanners, IRM, etc.), voire pour des cabinets de médecins généralistes, de dentistes, etc.

Pour calculer la **densité** en lits hospitaliers d'une zone donnée Z, nombre de lits disponibles pour 1 000 habitants de la zone, on agrège tous les lits situés dans la zone et tous les habitants de cette zone : cette zone doit contenir simultanément l'ensemble des lits et toute la population qu'ils desservent. En toute rigueur, réunir toute la population effectivement desservie est naturellement impossible du fait du « commerce extérieur » de cette zone, résidents hospitalisés hors de la zone (importation de soins) et réciproquement, non résidents hospitalisés dans la zone (exportation de soins) ; c'est pourquoi chaque zone doit être assez grande pour que ce phénomène soit négligeable<sup>5</sup>.

---

1 Directeur de recherche honoraire à l'IRDES, ancien directeur adjoint du CREDOC

2 Directeur de recherche honoraire au CNRS, ancien directeur du CREDES

3 Arguments socio-économiques pour la santé, 34 Avenue de la République, 92 340 Bourg-la-Reine, [mizrahi@cnam.fr](mailto:mizrahi@cnam.fr) – <http://argses.free.fr/>

4 Les auteurs remercient Jean-Marc Macé et à François Tonnellier pour leur aide efficace et leurs commentaires enrichissants, Guy Bouju pour sa relecture attentive et Aurel Carbunar pour son aide informatique.

La densité est une variable de nature macro-économique. Cette variable, stable dans une zone et discontinue entre zones, présente trois inconvénients :

- I1- la densité est la même pour les personnes appartenant à la même zone de calcul de la densité, qu'elles résident en face ou loin de l'hôpital ; si les zones sont trop grandes, les disparités d'accès à l'hôpital pour une même densité deviennent importantes ; si elles sont trop petites, la notion de densité s'évanouit,
- I2- les personnes ayant des résidences proches et appartenant à deux zones contiguës peuvent être affectées de densités très différentes alors même qu'entre elles, les disparités d'accès à l'hôpital sont faibles du fait de leur proximité géographique,
- I3- la taille des hôpitaux n'est pas prise en compte ; pourtant il n'est pas indifférent qu'une population soit desservie par un hôpital de 1 000 lits ou par 10 hôpitaux de 100 lits.

La **distance** est celle que doivent parcourir les habitants pour atteindre l'hôpital le plus proche<sup>6</sup>. Alors que la densité est une variable macro-économique n'ayant de sens qu'au niveau de grands groupes de population, dont les résidences sont contiguës, la distance est une variable micro-économique qui n'a de sens qu'au niveau individuel, et dont on peut étudier les différents paramètres (moyennes, variances, etc.). Comme on ne dispose généralement pas de l'adresse de chaque habitant, la distance est calculée pour l'ensemble des habitants d'une zone relativement petite, communes ou quartiers. Cette variable présente deux inconvénients :

- I3- la notion de distance ne prend pas en compte la disponibilité des lits hospitaliers ; pourtant demeurer à la même distance d'un hôpital ayant en permanence des lits disponibles ou d'un établissement dont la capacité d'accueil est complètement saturée ne procure pas le même service,
- I4- les personnes demeurant à la même distance des différents hôpitaux sont considérées comme bénéficiant d'un égal accès à l'hôpital, alors que les hôpitaux peuvent être de nature ou de qualité variables ; pourtant, il vaut mieux demeurer à 10 Km. d'un centre hospitalier universitaire de 2000 lits que d'un hôpital rural de 40 lits.

Si la notion de densité est utile pour affecter des moyens à de grandes zones, elle n'aide pas vraiment à répartir ces moyens au niveau des petites villes (par exemple, si on désire créer ou fermer des lits, installer ou agrandir un équipement d'imagerie, etc.). Quant à la notion de distance elle ne fait pas référence à l'importance globale de l'équipement en relation avec la population (densité). Dans les deux cas, les inégalités d'accès aux équipements sont mal prises en compte.

On cherche ici à réunir ces deux notions en créant une extension de la notion de densité, intégrant la distance, lui donnant une dimension micro-économique et continue, et tenant ainsi compte simultanément :

- de la taille des hôpitaux de la zone,
- du nombre de personnes desservies (population de la zone),
- et des distances entre communes de résidence de la population et communes d'implantation des hôpitaux.

L'objet d'un tel indicateur est d'évaluer l'égalité d'accès aux équipements et d'utiliser, pour affecter les moyens aux « petites » zones (quartiers, communes) des méthodes similaires à celles utilisées

---

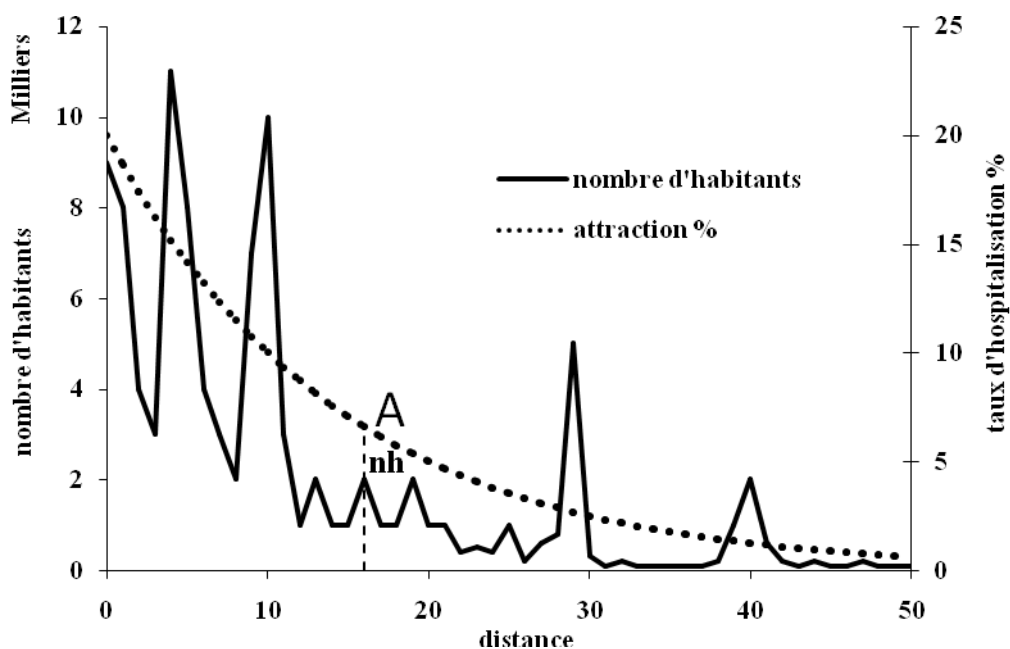
<sup>5</sup> En ce sens, on peut se demander si la notion de densité a un sens pour la région parisienne, dont la vocation est d'ordre national, voire international, et pour laquelle l'erreur aux frontières n'est pas négligeable.

<sup>6</sup> on distingue la **distance d'implantation**, distance moyenne que doivent parcourir les résidents de Z pour atteindre chacun l'hôpital le plus proche de son domicile, la **distance de clientèle**, restreinte aux seules personnes hospitalisées (par exemple dans l'année) pour atteindre l'hôpital le plus proche, la **distance parcourue**, distance moyenne effectivement parcourue par les patients, sachant qu'ils ne choisissent pas toujours l'hôpital le plus proche.

pour répartir les moyens nationaux entre les grandes régions. Pour cela, on part de deux constats relatifs à la densité et à la distance :

- les équipements installés dans une ville sont affectés à une population dépassant le cadre de cette ville, leur clientèle est répartie sur l'ensemble de leur zone d'attraction, c'est le sens même de la notion de densité ; ainsi, un hôpital régional reçoit des patients de toute sa région et parfois même des régions voisines, et seule une petite partie des patients qu'il reçoit provient de sa ville d'implantation ; on peut donc envisager de répartir (tout au moins virtuellement) ces équipements (par exemple les lits) sur l'ensemble de leurs clientèles potentielles,
- l'attraction de ces équipements présente une allure décroissante avec la distance, ainsi, deux communes également distantes d'un hôpital, et ayant par ailleurs un même environnement hospitalier, ont en moyenne la même proportion de personnes hospitalisées dans cet hôpital ; si l'une est plus proche de l'hôpital que l'autre, elle a en moyenne une plus grande proportion d'hospitalisés dans cet hôpital.

**Schéma 1 : Cas d'un seul hôpital, nombre d'habitants et attraction selon la distance**



Le schéma 1 présente la population et le taux d'hospitalisés en fonction de la distance entre l'hôpital et les communes de la zone :

- en traits pleins, échelle de gauche, la courbe visualisant les effectifs de population desservie par H selon la distance, en affectant à chaque habitant la distance de sa commune de résidence ; cette courbe, un peu chaotique et globalement décroissante, présente des maxima locaux aux distances où sont situées les villes de la zone d'attraction de H (par exemple, à 16 Km. de H, le bourg *nh* de 2 000 habitants). Le profil du nombre d'habitants selon la distance par rapport à H dépend de la géographie (type d'habitat),
- en pointillés, échelle de droite, l'attraction de cet hôpital dans sa zone, décroissante et de forme semi-logarithmique (l'attraction de H sur le bourg *nh* est *A*, ici 6,6 %).

*On exprime l'attraction d'un hôpital H sur une commune C en **taux d'hospitalisés** (nombre de personnes de C hospitalisées dans H pour 100 habitants en un an), en **taux d'hospitalisation***

(nombre d'hospitalisations dans H pour 100 habitants et par an) ou en nombre de **jours d'hospitalisation** pour 100 habitants et par an ; les profils de ces trois paramètres selon la distance sont en principe assez proches.

Le **taux de fréquentation hospitalière** des résidents d'une commune C, est la somme des taux d'hospitalisation des habitants de C dans les différents hôpitaux.

## LA DENSITÉ RÉPARTIE

### Cas d'un seul hôpital H

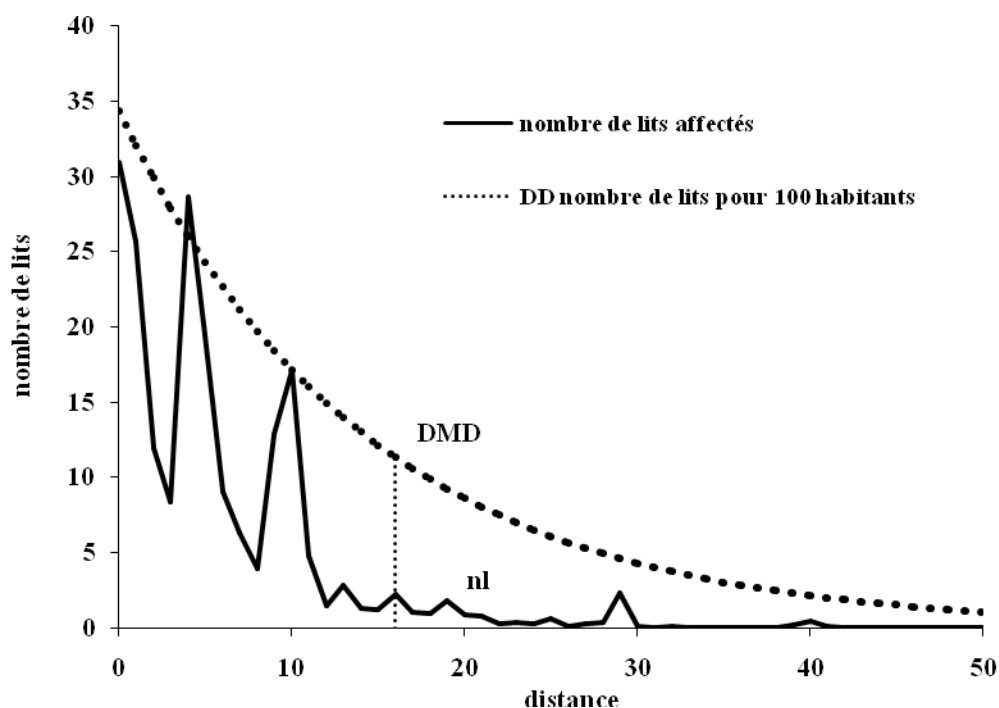
La notion de densité sous entend implicitement que les lits de H sont uniformément affectés aux habitants de sa zone ; mais nous savons qu'il n'en est rien (Cf. schéma 1) et que plus les habitants en sont éloignés, moins ils y sont hospitalisés.

**Définition :** On affecte virtuellement à chaque commune C de la zone d'attraction de H un nombre de lits proportionnel à son nombre d'habitants et à l'attraction de H, de manière que la somme des lits affectés égale le nombre de lits de H. La densité répartie est le rapport du nombre de lits ainsi affectés à C au nombre d'habitants de C.

Comme la densité, la densité répartie est une variable exprimée en nombre de lits pour 1000 habitants.

Avec la densité répartie, on affecte les lits aux communes, non plus seulement selon le nombre de leurs habitants comme dans le cas de la densité habituelle, mais en pondérant ce nombre selon une courbe décroissante avec la distance, proportionnelle à la courbe d'attraction (Cf. schéma 2).

**Schéma 2 : Cas d'un seul hôpital, densité répartie et nombre de lits virtuellement affectés selon le nombre d'habitants et la distance**



Sur l'ensemble des hospitalisations<sup>7</sup> produites par H, certaines sont destinées aux habitants de sa ville d'implantation, les autres à ceux du reste de la zone d'attraction : pour chaque commune C, on peut donc affecter virtuellement des lits de H proportionnellement à sa population et à la valeur de la courbe d'attraction pour la distance de H à C.

Si nous notons

$LL_c$  = nombre de lits (virtuellement) affectés à la commune C dans le cas de la densité répartie,  
 $L_c$  = nombre de lits (virtuellement) affectés à la commune C dans le cas de la notion habituelle de densité,  
 $\alpha$  et  $\beta$  = paramètres d'ajustement,  
 $L_h$  = nombre de lits de H,  
 $p_c$  = population de C,  
 $P$  = population de la zone,  
 $a_c$  = niveau de la courbe d'attraction (Cf. 1) correspondant à la distance de C à H,

on peut écrire :

$$(1) \quad LL_c = \alpha * p_c * a_c \quad \text{avec} \quad \sum LL_c = L_h$$

Le nombre de lits (virtuellement) affectés à la commune C est proportionnel à la population de C et au niveau de la courbe d'attraction correspondant à la distance de C à H ;  $\alpha$  est un paramètre d'ajustement tel que la somme des lits (virtuellement) attribués à la commune C égale le nombre de lits de H.

La densité répartie est le nombre de lits affectés à C pour 1000 habitants de C :

$$(2) \quad DD_c = 1000 * LL_c / p_c$$

### Densité répartie et densité

La densité au sens habituel sous-entend de manière implicite également une affectation des lits de H à chaque commune de la zone de calcul ; ces lits sont affectés de manière uniforme, tenant compte de la population de C, mais non de la distance ni d'aucune autre spécificité de C ; le nombre de lits affectés à C s'écrit :

$$(3) \quad L_c = \beta * p_c \quad \text{avec} \quad \sum L_c = L_h$$

La densité est le nombre de lits affectés à 1000 habitants de la zone de H comme de chaque commune C :

$$(4) \quad D = 1000 * L_h / P = 1000 * L_c / p_c$$

Le nombre de lits (virtuellement) affectés à la commune C est proportionnel à la population de C ; la formule (3) est identique à la formule (1), si l'on remplace  $a_c$  par l'unité (implicite). La contrainte sur la somme des lits restant la même, le paramètre  $\beta$ , paramètre d'ajustement tel que la somme des lits de H (virtuellement) attribués aux différentes communes C égale le nombre de lits de H, n'est autre que la densité.

Si nous remplaçons, dans la formule (2)  $LL_c$  par son expression dans la formule (1),

$$(3) \quad DD_c = (\alpha * p_c * a_c) / p_c = \alpha * a_c$$

En chaque point du territoire, la densité répartie est proportionnelle à l'attraction de H.

<sup>7</sup> ou des jours

Notons de plus que la moyenne des densités réparties d'une zone fermée, est égale à la densité moyenne de la zone. En effet, la densité répartie ne modifie pas le nombre total de lits, elle consiste seulement à les réaffecter virtuellement aux différentes communes de la zone.

\*\*\*

Nous avons ainsi déterminé une nouvelle variable, la densité répartie, ne souffrant pas des inconvénients de la densité, puisque les personnes ayant une résidence éloignée de l'hôpital sont affectées d'une densité répartie inférieure à celle des personnes habitant en face de l'hôpital, et que les personnes ayant des résidences proches sont affectées de densités réparties proches ; la densité répartie ne souffre pas non plus des inconvénients de la distance puisque la taille des établissements et la disponibilité des lits sont bien prises en compte et que des personnes résidant à la même distance d'hôpitaux de taille différente n'ont pas la même densité répartie.

### *Cas de plusieurs hôpitaux*

La plupart des communes sont situées dans les zones d'attraction de plusieurs établissements ; en première approximation, on peut calculer pour chacune d'elles une densité répartie créée par chaque hôpital H, appelée densité H-répartie ( $D_H R_C$ ) ; pour la commune C, la densité répartie est la somme des densités H-réparties estimées pour les différents établissements H exerçant une attraction sur C :

$$\begin{aligned} \text{densité répartie} &= \sum_H \text{densité H-répartie,} \\ \text{soit} \quad DD_C &= \sum_H D_H R_C \end{aligned}$$

## UN EXEMPLE D'APPLICATION

### *Présentation d'un schéma simplifié*

Soit une population de 800 000 habitants répartie de manière aléatoire dans 480 communes situées dans une zone de 85 sur 100 Km. (Cf. annexe). 8 000 lits sont répartis dans 5 hôpitaux, soit une densité de 10 lits pour 1 000 habitants dans la zone.

Nous nous sommes placés dans une situation simple, excluant des hospitalisations hors de la zone Z de personnes résidant dans Z ainsi que des hospitalisations dans un hôpital de Z de personnes résidant hors de Z.

Dans cet exemple, les communes sont de taille variable, la plus petite compte 118 habitants, la plus importante 59 241 habitants, soit 7,4 % de l'ensemble ; cette dernière est au centre d'une agglomération qui comprend 9,3 % des 800 000 habitants de la zone dans un rayon de 10 Km. et 15 % dans un rayon de 15 Km. On a enfin des sous-zones de densités de populations différentes s'étageant de 2,4 à 125,1 habitants au Km.

Les hôpitaux sont de taille variable, depuis 250 lits, dans une région périphérique, jusqu'à 4 000 lits dans la ville principale. Ces hôpitaux sont affectés de champs d'attraction de forme semi-logarithmique dont les paramètres dépendent de leur taille.

A partir de ces données, nous calculons des densités réparties pour chaque commune : chaque commune reçoit (virtuellement) des lits de chacun des 5 hôpitaux ; la somme de ces lits, rapportée à sa population est la densité répartie de cette commune. Avec cette configuration, la densité répartie, élevée autour des grands hôpitaux diminue progressivement lorsqu'on s'en éloigne ; elle s'élève légèrement à nouveau dans les communes d'implantation des petits hôpitaux pour diminuer à nouveau ensuite. La densité répartie varie de 0,83 lits dans les communes les plus éloignées à 32,01

lits dans la ville la plus importante, soit un écart de 1 à 38. Les communes de densités réparties proches forment des nuages autour de courbes fermées enveloppant les hôpitaux les plus importants (Cf. annexe). Calculée sur les 480 communes, la variance de la densité répartie est de 58,40 ; avec une moyenne de 10 par construction, le coefficient de variation est de 0,76.

On désire fermer le plus petit hôpital (de 250 lits) et on se demande de combien l'accessibilité hospitalière sera améliorée ou dégradée. L'accessibilité hospitalière est mesurée, avant et après cette fermeture, par la variance de la densité répartie ; une variance faible signifie qu'en tout point, la densité répartie est proche de la moyenne, alors qu'une variance élevée indique de grandes disparités entre les communes.

Après la fermeture de l'hôpital de 250 lits, il reste 3750 lits pour les 800 000 habitants de la zone, soit une densité de 9,68. La variance augmente très légèrement, passant de 58,40 à 58,45.

Plutôt que la fermeture de l'hôpital de 250 lits, nous avons envisagé une fermeture de 250 lits dans chacun des 4 autres hôpitaux. Le tableau 1 présente les différentes options de fermeture des 250 lits (dans le cas où on les ferme tous dans un même hôpital) et les variances des densités réparties.

**Tableau 1 : Variance de la densité répartie selon la taille des hôpitaux dont on ferme les lits**

Hôpitaux dont on ferme les lits	Variance
situation de départ	58,40
250	58,45
750	58,67
1000	57,12
2000	56,89
4000	52,46

Quand on ferme les lits dans les deux plus petits hôpitaux, la variance est quasiment stable (58,45 et 58,67) ; en revanche, dans les 3 plus grands hôpitaux, la variance diminue avec la taille des hôpitaux (57,12, 56,89 et 52,46). Ces résultats dépendent de la configuration retenue, avec un hôpital dans la ville principale, contenant à lui seul la moitié des lits de la zone, et avec néanmoins une pente logarithmique forte.

La présentation détaillée est décrite dans l'annexe, consultable sur [http://argses.free.fr/textes/46\\_Densité répartie, un instrument de mesure des inégalités géographiques d'accès aux soins.pdf](http://argses.free.fr/textes/46_Densité_repartie_un_instrument_de_mesure_des_inegalites_geographiques_d'accès_aux_soins.pdf)

## CONCLUSION

Dans un article précédent [1], nous avons montré que l'attraction d'un établissement peut être perturbée par la présence d'un autre établissement ; dans le cas de deux hôpitaux, la réunion des cercles d'égale attraction est remplacée par une ovale de Descartes, dans le cas de plusieurs établissements, les courbes d'égale attraction prennent des formes qui tiennent compte simultanément des différentes attractions et des perturbations. Nous écrivions alors, en 1963, « ... Ce modèle peut être appliqué au cas de 3 hôpitaux perturbateurs ou plus, mais des moyens de calculs très importants seront alors nécessaires ... » ; on peut penser que les « moyens de calculs très importants » de l'époque sont aujourd'hui accessibles, et utiliser un modèle complet d'attraction faisant intervenir pour chaque commune l'ensemble des établissements exerçant sur elle une attraction significative.

De même qu'ils le seraient sur des observations réelles, les résultats présentés sont dépendants de la répartition de la population et de l'implantation des hôpitaux.

Dans notre exemple, nous avons utilisé la distance à vol d'oiseau. Sur données réelles, peut-être vaudrait-il mieux utiliser la distance à parcourir, par exemple par la route, en particulier dans le cas où existe un obstacle (cours d'eau, montagne) entre l'hôpital et la commune. On peut affiner cette notion de facilité d'accès en créant un indice spécifique intégrant les différents modes de transport (transports publics, routes).

Il peut ne pas être anormal qu'une zone soit déficitaire en lits. Ce serait le cas d'une zone peu peuplée, ayant des villes importantes bien dotées en établissements hospitaliers de grande taille, proches de sa frontière ; il peut se produire que les habitants soient mieux servis par ces grands établissements, s'ils ne sont pas trop éloignés, que par de petits établissements situés à l'intérieur de la zone (cas de zones rurales). Dans le cas des zones urbanisées, le déficit en lits d'une zone peut, en sens inverse, exprimer une politique de « déportation » de certaines catégories de population (cas des malades mentaux en Ile de France).

Par ailleurs, l'accessibilité n'est pas le seul critère de décision de créer ou de fermer des lits hospitaliers ; s'y ajoutent des critères de qualité des soins, de productivité hospitalière et des considérations politiques et/ou sociales.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] Mizrahi An, Mizrahi Ar, Rösch G., *Les champs d'action des équipements hospitaliers*, Consommation N°3/1963
- [2] Faure H., Legrain C., Tonnellier F., *La distance d'accès au médecin : existe-t-il des déserts médicaux ?* Intervention au VIèmes journées de l'association d'Economie Sociale, Lille. "*Solidarité Santé Etudes Statistiques*", 1987, n° 1, pp. 35-47.
- [3] Mizrahi An, Mizrahi Ar, *Distances et consommations médicales*. C.R.E.D.E.S., 1989, 57 pages.
- [4] Com-Ruelle L., Faure H., Tonnellier F., *L'attraction de l'Assistance Publique - Hôpitaux de Paris : L'hospitalisation de court séjour - Evolution 1981-1987*. C.R.E.D.E.S., 1989/12, 192 pages.
- [5] Mizrahi An, Mizrahi Ar, *Les champs d'action des équipements médicaux : distances et consommations médicales*. "*Espace Populations Sociétés*", 1992, n° 3, pp. 333-343.
- [6] Lucas V., Tonnellier F., *Distance d'accès aux soins en 1990*. C.R.E.D.E.S., 1995/12, 72 pages.

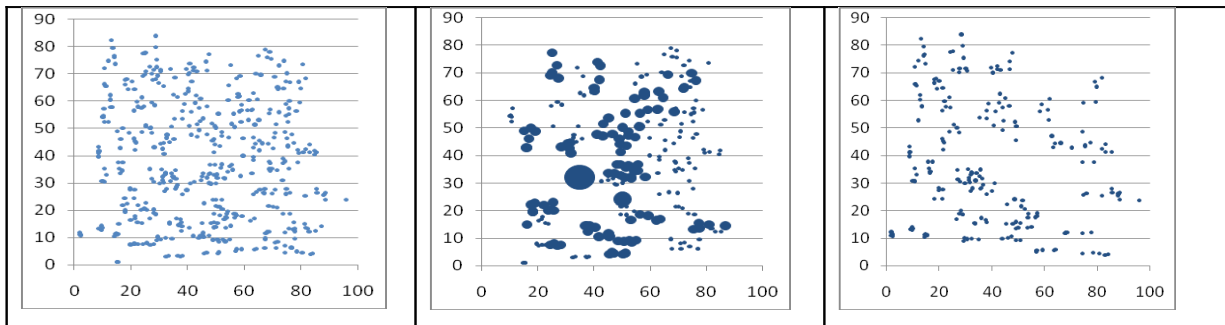
## Annexe

Nous avons créé une population de 800 000 habitants répartis dans 480 communes situées dans une zone Z de 85 sur 100 Km.

## DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE DE LA POPULATION

**Graphique 2 : Distribution géographique de la population**

<b>1- Toutes les communes</b>	<b>2- Les communes de plus de 1000 habitants</b>	<b>3- Les communes de moins de 1000 habitants</b>
-------------------------------	--	---



Les communes sont dispersées de manière aléatoire sur tout le territoire de Z avec une légère concentration dans le quart inférieur droit. A l'inverse, le quart supérieur droit contient des espaces sans habitant. L'ensemble des communes figure sur le graphique 2.1.

Les communes sont de taille variable. Elles comprennent (Cf. gr. 2.2 et 2.3) :

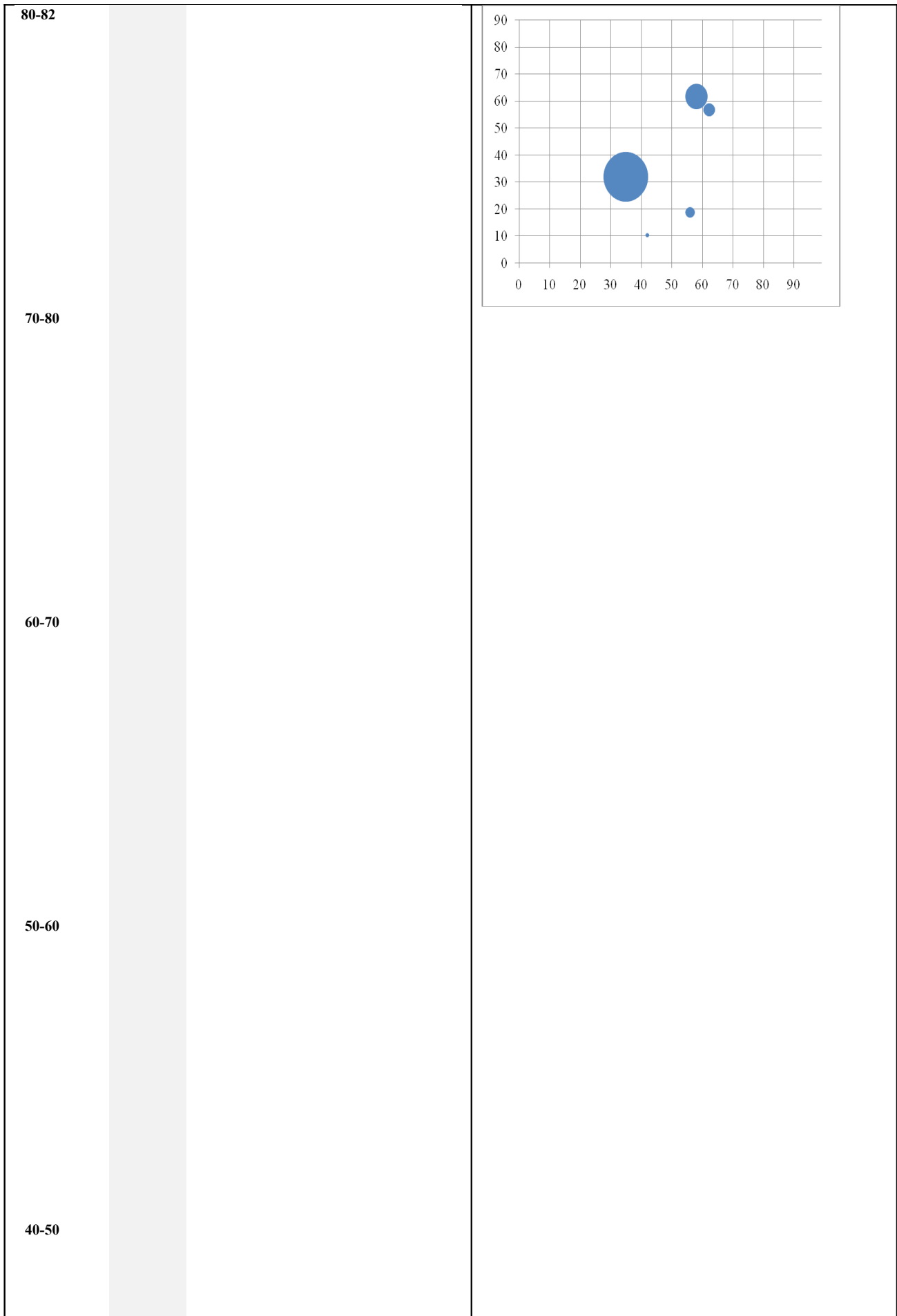
- deux villes principales de 59241 et 26063 habitants,
  - 16 villes entre 8000 et 9999 habitants,
  - 31 villes entre 3000 et 4999 habitants,
  - 211 villes entre 1000 et 2999 habitants,
  - 220 communes de moins de 1000 habitants,
- soit au total 480 communes et 800000 habitants.

Une telle répartition entraîne des densités différentes selon les sous-zones. Si on crée des sous-zones carrées de 10 Km., les densités de ces carrés se répartissent depuis 2,36 jusqu'à 125,1 au Km<sup>2</sup> ; si on regroupe ces carrés en 5 catégories de même nombre d'habitants, on obtient (Cf. gr 3.1.) :

- deux sous-zones de « très forte » densité dans quart Sud-est et Sud-centre,
- quatre sous-zones de « forte » densité du Sud au Nord dans le centre,
- dix de densité moyenne, la plupart proches des deux précédentes,
- quinze sous-zones de basse densité et seize de très basse densité, plutôt dans la périphérie.

**Graphique 3 : Densités des carrés de 10 x 10 Km. et position des hôpitaux**

Densités des carrés de 10 x 10 Km.	Les hôpitaux situés dans la zone
------------------------------------	----------------------------------

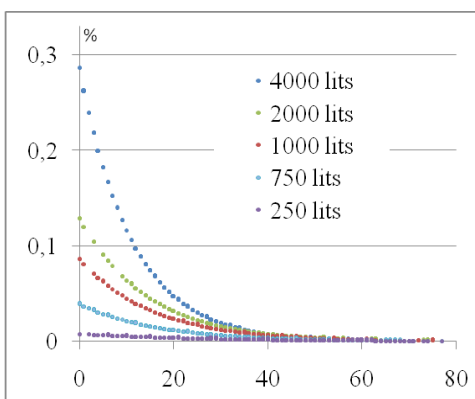


## LES HOPITAUX

Dans cette zone Z, 5 hôpitaux contiennent globalement 8 000 lits, soit une densité sur l'ensemble de Z de 10 lits pour 1 000 habitants. Nous nous sommes limités à une situation simple, dans laquelle on ne prévoit pas de personnes de Z, hospitalisées hors de Z, ni de personnes hors de Z, hospitalisées dans un hôpital de Z (Cf. gr 3.2.).

- un hôpital de 4000 lits et un hôpital de 250 lits situés dans les deux sous-zone de très forte densité,
- un hôpital de 2000 lits situé dans l'une des sous-zones de forte densité, au Nord-est,
- un hôpital de 1000 lits situés dans l'une des sous-zones de densité moyenne, au Nord-est,
- un hôpital de 750 lits situé dans l'une des sous-zones de forte densité.

A ces hôpitaux, nous avons attribué des champs d'attraction de forme semi-logarithmique (Cf. gr 4)



**Graphique 4 : Les champs d'attraction des hôpitaux**

$$A = \text{Exp}(-p * d + \text{Cte})$$

A = attraction,  
d = distance,  
p = pente,  
Cte = constante,

Les pentes des cinq hôpitaux sont respectivement :

0,09 ; 0,07 ; 0,065 ; 0,06 ; 0,04

les constantes sont : -1,25 ; -2,05 ; -2,45 ; -3,25 ; -4,85.

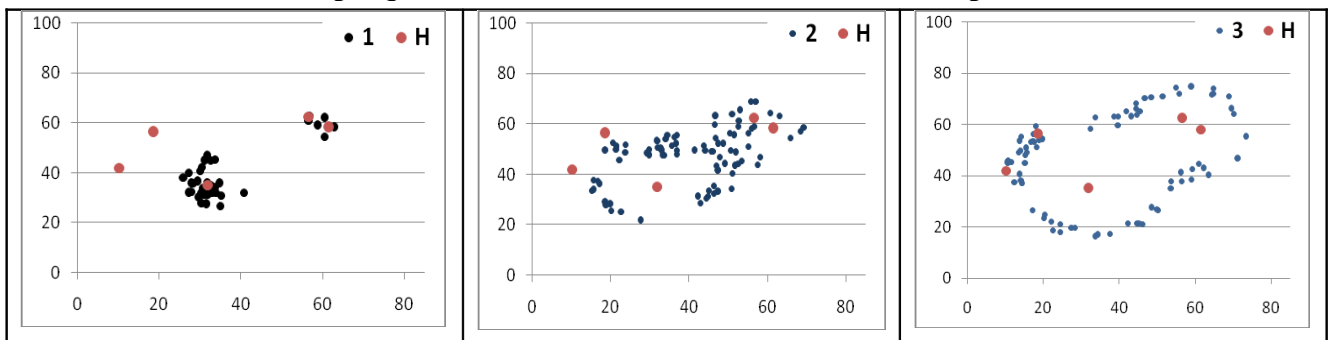
## LA DENSITÉ RÉPARTIE

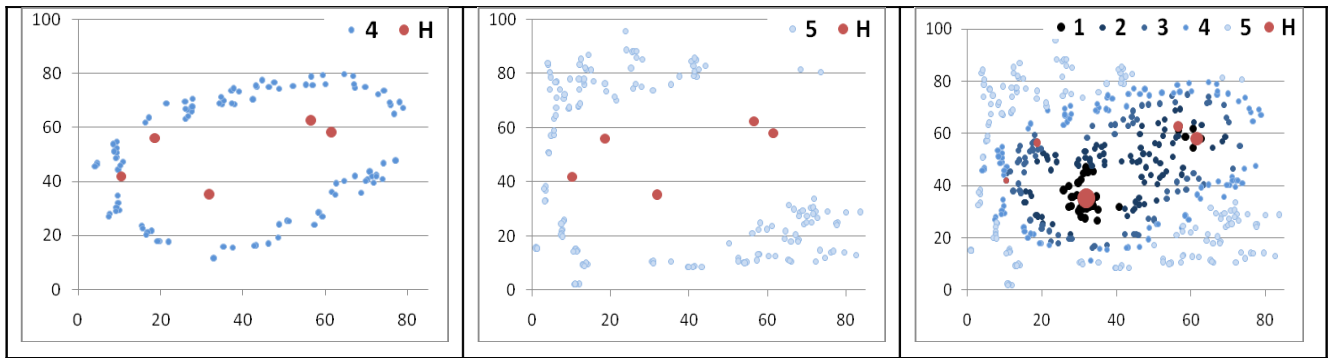
Nous pouvons calculer, pour chaque hôpital, l'affectation (virtuelle) de ses lits dans les communes environnantes. Chaque commune reçoit (virtuellement) des lits de chacun des 5 hôpitaux ; la somme de ces lits, rapportée à sa population est la densité répartie de cette commune.

Dans l'exemple que nous avons créé, la densité répartie varie de 0,83 à 32,01, soit un écart de 1 à 38.

La distribution de la densité répartie est discontinue, en particulier au niveau de la ville la plus peuplée, pour laquelle la densité répartie est particulièrement élevée. Le mode est à 5,36 alors que la moyenne est 10 (par construction). La variance est de 58,40 et l'écart-type, 7,64.

**Graphique 5 : Les 5 classes de niveau de densité répartie**





On ventile les communes en classes de niveaux de densité répartie, de populations comparables (quintiles) ; le graphique 4 présente l'implantation des communes de ces 5 classes de densité répartie et l'ensemble : les communes de plus forte densité répartie sont les villes où sont situés les grands hôpitaux et les communes les plus proches ; les communes de densité répartie de moins en moins élevée se regroupent autour courbes fermées enveloppant ces hôpitaux (Cf. graphique 5).

Si on désire fermer le plus petit hôpital (de 250 lits), on peut se demander si une telle décision est la plus adéquate du point de vue de l'égalité hospitalière.

Plutôt que la fermeture de l'hôpital de 250 lits, nous avons calculé les conséquences d'une fermeture de 250 lits dans chacun des 4 autres hôpitaux. Il reste 3750 lits pour Z, soit une densité de 9,68. Le tableau 1 présente les différentes options de fermeture des 250 lits (dans le cas où on les ferme tous dans un même hôpital) et les variances des densités réparties. Le tableau 2 détaille les différentes options de fermeture des 250 lits et les variances des densités réparties (dans le cas où tous les lits sont fermés dans le même hôpital).

**Tableau 2 : Fermeture de 250 lits dans les différents hôpitaux**

Tailles des hôpitaux avant et après fermeture de 250 lits					Variance
4000 (situation de départ)	2000	1000	750	250	58,40
4000	2000	1000	750	<b>0</b>	58,45
4000	2000	1000	<b>500</b>	250	58,67
4000	2000	<b>750</b>	750	250	57,12
4000	<b>1750</b>	1000	750	250	56,89
<b>3750</b>	2000	1000	750	250	52,46

La variance de la densité répartie varie de 52,46 si les lits sont fermés dans l'hôpital le plus grand à 58,67 s'ils le sont dans l'un des deux hôpitaux les plus petits (soit de 1 à 1,12).

Ces résultats dépendent de la répartition de la population et des hôpitaux sur le territoire ainsi que des paramètres des champs d'attraction des différents hôpitaux.