

Quelles méthodes pour estimer la taille d'une population difficile à enquêter ?

Rolland-Guillard Louise, Charrance Géraldine, Morand Elisabeth

Rolland-Guillard Louise, Charrance Géraldine, Morand Elisabeth, 2020, *Quelles méthodes pour estimer la taille d'une population difficile à enquêter ?*, Paris, Ined, Document de travail, 255



Quelles méthodes pour estimer la taille d'une population difficile à enquêter ?

Rolland-Guillard Louise

Charrance Géraldine

Morand Elisabeth

Remerciements pour leurs conseils et leur relecture :

Elise de la Rochebrochard (Ined)

Virginie Rozée (Ined)

Sophie Le Cœur (Ined)

Merci également à :

Tous les membres du service des enquêtes et sondages de l'Ined

Tous les répondants de notre enquête exploratoire Cap-AMP (2018)

Tous les chercheurs et responsables d'enquêtes ayant partagé avec nous leur expérience

Table des matières

Introduction	3
Le sondage dirigé par le répondant : une méthode très prisée mais risquée sur le plan statistique	5
L'échantillonnage espace-temps : une méthode adaptée aux populations fréquentant des lieux qui leur sont spécifiques	9
L'amplificateur par réseau (network scale-up) : une solution pour estimer la taille de micro-populations plus marginalisées ?	11
La méthode de la capture-recapture : le croisement de deux sources ou d'une source à deux moments avec nécessité d'identification	16
La méthode du benchmark-multiplier : la combinaison d'une source administrative et d'une enquête permettant de répondre au double objectif « compter/décrire ».....	18
Recommandation consensuelle : multiplier et confronter les estimations	20
Bibliographie.....	21

Résumé

Quelles méthodes d'enquête utiliser pour estimer la taille d'une population difficile à joindre ?

Les enquêtes portant sur des populations « marginales » dites difficile à joindre, c'est-à-dire sans base de sondage, stigmatisées, et/ou de petite taille, font l'objet de réflexions depuis plusieurs années. Ces enquêtes ont vocation à améliorer la connaissance de populations touchées par certains problèmes sociaux, comme l'extrême pauvreté, l'épidémie de sida, l'usage de drogues injectables, afin d'aider l'Etat à mettre en place des politiques publiques adaptées.

Le champ de recherche des populations difficiles à joindre fait l'objet d'un grand nombre de travaux dans la littérature internationale. Plusieurs méthodes ont été conçues pour estimer la taille de ces populations difficiles à joindre. Certaines de ces méthodes n'ont été jusqu'alors appliquées dans un seul et unique domaine, par exemple les populations à risque VIH, et d'autres n'ont pas encore été appliquées en France. Certaines de ces méthodes nécessitent la réalisation d'enquêtes pour produire les données, d'autres s'appuient sur des données administratives préexistantes.

Dans le cadre de la préparation d'une enquête sur l'assistance médicale à la procréation (AMP) transfrontalière, nous avons mené un travail bibliographique sur ces méthodes d'estimation. Nous vous proposons de passer en revue les plus adaptées à notre population d'intérêt (la liste n'est donc pas exhaustive), en abordant la théorie et la mise en œuvre pratique de chacune d'elles, et en confrontant leurs avantages et limites. Cette présentation s'adresse à la fois au chercheur, à l'ingénieur d'enquête et au statisticien et a pour objectif de présenter à tous les implications de chaque méthode dans la mise en place générale d'une enquête de ce type.

Notre travail exploratoire nous a permis d'identifier deux méthodes peu ou pas citées dans la littérature francophone, le benchmark-multiplier et l'amplificateur par réseau, qui nous semblent assez adaptées à notre population d'intérêt car elles permettent notamment d'assurer la protection de l'anonymat des personnes.

Mots clés : Population difficile à joindre ; Sondage dirigé par le répondant ; Echantillonnage espace-temps ; Capture-recapture ; Amplificateur par réseau ; Multiplicateur

Abstract

Choosing a survey method to estimate the size of hard-to-reach populations

There is a growing interest in surveys for marginal populations, also termed "hard-to-reach" populations that is to say without sampling frame, stigmatized and rare. These

surveys provide knowledge on social problems such as extreme poverty, HIV epidemic, injection drug use, to inform policy makers and service providers.

The field of hard-to-reach population is productive regarding the publications in scientific literature. Several methods have been designed to estimate the size of hard-to-reach populations, but some have applied on very restricted population, such as key populations at risk for HIV infection, and others have never been used in France. These methods require new data from surveys or administrative data.

We present these methods from a theoretical and practical perspective, their strengths and limitations, based on a literature work on these estimation methods conducted to prepare a survey on transnational assisted reproductive technologies. This presentation is meant to explain these methods and their consequences on the setting of this type of survey to the researcher, the survey staff and the statistician.

The list of methods is not exhaustive, for we focused only on the more appropriate methods to our population of interest. We identified two methods little or not mentioned in French literature: the benchmark-multiplier and the network scale-up, both promising to ensure anonymity of the respondent.

Keywords : Hard-to-reach population ; Respondent-driven sampling ; Time-location sampling ; Capture-recapture ; Network scale-up ; Benchmark-multiplier

Introduction

Contexte

Depuis quelques décennies, on assiste à un élargissement des champs d'études à des populations marginales. Schiltz situe l'émergence de ces études dans la statistique publique dans les années 1990 (Schiltz, 2005). Depuis, la liste de ces populations s'allonge régulièrement dans la littérature, notamment par l'apparition de nouveaux phénomènes sociaux. Ces populations « en marge » sont pourtant des groupes pour lesquels le besoin en données est important : souvent considérées comme déviantes, en situation de précarité ou exposées à des risques sociaux ou sanitaires, ces populations ont besoin d'une prise en charge ou d'un accompagnement dans le domaine de la santé, du logement ou encore de la justice. Plus particulièrement, l'estimation de la taille d'une population s'avère précieuse pour sa prise en charge. Connaître la taille d'une population est un outil majeur dans la prise de décisions pour les politiques publiques, pour les structures accompagnant ces populations et pour les associations. De telles estimations permettent à la fois de planifier des services et d'allouer des ressources en fonction de l'ampleur du phénomène, mais aussi de modifier les lois. Ainsi durant la décennie précédente la loi Veil (1975), des estimations du nombre de femmes recourant à l'IVG ont été publiées par des médecins et des démographes et ces chiffres ont été mobilisés pour l'élaboration de la loi¹ (Girard & Zucker, 1967; Houdaille, 1970).

Près de cinquante ans plus tard, nous souhaitons répondre au besoin d'une estimation de la taille de la population recourant à des soins reproductifs à l'étranger, dans le contexte d'un développement de ces recours et de la remise en question des modalités d'accès à ce type de soins en France.

Cependant, ces populations sont souvent difficiles à enquêter car elles sont de taille relativement faible, ses membres ne sont pas identifiables dans une base de sondage et peuvent même vouloir cacher leur appartenance à la population d'intérêt pour éviter d'être stigmatisés (Marpsat & Razafindratsima, 2010). Le recours à des enquêtes en population générale pour espérer capter ces populations ne permettrait pas d'avoir un échantillon suffisamment grand pour conduire des analyses statistiques. De plus, la possible stigmatisation de ces populations peut conduire à une sous-déclaration dans ce type d'enquête, comme on peut l'observer pour l'avortement (Jones & Kost, 2007). Ces contraintes excluent donc a priori le recours à des enquêtes probabilistes en population générale pour capter et caractériser ces populations. Néanmoins, du fait de leur diversité il ne peut exister une seule manière de les enquêter. A titre d'exemple, on ne peut adopter la même stratégie pour enquêter des personnes sans-abris, des immigrés chinois, des usagers de drogues ou des personnes recourant à une assistance médicale à la procréation

¹ D'après le compte rendu des séances du 27 novembre 1974 à l'Assemblée nationale, publiés dans le Journal Officiel de la République française, p. 7087-7094,

à l'étranger. Les méthodes d'enquêtes doivent être adaptées aux spécificités des populations étudiées.

Pour répondre à ce besoin d'informations sur les populations difficiles à joindre, de nombreuses enquêtes sont menées à l'international, dans des pays aux contextes économiques et culturels très différents. Néanmoins, la plupart des enquêtes ont plutôt vocation à décrire la population, mais ne permettent pas d'estimer sa taille. Estimer la taille d'une population, autrement dit, connaître la part de cette population dans la population totale requiert de mobiliser des méthodes bien spécifiques. Certaines nécessitent la réalisation d'enquêtes, tandis que d'autres sont basées sur le croisement de données administratives existantes. Certaines, comme la capture-recapture, sont largement appliquées ; d'autres, comme l'amplificateur par réseau (network scale-up) sont plus récentes et ont été mobilisées jusqu'à maintenant dans des domaines d'application très restreints ou n'ont pas encore été appliquées en France, à notre connaissance.

Objectifs et méthodes

A partir d'une revue de la littérature sur les méthodes d'estimation des populations difficiles à enquêter, menée pour la préparation d'une enquête sur la population recourant à l'assistance médicale à la procréation (AMP) à l'étranger, nous proposons une présentation de ces méthodes, en considérant à la fois leur théorie statistique et leur application sur le terrain. La liste des méthodes n'est pas exhaustive, seules les méthodes les plus adaptées à notre population d'intérêt sont présentées.

Résultats

Dans ce document de travail, nous nous sommes limitées à cinq méthodes utilisées permettant d'estimer la taille des populations difficiles à joindre : le sondage dirigé par le répondant, l'échantillonnage espace-temps, la capture-recapture, le benchmark-multiplier (le multiplicateur), et l'amplificateur par réseau. Les trois premières ayant déjà été documentées dans des publications de l'Ined, nous rappellerons succinctement leurs principes. Nous développerons davantage les deux dernières méthodes, peu citées dans la littérature francophone et jamais utilisées, à notre connaissance, en France. Ces deux méthodes ont également retenu notre attention car elles s'avèrent particulièrement adaptées à notre contexte, notamment parce qu'elles permettent d'assurer la protection de l'anonymat des personnes.

Le sondage dirigé par le répondant : une méthode très prisée mais risquée sur le plan statistique

Le sondage dirigé par le répondant (SDR ou Respondent Driven Sampling) est une version évoluée du sondage « boule de neige ». Comme toutes les méthodes de chaînage, elle nécessite que l'enquêté endosse le rôle de recruteur des enquêtés futurs. En effet, ces méthodes consistent à enquêter au sein de réseaux en sélectionnant au départ quelques individus appelés « graines » ou « germes ». Seuls ces individus sont désignés par le sondeur. Par la suite, ce sont les enquêtés eux-mêmes qui recrutent/désignent leurs pairs qui seront sollicités à leur tour pour participer à l'enquête. En pratique, la méthode SDR consiste à donner à l'enquêté, en fin de questionnaire, des coupons qu'il devra remettre à ses contacts (appartenant eux aussi à la population cible). Contrairement à la méthode boule de neige classique, le nombre de coupons distribués par individu est fixe afin de limiter les biais de sélection que l'on retrouve dans les recrutements par boule de neige (Lavallée, 2012). Chaque coupon étant identifié, on peut reconstituer les chaînes de recrutement et identifier les liens au sein du réseau. On obtient alors des figures appelées arbres de recrutement (Johnston & Sabin, 2010) qui permettent de visualiser la dynamique du recrutement (Figure 1).

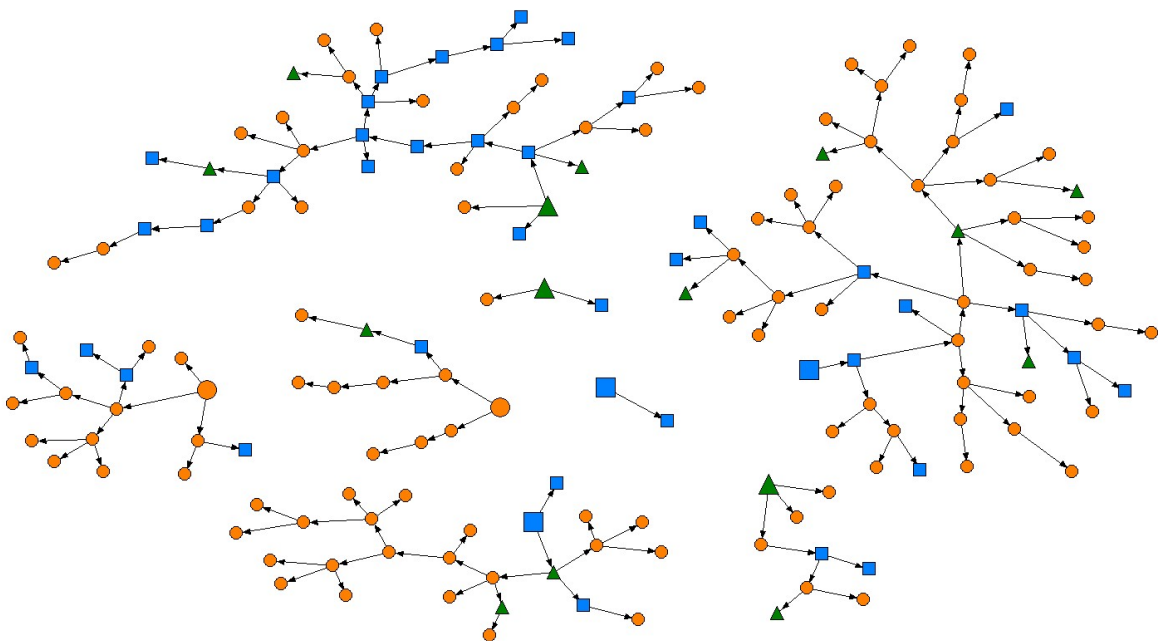


Figure 1 : Arbres de recrutement d'un SDR menée en 2016-2017 en Thaïlande (source : PHPT)

Pour que l'échantillon soit représentatif de la population qu'il représente, il faut que le recrutement aille bien au-delà des graines et de leurs recrues. Le processus de recrutement en chaîne doit se faire jusqu'à l'obtention de longues chaînes. Ce processus assure une plus grande pénétration des réseaux et améliore la qualité de l'échantillon collecté (Johnston & Sabin, 2010).

Les estimateurs convergent vers des estimateurs sans biais à mesure que les chaînes de recrutement s'allongent (Salganik & Heckathorn, 2004).

Afin de s'assurer, en cours de collecte, de la qualité de l'échantillon collecté, il convient de déterminer en amont, quelques variables clés de l'enquête dont l'évolution de la répartition au sein de l'échantillon sera suivie pendant le terrain (Heckathorn, 2002). Lorsque la répartition ne varie quasiment plus avec l'ajout de nouveaux répondants, on considère que l'échantillon a atteint son équilibre. On considère alors que la composition de l'échantillon devient indépendante des graines et les biais induits par la sélection non aléatoire des graines deviennent négligeables voire inexistantes.

Pour que le recrutement soit efficace, le SDR propose une double incitation : une première incitation pour répondre au questionnaire et une seconde, pour recruter des individus. L'incitation doit être adaptée à la population. Une revue de la littérature montre que dans la plupart des enquêtes, l'incitation se fait sous forme de chèque cadeau ou d'argent en liquide (Malekinejad, et al., 2008). Néanmoins en France, une incitation financière pourrait poser deux types de problèmes. D'une part l'incitation par l'argent dans des pays où les revenus sont très élevés augmente fortement le coût de l'enquête. Une enquête aux Etats-Unis a ainsi dû augmenter la somme de l'incitation : les personnes contactées considéraient que la somme de 40\$ n'était pas assez attractive pour participer à l'enquête, et l'équipe a donc augmenté l'incitation à 70\$ pour recruter assez de participants (Bauermeister, et al., 2012). D'autre part ce système peut conduire à un rejet par les comités d'éthique, en particulier en France où les dédommagements sont très encadrés légalement.

Ces méthodes d'enquêtes par chaînage (SDR, boule de neige classique) présentent l'avantage d'atteindre des pans de la population pas directement accessibles à des enquêteurs. Cependant, cette méthode repose sur une condition forte : la population doit être articulée en un réseau assez actif pour que les répondants puissent en recruter d'autres. Cette condition est facilement vérifiée pour des populations qui se définissent par une pratique collective : dans le cas des usagers de drogues, la vente, l'échange de matériel et l'injection de drogues induit forcément des contacts entre les membres de la population, d'où la popularité de cette méthode d'enquête dans ce domaine.

Si les recrutements ne sont pas assez nombreux, le chercheur sera tenté de rajouter de nouvelles graines, ce qui réduit les chances d'avoir de longues chaînes de recrutement. Si les chaînes de recrutement sont trop courtes à la fin de la collecte et qu'il n'y a pas une stabilisation des caractéristiques dans l'échantillon, l'enquête doit être considérée comme une enquête boule de neige.

Puisque la réussite de l'enquête repose principalement sur les graines, des travaux préliminaires qualitatifs doivent permettre de repérer des graines permettant d'explorer au mieux la population enquêtée (Schonlau, et al., 2014). L'importance du choix des graines pour la qualité de l'échantillon est contestée par Salganik et Heckathorn. Les auteurs rappellent que si la population est formée d'un unique réseau (on peut retrouver un individu à partir de n'importe quel autre individu du réseau), alors quelles que soient les graines, les estimateurs

convergeront vers des estimateurs sans biais à mesure que la chaîne de recrutement s'allongera (Salganik & Heckathorn, 2004).

Par ailleurs, son application est facilitée lorsque la population d'intérêt s'inscrit dans un périmètre géographique restreint car à l'origine, le recrutement se fait par la transmission de coupons aux futurs enquêtés. Pour mettre en œuvre cette méthode dans des enquêtes autres qu'en face-à-face, il faut trouver le moyen de reconstituer les chaînes de recrutement. Finalement, nous n'avons trouvé que deux exemples de SDR menés sur internet (Bauermeister, et al., 2012; Schonlau, et al., 2014). Dans l'expérimentation conduite sur internet par Schonlau, l'équipe avait d'abord essayé d'envoyer un message automatique aux contacts que le répondant avait cités afin de leur transmettre toutes les informations pour participer, et notamment leur identifiant personnel. Cette méthode n'ayant pas fonctionné, ils ont finalement demandé aux répondants de contacter eux-mêmes leurs connaissances via les réseaux sociaux (Schonlau, et al., 2014). Par ailleurs, la réalisation de l'enquête sur internet s'est heurtée à une difficulté supplémentaire, celle d'identifier les doublons. Sur les 3 400 répondants, ils ont estimé que 600 questionnaires (18%) étaient faux ou correspondaient à des doublons.

A partir d'une enquête SDR, il existe deux méthodes permettant de calculer la taille de la population.

La méthode SS-PSE (successive sampling population size estimation)², basée uniquement sur l'échantillon collecté via la méthode SDR, n'a été proposée que récemment par Handcock et Gile (Handcock, et al., 2014). L'estimation est basée sur le rythme du recrutement pendant l'enquête.

La deuxième méthode consiste à utiliser les résultats d'un SDR dans un benchmark-multiplier, méthode expliquée plus bas (Johnston, 2013).

Mais, pour mettre en œuvre cette méthode SDR, un certain nombre d'hypothèses doivent être vérifiées, qui semblent finalement difficilement acceptables :

- Les individus recrutent aléatoirement parmi leurs connaissances. Or, dans la seule enquête SDR ayant essayé d'appliquer le tirage aléatoire, les participants réclamaient le droit de choisir eux-mêmes qui ils recrutaient (Schonlau, et al., 2014). Pour vérifier cette hypothèse, il est possible d'évaluer l'homophilie, c'est-à-dire la propension des membres d'un réseau à recruter des personnes proches d'eux. Dans une SDR sur des travailleurs immigrés, l'homophilie a été évaluée et intégrée dans l'analyse via un score variant de -1 à +1 selon la nationalité des personnes recrutées (Khamsiriwatchara, et al., 2011).
- La population est formée d'un seul réseau : tous les individus sont connectés entre eux, plus ou moins directement. Cette hypothèse est essentielle car elle permet de mobiliser la

² Un package R est disponible pour utiliser cette méthode : Mark S. Handcock and Krista J. Gile (2014) sspse: Estimating Hidden Population Size using Respondent Driven Sampling Data, Version 0.6. Project home page at <http://hpmrg.org>, URL <https://CRAN.R-project.org/package=sspse>.

théorie de la chaîne de Markov³ et ainsi argumenter la convergence des estimateurs vers des estimateurs sans biais.

- Les liens entre les individus sont réciproques : Si A cite B, B citera nécessairement A.

Enfin, le recours à la méthode SDR nécessite la constitution d'un échantillon de grande taille. L'effet du plan de sondage sur la variance (par rapport à un sondage aléatoire simple) est tellement grand qu'il est nécessaire de disposer d'échantillons de grande taille pour obtenir une estimation avec un risque d'erreur faible (Wejnert, et al., 2012; Goel & Salganik, 2010). En effet, plus le sondage est complexe et contrôlé, moins il est aléatoire, plus la variance (la marge d'erreur) est grande et les estimateurs imprécis. Or, les expériences de terrain montrent que les échantillons restent souvent de petite taille (Malekinejad, et al., 2008).

Souvent mobilisé dans des pays en développement, le sondage dirigé par le répondant est peu utilisé jusqu'alors en Europe. Aux Etats-Unis, le Center for Disease Control (institut public de surveillance des maladies) a mobilisé, à plusieurs reprises cette méthode. Elle est privilégiée dans le domaine des enquêtes biologiques et comportementales pour les populations à risque VIH (les homosexuels ou bisexuels, les transgenres, les prostituées, les toxicomanes), comme en témoignent les guides méthodologiques régulièrement publiés par UNAIDS (Johnston, 2013). On compte peu d'exemples d'utilisation du SDR auprès de populations à hauts revenus : une enquête sur les parents d'étudiants aux Pays-Bas s'est soldée par un échec avec un taux de participation de 3% (Schonlau, et al., 2014). A contrario, une enquête aux Etats-Unis, auprès d'étudiants avait rencontré un grand succès avec plus de 3000 répondants (Bauermeister, et al., 2012). Les migrants travaillant dans l'économie informelle ont aussi été enquêtés via cette méthode au Royaume-Uni (Polese, et al., 2011). A notre connaissance, seule une application de cette méthode a été faite en France en 2017 auprès d'usagers de drogues et une deuxième application est en cours en Île-de-France en 2019⁴.

Plus récemment, une nouvelle variante de sondage par chaînage, appelée Network sampling with memory (NSM), a été développée par une équipe de l'université de Caroline du Nord. Cette méthode va prochainement être utilisée en France dans le cadre d'une enquête de l'Ined sur la population chinoise résidant en Ile-de-France. La particularité du NSM est de recréer, au fur et à mesure du terrain, une base de sondage de la population d'intérêt et de tirer aléatoirement les futurs enquêtés dans cette base. Contrairement à la méthode SDR, elle ne cherche pas à enquêter tous les contacts cités par les répondants. Dans cette variante, l'identité et les coordonnées des contacts cités sont récupérées pour être en mesure de les enquêter s'ils sont échantillonnés. Cette contrainte de collecter des informations personnelles sur les connaissances des enquêtés nous a poussé à abandonner cette piste.

³ Une chaîne de Markov permet de modéliser un système aléatoire grâce à une suite de variables aléatoires. Sa propriété principale est que le passage d'une valeur à une autre ne dépend que de la valeur précédente.

⁴ Communication orale "Etude sur les réseaux de sociabilité des usagers de drogues et leur impact sur la transmission de l'hépatite C à partir d'un échantillonnage raisonné par les répondants", par Jauffret-Roustide M, Jangal C, Tran VC, présentée à l'Ined le 11 juin 2018

L'échantillonnage espace-temps : une méthode adaptée aux populations fréquentant des lieux qui leur sont spécifiques

L'échantillonnage espace-temps, aussi appelé lieux-moments (Time Location Sampling), est une méthode de sondage indirect (Jauffret-Roustide & Le Strat, 2010). Au lieu d'échantillonner les membres de la population, on échantillonne les lieux qu'ils fréquentent. Dans un premier temps, on recense tous les lieux fréquentés par un grand nombre de membres de la population pour créer une base de sondage, et on échantillonne des couples lieux-moments. Les individus sont ensuite tirés au sort lors de leur venue sur le lieu. La taille de la population est mesurée grâce à la méthode généralisée du partage des poids (MGPP), qui tient compte de la fréquentation individuelle de plusieurs lieux (Jauffret-Roustide & Le Strat, 2010). Seules les personnes fréquentant les lieux recensés dans la base de sondage sont visibles par cette méthode, il est donc nécessaire que le recensement des lieux soit exhaustif. Cette méthode a été plusieurs fois utilisée en France, notamment dans des enquêtes sur les usagers de drogues (Jauffret-Roustide & Le Strat, 2010) ou les sans-abris (Quaglia & Vivier, 2010)

Le tirage aléatoire des répondants dans le lieu-moment limite grandement le biais de sélection qu'on peut, par exemple, retrouver dans un SDR.

L'échantillonnage espace-temps et sa méthode d'estimation de la taille de la population ont l'avantage d'être des méthodes probabilistes, permettant de retrouver les estimateurs conventionnels en statistiques, facilitant la prise en main par des personnes non familières des méthodes non-probabilistes.

Mais cette méthode ne convient pas aux populations qui fréquentent des lieux disséminés géographiquement, et dont la fréquentation au cours d'une plage horaire de quelques heures ne touche que quelques membres.

La préparation de l'enquête est assez coûteuse en termes de temps et de force de travail, puisqu'elle nécessite le recensement des structures dans lesquelles viennent les membres de la population. Lors de ce recensement, les enquêteurs doivent récupérer des informations telles que les effectifs de fréquentation, les horaires d'ouverture, le profil type des visiteurs, toutes les informations nécessaires à la construction de la base de sondage et à l'élaboration du plan de sondage. A titre d'illustration, pour l'enquête Sans-Domicile 2001, menée par l'INSEE et l'Ined, ce recensement avait duré plus d'un an et mobilisé plus de 300 enquêteurs pour plus de 2740 structures (Marpsat, 2007).

La mise en œuvre de l'enquête dépend de la coopération des professionnels de terrain (Quaglia & Vivier, 2010) et des infrastructures dans lesquelles l'enquête est réalisée (Clark, et al., 2014). Le refus de participer de la part de structures clés peut compromettre la qualité de l'échantillon. La phase préparatoire a donc également pour objectif de convaincre le personnel des structures de participer à l'enquête et d'obtenir leur adhésion.

De plus l'effet du plan de sondage est important, ce qui implique la nécessité d'un échantillon plus grand comparé à un échantillon classique avec tirage aléatoire simple.

On peut estimer la taille de la population en croisant les effectifs décomptés lors de l'enquête sur les lieux-moments. La MGPP prend en compte la fréquentation de plusieurs sites pour le calcul des poids, donnant plus de poids aux individus fréquentant moins souvent les sites et donnant moins de poids à ceux se rendant souvent sur le site (Jauffret-Roustide & Le Strat, 2010).

L'estimation de la taille de la population à partir de cette méthode repose principalement sur trois hypothèses :

- Tous les lieux de socialisation fréquentés par la population ont été préalablement recensés afin de constituer la base de sondage (Jauffret-Roustide & Le Strat, 2010) . En pratique, il est difficile d'obtenir une couverture exhaustive de la population cible, d'où la réalisation fréquente de post-enquêtes pour caractériser la population qui n'est pas couverte par l'enquête principale (Jauffret-Roustide & Le Strat, 2010; Marpsat & Yaouancq, 2016).
- La population d'intérêt fréquentent des lieux qui lui sont spécifiques (fréquentés majoritairement par les membres de la population cible et concentrant un nombre important de membres au même moment) (Jauffret-Roustide & Le Strat, 2010).
- Le tirage des individus sur le terrain doit se faire aléatoirement. Pour éviter de possibles biais de recrutement, on utilise des grilles de tirage avec un pas de tirage. On interroge le Nième individu qui franchit l'entrée, puis le Nième..., déterminé en fonction de la fréquentation présumée de la structure (information collectée durant la pré-enquête auprès des structures).

La méthode d'échantillonnage espace-temps est utilisée dans de nombreux pays dans le domaine de la surveillance du VIH, davantage pour décrire les populations que pour estimer leur taille. En France, cette méthode a été appliquée auprès de deux populations : les usagers de drogues avec l'enquête Coquelicot en 2004 et 2011 (Jauffret-Roustide & Le Strat, 2010; Jauffret Roustide, et al., 2013), et les sans-domiciles avec l'enquête SD en 2001 et 2012 (Marpsat & Razafindratsima, 2010). Aucune de ces deux enquêtes n'avaient initialement vocation à estimer la taille de la population, leur but était de décrire la population, bien que l'enquête SD ait tout de même conduit à des estimations de la taille de la population (Deville & Lavallée, 2006).

L'amplificateur par réseau (network scale-up) : une solution pour estimer la taille de micro-populations plus marginalisées ?

Cette méthode consiste à mener une enquête en population générale et interroger les individus sur le nombre de personnes dans leur entourage appartenant à la population cible (Bernard, et al., 2010). Le réseau de connaissances des répondants devient alors une sorte d'échantillon artificiel. On multiplie ainsi facilement l'échantillon initial par 100 ou 200, permettant de rendre visibles des populations très petites. En rapportant le nombre de personnes appartenant à la population d'intérêt connues pour chaque répondant à la taille de son réseau, on obtient la prévalence du caractère à estimer. Une mesure de qualité de la taille du réseau des individus est donc indispensable pour estimer la taille de la population d'intérêt.

Le concept de « connaître quelqu'un » est au cœur de cette méthode d'enquête. La définition la plus souvent utilisée est celle-ci : « des personnes que vous connaissez et qui vous connaissent, de vue ou de nom, que vous pourriez contacter si besoin, et avec qui vous avez eu des contacts dans les deux dernières années en face à face, par téléphone ou par mail » (Killworth, et al., 1998).

Tirage aléatoire en population générale

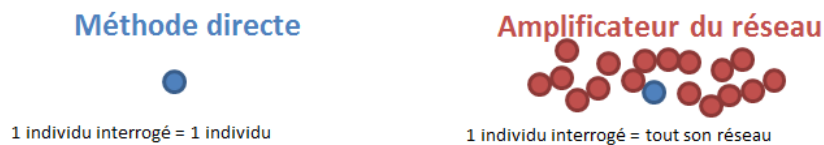


Figure 2 : tirage de ménage vs tirage d'un réseau

L'amplificateur par réseau présente des similitudes avec la méthode des sœurs, développée à la London School of Hygiene and Tropical Medicine et utilisée dans les années 1980 et 1990 pour estimer la mortalité maternelle dans des pays africains (Graham, et al., 1989). La méthode des sœurs s'appuie sur le nombre de sœurs pour chaque répondant, nombre facilement mesurable, tandis que la taille du réseau des répondants mobilisée dans la méthode de l'amplificateur par réseau est plus difficile à mesurer. Néanmoins la méthode des sœurs ne permet pas de mesurer des populations de très petite taille car l'effet d'amplification par le réseau est plus limité.

Cette méthode rappelle aussi l'approche développée dans l'enquête Analyse des comportements sexuels en France (ACSF), qui consistait à demander aux répondants s'ils connaissaient des personnes atteintes du sida. De ces questions, on pouvait tirer des résultats du type « X% des français connaissent au moins une personne séropositive » (Beltzer & Grémy, 2008).

Cette méthode permet d'outrepasser les difficultés liées au recrutement de la population cible quand celle-ci s'avère inatteignable (Shelton, 2015). C'est particulièrement le cas pour des populations qui n'utilisent aucun service leur étant dédié, qui ne souhaitent pas déclarer à un inconnu qu'elles font partie de cette population, et qui ne socialisent pas avec les autres membres de la population d'intérêt. C'est par exemple le cas des victimes de violences sexuelles (Shelton, 2015).

Elle permet également de protéger complètement l'anonymat des personnes puisqu'il n'y a pas de contact direct ni d'identification des personnes de la population cible. Cet aspect représente un avantage considérable dans le cas d'une pratique illégale ou dans un contexte d'insécurité pour les membres de la population. C'est par exemple le cas de la toxicomanie en Iran, qui a fait l'objet d'une enquête en 2013 (Nikfarjam, et al., 2016).

La méthode aussi est particulièrement adaptée pour capter une population volatile, qui entre et sort de la population très rapidement. C'est par exemple le cas des femmes pratiquant illégalement une IVG (Rastegari, et al., 2014).

La mise en œuvre de cette méthode est assez classique puisqu'il s'agit de conduire une enquête en population générale. La particularité de cette méthode repose donc sur le questionnement et non sur l'échantillonnage. La méthode pourrait être assimilée au sondage en grappes, la grappe étant le réseau social du répondant. Mais contrairement au sondage en grappes, les réseaux sociaux (grappes) se chevauchent et le répondant ne donne des informations que sur les membres de son réseau, en s'excluant (-1 par rapport au sondage en grappes). Cependant, on considère que le tirage aléatoire en population générale assure de grandes chances de sélectionner des réseaux qui ne se chevauchent pas, s'il est réalisé dans une très grande population (échelle nationale par exemple).

On considère alors que l'échantillon correspond à la somme des réseaux des répondants (pondérés par leur probabilité d'inclusion) $\sum \frac{d}{\pi}$, dans lequel on dénombre les individus appartenant à la population difficile à joindre $\sum \frac{m}{\pi}$.

En reprenant toujours le principe de proportionnalité, on suppose que la proportion de membres de la population d'intérêt dans l'échantillon artificiel est la même que la proportion de la population difficile à joindre dans la population totale.

$$\frac{M}{N} = \frac{\sum \frac{m}{\pi}}{\sum \frac{d}{\pi}}$$

Cette équation assez simple repose sur un certain nombre d'hypothèses :

- Tous les répondants ont une même probabilité de connaître un membre de la population d'intérêt,
- En moyenne, la taille du réseau est constante, c'est pour cela qu'on utilise la somme du réseau des répondants

- Les répondants connaissent assez bien les membres de leur réseau pour pouvoir répondre à leur place sur leur appartenance à la population d'intérêt.

Comme nous l'avons indiqué plus haut, une composante essentielle de l'amplificateur par réseau est l'estimation correcte de la taille du réseau des répondants. Deux méthodes sont proposées par les spécialistes de l'amplificateur par réseau.

La première méthode est la sommation : à l'image des anciennes enquêtes Contacts de l'INSEE, on découpe le réseau social des individus en plusieurs groupes (amis, famille, collègues, voisins...), les répondants indiquent la taille de chacun de ces groupes et on somme ensuite pour reconstituer le réseau et en obtenir sa taille. Dans l'enquête Contacts, on reconstituait, par exemple, le réseau social fréquenté pendant une semaine par le répondant (Héran, 1988).

Une deuxième méthode est la « back estimation » : on demande aux répondants le nombre de personnes qu'ils connaissent dans des sous-groupes dont la taille est connue dans la population générale, via une autre source (recensement de la population, registres...). En mettant en relation la part de chaque sous-groupe dans la population totale avec la part des sous-groupes dans le réseau du répondant, on estime la taille du réseau de chaque individu. Ainsi on peut trouver dans des enquêtes mobilisant la méthode d'amplificateur par réseau, une série de questions de ce type :

« Combien connaissez-vous de prêtres ? » ; « Combien connaissez-vous de personnes s'appelant Denise ? »...

Mais ce mode de questionnement pourrait s'avérer contre-productif. Les questions ont peu de rapport entre elles, ce qui pourrait décontenancer les répondants et leur donner l'impression d'un questionnaire n'ayant que peu de sens. Ce biais probable est rarement évoqué par les auteurs utilisant cette méthode.

Cependant, d'autres possibilités peuvent être envisagées, comme l'utilisation d'enquêtes qui permettent d'évaluer la taille du réseau, comme par exemple des enquêtes sur la sociabilité des français, à condition de s'assurer que les définitions de « connaître » soient comparables. En Iran, où l'amplificateur par réseau est régulièrement utilisé, une enquête permettant d'estimer la taille moyenne du réseau en population générale a déjà été réalisée pour faciliter les enquêtes des prochaines années sur des populations difficiles à joindre (Rastegari, et al., 2013). Alternativement, des tailles de réseau moyennes et universelles mesurée par des anthropologues et des mathématiciens (Hill & Dunbar, 2003) pourraient être utilisées.

Dans son application, l'amplificateur par réseau demande les moyens d'une grande enquête en population générale. Si l'on suit la méthode de « back-estimation » pour estimer le réseau des répondants, on doit alors intégrer un grand nombre de questions à l'enquête, ce qui la rend difficilement intégrable à une enquête préexistante. De plus, ces efforts ne permettent d'obtenir qu'une estimation de la taille de la population, mais

aucune description de sa structure. D'autres méthodes comme le benchmark multiplier ou le SDR permettent de répondre au double objectif « caractériser/dénombrer ».

Par ailleurs, l'amplificateur par réseau comporte un certain nombre de biais. Il existe un biais de barrière (« barrier effect »). On suppose que la probabilité des répondants de connaître des membres de la population d'intérêt n'est pas uniforme, elle dépend des caractéristiques sociales, démographiques et géographiques du répondant (Killworth, et al., 2003), qui conditionnent également celles de ses pairs. A titre d'exemple, une répondante de 35 ans aura plus de chances qu'un répondant de 80 ans de connaître une femme ayant recouru à une assistance médicale à la procréation durant l'année. Ce biais peut être mesuré mais est difficilement corrigé (Killworth, et al., 1998).

Les auteurs soulignent l'importance de l'effet de transmission (« transmission effect »), quand le répondant ne sait pas qu'une de ses connaissances est membre de la population d'intérêt (Killworth, et al., 2003). Ce biais est d'autant plus important s'il est socialement différencié, c'est-à-dire si les répondants ont une probabilité différente en fonction de leurs caractéristiques sociales de savoir qu'ils connaissent un membre de cette population. Pour connaître l'ampleur de ce biais, il est conseillé de l'étudier dans des recherches exploratoires auprès de la population d'intérêt (Salganik, et al., 2011; Ezoe, et al., 2012).

Si l'appartenance à la population d'intérêt est peu stigmatisée, le biais de mémoire peut être important : le répondant peut ne pas se souvenir qu'une de ses connaissances fait partie de la population car ce n'est peut-être pas un fait marquant pour lui. Ce biais peut se produire pour la population d'intérêt mais également pour les sous-groupes questionnés dans le cas du recours à la méthode de « back estimation » pour mesurer la taille du réseau de connaissance des répondants.

Enfin, la méthode peut également souffrir d'un biais de désirabilité sociale, c'est-à-dire que les répondants peuvent sciemment mentir et déclarer ne pas connaître de personnes appartenant à la population d'intérêt si celle-ci est marginalisée/stigmatisée. En Chine, une expérimentation a été menée pour estimer la probabilité de sur ou sous déclarer connaître des personnes à risque VIH (homosexuels, travailleuses du sexe, clients de travailleuses du sexe) à partir d'une question sur le respect du répondant pour ces populations (Guo, et al., 2013). On demandait aux répondants de situer sur une échelle le respect qu'ils éprouvaient pour la population d'intérêt. A partir de ces réponses, les auteurs estiment un facteur de désirabilité sociale, qui permet de corriger le nombre de connaissances déclarées par le répondant.

Bien que récente, la méthode a été utilisée dans de nombreux pays et sur des populations d'intérêt très diverses : victimes d'une catastrophe naturelle, les victimes de viol, les sans-abris, les usagers de drogues, les enfants ayant connu un étouffement (Bernard, et al., 2010). Néanmoins, on trouve peu d'expériences en Europe, et aucune en France à notre connaissance. La méthode a obtenu un fort écho en Iran : on compte plus de 8 publications

depuis 2012⁵ à partir du network scale-up sur des populations très différentes (Jafari-Khounigh, et al., 2014; Kazemzadeh, et al., 2016; Nikfarjam, et al., 2016; Nikfarjam, et al., 2017; Rastegari, et al., 2013; Sharifi, et al., 2017; Shokoohi, et al., 2012; Vardanjani, et al., 2015).

⁵ Au moment des recherches bibliographiques, en 2018

La méthode de la capture-recapture : le croisement de deux sources ou d'une source à deux moments avec nécessité d'identification

La méthode capture-recapture, déjà mobilisée et rapidement formalisée en Europe au 18^{ème} siècle (Vergne, 2012), est surtout utilisée en biologie pour estimer des populations animales ou végétales et en épidémiologie pour estimer des prévalences de maladie. A contrario, dans le domaine des sciences sociales, on dénombre à ce jour uniquement quelques exemples d'utilisation : population criminelle (Bouchard, 2007), ou encore sans-abris (Cadet-Tairou, et al., 2010; Coumans, et al., 2017; Williams, 2010).

La méthode de la capture-recapture repose sur le croisement de différentes sources de données et l'identification des doublons dans ces sources. En identifiant le nombre d'individus présents à la fois dans les deux sources, on peut retrouver la taille de la population totale. La capture-recapture peut être utilisée en mobilisant des listes administratives (une liste équivalant à une capture) ou des enquêtes. Dans le cas de l'utilisation d'enquêtes, on choisit, en général, de dénombrer et recenser les individus sur un même lieu à deux moments différents.

Le principal inconvénient de cette méthode est la nécessaire identification des individus dans les deux sources. Or celle-ci pose problème pour des raisons éthiques et d'anonymat : collecter des données nominatives peut mettre en danger l'anonymat des personnes.

Cet écueil est pallié, dans certaines enquêtes, par la distribution d'un « objet identifiant » lors de la première capture (Luan, et al., 2005; Sharifi, et al., 2017). Cela a été le cas, par exemple, pour une capture-recapture en Iran auprès de prostituées : lors du premier dénombrement, on distribuait aux femmes un t-shirt ou un préservatif (Sharifi, et al., 2017). Lors du second dénombrement, on demandait aux femmes si elles avaient reçu ces objets huit jours plus tôt. Néanmoins cette méthode soulève aussi des questions de protection de la vie privée puisqu'une personne peut être « reconnue » en détenant l'objet identifiant.

La mise en place de l'enquête repose souvent, comme la méthodes lieux-moments, sur la coopération des structures en contact direct avec la population. Il est donc nécessaire d'obtenir l'adhésion de ces partenaires, qui peuvent avoir des craintes concernant la protection de l'anonymat de ses usagers. Ce type de problème a été soulevé dans les enquêtes sur les usagers de drogues en France par l'observatoire de la toxicomanie (Chevallier, 2001).

La possibilité d'utiliser des listes d'usagers de services la rend particulièrement adaptée pour la population des sans-abris utilisant des services d'hébergement ou de livraison de repas (D'Onise et al., 2007). En France, la méthode est par exemple utilisée pour mener des enquêtes sur les usagers de drogues dans différentes villes depuis les années 1990 (Chevallier, 2001).

La méthode repose sur trois hypothèses :

- Le nombre d'individus dans la population doit rester le même durant la période d'enquête : il n'y a pas d'entrée ni de sortie d'individus pendant la période d'observation. Cette hypothèse est évidemment d'autant plus difficile à tenir lorsqu'on étudie une population mobile sur une petite surface (sans-abris dans une ville) ou quand la population est volatile (recours à l'IVG dans un pays où la pratique est illégale).
- Chaque membre de la population doit avoir la même probabilité d'être « capturé » dans une même source. La connaissance préalable des sources et de leurs particularités est donc essentielle à la qualité de la capture-recapture.
- Les captures ne doivent pas dépendre les unes des autres. Cette hypothèse peut être vérifiée dans le cas d'un grand nombre de captures, à l'aide de modèles loglinéaires (Chevallier, 2001).

L'estimation de la taille de la population peut se faire avec un produit en croix⁶ si on ne dispose que de deux sources, ou avec un modèle loglinéaire si on dispose de plus de sources (Chevallier, 2001). Dans ce dernier cas, on mesure le nombre d'individus dans chaque source à partir des présences ou absences dans chaque source.

⁶ Le produit en croix est réalisé à partir de cette égalité : le rapport du nombre de personnes interrogées dans les deux captures sur le nombre total d'individus dans la deuxième capture est égal au rapport du nombre de personnes interrogées dans la première capture sur la taille de la population totale.

La méthode du benchmark-multiplier : la combinaison d'une source administrative et d'une enquête permettant de répondre au double objectif « compter/décrire »

Comme la capture-recapture, la méthode du benchmark-multiplier repose sur le croisement de deux sources pour estimer la taille de la population d'intérêt :

- Une ou plusieurs sources donnant de façon exacte la taille de sous-parties de la population d'intérêt (benchmark)
- Un échantillon permettant d'estimer la proportion de la /des source-s dans la population d'intérêt (multiplier).

Cette variante de la méthode de la capture-recapture présente deux avantages. Elle permet d'une part, de collecter de l'information sur la population d'intérêt via une enquête la ciblant, afin de la caractériser. La même enquête est donc utile à la fois pour estimer la taille et caractériser la population. D'autre part, elle ne nécessite pas d'identification des membres dans la source (benchmark) puisqu'on demande via le questionnaire d'enquête anonyme si la personne en fait partie. Par exemple, dans une étude publiée en 2013, on disposait du nombre d'utilisateurs de drogues séropositifs grâce à un registre national du VIH (benchmark), et on obtenait la part des utilisateurs de drogues séropositifs dans la population totale des utilisateurs de drogues (multiplicateur) par une enquête comportementale (Bollaerts, et al., 2013).

Cette méthode est particulièrement utile quand il existe des services dédiés à la population d'intérêt avec des listes d'utilisateurs. Dans ces cas, les services ne transmettent pas de liste nominative, seul un décompte des utilisateurs suffit pour appliquer de la méthode. Elle répond parfaitement à un contexte dans lequel il y a un système d'enregistrement fiable soumis à une forte protection des données.

Par ailleurs, le benchmark-multiplier offre un rapport coût-efficacité très intéressant pour les structures avec peu de moyens, puisqu'une enquête avec l'objectif de décrire la population peut aussi intégrer des questions permettant d'utiliser le multiplicateur.

Pour appliquer cette méthode, il faut trouver la bonne combinaison de benchmark et de multiplier. Le benchmark doit être de bonne qualité, avec un enregistrement exhaustif et des critères d'inclusion stricts et clairement définis. Ces critères doivent pouvoir être faciles à collecter dans l'enquête, afin d'identifier précisément les répondants de l'enquête enregistrés dans le benchmark. Si le benchmark recouvre une population plus large que la population d'intérêt, il est nécessaire de pouvoir identifier clairement dans le benchmark les personnes appartenant à la population d'intérêt et celle n'y appartenant pas, ce qui n'est pas toujours le cas. Par exemple, dans une étude visant à estimer le nombre d'utilisateurs d'opiacés, il n'a pas été possible de distinguer les utilisateurs d'opiacés et les utilisateurs d'autres types de drogues (Kraus, et al., 2003).

Par ailleurs, cette méthode requiert la constitution d'un échantillon aléatoire de la population d'intérêt, objectif que l'on sait très difficile à atteindre dans le cadre d'enquêtes auprès de populations difficiles à joindre, puisqu'on ne dispose pas de base de sondage. Le recours à des méthodes alternatives aux méthodes classiques d'échantillonnage pour constituer cet échantillon aléatoire est largement illustré dans la littérature. Certains ont recours à la méthode du SDR (Johnston, 2013), d'autres mobilisent l'échantillonnage espace-temps (time-location sampling) pour constituer un échantillon représentatif de la population d'intérêt. On trouve aussi des enquêtes de volontaires, comme l'Australian Needle and Syringe Program Survey dont l'objectif est d'estimer la prévalence de VIH et d'hépatite C dans la population d'injecteurs de drogues en Australie (Kimber, et al., 2008).

On cherche à estimer la taille M de notre population d'intérêt. Dans un premier temps, grâce à une source externe nommée C (une source administrative, par exemple), on obtient la taille M_c d'une sous-partie de la population, enregistrée dans la source C . Dans un deuxième temps, on réalise une enquête afin de constituer un échantillon représentatif de la population d'intérêt. On note n la taille de cet échantillon, et n_c l'effectif de répondants appartenant à la sous-population C . Pour connaître cet effectif n_c , l'enquête doit inclure une question sur l'appartenance des répondants à la sous-population C . En supposant que tous les membres de la population d'intérêt ont la même probabilité de répondre à l'enquête (sélection aléatoire), on suppose que la proportion de personnes appartenant à la sous-population C dans la population d'intérêt est correctement estimée dans l'échantillon, autrement dit, que l'équation suivante est vérifiée :

$$\frac{M_c}{M} = \frac{n_c}{n}$$

On estime alors la taille de la population d'intérêt comme suit:

$$M = \frac{n}{n_c} \cdot M_c$$

Utiliser le benchmark-multiplier demande des travaux en amont. Outre l'état des lieux des sources possibles, il faut vérifier leur qualité et établir les variables disponibles (UNAIDS, 2010). De plus, il est conseillé d'investiguer les effets de dépendances entre les sources.

Cette méthode a été utilisée dans un grand nombre de pays, notamment aux Etats-Unis, en Australie, aux Pays-Bas, en Belgique, en Géorgie (Bollaerts, et al., 2013; Hickman, et al., 2006; Johnston, 2013), mais pas encore en France à notre connaissance. Encore une fois, il existe beaucoup d'applications sur les populations à risque VIH, mais elle a également été utilisée pour estimer l'effectif de consommateurs de cannabis (Kraus, et al., 2017).

Recommandation consensuelle : multiplier et confronter les estimations

Une revue de littérature, conduite en 2015 dans l'objectif d'évaluer les écarts d'estimations entre les méthodes d'estimation de taille des populations difficiles à joindre, soulignait que très peu d'articles proposaient des estimations issues d'au moins deux méthodes différentes (30 articles sur 69) (Wesson, et al., 2017). Dans cet article, les auteurs ne pouvaient pas conclure qu'une méthode était plus fiable qu'une autre.

Les auteurs s'accordent sur un point : aucune de ces méthodes ne permet d'assurer des résultats fiables si elles sont utilisées seules. La manière la plus robuste d'estimer la taille d'une population difficile à atteindre est de produire plusieurs estimations. En comparant les estimations obtenues, on peut alors donner une fourchette dans laquelle se trouve la taille réelle. La triangulation des résultats est d'autant plus efficace que les méthodes présentent des biais différents.

Ce travail méthodologique montre aussi que le problème d'estimation de la taille de populations difficiles à joindre se pose dans des contextes et pour des populations très différentes et demande aux concepteurs d'enquête un effort d'innovation pour s'adapter à leur propre contexte et population à estimer. Les méthodes et leurs variations sont nombreuses, beaucoup sont en cours de formalisation et de validation. Il est donc important que les équipes de recherche qui reproduisent ou adaptent ces méthodes publient et échangent sur l'aboutissement de leurs estimations afin de faire avancer les connaissances sur ces méthodes et que l'on puisse un jour les standardiser.

Bibliographie

- Bauermeister, J. A. et al., 2012. Innovative recruitment using online networks: lessons learned from an online study of alcohol and other drug use utilizing a web-based, respondent-driven sampling (webRDS) strategy. *Journal of Studies on Alcohol and Drugs*, 73(5), pp. 834-838.
- Beltzer, N. & Grémy, I., 2008. Connaissance du VIH/sida, perception du risque et comportements de prévention. *médecine/sciences*, Volume 24, pp. 62-71.
- Bernard, H. R. et al., 2010. Counting Hard-to-Count Populations: The Network Scale-Up Method for Public Health. *Sexually transmitted infections*, 12, Volume 86, pp. ii11--ii15.
- Bollaerts, K., Aerts, M. & Sasse, A., 2013. Improved benchmark-multiplier method to estimate the prevalence of ever-injecting drug use in Belgium, 2000-10. *Archives of Public Health*, 5, Volume 71, p. 10.
- Bouchard, M., 2007. A Capture-Recapture Model to Estimate the Size of Criminal Populations and the Risks of Detection in a Marijuana Cultivation Industry. *Journal of Quantitative Criminology*, Volume 23, pp. 221-241.
- Cadet-Tairou, A., Reynaud-Maurupt, C., Costes, J.-M. & Palle, C., 2010. Enquêtes quantitatives auprès des populations difficiles à joindre: L'expérience de l'Observatoire français des drogues et des toxicomanies. *Methodological Innovations Online*, Volume 5, pp. 76-92.
- Chevallier, E., 2001. Estimations locales de la prévalence de l'usage d'opiacés et cocaïne en France. *Paris, report OFDT*.
- Clark, J. L. et al., 2014. Sampling methodologies for epidemiologic surveillance of men who have sex with men and transgender women in Latin America: an empiric comparison of convenience sampling, time space sampling, and respondent driven sampling. *AIDS and behavior*, Volume 18, pp. 2338-2348.
- Coumans, A. M. et al., 2017. Estimating homelessness in the Netherlands using a capture-recapture approach. *Social Indicators Research*, Volume 130, pp. 189-212.
- Deville, J.-C. & Lavallée, P., 2006. Sondage indirect: les fondements de la méthode généralisée du partage des poids. *Techniques d'enquête*, 32(2), p. 185.
- D'Onise, K., Wang, Y. & McDermott, R., 2007. The importance of numbers: Using capture-recapture to make the homeless count in Adelaide. *Australian Journal of Primary Health*, Volume 13, pp. 89-96.
- Ezoe, S. et al., 2012. Population Size Estimation of Men Who Have Sex with Men through the Network Scale-Up Method in Japan. *PLOS ONE*, 1, Volume 7, p. e31184.
- Girard, A. & Zucker, E., 1967. Une enquête auprès du public sur la structure familiale et la prévention des naissances. *Population (french edition)*, pp. 401-454.
- Goel, S. & Salganik, M. J., 2010. Assessing respondent-driven sampling. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(15), pp. 6743-6747.
- Graham, W., Brass, W. & Snow, R. W., 1989. Estimating maternal mortality: the sisterhood method. *Studies in family planning*, Volume 20, pp. 125-135.
- Guo, W. et al., 2013. Estimating the size of HIV key affected populations in Chongqing, China, using the network scale-up method. *PloS one*, 8(8).
- Handcock, M. S., Gile, K. J. & Mar, C. M., 2014. Estimating hidden population size using respondent-driven sampling data. *Electronic journal of statistics*, 8(1), p. 1491.

- Heckathorn, D. D., 2002. Respondent-driven sampling II: deriving valid population estimates from chain-referral samples of hidden populations. *Social problems*, Volume 49, pp. 11-34.
- Héran, F., 1988. La sociabilité, une pratique culturelle. *Economie et Statistique*, Volume 216, pp. 3-22.
- Hickman, M. et al., 2006. Estimating prevalence of injecting drug use: a comparison of multiplier and capture-recapture methods in cities in England and Russia. *Drug and Alcohol Review*, Volume 25, pp. 131-140.
- Hill, R. A. & Dunbar, R. I. M., 2003. Social network size in humans. *Human nature*, Volume 14, pp. 53-72.
- Houdaille, J., 1970. Une nouvelle technique pour les enquêtes sur les actes illégaux. *Population*, pp. 1088-1089.
- Jafari-Khounigh, A. et al., 2014. Size estimation of most-at-risk groups of HIV/AIDS using network scale-up in Tabriz, Iran. *Journal of Clinical Research & Governance*, Volume 3, pp. 21-26.
- Jauffret Roustide, M. et al., 2013. Estimation de la séroprévalence du VIH et de l'hépatite C chez les usagers de drogues en France. Premiers résultats de l'enquête ANRS-Coquelicot 2011. *Bulletin épidémiologique hebdomadaire*, Issue 39-40, pp. 504-509.
- Jauffret-Roustide, M. & Le Strat, Y., 2010. Conception, échantillonnage, organisation du terrain d'une enquête TLS et nouveaux développements: Coquelicot, une enquête auprès d'usagers de drogues. *Methodological Innovations Online*, Volume 5, pp. 26-37.
- Johnston, L., 2013. Introduction to respondent-driven sampling. *Geneva, Switzerland: World Health Organization*.
- Johnston, L. G. & Sabin, K., 2010. Sampling hard-to-reach populations with respondent driven sampling. *Methodological innovations online*, 5(2), pp. 38-48.
- Jones, R. K. & Kost, K., 2007. Underreporting of induced and spontaneous abortion in the United States: an analysis of the 2002 National Survey of Family Growth. *Studies in family planning*, Volume 38, pp. 187-197.
- Kazemzadeh, Y., Shokoohi, M., Baneshi, M. R. & Haghdoost, A. A., 2016. The Frequency of High-Risk Behaviors Among Iranian College Students Using Indirect Methods: Network Scale-Up and Crosswise Model. *International journal of high risk behaviors & addiction*, 7, Volume 5, pp. e25130--e25130.
- Khamsiriwatchara, A. et al., 2011. Respondent-driven sampling on the Thailand-Cambodia border. I. Can malaria cases be contained in mobile migrant workers?. *Malaria Journal*, 5, Volume 10, p. 120.
- Killworth, P. D. et al., 2003. *Attempting to quantify transmission and barrier errors in scale-up methods*. s.l.:preparation.
- Killworth, P. D. et al., 1998. Estimation of seroprevalence, rape, and homelessness in the United States using a social network approach. *Evaluation review*, 22(2), pp. 289-308.
- Kimber, J. et al., 2008. Estimating the size and dynamics of an injecting drug user population and implications for health service coverage: comparison of indirect prevalence estimation methods. *Addiction*, 103(10), pp. 1604-1613.
- Kraus, L. et al., 2003. Estimating prevalence of problem drug use at national level in countries of the European Union and Norway. *Addiction*, 98(4), pp. 471-485.
- Kraus, L. et al., 2017. Estimating high-risk cannabis and opiate use in Ankara, Istanbul and Izmir. *Drug and alcohol review*, 36(5), pp. 626-632.

- Lavallée, P., 2012. Le sondage déterminé selon les répondants: un survol méthodologique.
- Luan, R. et al., 2005. A study on methods of estimating the population size of men who have sex with men in Southwest China. *European Journal of Epidemiology*, 7, Volume 20, pp. 581-585.
- Marpsat, M., 2007. Bilan des sources et méthodes des statistiques publiques concernant les personnes sans-domicile. *Les Travaux de l'Observatoire, ONPES*, Volume 2008, pp. 413-431.
- Marpsat, M. & Razafindratsima, N., 2010. Les méthodes d'enquêtes auprès des populations difficiles à joindre: Introduction au numéro spécial. *Methodological Innovations Online*, Volume 5, pp. 3-16.
- Marpsat, M. & Yaouancq, F., 2016. Avant-propos L'enquête Sans-Domicile 2012: histoire et place en Europe. *Econ Stat*, pp. 488-489.
- Nikfarjam, A. et al., 2017. The frequency of alcohol use in Iranian urban population: the results of a national network scale up survey. *International journal of health policy and management*, Volume 6, p. 97.
- Nikfarjam, A. et al., 2016. National population size estimation of illicit drug users through the network scale-up method in 2013 in Iran. *International Journal of Drug Policy*, 5, Volume 31, pp. 147-152.
- Polese, A., Rodgers, P., Vershinina, N. & Rodionova, Y., 2011. Methodological issues in studying hidden populations operating in informal economy. *International Journal of Sociology and Social Policy*.
- Quaglia, M. & Vivier, G., 2010. Construction et application sur le terrain d'une méthode d'échantillonnage indirect (Time-Location Sampling): L'exemple des enquêtes auprès des personnes sans domicile et d'usagers de drogues en France. *Methodological Innovations Online*, Volume 5, pp. 17-25.
- Rastegari, A. et al., 2014. Estimating the Annual Incidence of Abortions in Iran Applying a Network Scale-up Approach. *Iranian Red Crescent medical journal*, 10, Volume 16, pp. e15765--e15765.
- Rastegari, A. et al., 2013. The estimation of active social network size of the Iranian population. *Global journal of health science*, Volume 5, p. 217.
- Salganik, M. J. & Heckathorn, D. D., 2004. Sampling and Estimation in Hidden Populations Using Respondent-Driven Sampling. *Sociological Methodology*, Volume 34, pp. 193-239.
- Salganik, M. J. et al., 2011. The Game of Contacts: Estimating the Social Visibility of Groups. *Social networks*, 1, Volume 33, pp. 70-78.
- Schiltz, M.-A., 2005. Faire et défaire des groupes: L'information chiffrée sur les «populations difficiles à atteindre». *Bulletin of Sociological Methodology/Bulletin de Méthodologie Sociologique*, Volume 86, pp. 30-54.
- Schonlau, M., Weidmer, B. & Kapteyn, A., 2014. Recruiting an Internet Panel Using Respondent-Driven Sampling. *Journal of Official Statistics*, Volume 30, pp. 291-310.
- Sharifi, H. et al., 2017. Population size estimation of female sex workers in Iran: Synthesis of methods and results. *PloS one*, Volume 12, p. e0182755.
- Shelton, J. F., 2015. *Proposed Utilization of the Network Scale-up Method to Estimate the Prevalence of Trafficked Persons*. s.l., s.n.
- Shokoohi, M., Baneshi, M. R. & Haghdoost, A.-A., 2012. Size estimation of groups at high risk of HIV/AIDS using network scale up in Kerman, Iran. *International journal of preventive medicine*, 3(7), p. 471.

- UNAIDS, W., 2010. Guidelines on estimating the size of populations most at risk to HIV. *Geneva, Switzerland: World Health Organization*, p. 51.
- Vardanjani, H. M., Baneshi, M. R. & Haghdoost, A., 2015. Total and partial prevalence of cancer across Kerman Province, Iran, in 2014, using an adapted generalized Network scale-up method. *Asian Pac J Cancer Prev*, Volume 16, pp. 5493-8.
- Vergne, T., 2012. *Les méthodes de capture-recapture pour évaluer les systèmes de surveillance des maladies animales*, s.l.: s.n.
- Wejnert, C. et al., 2012. Estimating design effect and calculating sample size for respondent-driven sampling studies of injection drug users in the United States. *AIDS and Behavior*, 16(4), pp. 797-806.
- Wesson, P., Reingold, A. & McFarland, W., 2017. Theoretical and empirical comparisons of methods to estimate the size of hard-to-reach populations: a systematic review. *AIDS and behavior*, 21(7), pp. 2188-2206.
- Williams, M., 2010. Pouvons-nous mesurer la population sans domicile? Une évaluation critique de la «Capture-Recapture». *Methodological Innovations Online*, Volume 5, pp. 49-59.