

Présentation de la base de données *Tageo*

Le site *Tageo* regroupe l'ensemble des données disponibles sur la population de chaque État du monde (soit 193). Cette base présente la particularité de fournir une géolocalisation ponctuelle des villes administratives où la population a été recensée, ce qui est suffisant pour réaliser une étude globale de la structure multi-échelle de la répartition de l'établissement humain à l'échelle planétaire, l'objectif n'étant évidemment pas de réaliser une nouvelle base de données analogue à *Geopolis* (Moriconi-Ébrard, 1994). Ce chapitre détaillera la structure des données, et proposera une nouvelle interprétation des lois rang - taille abondamment utilisées en géographie urbaine pour décrire le réseau inter-urbain en reprenant des travaux réalisés en 2007 (Forriez et Martin, 2007 ; Forriez et Martin, 2009).

16.1. *Tageo*, site des données de la loi rang - taille

Tageo se présente comme le site « officiel » (gratuit) de la loi rang - taille en géographie urbaine. Il fournit pour les 193 États officiels du monde le classement de leurs villes définies par leur limite administrative. Au maximum, chaque série de données possède 300 lieux par État. On peut donc, sans problème, estimer un ajustement de type rang - taille sur ces listes. Toutefois, que valent réellement les informations contenues dans cette base qui ne mentionne aucune de ses sources ?

16.1.1. La nature des données

Tageo distingue deux informations : celles sur le classement des villes par État et celles sur la population totale de l'État étudié. Les données ont été extraites précisément le 3 novembre 2009. À cette date, on a pu vérifier sur un nombre restreint d'État que beaucoup de classements correspondaient à ceux des classements officiels, par exemple celui des Fiji est bien sur le site officiel de cet État. Autrement dit, la base comporte des données qui peuvent être temporellement très éloignés d'un classement à l'autre. Par exemple, la Chine n'a pas publié de données officielles depuis 1982 (Moriconi-Ébrard, 1994). Le classement chinois proposé est donc surprenant puisqu'il n'intègre ni Macao, ni Hong Kong. L'ensemble des données est par conséquent très hétéroclite de ce point de vue. Par contre, les données sur la population totale de chaque État semblent correspondre à l'année en cours, puisque si on fait le total du nombre d'habitants sur Terre, on trouve 6,5 milliards d'habitants, ce qui est conforme aux estimations officielles de l'ONU, mais il faut reconnaître que « malgré la présence d'un arsenal statistique puissant et de données très riches à l'échelle internationale, il n'existe pas d'inventaire fiable du nombre total d'habitants sur la planète » (David, 2004, p. 30). De plus, le positionnement des lieux cités dans la base est lui-même incomplet ; il manque 2 242 localisations sur 24 791. Toutefois, il est aujourd'hui assez simple de retrouver les villes manquantes, car *Tageo* donne les latitudes et les longitudes en coordonnées internationales.

Avant tout traitement, il faut évidemment préciser les objectifs de l'analyse et compléter dans la mesure du possible cette base de données.

16.1.2. L'objectif de l'analyse et les corrections apportées à la base

L'objectif de l'étude menée est de proposer une méthode d'analyse multi-échelle en couplant la géolocalisation des villes et leur population respective. Ainsi, la qualité des données au niveau du classement rang - taille de chaque État importe peu, car il sera toujours possible de reprendre l'outil d'analyse créé sur des données plus fiables. De ce point de vue, *Tageo* n'échappe pas aux différents reproches sur les sources de données de la population urbaine formulés par François Moriconi-Ébrard (1994).

Il en existe trois principaux.

1. Les découpages administratifs, utilisés par *Tageo*, suivent rarement des agglomérations urbaines réelles.
2. Les États ont chacun leur technique de comptage et leur stratégie de publication de leur population. Concernant le comptage, on dénombre trois problèmes. Tout d'abord, celui de la répétitivité dans le temps des recensements, elle est très irrégulière, même dans les États développés. Ensuite, dans certains États, et particulièrement ceux d'Afrique (Noin et Thumerelle, 1993 ; Moriconi-Ébrard, 1994), les recensements et les registres d'état civil sont réalisés de manière très approximative, si l'on excepte ceux subventionnés par les différents organismes de l'ONU (Noin et Thumerelle, 1993). Enfin, dans certains États, comme la Chine, les militaires présents en un lieu ne sont jamais comptés dans un recensement. De plus, pour les publications, beaucoup d'État, et en particulier les États autoritaires ou en voie de développement, ne publient ou ne diffusent aucune de leurs données officielles, ce qui ne facilite pas la recherche documentaire.
3. La recherche documentaire est un réel casse-tête. Le complément sur les géolocalisations apporté illustre bien l'ensemble des problèmes possibles évoqués par François Moriconi-Ébrard (1994). Deux sources complémentaires ont été utilisées : la base de données de la CIA (geonames.org) et celle de *GoogleEarth*. Les 2 242 sites manquants ont systématiquement été recherchés sur ces deux bases. Cela a permis de porter le nombre de sites marquants à 519. Ces derniers permettent d'identifier deux problèmes : celui de la transcription des alphabets locaux en alphabet latin et celui des changements de toponymes. Le premier cas est typique du passage de l'alphabet arabe à l'alphabet latin. Sur les 519 sites manquants, 168 correspondent à des toponymes arabes mal transcrits dans la base *Tageo*, dans le sens où elle ne fournit qu'une seule graphie. Les autres alphabets (chinois, cyrillique, grec) ont été moins problématiques. Par contre, le problème des changements toponymiques s'est peu posé, car la base de la CIA propose tous les anciens noms, ou tous les noms que peut porter une localité.

Pour conclure, il faut une nouvelle fois insister sur le fait que l'objectif de cette étude est de proposer une méthode d'analyse multi-échelle des villes localisées et de leur population respective. Ainsi, les imperfections relevées sur les populations ne peuvent être de même nature de celles relevées sur les localisations. Que le nombre d'habitants d'une ville soit faux, c'est une chose, mais que sa localisation soit fautive c'en est une autre. Étant donné que l'analyse du chapitre suivant portera essentiellement sur la position relative des lieux cités dans la base, les informations incertaines de la variable « nombre d'habitants » ne devraient pas perturber la structure globale des résultats.

16.1.3. Le sens des variables utilisées

Avant d'effectuer une analyse rang - taille de chaque État, il faut préciser ce qu'apportent les deux variables contenues dans la base *Tageo* afin d'éviter les erreurs d'interprétation.

16.1.3.1. La variable « position »

La variable « position » a été rarement utilisée dans l'étude de la répartition de la population mondiale. En effet, elle n'a un sens que si elle correspond à une réelle concentration de population en un lieu donné, ce qui n'est pas toujours le cas dans de nombreuses entités administratives. Lorsque le nombre d'habitants est peu important sur une étendue restreinte, la localisation par les limites administratives à un sens, mais ceci est rarement le cas pour des agglomérations morphologiques (cf. chapitre 7), où la limite officielle n'intègre pas la population réellement concentrée en un lieu (Moriconi-Ébrard, 1994). Toutefois, dans le chapitre 17, une méthode sera proposée pour corriger ce problème.

On peut également ajouter que le réseau des grandes villes à l'échelle mondiale présente des « hiérarchies [qui] sont relativement stables, car les espaces urbains disposant d'un certain poids démographique bénéficient d'effets d'inertie ne pouvant se modifier que lentement » (Dumont, 2004, p. 271). Ainsi, même si les classements de ces positions par l'intermédiaire du nombre d'habitants varient dans le temps, ce n'est pas le cas des positions elles-mêmes qui peuvent être, certes, déclassées, mais elle se maintiennent assez longtemps dans la hiérarchie urbaine. Les résultats présentés dans le chapitre 17 au niveau des positions, sont donc structurels.

16.1.3.2. La variable « nombre d'habitants »

Dans ce cadre, « une population se définit tout simplement comme étant l'ensemble des habitants (domiciliés à leur lieu de résidence des habitants (domiciliés à leur lieu de résidence habituelle) d'un territoire donné » (Noin et Thumerelle, 1993, p. 18). Pour éviter toute confusion avec le sens statistique du terme « population », désormais, il sera systématiquement remplacé par l'expression « nombre d'habitants ». Son intérêt a été parfaitement soulevé par François Moriconi-Ébrard (1994) qui écrivait que « la variable « nombre d'habitants » révèle [...] de l'évolution d'un système de peuplement qui transforme à de multiples échelles et tend à rassembler une humanité de plus en plus nombreuse dans un ensemble paradoxalement très sélectif de noyaux de peuplement. À cet égard, la ville apparaît comme le système d'organisation le plus rentable que la société ait inventé pour permettre à une population nombreuse de vivre sur une surface de taille la plus réduite possible. [On peut remarquer qu'ici l'auteur décrit ici un processus de fractalisation.] La variable « nombre d'habitants » est donc particulièrement appropriée pour mesurer ces processus, dans lesquels la ville représente davantage un moyen d'investigation que la finalité d'une recherche. Les villes peuvent ainsi être définies non pas par la portée de leur influence, mais directement par cette fonction de noyau de peuplement » (Moriconi-Ébrard, 1994, p. 13). De plus, si les géolocalisations sont incomplètes, ce n'est nullement le cas de la variable « nombre d'habitants » qui présente une liste continue de nombres, classée par ordre décroissant de la ville de rang 1 à celle du rang maximum connu.

Les données sont donc de qualité suffisante pour proposer une méthode d'analyse multi-échelle à l'échelle planétaire. De plus, elles permettent d'obtenir une structure rang - taille qui est continue sur les 2 668 premières villes administratives à l'échelle du monde, mais également à l'échelle de chaque État (soit 193 mesures possibles).

16.2. Lois rang - taille à l'échelle étatique

Dans cette partie, pour des raisons pédagogiques, seules les analyses à l'échelle étatique seront traitées. Cela permettra d'effectuer un état des lieux sur les principales relations et interprétations existantes des lois rang - taille en géographie urbaine, puis de vérifier leur validité dans chacun des classements de *Tageo*.

16.2.1. État des lieux des connaissances concernant les lois rang - taille

Les lois rang - taille sont issues d'une série d'observations empiriques qui caractérisent le réseau urbain défini comme étant la « répartition spatiale des villes en fonction de leur organisation hiérarchique » (Guérin-Pace, 1993, p. 4). On considère George Kingsley Zipf comme le père de cette approche (Zipf, 1941 ; Zipf, 1949). Ces lois se définissent par le fait « que l'on se place à l'échelle d'une région, d'un pays, d'un continent ou du monde, on constate toujours qu'il existe un petit nombre de petites villes, et que la diminution du nombre des villes suit une progression géométrique à peu près régulière lorsqu'on considère des catégories de taille de plus en plus élevée » (Pumain, 1982, p. 16). Autrement dit, il existe une relation linéaire entre, dans un graphique bi logarithmique, le rang et le nombre d'habitants d'une structure administrative. Cette dernière précision est indispensable pour l'étude correcte de la base *Tageo*, car comme cela était vu dans le chapitre 7, les limites administratives ne correspondent que très rarement aux limites morphologiques d'une ville. Il est important de rappeler que le classement doit impérativement être décroissant, sinon il est impossible d'établir une loi rang - taille (Clark, 1967).

D'ailleurs, la forme des distributions de la taille des villes change en fonction du choix des limites spatiales d'un objet géographique. Ainsi, si l'on étudie l'ensemble des agglomérations morphologiques, la structure de la loi rang - taille ne sera pas forcément une droite. Ce fut le cas, par exemple, de la France où l'on observait clairement un ajustement demi-parabolique (Laherrère, 1996). Ce résultat a été confirmé une nouvelle fois à l'échelle du monde à partir des données de l'ONU, soit les 435 premières conurbations à l'échelle du monde (Forriez et Martin, 2007 ; Forriez et Martin, 2009). Ainsi, plusieurs modèles ont pu être proposés pour étudier les lois rang - taille d'une variable V quelconque (Figure 133). Il faut préciser que ces dernières ressemblent aux lois de transformations d'échelle vues au chapitre 4, mais ce n'est qu'une analogie où l'on rapproche le rang r d'une résolution ε . Les lois rang - taille ne sont donc pas des lois fractales. Toutefois, la loi de Zipf est l'équivalent d'une loi invariante d'échelle. Pour une parabole, on se trouve dans le cas d'un modèle dépendant d'échelle plus complexe, où la dimension fractale varie elle-même en fonction de la résolution. À chacun de ces modèles, il est possible de proposer une correction log-périodique permettant un meilleur ajustement des données par rapport à ce que l'on observe, à savoir des paliers de populations.

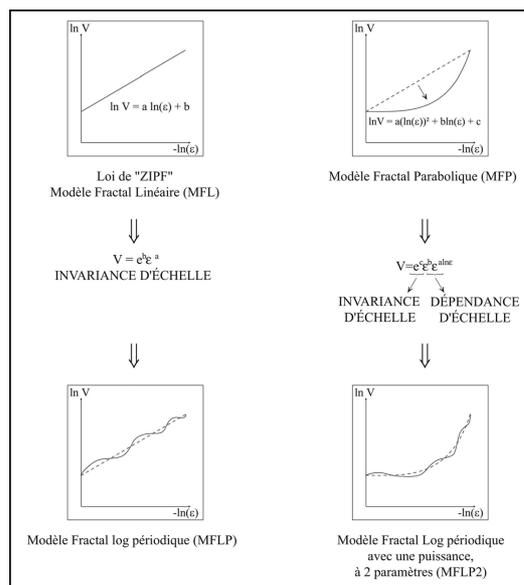


Figure 133. Schéma des différentes lois rang - taille possibles (Forriez, Martin, 2009)

Pour éviter de confondre lois fractales et lois rang - taille, ce texte poursuivra son analyse en appelant l'exposant des lois rang - taille : q ; le rang r et le nombre d'habitants P . Dans le cas linéaire, la relation observée dans un espace bi-logarithmique sera :

$$\ln P = -q \ln r + \ln P_0$$

ou, en loi de puissance,

$$P = P_0 r^{-q}.$$

De plus, contrairement aux graphiques de la Figure 133 et à la note de Denise Pumain (1982, p. 30-31), on ne prendra plus l'inverse du rang, car cette modification mathématique n'est pas nécessaire. En effet, elle ne permet que d'obtenir un exposant q positif, au lieu d'être négatif.

Si l'on revient, maintenant, sur l'ensemble des lois possibles observées, il faut préciser que l'on étudie toujours une loi rang - taille en analysant son espace bi logarithmique. C'est ce dernier, tout comme dans le cas des lois fractales, qui permet d'estimer si l'on se trouve dans le cas linéaire, ou dans le cas demi-parabolique, ou dans un cas inédit. Les potentialités des lois rang - taille sont donc largement à découvrir.

Quoi qu'il en soit, comme l'écrit François Moriconi-Ébrard, « un classement sur continuum statistique du nombre d'habitants pourrait peut-être constituer un critère scientifique si on [le] mettait en relation avec les structures de peuplement du pays : l'utilisation de la loi rang-taille pour un échantillon portant sur la totalité des établissements humains d'une unité géographique donnée met en évidence un seuil de rupture qui a été interprété comme un seuil de démarcation entre le rural et l'urbain. [...] Une définition qui s'appuierait sur la rupture de ce continuum statistique pourrait traduire ce changement de nature dans l'organisation d'un système spatial, ou en respectant les spécificités nationales et régionales, à condition toutefois de définir des limites spatiales homogènes pour chaque unité de peuplement » (Moriconi-Ébrard, 1994, p. 42). Cependant, le rapprochement entre système de peuplement, articulation urbain-rural et répartition dans l'espace géographique semble tout de même périlleux. Il est vrai que les lois rang - taille sont porteuses de toutes ces considérations, mais leur mise en correspondance se heurte aux lois fractales régissant au moins l'articulation urbain-rural et la répartition de la population. Il ne serait donc guère étonnant que le système de peuplement soit également régi par une structure multi-échelle. C'est ce que le chapitre suivant essayera de prouver.

Avant de poursuivre l'analyse, le paragraphe suivant présentera rapidement les résultats obtenus des lois rang - taille mesurées sur les distributions de taille des villes dans chacun des 193 États du monde.

16.2.2. Présentation des résultats obtenus à partir des données *Tageo*

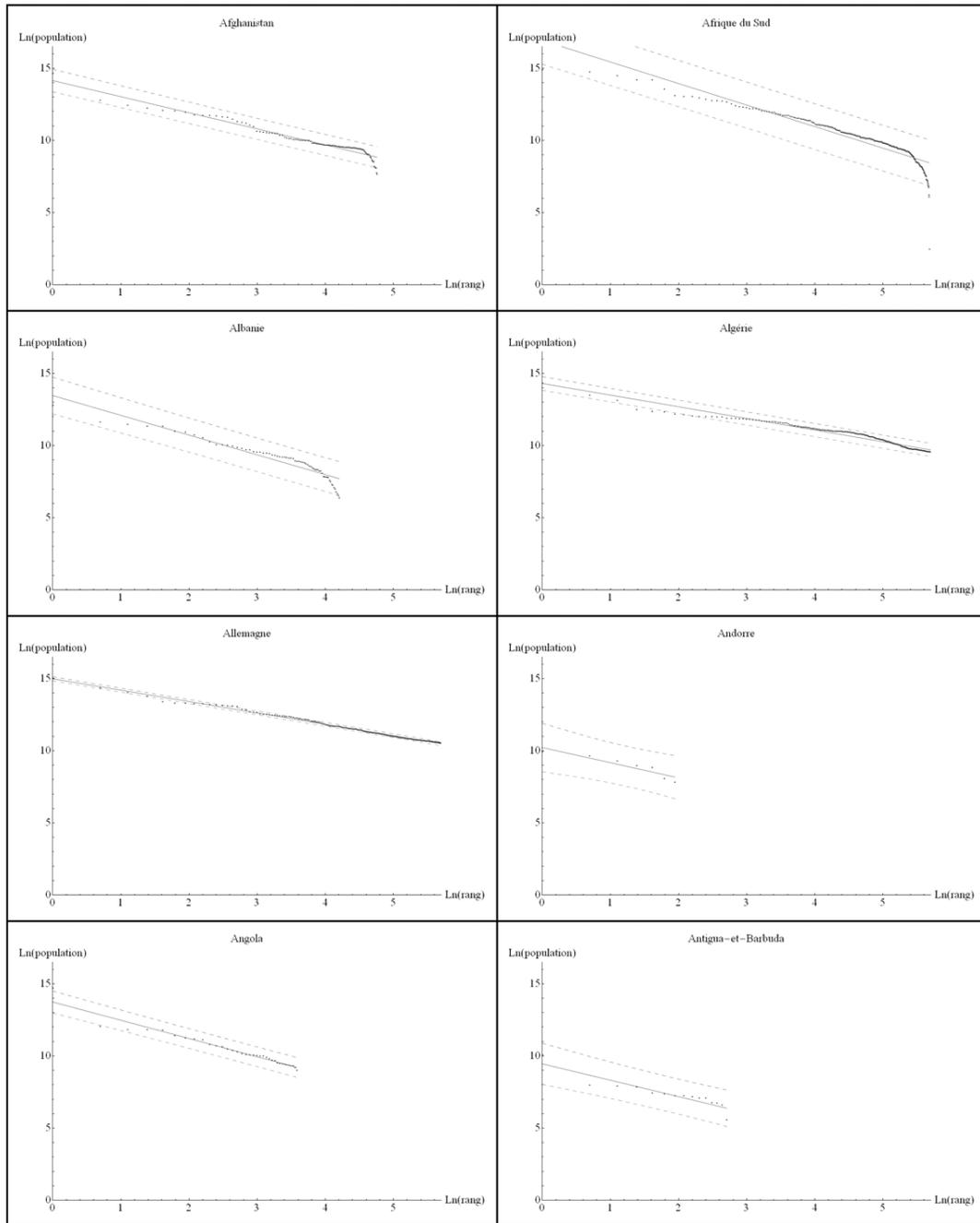


Figure 134-1. Tableau récapitulant les régressions linéaires effectuées dans l'espace bi logarithmique des rangs et du nombre d'habitants

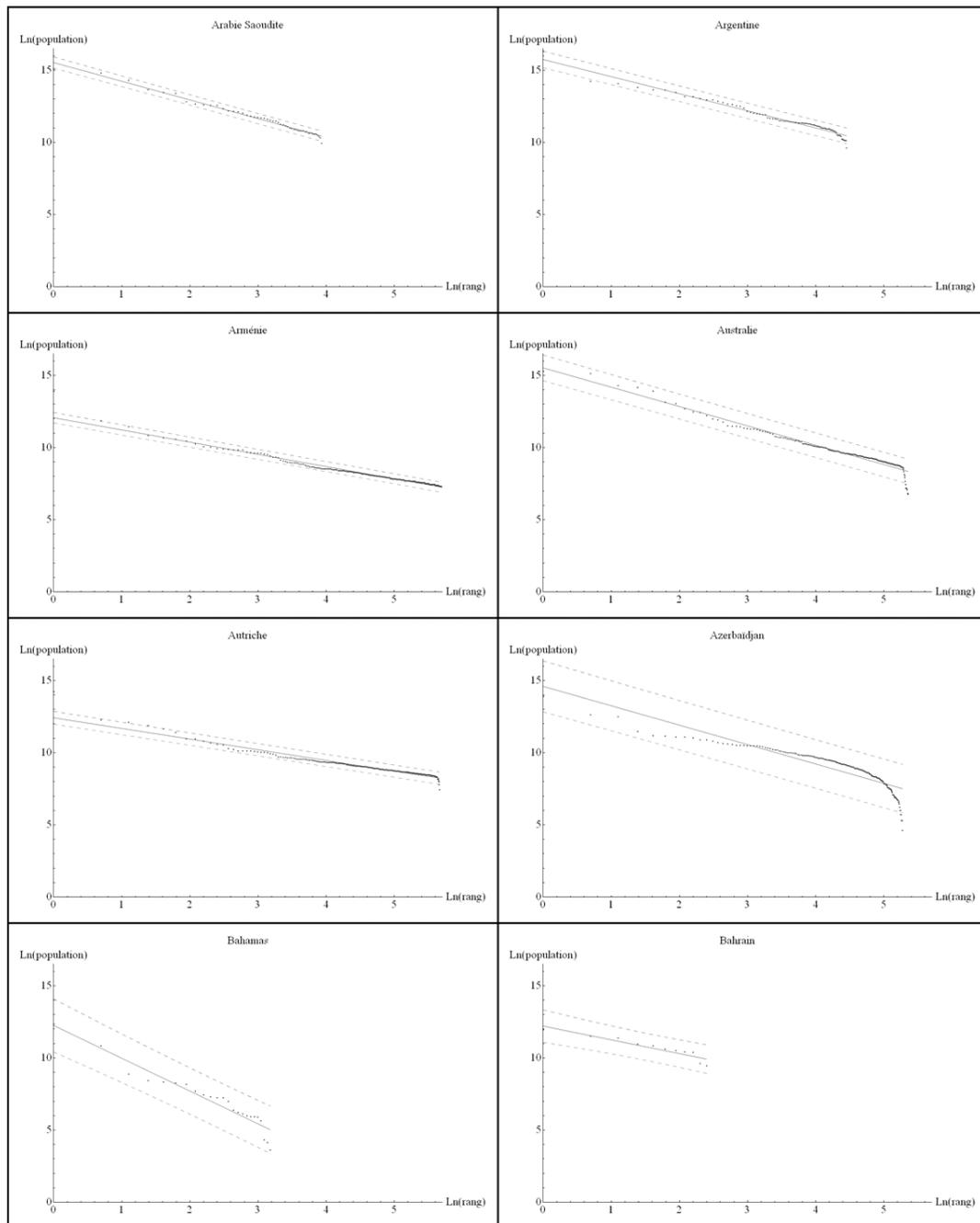


Figure 134-2. Tableau récapitulant les régressions linéaires effectuées dans l'espace bi logarithmique des rangs et du nombre d'habitants

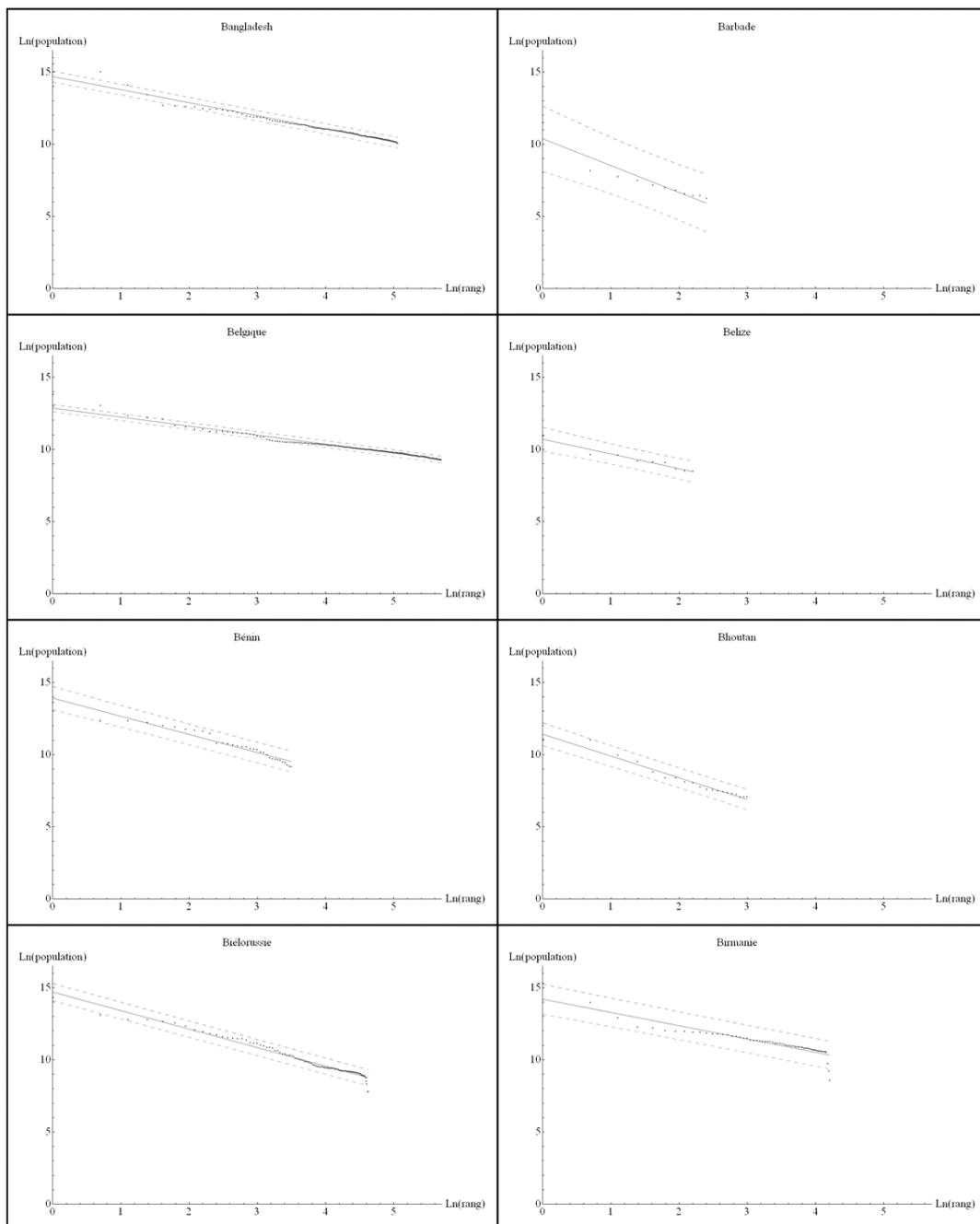


Figure 134-3. Tableau récapitulant les régressions linéaires effectuées dans l'espace bi logarithmique des rangs et du nombre d'habitants

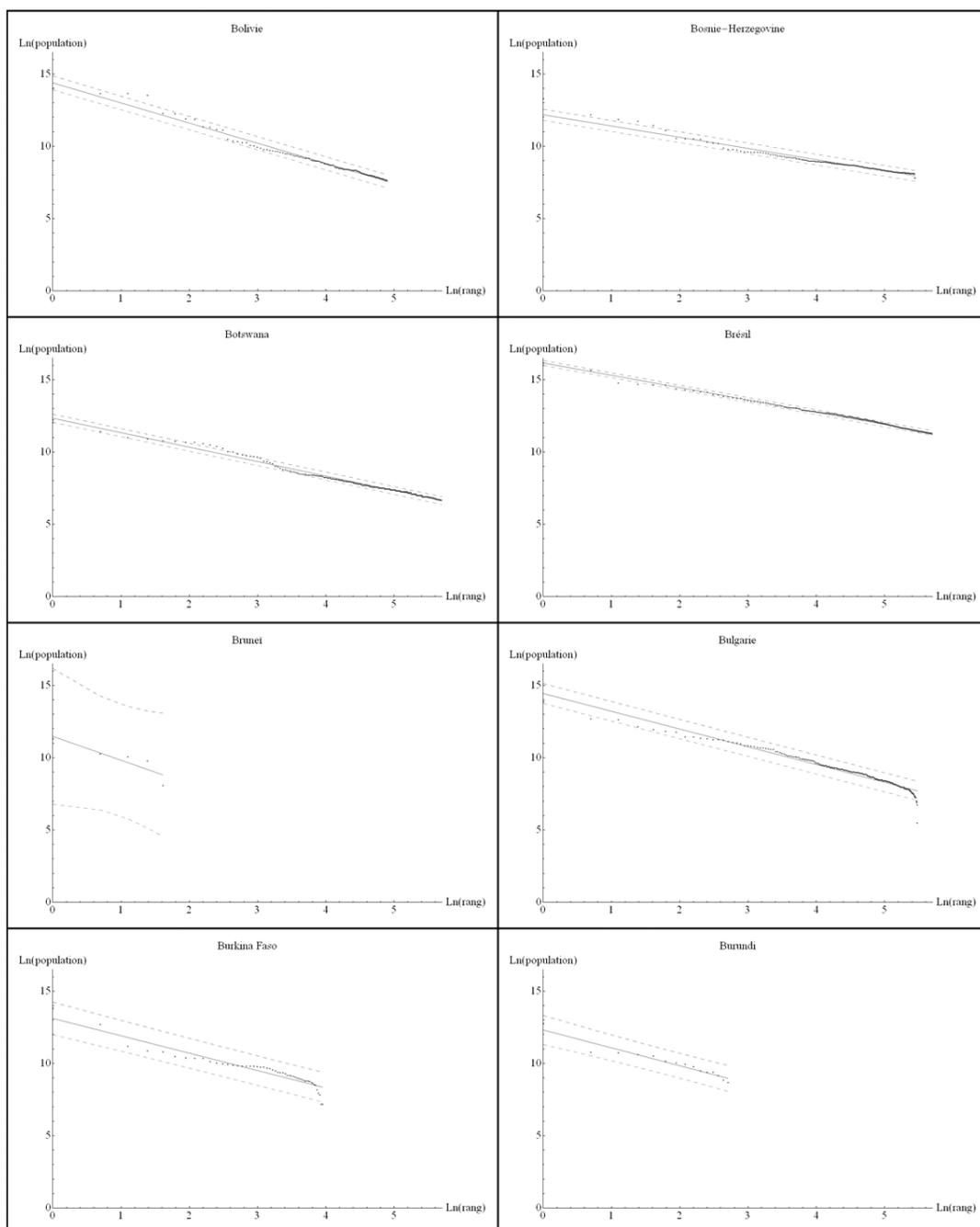


Figure 134-4. Tableau récapitulant les régressions linéaires effectuées dans l'espace bi logarithmique des rangs et du nombre d'habitants

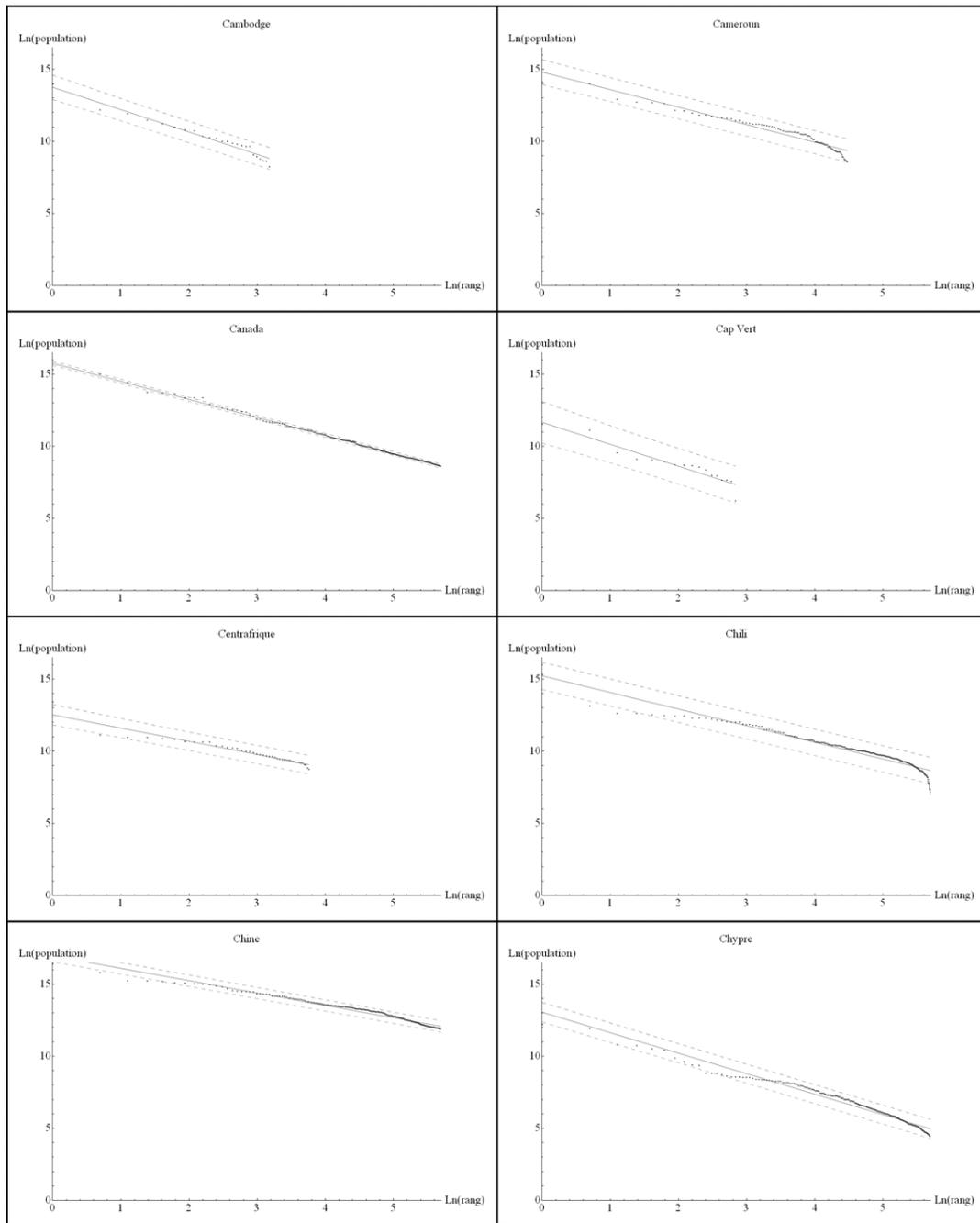


Figure 134-5. Tableau récapitulant les régressions linéaires effectuées dans l'espace bi logarithmique des rangs et du nombre d'habitants

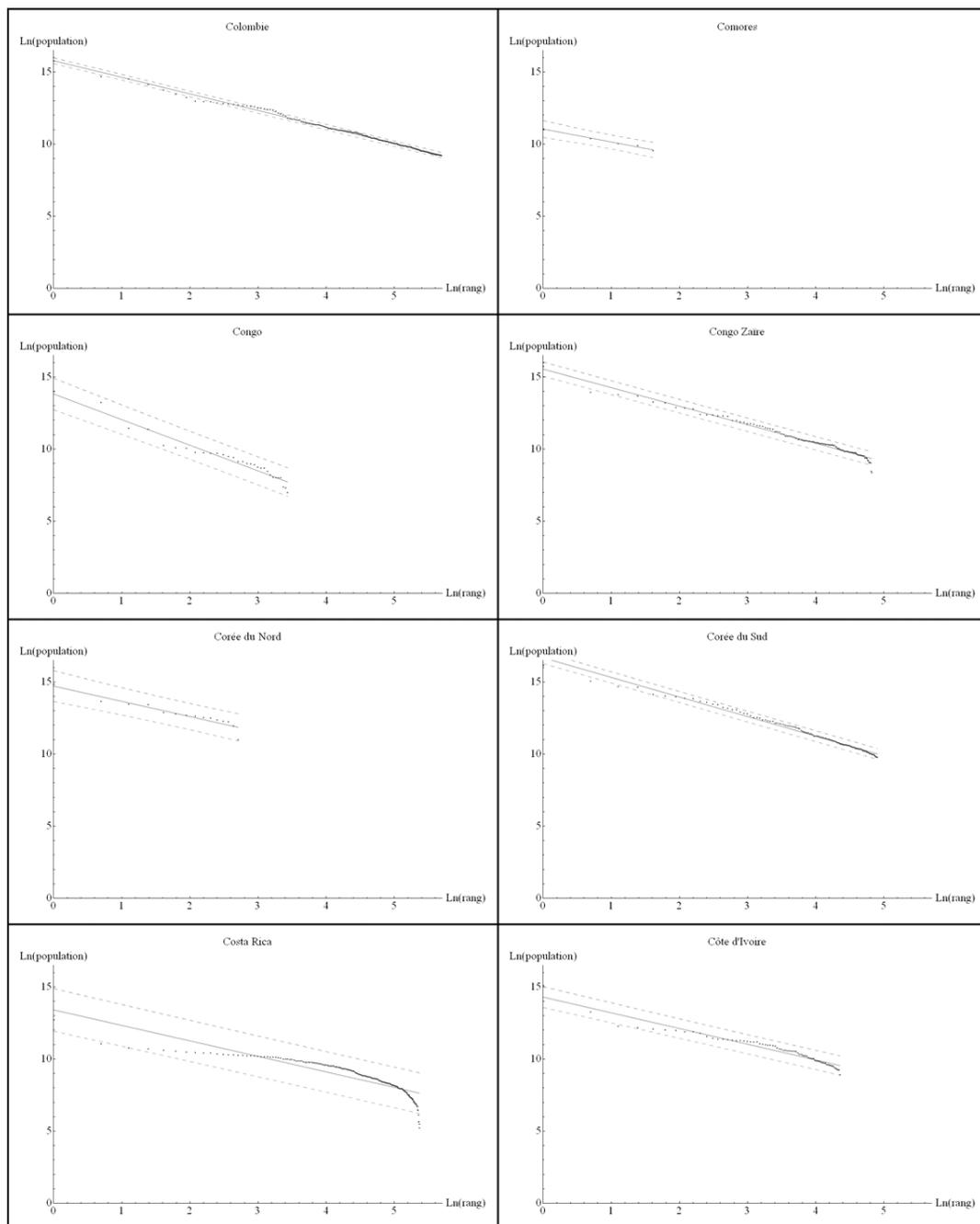


Figure 134-6. Tableau récapitulant les régressions linéaires effectuées dans l'espace bi logarithmique des rangs et du nombre d'habitants

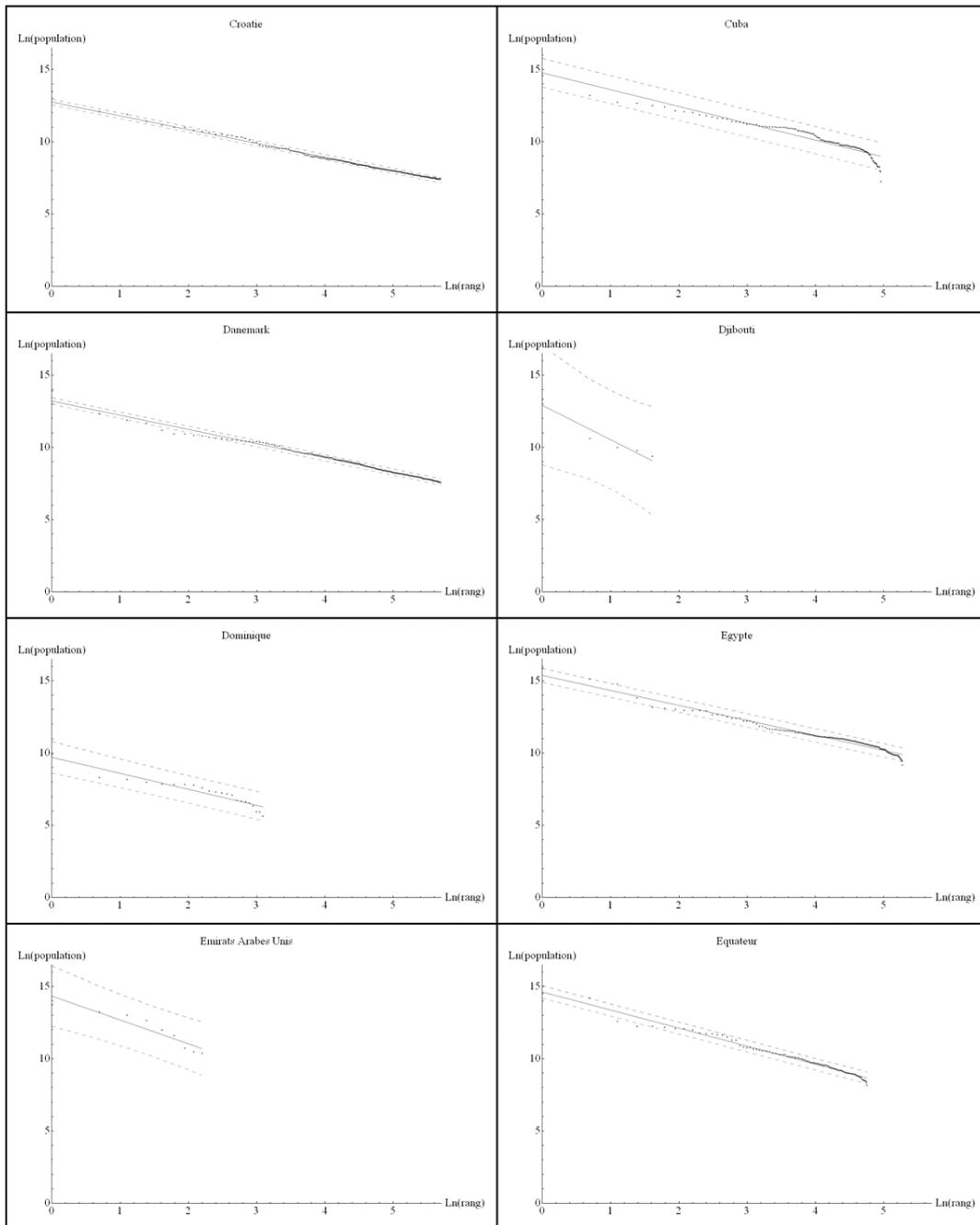


Figure 134-7. Tableau récapitulant les régressions linéaires effectuées dans l'espace bi logarithmique des rangs et du nombre d'habitants

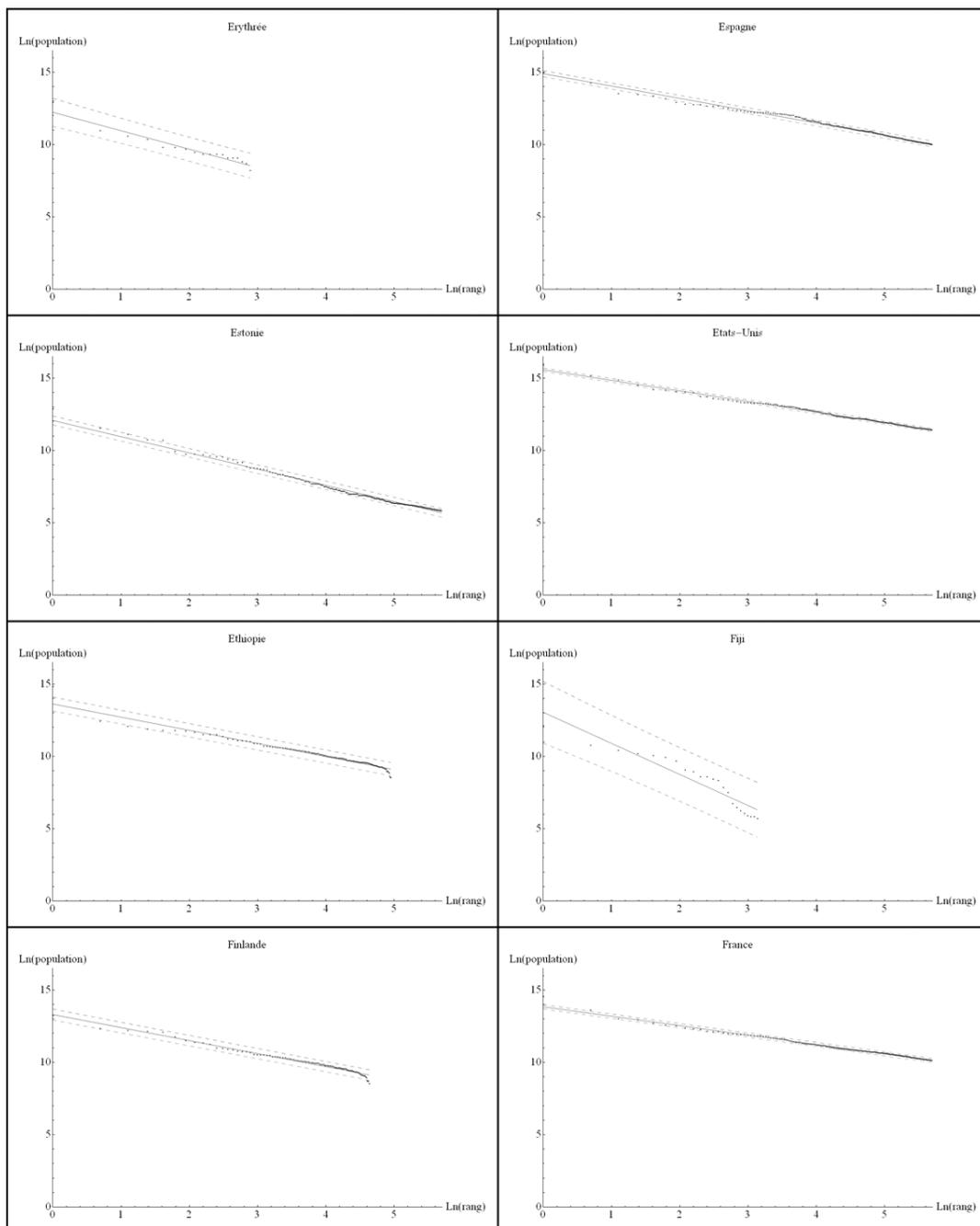


Figure 134-8. Tableau récapitulatif des régressions linéaires effectuées dans l'espace bi logarithmique des rangs et du nombre d'habitants

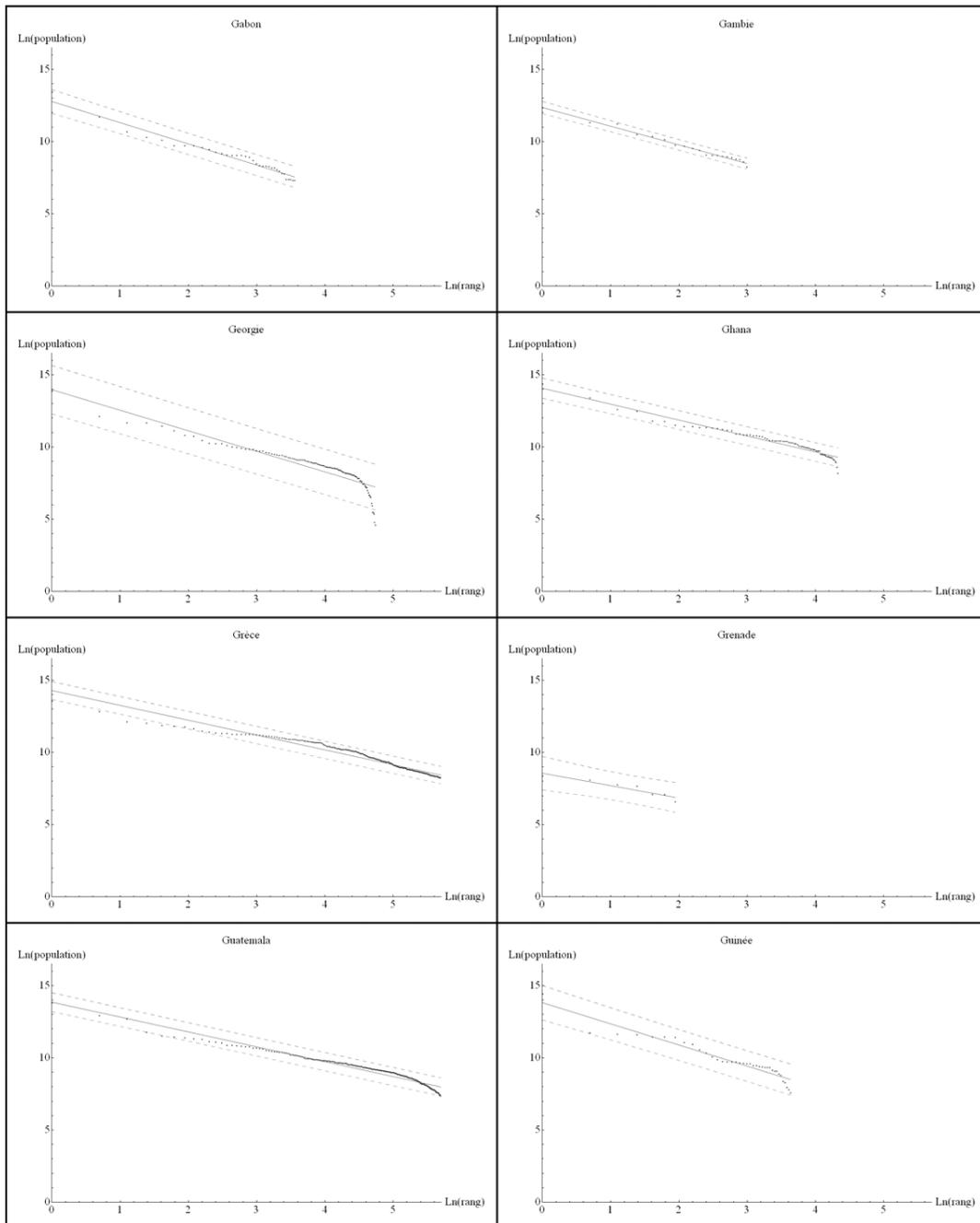


Figure 134-9. Tableau récapitulant les régressions linéaires effectuées dans l'espace bi logarithmique des rangs et du nombre d'habitants

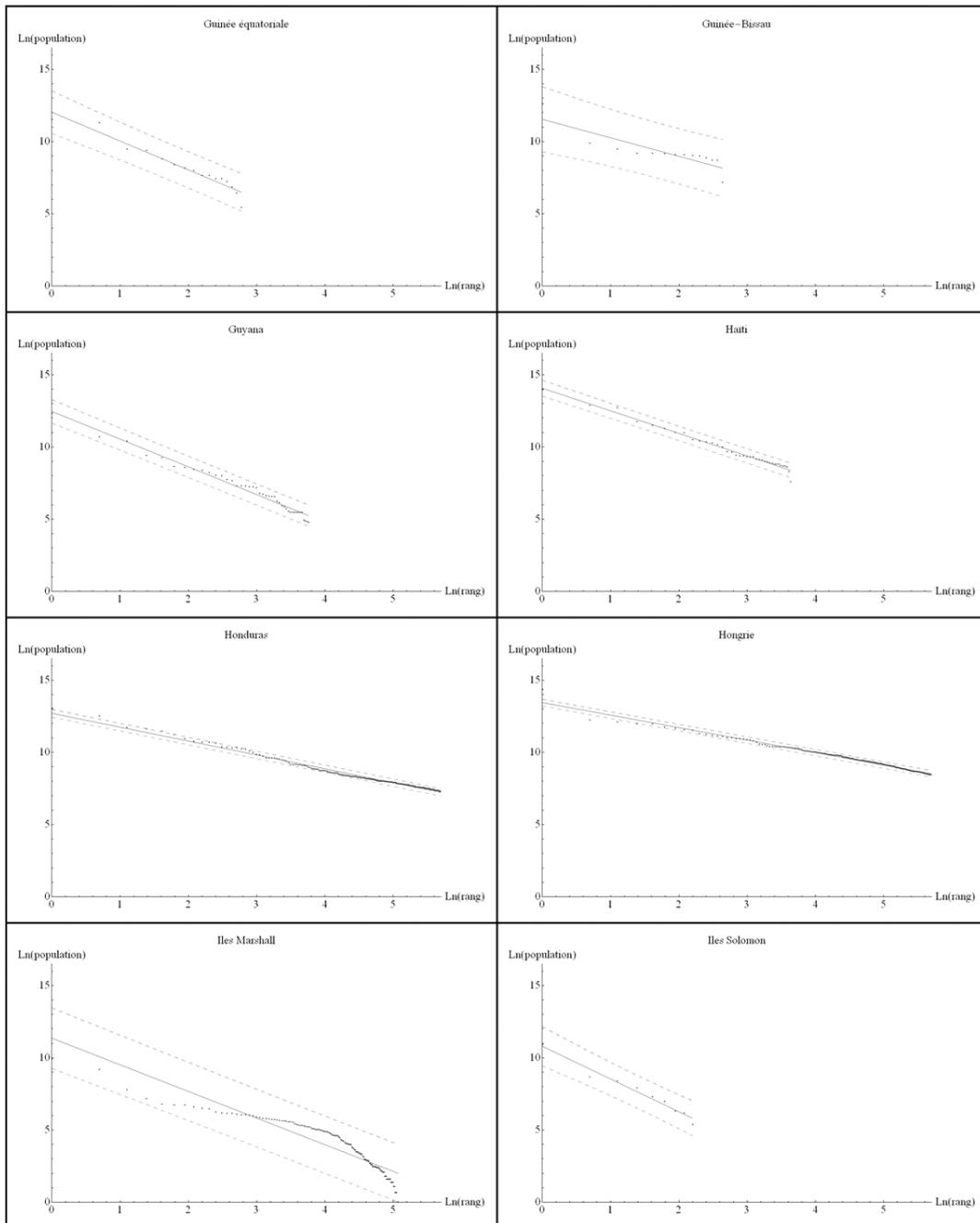


Figure 134-10. Tableau récapitulatif des régressions linéaires effectuées dans l'espace bi logarithmique des rangs et du nombre d'habitants

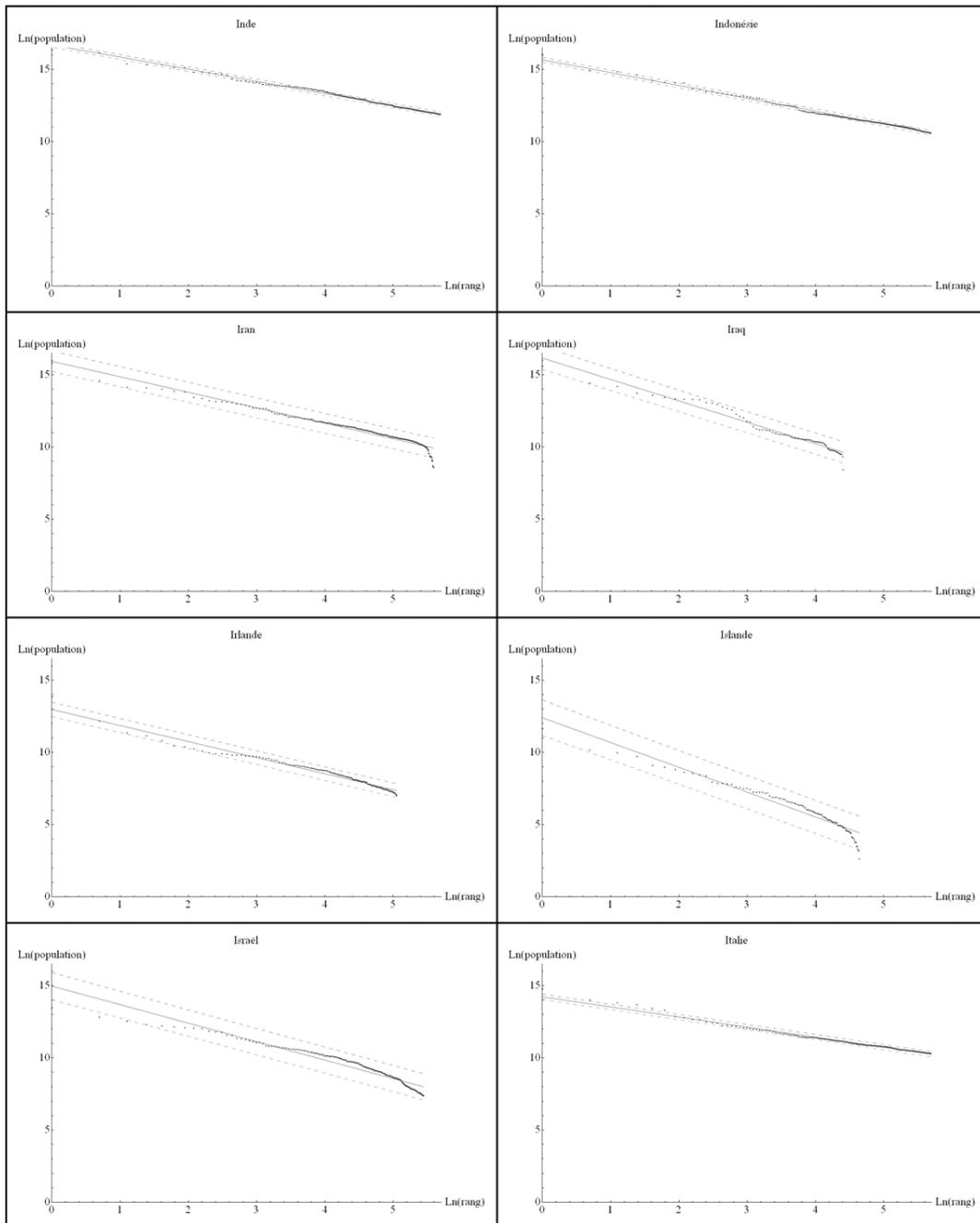


Figure 134-11. Tableau récapitulatif des régressions linéaires effectuées dans l'espace bi logarithmique des rangs et du nombre d'habitants

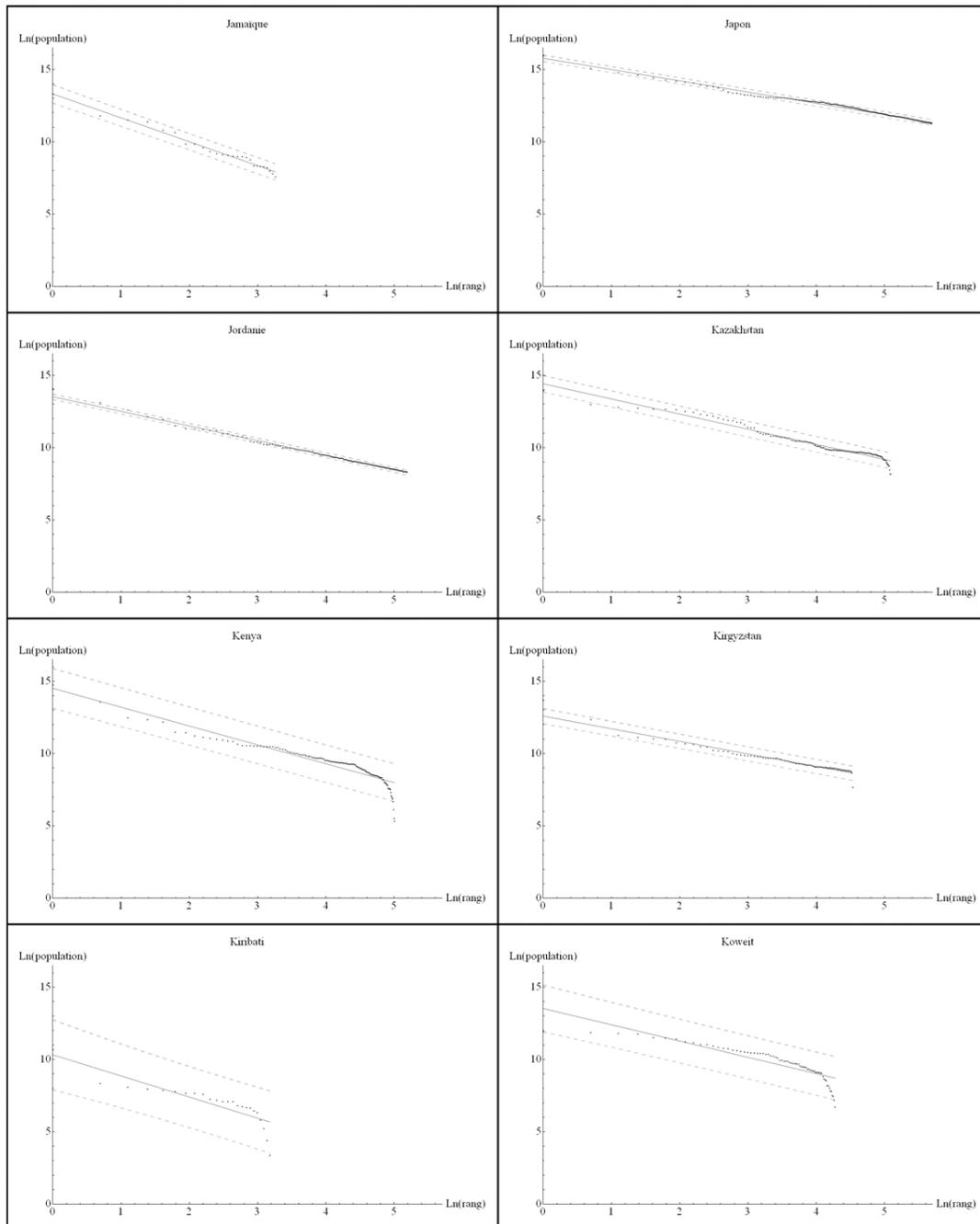


Figure 134-12. Tableau récapitulant les régressions linéaires effectuées dans l'espace bi logarithmique des rangs et du nombre d'habitants

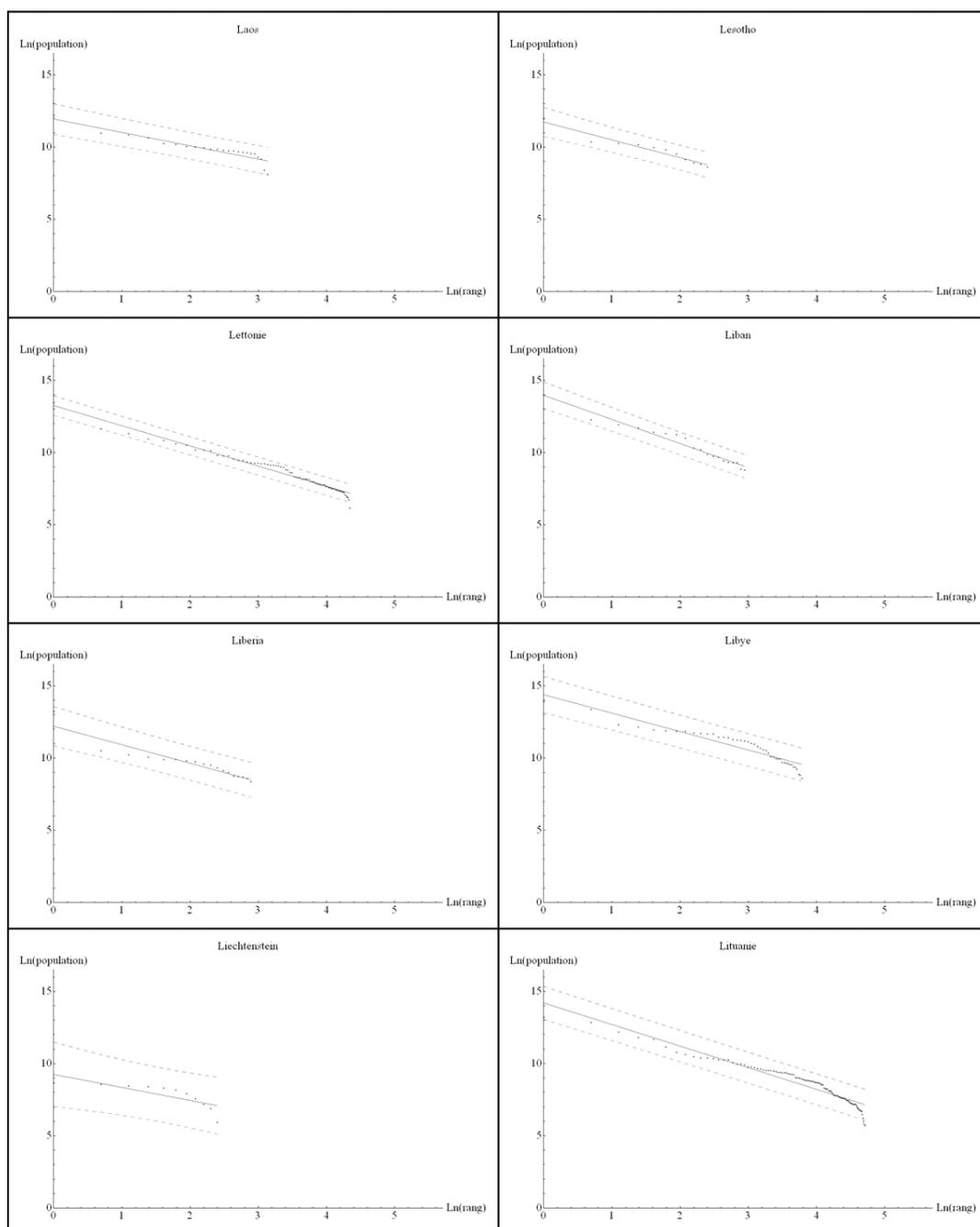


Figure 134-13. Tableau récapitulatif des régressions linéaires effectuées dans l'espace bi logarithmique des rangs et du nombre d'habitants

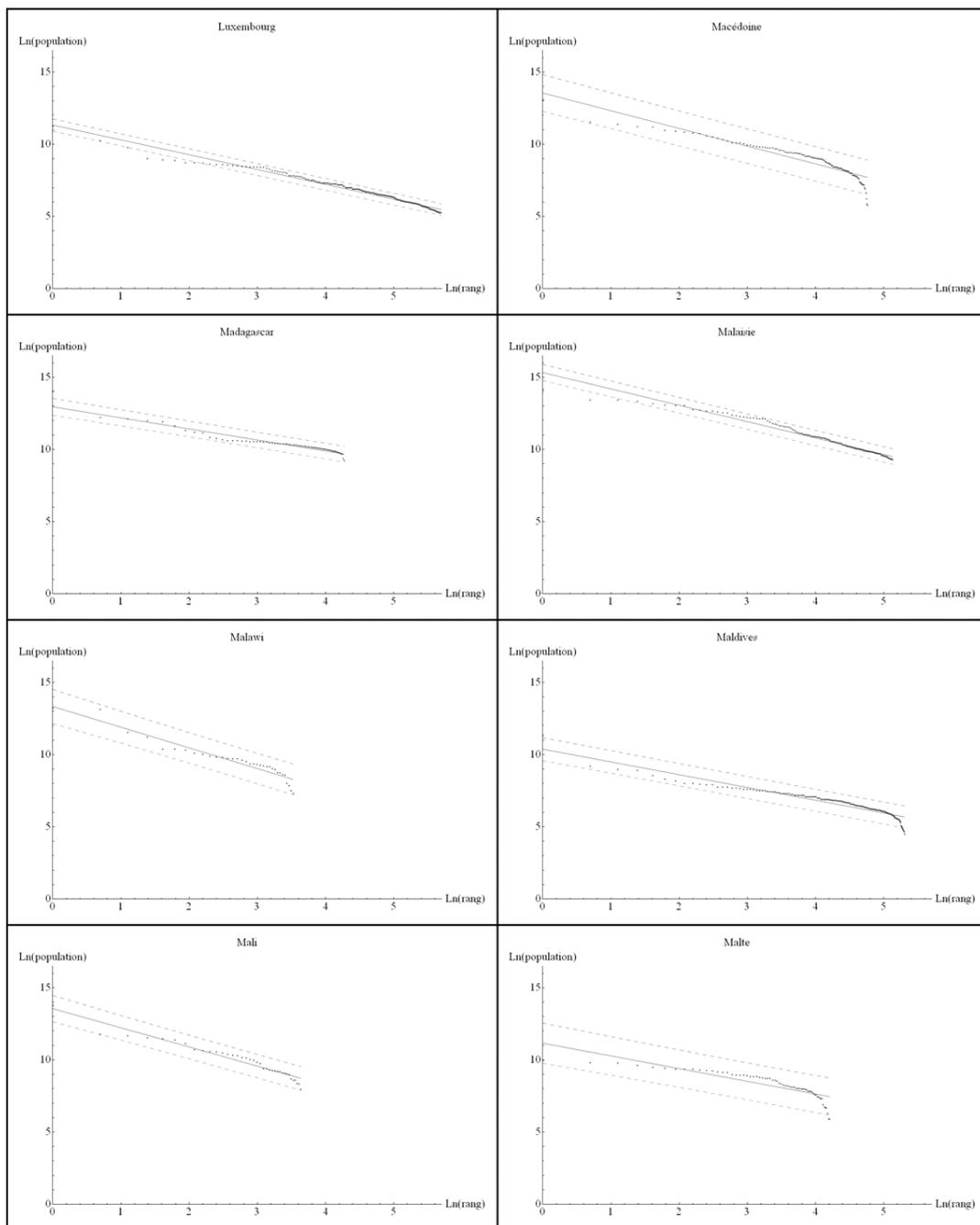


Figure 134-14. Tableau récapitulatif des régressions linéaires effectuées dans l'espace bi logarithmique des rangs et du nombre d'habitants

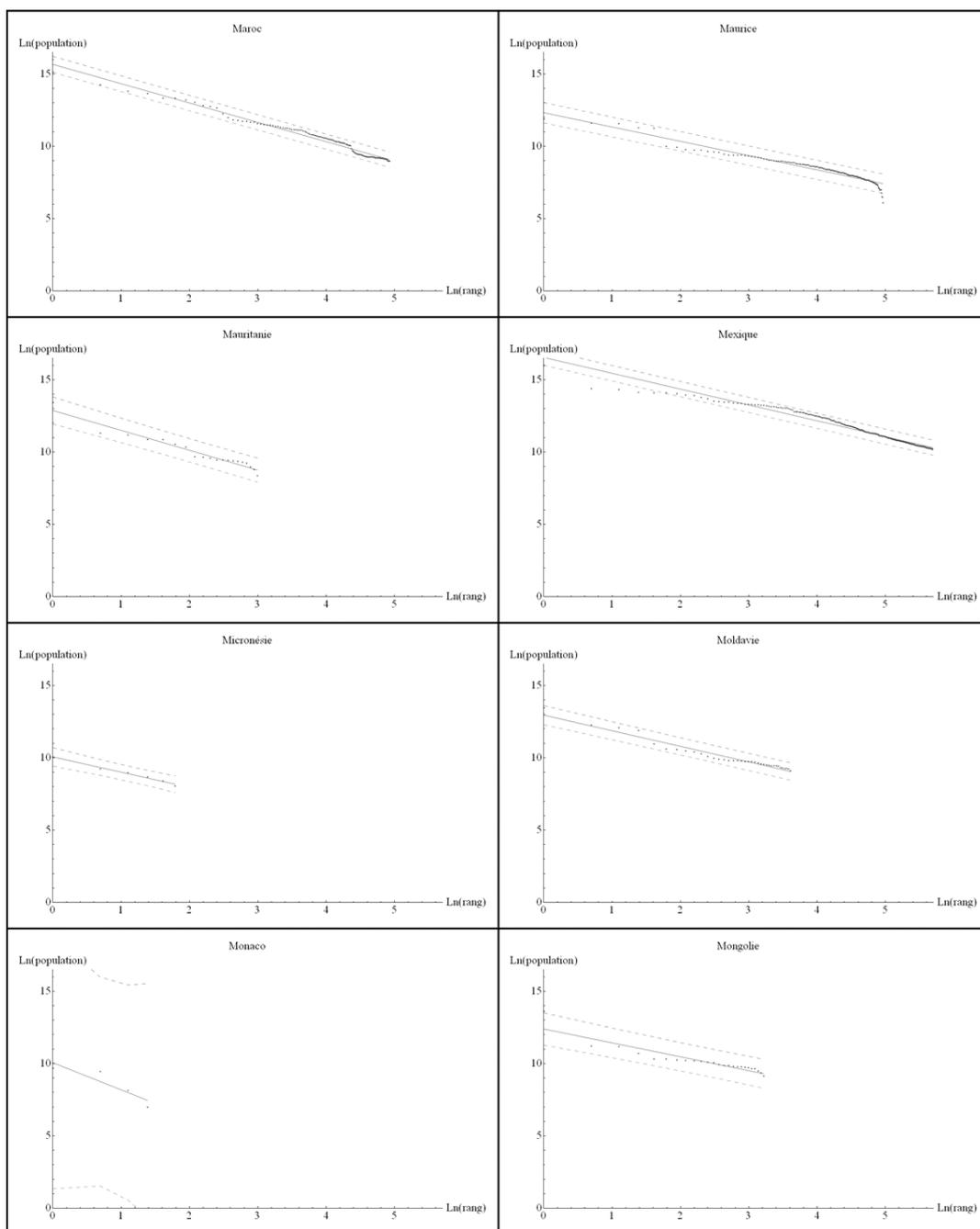


Figure 134-15. Tableau récapitulatif des régressions linéaires effectuées dans l'espace bi logarithmique des rangs et du nombre d'habitants

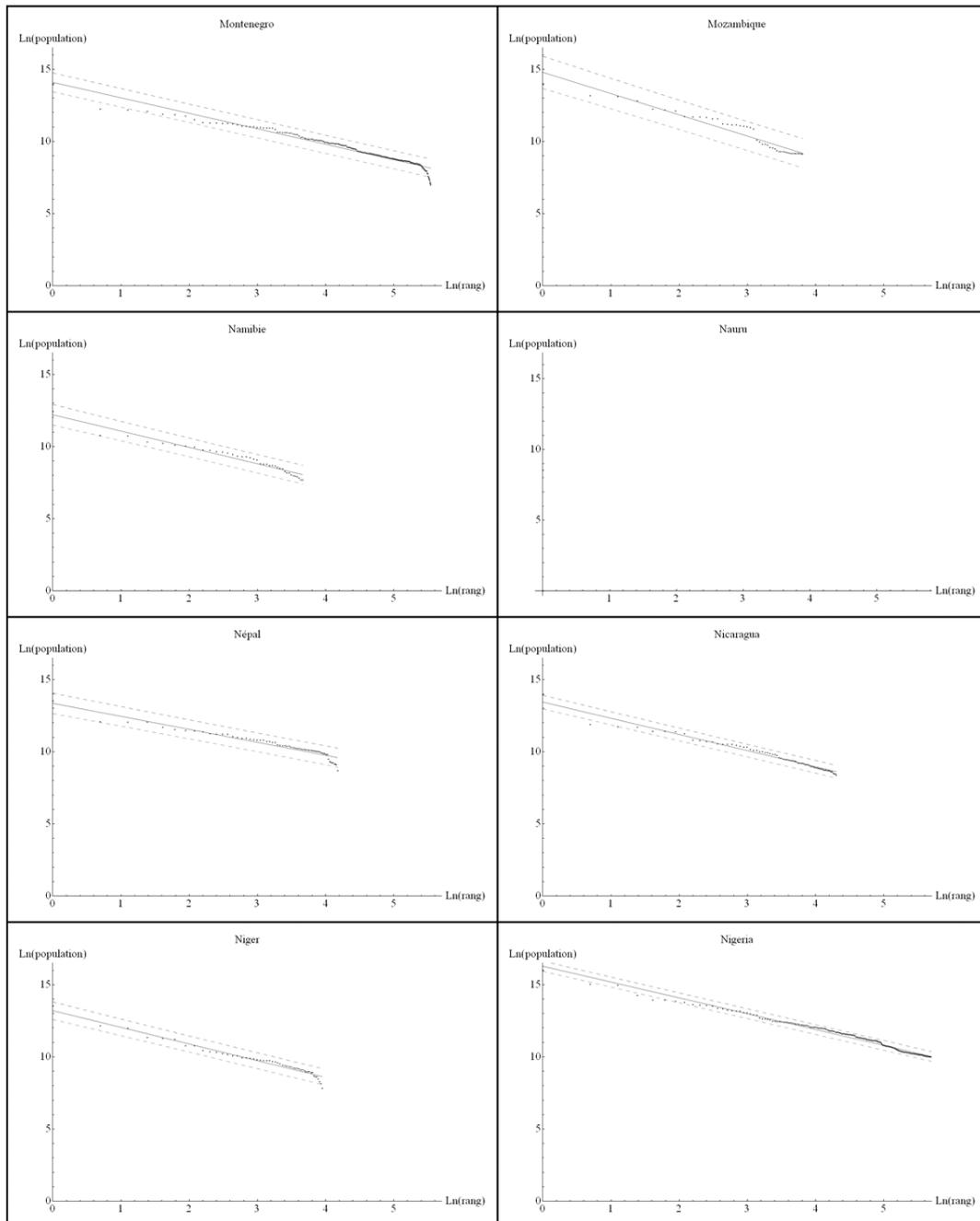


Figure 134-16. Tableau récapitulant les régressions linéaires effectuées dans l'espace bi logarithmique des rangs et du nombre d'habitants

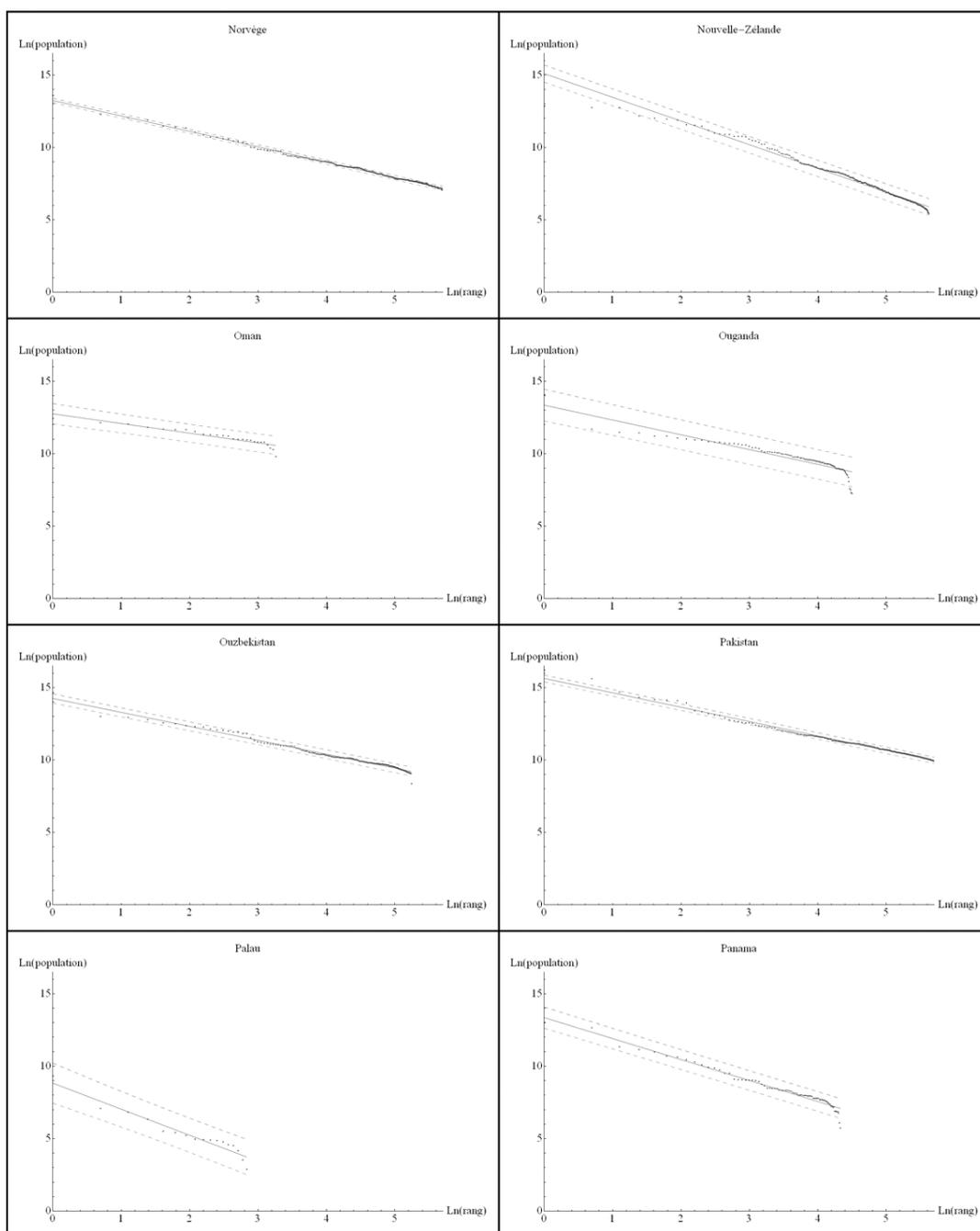


Figure 134-17. Tableau récapitulatif des régressions linéaires effectuées dans l'espace bi logarithmique des rangs et du nombre d'habitants

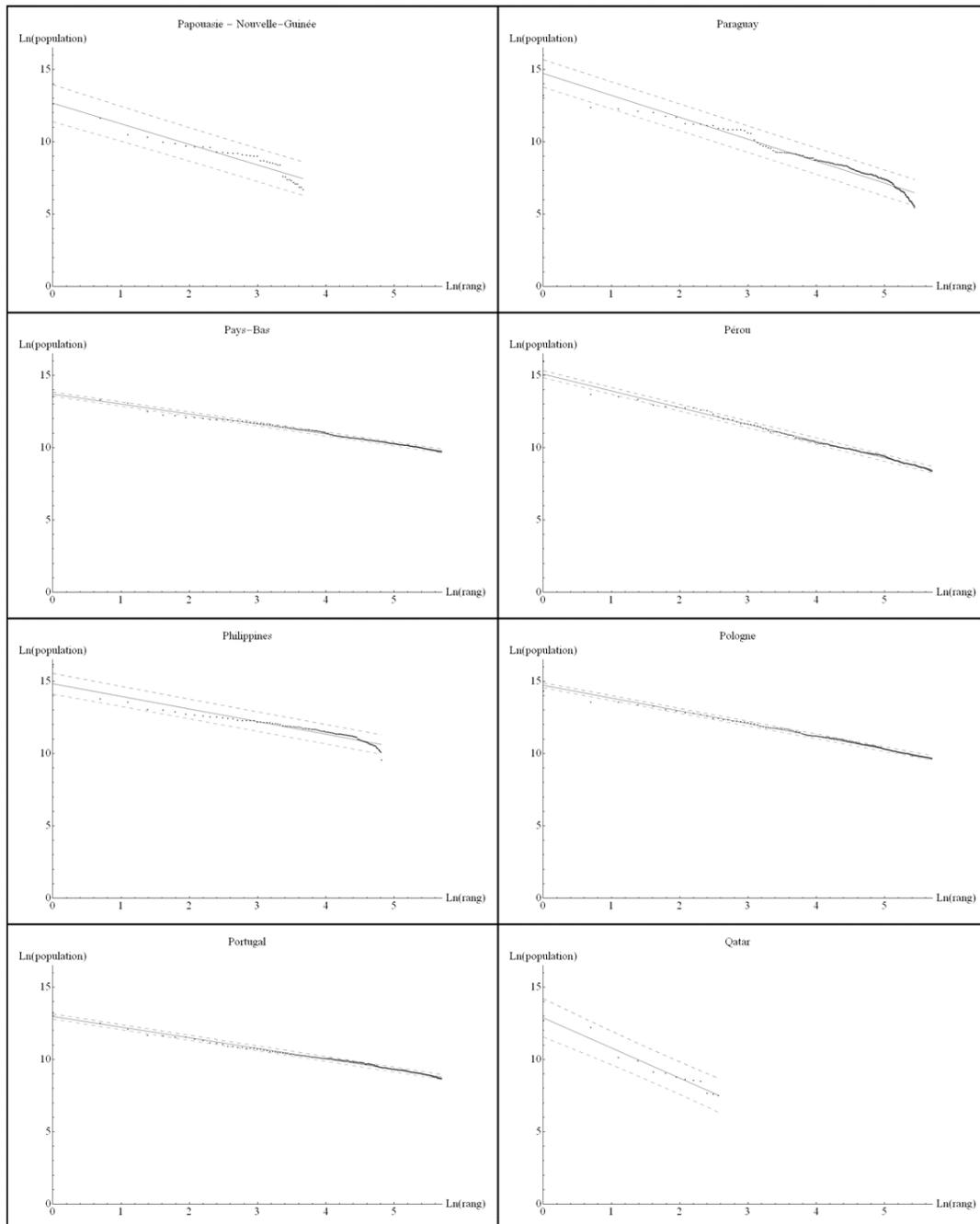


Figure 134-18. Tableau récapitulatif des régressions linéaires effectuées dans l'espace bi logarithmique des rangs et du nombre d'habitants

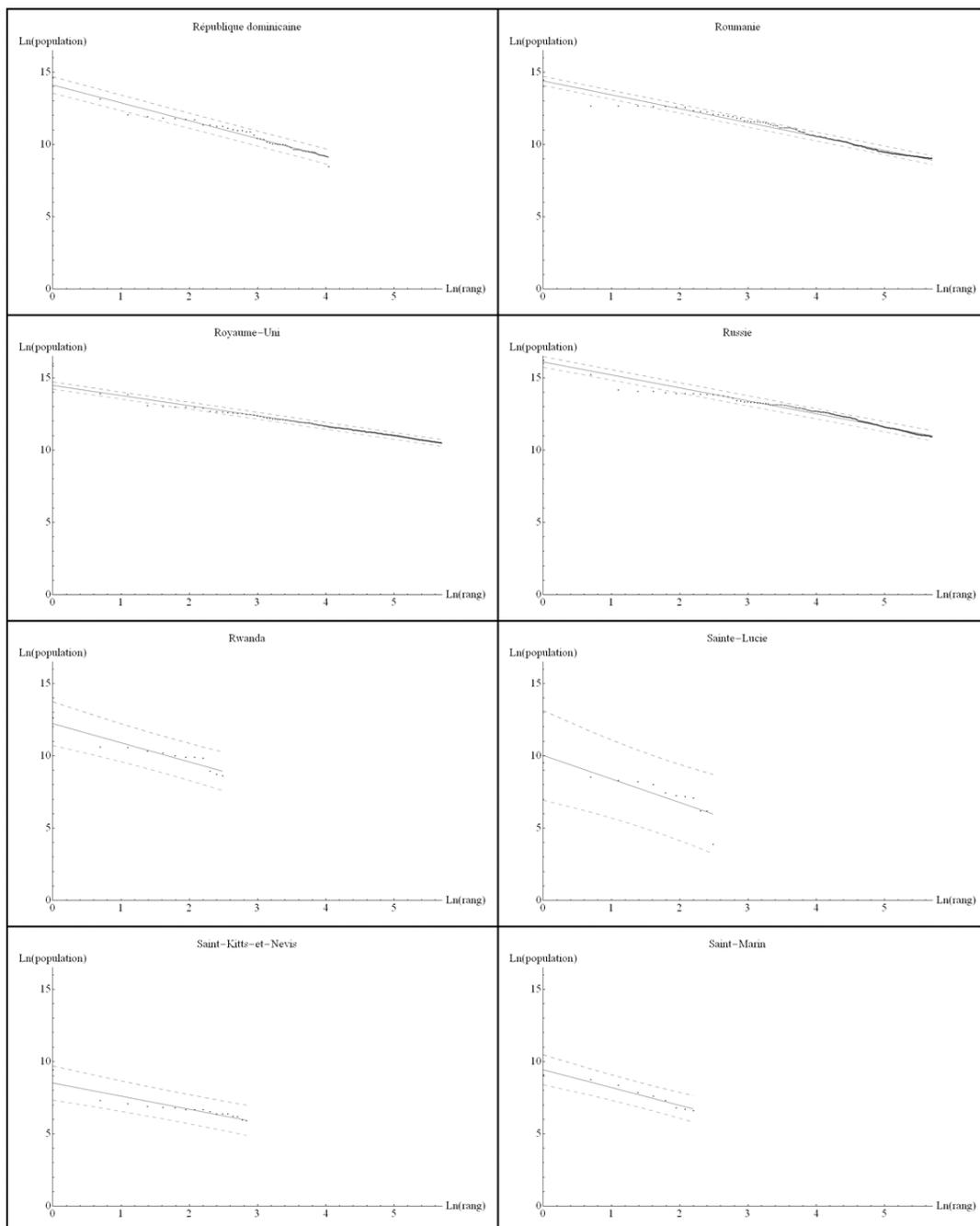


Figure 134-19. Tableau récapitulatif des régressions linéaires effectuées dans l'espace bi logarithmique des rangs et du nombre d'habitants

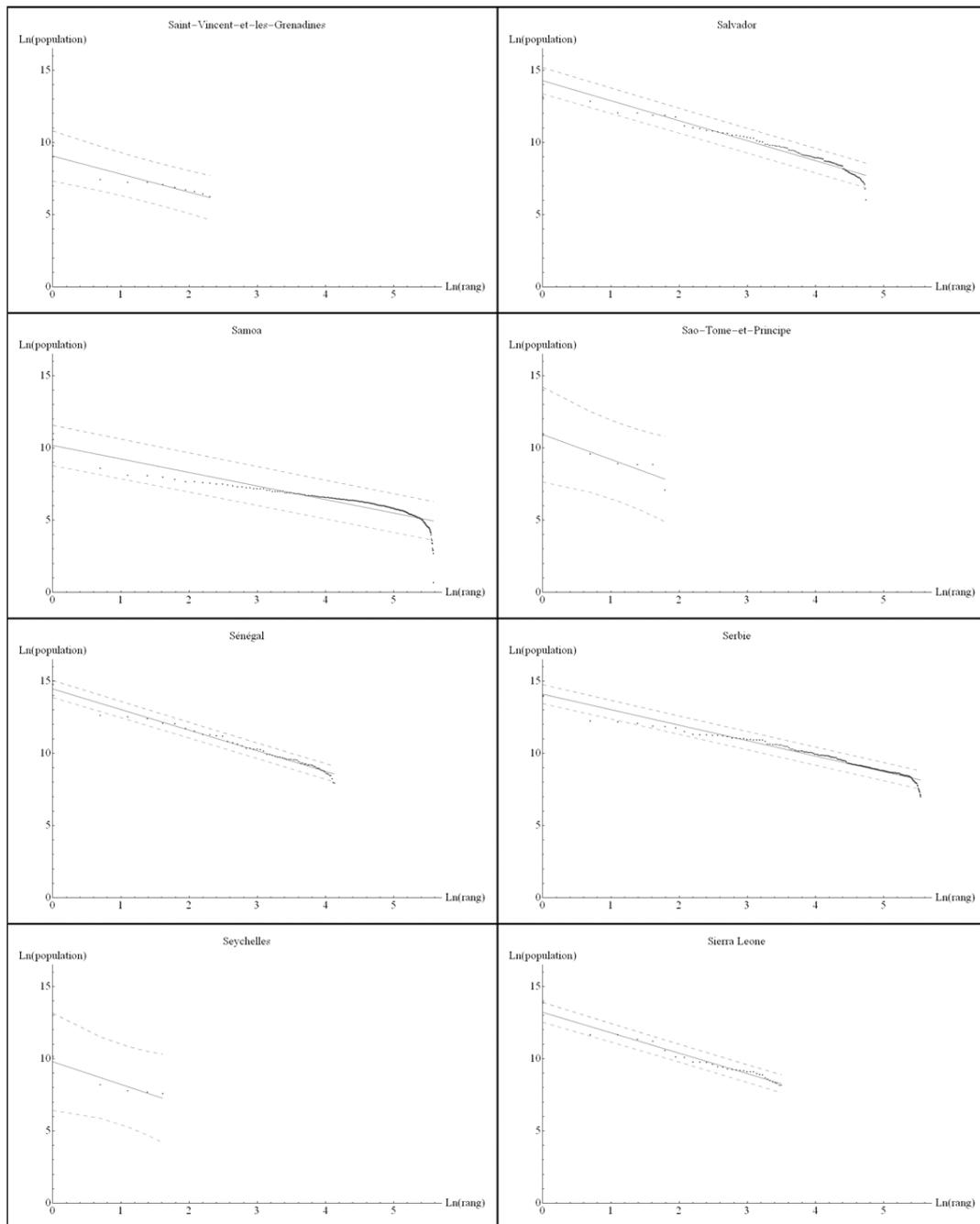


Figure 134-20. Tableau récapitulatif des régressions linéaires effectuées dans l'espace bi logarithmique des rangs et du nombre d'habitants

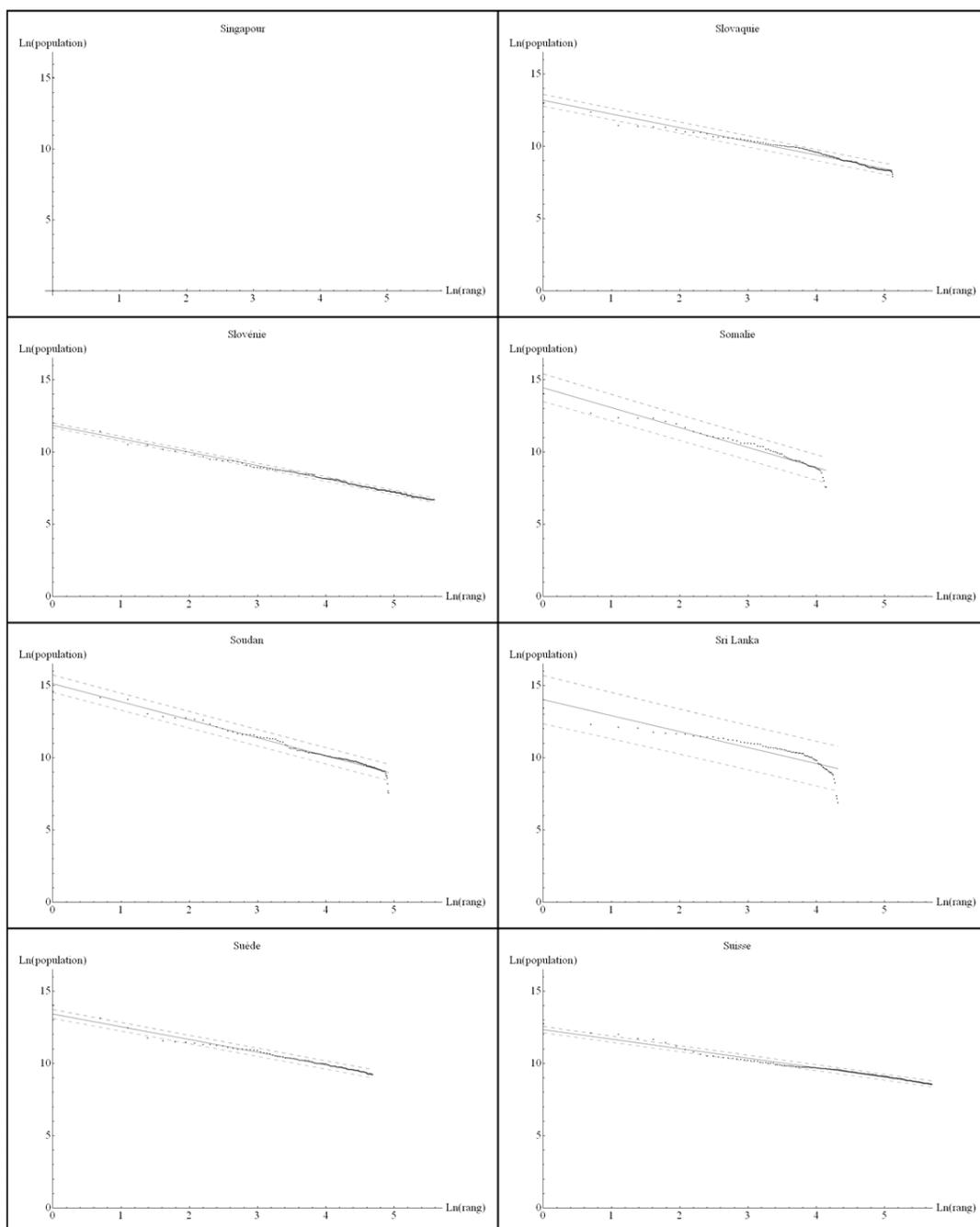


Figure 134-21. Tableau récapitulatif des régressions linéaires effectuées dans l'espace bi logarithmique des rangs et du nombre d'habitants

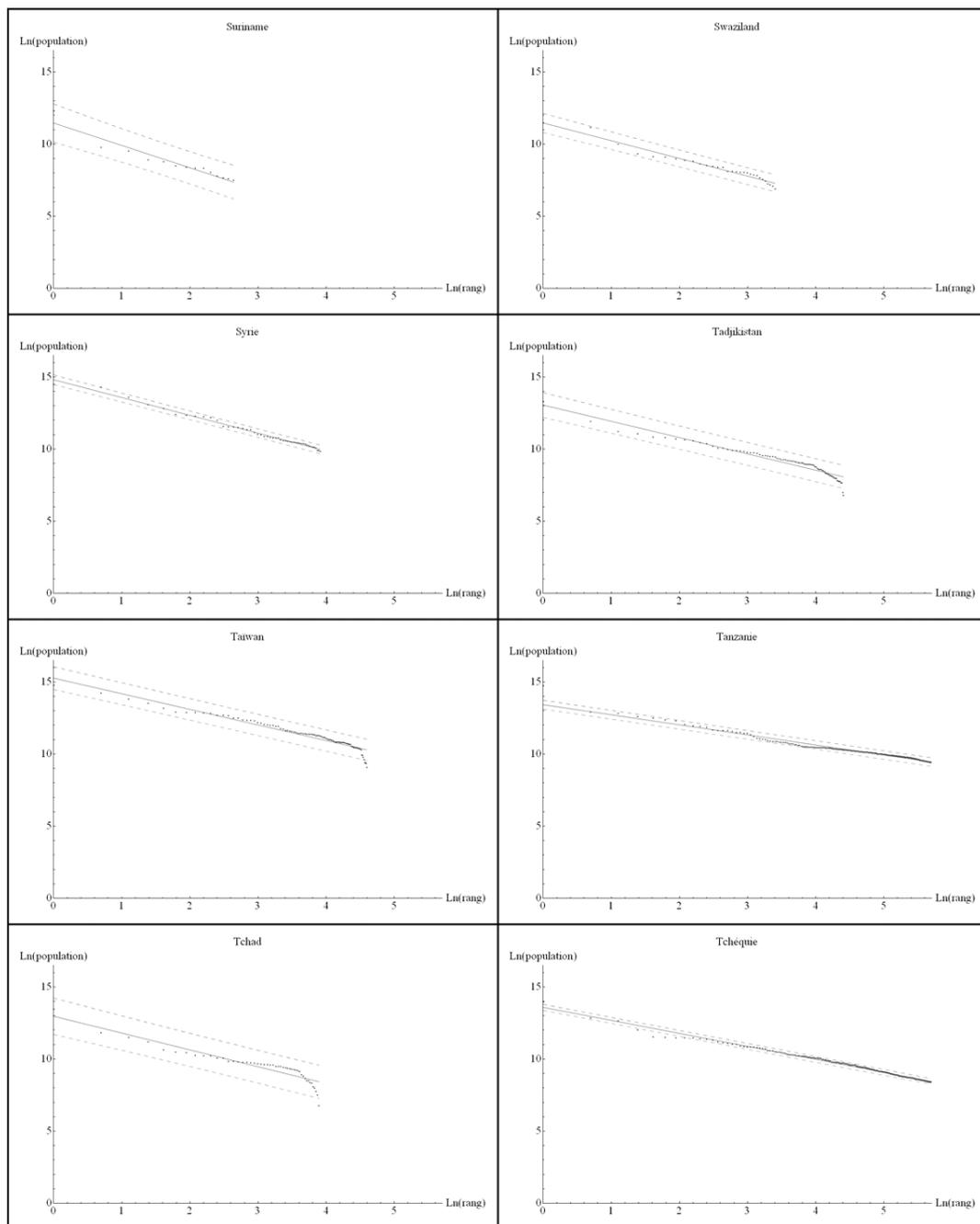


Figure 134-22. Tableau récapitulatif des régressions linéaires effectuées dans l'espace bi logarithmique des rangs et du nombre d'habitants

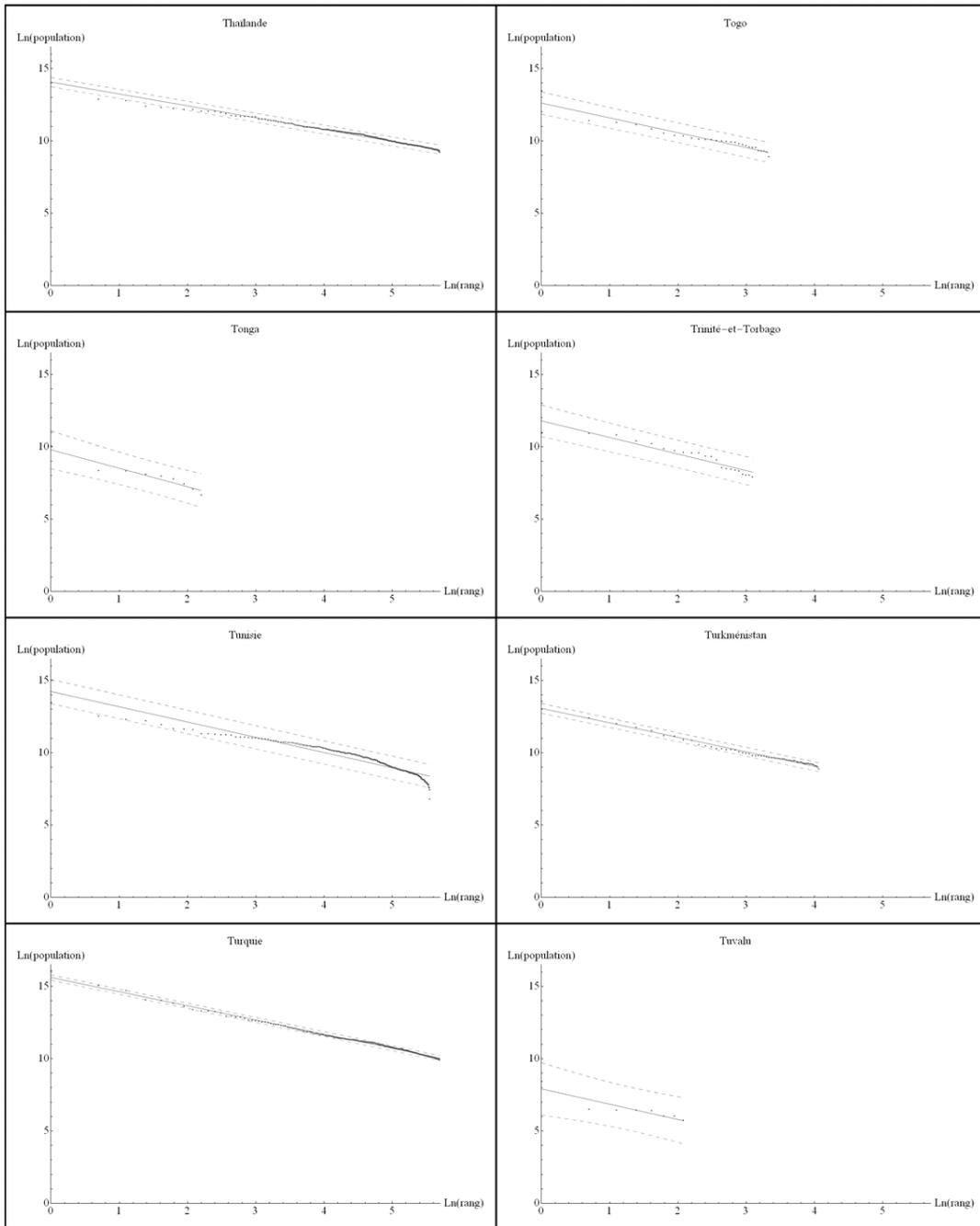


Figure 134-23. Tableau récapitulatif des régressions linéaires effectuées dans l'espace bi logarithmique des rangs et du nombre d'habitants

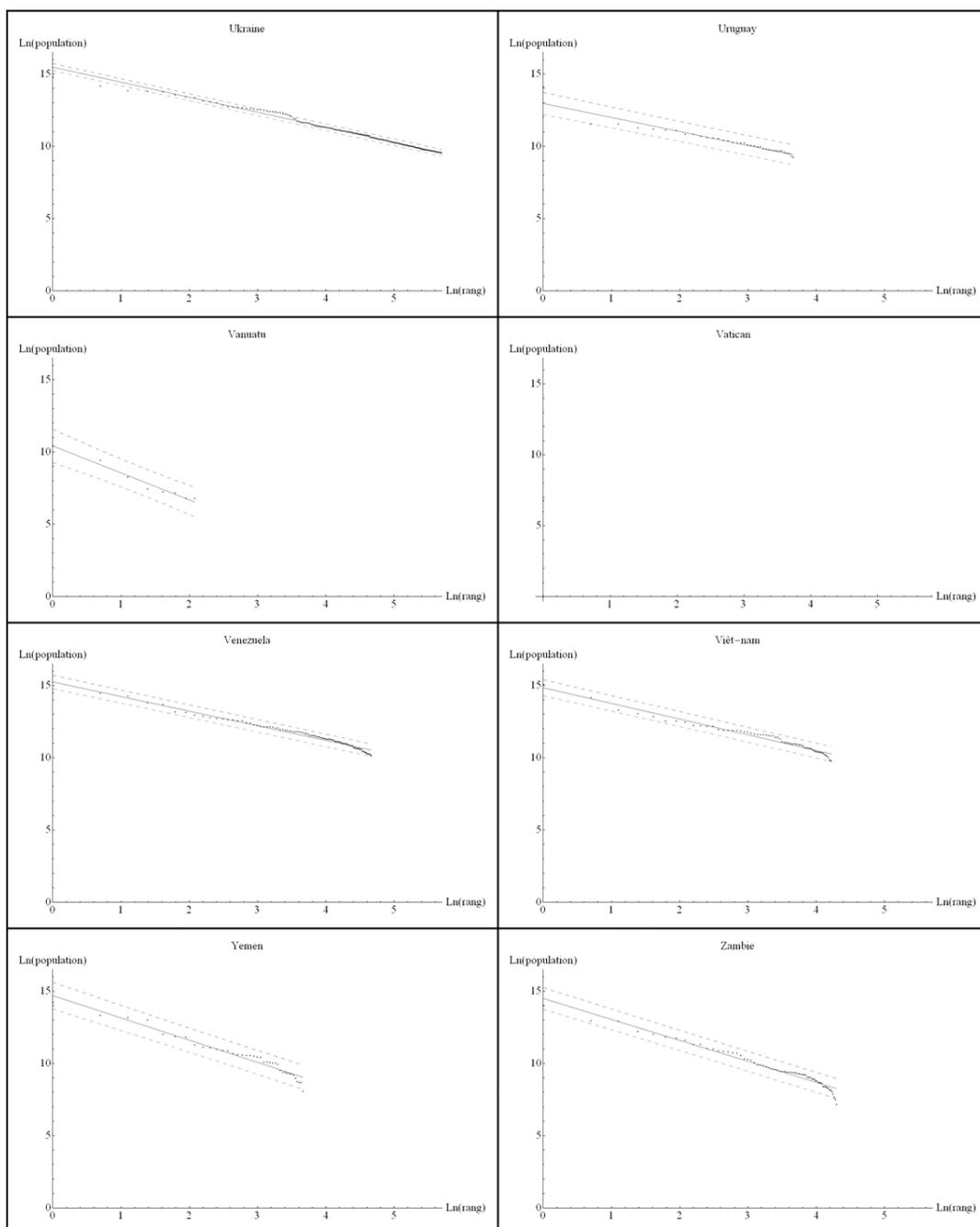


Figure 134-24. Tableau récapitulatif des régressions linéaires effectuées dans l'espace bi logarithmique des rangs et du nombre d'habitants

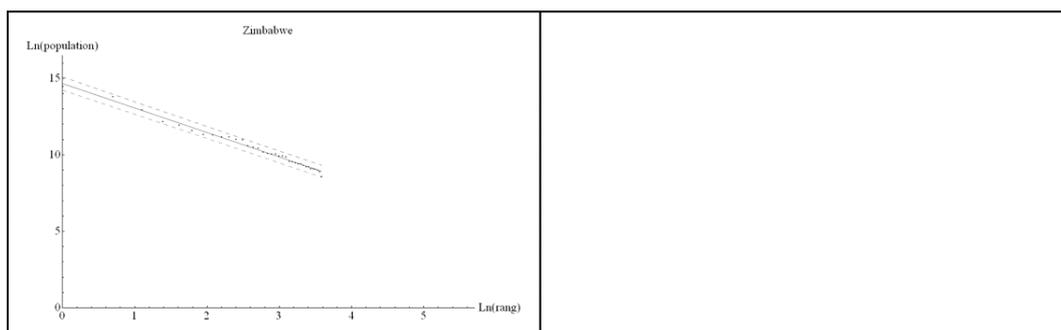
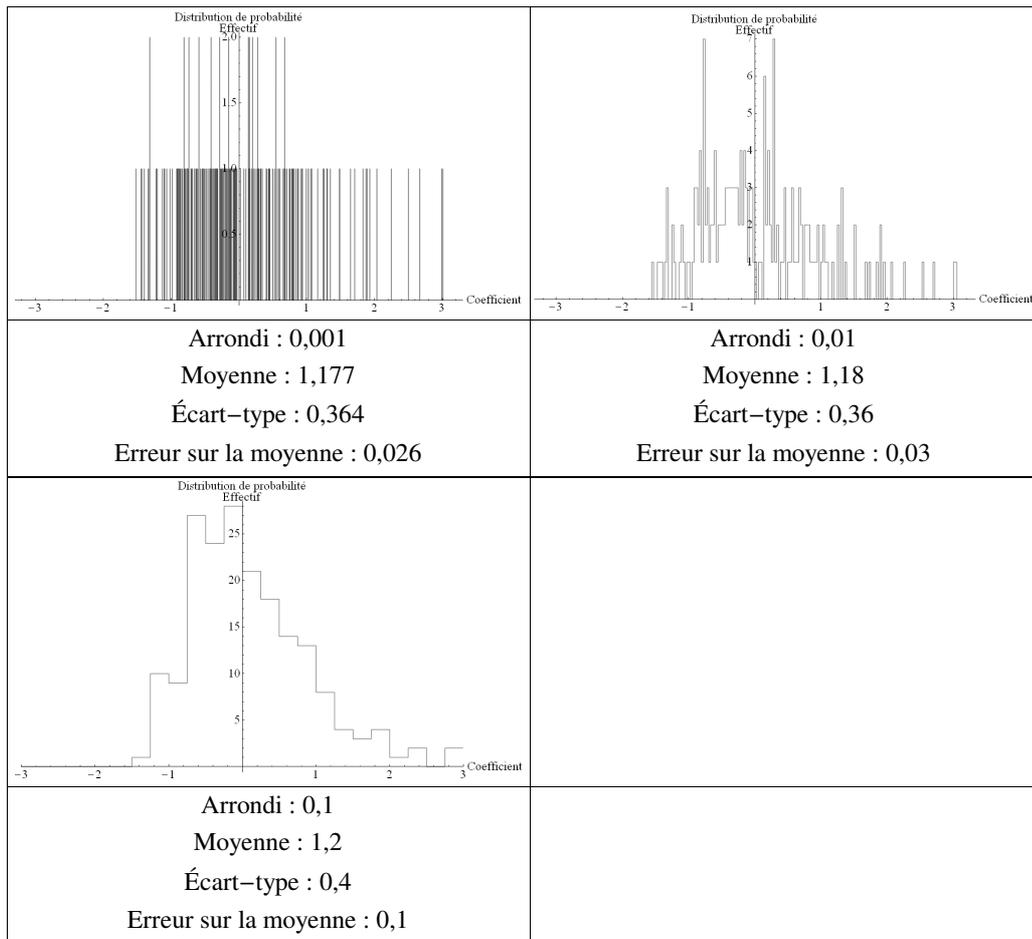


Figure 134-25. Tableau récapitulant les régressions linéaires effectuées dans l'espace bi logarithmique des rangs et du nombre d'habitants

La Figure 134 illustre l'ensemble des régressions linéaires calculées avec leurs barres d'erreur respectives. Désormais, il est possible de réaliser une statistique sur la valeur de la pente à partir des différentes valeurs de q estimées pour chacun des 193 États (Figure 135 et Figure 136). Une nouvelle constante apparaît $q = 1,2 \pm 0,1$. Ces résultats sont-ils significatifs ? En effet, il faut préciser que la base *Tageo* permet d'évaluer la structure de son information. On sait que la population totale articulée dans les lois rang - taille vaut à peu près 2 069 530 000 habitants ; dans cette même base, on sait que la population totale du monde est évaluée à 6 689 330 000 d'habitants. Les lois présentées ne représentent alors que 31 % de la population mondiale. De plus, la signification des résultats pour chaque État dépend explicitement du nombre d'implantations connues sur son territoire (Figure 137). Dans le cas de la base *Tageo*, ce nombre correspond à l'échelon administratif le plus bas (par exemple la commune pour la France). On s'aperçoit, tout d'abord, qu'il existe des pourcentages supérieurs à 100. Cela s'explique par le fait que la population totale des différents États du monde est publiée de manière plus récurrente que la hiérarchisation de leur réseau urbain. Ce biais n'apparaît que pour des États de petites tailles comme les Bahamas, Chypre, Djibouti, le Liechtenstein, Monaco, le Monténégro ou le Vatican. Pour le reste, le taux varie entre 5 et 99 % avec une moyenne arithmétique de 55 %. Il est évident si le taux est supérieur à 80 %, ces données sont vraisemblablement de même nature que les sept États cités précédemment. Seuls vingt États correspondent à ce critère ; on y trouve : Andorre, l'Arménie, l'Australie, le Bahrain, la Belgique, le Chili, la Corée du Sud, l'Estonie, les Îles Marshall, l'Islande, Israël, le Koweït, le Luxembourg, la Macédoine, Malte, l'île Maurice, la Nouvelle-Zélande, les Pays-Bas, Saint-Marin et les îles Samoa. Tous ces États ont pour particularité d'avoir un territoire exigu, ce qui explique le taux très élevé par rapport à la moyenne, même si le non renouvellement des données peut également être une explication. Pour les trente-huit États dont le taux est entre 5 et 25 %, cela est dû réellement, pour la plupart, à une non publication des données, comme en Chine ainsi que dans de nombreux pays d'Afrique par exemple. Ces critiques formulées, il reste tout de même 127 États dont le taux varie entre 25 et 80 % qui doivent comporter des données suffisamment significatives pour ne pas invalider la loi rang - taille estimée, soit 65 % de la base *Tageo*.

Figure 135. Statistique de la pente q centrée et réduite

| État | Pente | Erreur sur la pente | <i>t</i> de Student de la pente | Ordonnée | Erreur sur l'ordonné | <i>t</i> de Student de l'ordonnée |
|--------------------|--------|---------------------|---------------------------------|----------|----------------------|-----------------------------------|
| Afghanistan | -1.115 | 0.028 | -40.483 | 14.143 | 0.107 | 131.588 |
| Afrique du Sud | -1.491 | 0.037 | -40.332 | 16.921 | 0.177 | 95.525 |
| Albanie | -1.368 | 0.059 | -23.112 | 13.462 | 0.2 | 67.451 |
| Algérie | -0.807 | 0.011 | -76.655 | 14.303 | 0.051 | 282.183 |
| Allemagne | -0.789 | 0.003 | -255.014 | 14.985 | 0.015 | 1006.47 |
| Andorre | -1.05 | 0.192 | -5.481 | 10.223 | 0.263 | 38.851 |
| Angola | -1.264 | 0.048 | -26.394 | 13.735 | 0.134 | 102.708 |
| Antigua-et-Barbuda | -1.136 | 0.133 | -8.529 | 9.454 | 0.267 | 35.344 |
| Arabie Saoudite | -1.295 | 0.021 | -62.401 | 15.527 | 0.065 | 240.227 |
| Argentine | -1.185 | 0.024 | -49.992 | 15.738 | 0.086 | 184.002 |
| Arménie | -0.846 | 0.008 | -105.838 | 12.066 | 0.038 | 313.707 |
| Australie | -1.339 | 0.023 | -57.048 | 15.519 | 0.105 | 147.692 |
| Autriche | -0.739 | 0.01 | -73.946 | 12.423 | 0.048 | 260.59 |
| Azerbaïdjan | -1.343 | 0.048 | -27.7 | 14.595 | 0.213 | 68.466 |
| Bahamas | -2.272 | 0.14 | -16.252 | 12.247 | 0.339 | 36.153 |
| Bahrain | -0.953 | 0.118 | -8.097 | 12.205 | 0.205 | 59.498 |
| Bangladesh | -0.904 | 0.012 | -77.541 | 14.686 | 0.049 | 300.913 |
| Barbade | -1.859 | 0.238 | -7.827 | 10.378 | 0.414 | 25.076 |
| Belgique | -0.624 | 0.005 | -114.205 | 12.863 | 0.026 | 489.147 |
| Belize | -1.02 | 0.092 | -11.096 | 10.707 | 0.145 | 73.928 |
| Bénin | -1.257 | 0.053 | -23.902 | 13.914 | 0.143 | 97.54 |
| Bhoutan | -1.508 | 0.066 | -22.85 | 11.408 | 0.149 | 76.49 |
| Biélorussie | -1.282 | 0.023 | -56.71 | 14.692 | 0.085 | 172.339 |
| Birmanie | -0.92 | 0.048 | -18.998 | 14.202 | 0.163 | 87.005 |
| Bolivie | -1.391 | 0.016 | -87.353 | 14.386 | 0.064 | 223.967 |
| Bosnie-Herzégovine | -0.775 | 0.01 | -79.395 | 12.178 | 0.045 | 273.368 |
| Botswana | -0.999 | 0.006 | -159.063 | 12.334 | 0.03 | 408.017 |
| Bésil | -0.85 | 0.004 | -226.033 | 16.154 | 0.018 | 891.99 |
| Brunei | -1.651 | 0.475 | -3.473 | 11.474 | 0.529 | 21.678 |
| Bulgarie | -1.227 | 0.017 | -71.968 | 14.437 | 0.078 | 184.145 |
| Burkina Faso | -1.203 | 0.059 | -20.317 | 13.116 | 0.186 | 70.659 |
| Burundi | -1.236 | 0.094 | -13.084 | 12.312 | 0.19 | 64.935 |
| Cambodge | -1.549 | 0.065 | -23.984 | 13.746 | 0.156 | 87.844 |
| Cameroun | -1.214 | 0.035 | -34.564 | 14.798 | 0.128 | 116.002 |
| Canada | -1.25 | 0.003 | -394.482 | 15.747 | 0.015 | 1032.65 |
| Cap Vert | -1.518 | 0.128 | -11.846 | 11.654 | 0.271 | 42.966 |
| Chili | -1.152 | 0.021 | -54.673 | 15.224 | 0.101 | 150.147 |
| Chine | -0.857 | 0.009 | -95.552 | 16.952 | 0.043 | 392.494 |
| Chypre | -1.42 | 0.015 | -93.863 | 13.046 | 0.073 | 179.149 |

Figure 136-1. Tableau récapitulant l'ensemble des pentes q et des ordonnées estimées

| État | Pente | Erreur sur la pente | <i>t</i> de Student de la pente | Ordonnée | Erreur sur l'ordonné | <i>t</i> de Student de l'ordonnée |
|---------------------|--------|---------------------|---------------------------------|----------|----------------------|-----------------------------------|
| Vatican | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. |
| Colombie | -1.15 | 0.004 | -257.972 | 15.782 | 0.021 | 735.419 |
| Comores | -0.897 | 0.059 | -15.164 | 11.046 | 0.066 | 167.673 |
| Congo | -1.776 | 0.074 | -23.993 | 13.818 | 0.197 | 70.3 |
| Congo Zaïre | -1.285 | 0.017 | -75.722 | 15.543 | 0.067 | 231.3 |
| Corée du Nord | -1.056 | 0.1 | -10.532 | 14.71 | 0.201 | 73.057 |
| Corée du Sud | -1.358 | 0.013 | -103.512 | 16.669 | 0.053 | 314.583 |
| Costa Rica | -1.075 | 0.039 | -27.85 | 13.407 | 0.173 | 77.389 |
| Côte d'Ivoire | -1.089 | 0.031 | -34.961 | 14.292 | 0.11 | 130.501 |
| Croatie | -0.949 | 0.004 | -219.68 | 12.733 | 0.021 | 612.522 |
| Cuba | -1.162 | 0.032 | -36.23 | 14.76 | 0.131 | 112.496 |
| Danemark | -0.982 | 0.005 | -195.738 | 13.204 | 0.024 | 546.664 |
| Djibouti | -2.378 | 0.417 | -5.701 | 12.905 | 0.464 | 27.784 |
| Dominique | -1.106 | 0.086 | -12.789 | 9.703 | 0.203 | 47.855 |
| Égypte | -1.036 | 0.013 | -77.601 | 15.367 | 0.059 | 261.761 |
| Émirats Arabes Unis | -1.649 | 0.232 | -7.108 | 14.329 | 0.366 | 39.187 |
| Équateur | -1.25 | 0.015 | -81.691 | 14.618 | 0.06 | 245.367 |
| Érythrée | -1.274 | 0.084 | -15.241 | 12.229 | 0.181 | 67.494 |
| Espagne | -0.852 | 0.005 | -180.455 | 14.895 | 0.023 | 655.235 |
| Estonie | -1.121 | 0.007 | -164.766 | 12.075 | 0.033 | 368.771 |
| États-Unis | -0.732 | 0.003 | -265.047 | 15.577 | 0.013 | 1171.81 |
| Éthiopie | -0.908 | 0.016 | -58.134 | 13.62 | 0.064 | 213.663 |
| Fiji | -2.147 | 0.165 | -13.032 | 13.046 | 0.393 | 33.198 |
| Finlande | -0.9 | 0.014 | -62.832 | 13.301 | 0.054 | 245.572 |
| France | -0.651 | 0.003 | -196.547 | 13.836 | 0.016 | 868.008 |
| Gabon | -1.468 | 0.052 | -28.098 | 12.774 | 0.145 | 88.366 |
| Gambie | -1.292 | 0.035 | -36.643 | 12.357 | 0.08 | 155.024 |
| Georgie | -1.422 | 0.06 | -23.65 | 13.963 | 0.233 | 59.884 |
| Ghana | -1.104 | 0.031 | -36.143 | 14.068 | 0.107 | 131.94 |
| Grèce | -1.027 | 0.014 | -74.491 | 14.282 | 0.066 | 215.133 |
| Grenade | -0.86 | 0.133 | -6.475 | 8.561 | 0.182 | 46.922 |
| Guatemala | -1.03 | 0.015 | -70.631 | 13.85 | 0.07 | 197.287 |
| Guinée | -1.464 | 0.073 | -20.102 | 13.815 | 0.207 | 66.746 |
| Guinée équatoriale | -1.994 | 0.134 | -14.871 | 12.028 | 0.277 | 43.471 |
| Guinée-Bissau | -1.278 | 0.216 | -5.911 | 11.538 | 0.421 | 27.394 |
| Guyana | -1.917 | 0.047 | -40.904 | 12.459 | 0.139 | 89.9 |
| Haïti | -1.562 | 0.034 | -46.102 | 14.064 | 0.096 | 146.018 |
| Honduras | -0.96 | 0.006 | -161.489 | 12.705 | 0.029 | 443.943 |
| Hongrie | -0.864 | 0.005 | -167.626 | 13.443 | 0.025 | 541.617 |

Figure 136-2. Tableau récapitulatif de l'ensemble des pentes q et des ordonnées estimées

| État | Pente | Erreur sur la pente | <i>t</i> de Student de la pente | Ordonnée | Erreur sur l'ordonné | <i>t</i> de Student de l'ordonnée |
|---------------|--------|---------------------|---------------------------------|----------|----------------------|-----------------------------------|
| Îles Marshall | -1.843 | 0.064 | -28.99 | 11.355 | 0.267 | 42.488 |
| Îles Solomon | -2.265 | 0.151 | -14.993 | 10.794 | 0.238 | 45.343 |
| Inde | -0.842 | 0.004 | -229.856 | 16.689 | 0.018 | 946.734 |
| Indonésie | -0.889 | 0.004 | -232.288 | 15.66 | 0.018 | 850.279 |
| Iraq | -1.481 | 0.033 | -44.478 | 16.153 | 0.119 | 136.121 |
| Iran | -1.074 | 0.017 | -64.052 | 15.932 | 0.079 | 202.011 |
| Irlande | -1.111 | 0.015 | -72.65 | 12.968 | 0.064 | 202.882 |
| Islande | -1.716 | 0.046 | -37.168 | 12.397 | 0.175 | 70.858 |
| Israël | -1.28 | 0.024 | -53.712 | 14.959 | 0.109 | 137.586 |
| Italie | -0.696 | 0.004 | -164.55 | 14.218 | 0.02 | 697.821 |
| Jamaïque | -1.65 | 0.047 | -35.326 | 13.303 | 0.117 | 114.105 |
| Japon | -0.778 | 0.005 | -162.54 | 15.767 | 0.023 | 684.634 |
| Jordanie | -1.01 | 0.005 | -188.558 | 13.518 | 0.023 | 585.216 |
| Kazakhstan | -1.045 | 0.017 | -60.82 | 14.41 | 0.072 | 198.906 |
| Kenya | -1.302 | 0.043 | -30.202 | 14.505 | 0.178 | 81.341 |
| Kirgyzstan | -0.871 | 0.021 | -41.733 | 12.584 | 0.077 | 163.783 |
| Kiribati | -1.46 | 0.184 | -7.945 | 10.319 | 0.445 | 23.168 |
| Koweït | -1.125 | 0.073 | -15.496 | 13.52 | 0.25 | 54.107 |
| Laos | -0.924 | 0.083 | -11.195 | 11.94 | 0.197 | 60.644 |
| Lesotho | -1.233 | 0.105 | -11.734 | 11.735 | 0.183 | 64.108 |
| Lettonie | -1.397 | 0.029 | -47.681 | 13.255 | 0.103 | 129.135 |
| Liban | -1.668 | 0.077 | -21.549 | 13.962 | 0.171 | 81.433 |
| Liberia | -1.281 | 0.118 | -10.824 | 12.204 | 0.256 | 47.6 |
| Libye | -1.275 | 0.071 | -17.833 | 14.386 | 0.213 | 67.575 |
| Liechtenstein | -0.901 | 0.234 | -3.851 | 9.25 | 0.408 | 22.695 |
| Lituanie | -1.495 | 0.041 | -36.032 | 14.197 | 0.16 | 88.822 |
| Luxembourg | -1.027 | 0.009 | -109.646 | 11.326 | 0.045 | 251.253 |
| Macédoine | -1.227 | 0.045 | -27.223 | 13.546 | 0.176 | 77.029 |
| Madagascar | -0.766 | 0.026 | -29.066 | 12.952 | 0.091 | 142.848 |
| Malaisie | -1.133 | 0.017 | -68.659 | 15.325 | 0.07 | 218.094 |
| Malawi | -1.434 | 0.077 | -18.737 | 13.334 | 0.21 | 63.61 |
| Maldives | -0.885 | 0.022 | -40.987 | 10.38 | 0.096 | 108.682 |
| Mali | -1.328 | 0.056 | -23.84 | 13.55 | 0.158 | 85.573 |
| Malte | -0.881 | 0.065 | -13.593 | 11.155 | 0.218 | 51.067 |
| Maroc | -1.336 | 0.018 | -73.857 | 15.664 | 0.073 | 213.169 |
| Maurice | -0.987 | 0.022 | -43.94 | 12.322 | 0.092 | 133.865 |
| Mauritanie | -1.376 | 0.077 | -17.778 | 12.874 | 0.175 | 73.601 |
| Mexique | -1.095 | 0.012 | -91.15 | 16.542 | 0.058 | 286.046 |
| Micronésie | -1.055 | 0.072 | -14.707 | 10.063 | 0.09 | 112.008 |

Figure 136-3. Tableau récapitulant l'ensemble des pentes q et des ordonnées estimées

| État | Pente | Erreur sur la pente | t de Student de la pente | Ordonnée | Erreur sur l'ordonné | t de Student de l'ordonnée |
|---------------------------------|--------|---------------------|----------------------------|----------|----------------------|------------------------------|
| Moldavie | -1.078 | 0.041 | -26.112 | 12.95 | 0.116 | 111.329 |
| Monaco | -1.879 | 0.623 | -3.017 | 10.06 | 0.592 | 17.008 |
| Mongolie | -0.962 | 0.084 | -11.509 | 12.394 | 0.206 | 60.303 |
| Montenegro | -1.073 | 0.016 | -67.971 | 14.095 | 0.073 | 191.846 |
| Mozambique | -1.471 | 0.063 | -23.304 | 14.786 | 0.189 | 78.127 |
| Namibie | -1.131 | 0.043 | -26.095 | 12.205 | 0.124 | 98.207 |
| Nauru | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. |
| Népal | -0.899 | 0.034 | -26.802 | 13.35 | 0.112 | 118.993 |
| Nicaragua | -1.121 | 0.021 | -53.41 | 13.439 | 0.073 | 184.724 |
| Niger | -1.155 | 0.032 | -36.08 | 13.2 | 0.1 | 131.563 |
| Nigeria | -1.097 | 0.008 | -140.583 | 16.281 | 0.038 | 433.388 |
| Norvège | -1.063 | 0.003 | -314.122 | 13.237 | 0.016 | 812.442 |
| Nouvelle-Zélande | -1.634 | 0.014 | -119.596 | 15.091 | 0.065 | 233.346 |
| Oman | -0.669 | 0.052 | -12.933 | 12.753 | 0.129 | 98.862 |
| Ouganda | -1.021 | 0.044 | -23.175 | 13.347 | 0.161 | 82.919 |
| Ouzbekistan | -0.962 | 0.009 | -108.011 | 14.245 | 0.039 | 366.423 |
| Pakistan | -0.992 | 0.005 | -193.598 | 15.624 | 0.025 | 633.605 |
| Palau | -1.798 | 0.122 | -14.69 | 8.829 | 0.259 | 34.077 |
| Panama | -1.447 | 0.032 | -45.045 | 13.353 | 0.112 | 119.038 |
| Papouasie – Nouvelle-Guinée | -1.422 | 0.078 | -18.323 | 12.664 | 0.222 | 56.928 |
| Paraguay | -1.515 | 0.024 | -62.905 | 14.72 | 0.11 | 134.157 |
| Pays-Bas | -0.689 | 0.003 | -208.503 | 13.701 | 0.016 | 861.008 |
| Pérou | -1.158 | 0.005 | -215.543 | 15.08 | 0.026 | 582.938 |
| Philippines | -0.872 | 0.025 | -35.388 | 14.825 | 0.097 | 152.233 |
| Pologne | -0.882 | 0.004 | -229.76 | 14.716 | 0.018 | 796.077 |
| Portugal | -0.733 | 0.004 | -186.398 | 12.966 | 0.019 | 684.795 |
| Qatar | -2.086 | 0.131 | -15.888 | 12.875 | 0.247 | 52.046 |
| Centrafrique | -0.919 | 0.041 | -22.481 | 12.528 | 0.121 | 103.601 |
| République dominicaine | -1.233 | 0.029 | -43.103 | 14.107 | 0.092 | 153.176 |
| Roumanie | -0.961 | 0.007 | -137.536 | 14.391 | 0.034 | 427.938 |
| Royaume-Uni | -0.698 | 0.005 | -127.529 | 14.473 | 0.026 | 549.355 |
| Russie | -0.896 | 0.008 | -110.372 | 16.098 | 0.039 | 411.823 |
| Rwanda | -1.323 | 0.154 | -8.587 | 12.226 | 0.28 | 43.7 |
| Saint-Kitts-et-Nevis | -0.908 | 0.105 | -8.669 | 8.516 | 0.222 | 38.425 |
| Saint-Marin | -1.231 | 0.115 | -10.705 | 9.43 | 0.181 | 52.026 |
| Saint-Vincent-et-les-Grenadines | -1.249 | 0.187 | -6.663 | 9.059 | 0.312 | 29.061 |
| Sainte-Lucie | -1.629 | 0.316 | -5.156 | 10.029 | 0.574 | 17.474 |
| Salvador | -1.383 | 0.033 | -42.469 | 14.272 | 0.126 | 112.995 |
| Samoa | -0.936 | 0.033 | -28.463 | 10.171 | 0.154 | 65.84 |

Figure 136-4. Tableau récapitulant l'ensemble des pentes q et des ordonnées estimées

| État | Pente | Erreur sur la pente | <i>t</i> de Student de la pente | Ordonnée | Erreur sur l'ordonné | <i>t</i> de Student de l'ordonnée |
|----------------------|--------|---------------------|---------------------------------|----------|----------------------|-----------------------------------|
| Sao-Tomé-et-Principe | -1.718 | 0.367 | -4.675 | 10.918 | 0.46 | 23.724 |
| Sénégal | -1.426 | 0.028 | -50.062 | 14.453 | 0.094 | 153.795 |
| Serbie | -1.073 | 0.016 | -67.971 | 14.095 | 0.073 | 191.846 |
| Seychelles | -1.568 | 0.341 | -4.6 | 9.79 | 0.38 | 25.789 |
| Sierra Leone | -1.414 | 0.045 | -31.239 | 13.211 | 0.123 | 107.634 |
| Singapour | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. |
| Slovaquie | -0.945 | 0.012 | -78.093 | 13.179 | 0.051 | 256.487 |
| Slovénie | -0.926 | 0.004 | -227.74 | 11.839 | 0.019 | 619.506 |
| Somalie | -1.376 | 0.046 | -29.984 | 14.442 | 0.152 | 94.929 |
| Soudan | -1.246 | 0.02 | -63.434 | 15.118 | 0.08 | 189.799 |
| Sri Lanka | -1.105 | 0.073 | -15.034 | 14.015 | 0.256 | 54.819 |
| Suède | -0.882 | 0.011 | -78.109 | 13.42 | 0.043 | 310.749 |
| Suisse | -0.658 | 0.005 | -137.9 | 12.339 | 0.023 | 537.524 |
| Suriname | -1.55 | 0.127 | -12.206 | 11.458 | 0.247 | 46.331 |
| Swaziland | -1.229 | 0.045 | -27.172 | 11.467 | 0.119 | 96.585 |
| Syrie | -1.235 | 0.018 | -69.88 | 14.808 | 0.055 | 270.609 |
| Tadjikistan | -1.129 | 0.036 | -31.208 | 13.054 | 0.129 | 101.247 |
| Taïwan | -1.082 | 0.03 | -35.715 | 15.264 | 0.113 | 134.546 |
| Tanzanie | -0.698 | 0.007 | -101.838 | 13.422 | 0.033 | 406.778 |
| Tchad | -1.166 | 0.068 | -17.093 | 12.966 | 0.21 | 61.727 |
| Tchéquie | -0.902 | 0.005 | -193.79 | 13.582 | 0.022 | 606.493 |
| Thaïlande | -0.819 | 0.007 | -114.646 | 14.059 | 0.034 | 408.86 |
| Togo | -1.023 | 0.055 | -18.702 | 12.612 | 0.14 | 89.941 |
| Tonga | -1.278 | 0.146 | -8.758 | 9.795 | 0.23 | 42.61 |
| Trinité-et-Torbago | -1.146 | 0.086 | -13.247 | 11.792 | 0.203 | 58.139 |
| Tunisie | -1.054 | 0.02 | -52.545 | 14.23 | 0.094 | 152.12 |
| Turkménistan | -1.001 | 0.017 | -59.82 | 13.066 | 0.054 | 241.232 |
| Turquie | -0.978 | 0.004 | -242.556 | 15.606 | 0.019 | 804.242 |
| Tuvalu | -1.059 | 0.205 | -5.175 | 7.911 | 0.303 | 26.127 |
| Ukraine | -1.039 | 0.005 | -191.197 | 15.471 | 0.026 | 591.231 |
| Uruguay | -0.97 | 0.046 | -20.952 | 12.963 | 0.133 | 97.644 |
| Vanuatu | -1.865 | 0.13 | -14.357 | 10.416 | 0.192 | 54.195 |
| Venezuela | -1.011 | 0.017 | -58.664 | 15.24 | 0.066 | 232.224 |
| Viêt-nam | -1.086 | 0.026 | -42.01 | 14.84 | 0.088 | 169.537 |
| Yemen | -1.538 | 0.056 | -27.448 | 14.685 | 0.161 | 91.416 |
| Zambie | -1.451 | 0.033 | -43.352 | 14.492 | 0.116 | 125.421 |
| Zimbabwe | -1.599 | 0.027 | -58.379 | 14.66 | 0.076 | 191.732 |

Figure 136-5. Tableau récapitulant l'ensemble des pentes *q* et des ordonnées estimées

| État | Population totale de la loi rang-taille | Population totale | Rapport en % |
|--------------------|---|-------------------|--------------|
| Afghanistan | 6 359 700 | 32 738 376 | 19 |
| Afrique du Sud | 24 748 890 | 48 782 756 | 51 |
| Albanie | 1 426 888 | 3 619 778 | 39 |
| Algérie | 16 885 300 | 33 769 668 | 50 |
| Allemagne | 37 308 000 | 82 369 552 | 45 |
| Andorre | 67 600 | 82 627 | 82 |
| Angola | 3 871 500 | 12 531 357 | 31 |
| Antigua-et-Barbuda | 44 289 | 84 522 | 52 |
| Arabie Saoudite | 14 976 300 | 28 146 656 | 53 |
| Argentine | 27 785 600 | 40 677 350 | 68 |
| Arménie | 2 628 400 | 2 968 589 | 89 |
| Australie | 18 164 577 | 21 007 310 | 86 |
| Autriche | 4 731 500 | 8 205 533 | 58 |
| Azerbaïdjan | 4 178 606 | 8 177 717 | 51 |
| Bahamas | 312 652 | 307 451 | 102 |
| Bahrain | 618 100 | 718 306 | 86 |
| Bangladesh | 21 830 400 | 153 546 896 | 14 |
| Barbade | 112 604 | 281 968 | 40 |
| Belgique | 8 684 900 | 10 403 951 | 83 |
| Belize | 129 800 | 301 270 | 43 |
| Bénin | 2 867 900 | 8 532 547 | 34 |
| Bhoutan | 197 900 | 682 321 | 29 |
| Biélorussie | 6 444 400 | 9 685 768 | 67 |
| Birmanie | 10 971 000 | 47 758 180 | 23 |
| Bolivie | 5 536 800 | 9 247 816 | 60 |
| Bosnie-Herzégovine | 2 751 900 | 4 590 310 | 60 |
| Botswana | 1 450 646 | 1 842 323 | 79 |
| Brésil | 96 893 900 | 196 342 592 | 49 |
| Brunei | 154 100 | 381 371 | 40 |
| Bulgarie | 5 186 381 | 7 262 675 | 71 |
| Burkina Faso | 2 112 500 | 15 264 735 | 14 |
| Burundi | 656 200 | 8 691 005 | 8 |
| Cambodge | 2 070 800 | 14 241 640 | 15 |
| Cameroun | 7 637 400 | 18 467 692 | 41 |
| Canada | 23 378 800 | 33 212 696 | 70 |
| Cap Vert | 247 096 | 426 998 | 58 |
| Chili | 15 141 900 | 16 454 143 | 92 |
| Chine | 193 511 700 | 1 330 044 544 | 15 |
| Chypre | 870 824 | 792 604 | 110 |

Figure 137-1. Comparaison entre la population totale de la loi rang - taille et de la population totale respective

| État | Population totale de la loi rang-taille | Population totale | Rapport en % |
|---------------------|---|-------------------|--------------|
| Vatican | 878 | 824 | 107 |
| Colombie | 29 867 900 | 45 013 672 | 66 |
| Comores | 152 900 | 731 775 | 21 |
| Congo | 2 218 300 | 3 903 318 | 57 |
| Congo Zaïre | 17 639 200 | 66 514 504 | 27 |
| Corée du Nord | 7 815 300 | 23 479 088 | 33 |
| Corée du Sud | 38 903 800 | 48 379 392 | 80 |
| Costa Rica | 2 488 675 | 4 195 914 | 59 |
| Côte d'Ivoire | 8 057 900 | 20 179 602 | 40 |
| Croatie | 2 826 700 | 4 491 543 | 63 |
| Cuba | 8 626 500 | 11 423 952 | 76 |
| Danemark | 3 904 800 | 5 484 723 | 71 |
| Djibouti | 716 800 | 506 221 | 142 |
| Dominique | 54 378 | 72 514 | 75 |
| Égypte | 29 445 000 | 81 713 520 | 36 |
| Émirats Arabes Unis | 2 651 900 | 4 621 399 | 57 |
| Équateur | 7 454 600 | 13 927 650 | 54 |
| Érythrée | 687 400 | 5 502 026 | 12 |
| Espagne | 27 259 100 | 40 491 052 | 67 |
| Estonie | 1 108 432 | 1 307 605 | 85 |
| États-Unis | 83 522 300 | 303 824 640 | 27 |
| Éthiopie | 7 103 300 | 82 544 840 | 9 |
| Fiji | 394 083 | 931 741 | 42 |
| Finlande | 3 779 700 | 5 244 749 | 72 |
| France | 20 024 500 | 64 057 792 | 31 |
| Gabon | 1 100 200 | 1 485 832 | 74 |
| Gambie | 602 600 | 1 735 464 | 35 |
| Georgie | 2 516 182 | 4 630 841 | 54 |
| Ghana | 5 505 300 | 23 382 848 | 24 |
| Grèce | 7 388 800 | 10 722 816 | 69 |
| Grenade | 15 023 | 90 343 | 17 |
| Guatemala | 5 465 000 | 13 002 206 | 42 |
| Guinée | 2 967 800 | 9 806 509 | 30 |
| Guinée équatoriale | 237 915 | 616 459 | 39 |
| Guinée-Bissau | 423 600 | 1 503 182 | 28 |
| Guyana | 382 548 | 770 794 | 50 |
| Haïti | 2 708 400 | 8 924 553 | 30 |
| Honduras | 2 644 700 | 7 639 327 | 35 |
| Hongrie | 6 993 700 | 9 930 915 | 70 |

Figure 137-2. Comparaison entre la population totale de la loi rang - taille et de la population totale respective

| État | Population totale de la loi rang-taille | Population totale | Rapport en % |
|---------------|---|-------------------|--------------|
| Îles Marshall | 54 616 | 63 174 | 86 |
| Îles Solomon | 72 263 | 581 318 | 12 |
| Inde | 167 237 700 | 1 147 995 904 | 15 |
| Indonésie | 57 374 300 | 237 512 352 | 24 |
| Iraq | 19 337 500 | 28 221 180 | 69 |
| Iran | 37 823 200 | 65 875 224 | 57 |
| Irlande | 2 355 300 | 4 156 119 | 57 |
| Islande | 275 651 | 304 367 | 91 |
| Israël | 6 329 200 | 7 112 359 | 89 |
| Italie | 25 549 200 | 58 145 320 | 44 |
| Jamaïque | 1 154 500 | 2 804 332 | 41 |
| Japon | 84 151 500 | 127 288 416 | 66 |
| Jordanie | 4 826 700 | 6 198 677 | 78 |
| Kazakhstan | 8 475 700 | 15 340 533 | 55 |
| Kenya | 6 218 637 | 37 953 840 | 16 |
| Kirgyzstan | 2 498 800 | 5 356 869 | 47 |
| Kiribati | 76 497 | 110 356 | 69 |
| Koweït | 2 260 525 | 2 596 799 | 87 |
| Laos | 660 000 | 6 677 534 | 10 |
| Lesotho | 324 400 | 2 128 180 | 15 |
| Lettonie | 1 486 508 | 2 245 423 | 66 |
| Liban | 2 147 300 | 3 971 941 | 54 |
| Liberia | 805 000 | 3 334 587 | 24 |
| Libye | 4 431 700 | 6 173 579 | 72 |
| Liechtenstein | 34 873 | 34 498 | 101 |
| Lituanie | 2 330 139 | 3 565 205 | 65 |
| Luxembourg | 434 725 | 486 006 | 89 |
| Macédoine | 2 033 215 | 2 061 315 | 99 |
| Madagascar | 4 049 200 | 20 042 552 | 20 |
| Malaisie | 14 906 700 | 25 274 132 | 59 |
| Malawi | 1 652 000 | 13 931 831 | 12 |
| Maldives | 283 101 | 385 925 | 73 |
| Mali | 2 107 800 | 12 324 029 | 17 |
| Malte | 383 009 | 403 532 | 95 |
| Maroc | 15 158 600 | 34 343 220 | 44 |
| Maurice | 1 234 914 | 1 274 189 | 97 |
| Mauritanie | 1 154 200 | 3 364 940 | 34 |
| Mexique | 59 189 500 | 109 955 400 | 54 |
| Micronésie | 55 300 | 107 665 | 51 |

Figure 137-3. Comparaison entre la population totale de la loi rang - taille et de la population totale respective

| État | Population totale de la loi rang-taille | Population totale | Rapport en % |
|---------------------------------|---|-------------------|--------------|
| Moldavie | 1 885 500 | 4 324 450 | 44 |
| Monaco | 33 300 | 32 796 | 102 |
| Mongolie | 1 436 400 | 2 996 081 | 48 |
| Montenegro | 5 785 800 | 678 177 | 853 |
| Mozambique | 4 671 400 | 21 284 700 | 22 |
| Namibie | 706 900 | 2 088 669 | 34 |
| Nauru | 5 100 | 13 770 | 37 |
| Népal | 3 577 200 | 29 519 114 | 12 |
| Nicaragua | 2 906 400 | 5 785 846 | 50 |
| Niger | 2 038 100 | 13 272 679 | 15 |
| Nigeria | 50 440 000 | 146 255 312 | 34 |
| Norvège | 3 207 200 | 4 644 457 | 69 |
| Nouvelle-Zélande | 3 338 779 | 4 173 460 | 80 |
| Oman | 2 207 100 | 3 311 640 | 67 |
| Ouganda | 3 384 200 | 31 367 972 | 11 |
| Ouzbekistan | 10 212 700 | 27 345 026 | 37 |
| Pakistan | 47 436 700 | 172 800 048 | 27 |
| Palau | 15 507 | 21 093 | 74 |
| Panama | 1 446 696 | 3 309 679 | 44 |
| Papouasie – Nouvelle-Guinée | 740 046 | 5 931 769 | 12 |
| Paraguay | 3 108 226 | 6 831 306 | 45 |
| Pays-Bas | 14 303 600 | 16 645 313 | 86 |
| Pérou | 19 146 300 | 29 180 900 | 66 |
| Philippines | 25 685 600 | 96 061 680 | 27 |
| Pologne | 19 964 000 | 38 500 696 | 52 |
| Portugal | 6 006 600 | 10 676 910 | 56 |
| Qatar | 620 200 | 824 789 | 75 |
| Centrafrique | 1 665 300 | 4 444 330 | 37 |
| République dominicaine | 4 926 400 | 9 507 133 | 52 |
| Roumanie | 11 907 900 | 22 246 862 | 54 |
| Royaume-Uni | 35 223 800 | 60 943 912 | 58 |
| Russie | 77 400 900 | 140 702 096 | 55 |
| Rwanda | 543 200 | 10 186 063 | 5 |
| Saint-Kitts-et-Nevis | 24 593 | 39 817 | 62 |
| Saint-Marin | 28 059 | 29 973 | 94 |
| Saint-Vincent-et-les-Grenadines | 27 212 | 118 432 | 23 |
| Sainte-Lucie | 36 123 | 159 585 | 23 |
| Salvador | 2 981 003 | 7 066 403 | 42 |
| Samoa | 180 735 | 217 083 | 83 |

Figure 137-4. Comparaison entre la population totale de la loi rang - taille et de la population totale respective

| État | Population totale de la loi rang-taille | Population totale | Rapport en % |
|----------------------|---|-------------------|--------------|
| Sao-Tomé-et-Principe | 91 600 | 206 178 | 44 |
| Sénégal | 5 100 700 | 12 853 259 | 40 |
| Serbie | 5 785 800 | 10 159 046 | 57 |
| Seychelles | 35 800 | 82 247 | 44 |
| Sierra Leone | 1 776 300 | 6 294 774 | 28 |
| Singapour | 3 499 500 | 4 608 167 | 76 |
| Slovaquie | 3 157 600 | 5 455 407 | 58 |
| Slovénie | 1 142 101 | 2 007 711 | 57 |
| Somalie | 4 035 900 | 9 558 666 | 42 |
| Soudan | 11 235 400 | 40 218 456 | 28 |
| Sri Lanka | 4 078 000 | 21 128 772 | 19 |
| Suède | 5 122 600 | 9 045 389 | 57 |
| Suisse | 4 360 700 | 7 581 520 | 58 |
| Suriname | 292 400 | 475 996 | 61 |
| Swaziland | 301 000 | 1 128 814 | 27 |
| Syrie | 8 339 400 | 19 747 586 | 42 |
| Tadjikistan | 1 824 482 | 7 211 884 | 25 |
| Taïwan | 16 332 100 | 22 920 946 | 71 |
| Tanzanie | 12 555 500 | 40 213 160 | 31 |
| Tchad | 1 656 065 | 10 111 337 | 16 |
| Tchéquie | 6 617 600 | 10 220 911 | 65 |
| Thaïlande | 16 688 000 | 66 493 296 | 25 |
| Togo | 1 433 800 | 5 858 673 | 24 |
| Tonga | 43 795 | 119 009 | 37 |
| Trinité-et-Torbago | 372 100 | 1 231 323 | 30 |
| Tunisie | 6 258 893 | 10 383 577 | 60 |
| Turkménistan | 2 470 300 | 5 179 571 | 48 |
| Turquie | 43 410 900 | 71 892 808 | 60 |
| Tuvalu | 8 285 | 12 177 | 68 |
| Ukraine | 25 932 800 | 45 994 288 | 56 |
| Uruguay | 2 619 200 | 3 477 778 | 75 |
| Vanuatu | 55 991 | 215 446 | 26 |
| Venezuela | 19 266 900 | 26 414 816 | 73 |
| Viêt-nam | 11 760 100 | 86 116 560 | 14 |
| Yemen | 4 452 600 | 23 013 376 | 19 |
| Zambie | 3 912 900 | 11 669 534 | 34 |
| Zimbabwe | 4 712 400 | 11 350 111 | 42 |

Figure 137-5. Comparaison entre la population totale de la loi rang - taille et de la population totale respective

La structure des résultats obtenus ayant été critiquée, on peut désormais proposer une interprétation des lois rang - taille à l'échelle de chacun des 193 États du monde.

16.2.3. Interprétations de ces résultats

Pour George Kingsley Zipf (1941 ; 1949), le modèle linéaire ne s'applique que dans le cas d'un réseau urbain possédant une certaine épaisseur historique, à l'instar de celui qui a été constitué par le réseau des châteaux (cf. chapitres 10 à 14). Les résultats précédents montrent qu'il s'agit d'un modèle générique que l'on peut établir pour n'importe quelle entité spatiale. En effet, que l'État possède un petit territoire ou un territoire immense, que l'État soit séculaire ou pluri-millénaire, la même loi rang - taille caractérise le réseau urbain de chacun des 193 États de la planète. Cependant, on peut reprendre l'interprétation de Colin Grant Clark (1967) au sujet de ce qui deviendra les lois rang - taille non linéaires pour analyser les données *Tageo*. Ce dernier avait évoqué la possibilité que les lois rang - taille puissent correspondre à trois types de distributions possibles, tout d'abord, ce qu'il avait appelé la « situation de primatie », où les grandes villes possèdent une taille disproportionnée par rapport aux autres. Ensuite, il y avait la « situation oligarchique » où les villes moyennes étaient surreprésentées, et enfin, le cas de la « situation anti-primatiale » où les plus grandes villes étaient sous représentées, ce qui est le cas des données *Tageo* puisque les grandes villes ne sont représentées que par le nombre d'habitants au sein de la limite administrative officielle.

La correspondance entre espace géographique et lois rang - taille est loin d'être évidente. Leslie Curry (1964) précisait qu'il en existait deux grandes familles. La première est l'approche « fonctionnelle », la seconde, l'approche « génétique ». L'approche « fonctionnelle » essaye de combiner les lois rang - taille avec la théorie des lieux centraux (Christaller, 1933 ; Losch, 1940). Elle montre qu'une loi rang - taille linéaire est la structure que l'on rencontre la plus souvent. Toutefois, si l'on observe bien cette relation, dans de nombreux cas, des paliers existent, paliers qui renvoient à une structure log-périodique (Forriez et Martin, 2007 ; Forriez et Martin, 2009). Ce constat n'est qu'un élément supplémentaire permettant de prouver que cette régression linéaire contraint de manière géométrique la répartition des localités dans l'espace géographique. Chaque palier correspond alors aux nombres possibles de villes possédant le même nombre d'habitants. De plus, il a été montré que le réseau urbain de Walter Christaller était un modèle fractal (Le Bras, 2000). Cependant, comme l'écrit Denise Pumain (1982), cette approche comporte de nombreuses boîtes noires. La question est donc loin d'être tranchée aujourd'hui (Pumain, 2006).

L'approche « génétique » tente d'établir un lien entre les processus de croissance et la distribution de la taille des villes. De nombreux modèles ont été proposés pour essayer de comprendre la croissance physique de la ville en fonction des lois rang - taille. Le plus célèbre est le modèle de croissance allométrique. Le principe est simple : ce type de croissance caractérise la constance du rapport entre des mesures de nature différente effectuées sur un même objet (Pumain, 1982). Dans le cas des agglomérations, l'étude établit *via* un modèle de loi de puissance, la dépendance explicite entre la croissance de la surface S de l'agglomération et la croissance de la population P contenue dans celle-ci. Le modèle le plus simple s'écrit :

$$S = \gamma P^\alpha$$

où γ et α sont des constantes contingentes à l'objet d'étude. α est ce que l'on appelle le coefficient d'allométrie (Batty, Longley, 1994 ; Bejan, Lorente, 2004).

Les méthodes et les techniques divergent, mais la question fondamentale soulevée par ces deux approches est, au fond, d'établir une liaison entre le « système des localisations » et le « système de peuplement ». Malgré tous les travaux existants, ce lien n'a jamais pu être construit de manière strictement formelle (Pumain, 1982 ; 2006).

Enfin, il faut préciser que les distributions de probabilité ont été rarement étudiées en géographie. Pourtant, « la forme donnée par Zipf à la loi rang - taille ne diffère qu'en apparence d'une fonction de répartition » (Pumain, 1982, p. 25). Toutefois, ce n'en est pas une. En effet, si le modèle est linéaire, le lien entre la loi rang - taille et la distribution de probabilité est direct. Ainsi, l'exposant α de Pareto, caractéristique essentielle des distributions parétiennes, correspond à l'inverse de l'exposant q des lois rang - taille (Guérin-Pace, 1993, p. 44). Cependant, cette relation biunivoque n'existe plus, s'il s'agit d'un modèle polynomial. Il est par conséquent difficile de conclure quoi que ce soit sur les relations entre les lois rang - taille et les distributions statistiques qu'elles engendrent. Il est donc nécessaire d'utiliser en complément des lois rang - taille leurs distributions statistiques respectives.

16.3. Les statistiques parétiennes et les lois rang - taille

Denise Pumain (1982, p. 26-27) avait bien mis en garde sur le fait qu'il existait une différence fondamentale entre les distributions statistiques et les lois rang - taille. En effet, une distribution statistique se réalise par la mise en correspondance de la variable étudiée (ici le nombre d'habitants) avec l'effectif mesuré. Pour établir clairement ces lois, il faut donc nécessairement imposer un intervalle permettant de lisser les variables étudiées. *A contrario*, la loi rang - taille étudie la correspondance entre un rang et un nombre d'habitants ; le lissage n'est donc pas indispensable dans ce cas. De plus, Denise Pumain (1982) avait effectué un état des lieux des lois statistiques possibles pour qualifier les lois rang - taille. Son raisonnement avait abouti à l'exclusion totale de la loi normale de Gauss-Laplace et à une hésitation entre la loi log-normale (ou de Galton ou de Gibrat) et les lois parétiennes. Cette partie va montrer que, pour la base *Tageo*, ce doute est entièrement levé en faveur des lois parétiennes.

16.3.1. Les lois parétiennes

Il est difficile de présenter rapidement les lois parétiennes, dues à Vilfredo Pareto (1896), car peu d'ouvrages de synthèse en français existent (Zajdenweber, 1976 ; Zajdenweber, 2009). Cela est sans doute dû au fait que les caractéristiques de cette loi sont quelque peu déconcertantes. Il s'agit d'une loi puissance caractérisée par l'exposant α de Pareto. Cette distribution est donc extrêmement dissymétrique. Les paramètres classiques que sont la moyenne et la variance n'existent pas forcément. Pour que la moyenne existe, il faut que l'exposant α de Pareto soit strictement supérieur à 1. De même, pour que la variance existe, il faut que l'exposant α de Pareto soit strictement supérieur à 2. Cela signifie que les valeurs extrêmes ont une probabilité plus élevée que dans la distribution de Gauss-Laplace de se réaliser.

Formellement, la distribution s'écrit :

$$\Pr(X \geq x) = C(x / x_0)^{-\alpha}$$

où X est une variable aléatoire, x_0 la valeur minimale et C un facteur d'échelle (Zajdenweber, 1976 ; Zajdenweber, 2009). De plus, ses paramètres s'estiment par les formules suivantes (Zajdenweber, 1976 ; Zajdenweber, 2009) :

$$E(X) = \frac{\alpha}{\alpha-1} x_0 \text{ si } \alpha > 1$$

$$V(X) = \frac{\alpha}{(\alpha-1)^2 (\alpha-2)} x_0^2 \text{ si } \alpha > 2$$

où E est l'espérance et V la variance.

La loi de Pareto se décline plus précisément en deux catégories : d'une part, les lois parétiennes fortes, d'autre part, les lois parétiennes faibles. Les lois fortes correspondent à la loi de Pareto décrite dans le paragraphe précédent. Les lois faibles (Mandelbrot, 1963) ne se définissent que par un comportement asymptotique au niveau de la queue de distribution. Formellement, cela s'écrit :

$$\Pr(X \geq x) \rightarrow C(x / x_0)^{-\alpha}$$

Daniel Zajdenweber (1976) précise qu'il est possible de confondre la distribution « asymptotiquement parétienne » avec la distribution log-normale, ce qui légitimise le fait que Denise Pumain (1982) s'interroge sur la nature statistique des distributions rang - taille. Toutefois, dans le cas de la base *Tageo*, on rencontre plutôt la loi forte de Pareto.

16.3.2. Les distributions des lois rang - taille

Une mesure systématique des exposants de Pareto a été réalisée sur chacun des États de la base *Tageo*. Cette estimation ne peut se faire que par l'établissement d'une régression linéaire dans l'espace bi-logarithmique du nombre d'habitants et celui de leur effectif statistique respectif, l'exposant α de Pareto correspond alors à la pente de la droite observée. La Figure 138 montre toutes les distributions statistiques observées pour chaque État. Dans le cas d'une telle distribution la moyenne arithmétique et l'écart-type indiqués sur ces graphiques n'ont aucune signification. D'ailleurs beaucoup de graphiques possèdent une valeur nulle au niveau de ces paramètres. Enfin, le pas a été indiqué ; il correspond à l'intervalle de lissage permettant d'établir de manière lisible la distribution observée. Parmi toutes celles-ci, seuls vingt-quatre États possèdent une distribution non parétienne. Il s'agit une nouvelle fois des États ayant un petit territoire : Andorre, Bahrain, Belize, Brunei, Cap Vert, Vatican, Comores, Corée du Nord, Djibouti, Dominique, Émirats Arabes Unis, Grenade, les Îles Salomon, le Liechtenstein, la Micronésie, Oman, Saint-Marin, Sainte-Lucie, Sao-Tomé-et-Principe, les Seychelles, Singapour, Nauru, Tuvalu et Vanuatu. Pour l'ensemble de ces États, l'exposant α de Pareto est nul ou très proche de zéro (Figure 140), ce qui ne devrait pas perturber l'analyse statistique de α .

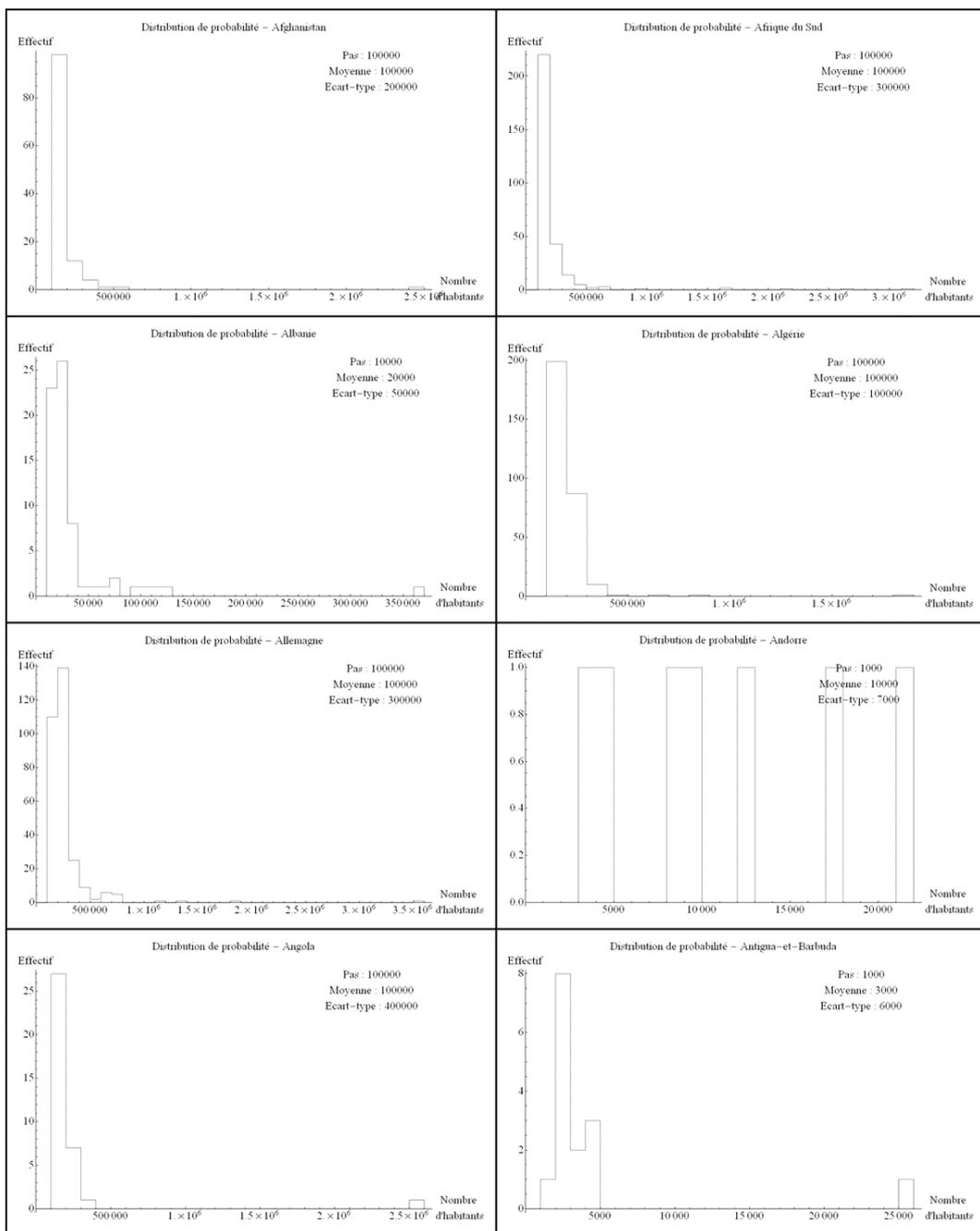


Figure 138-1. Distributions paréliennes observées pour chacun des États du monde

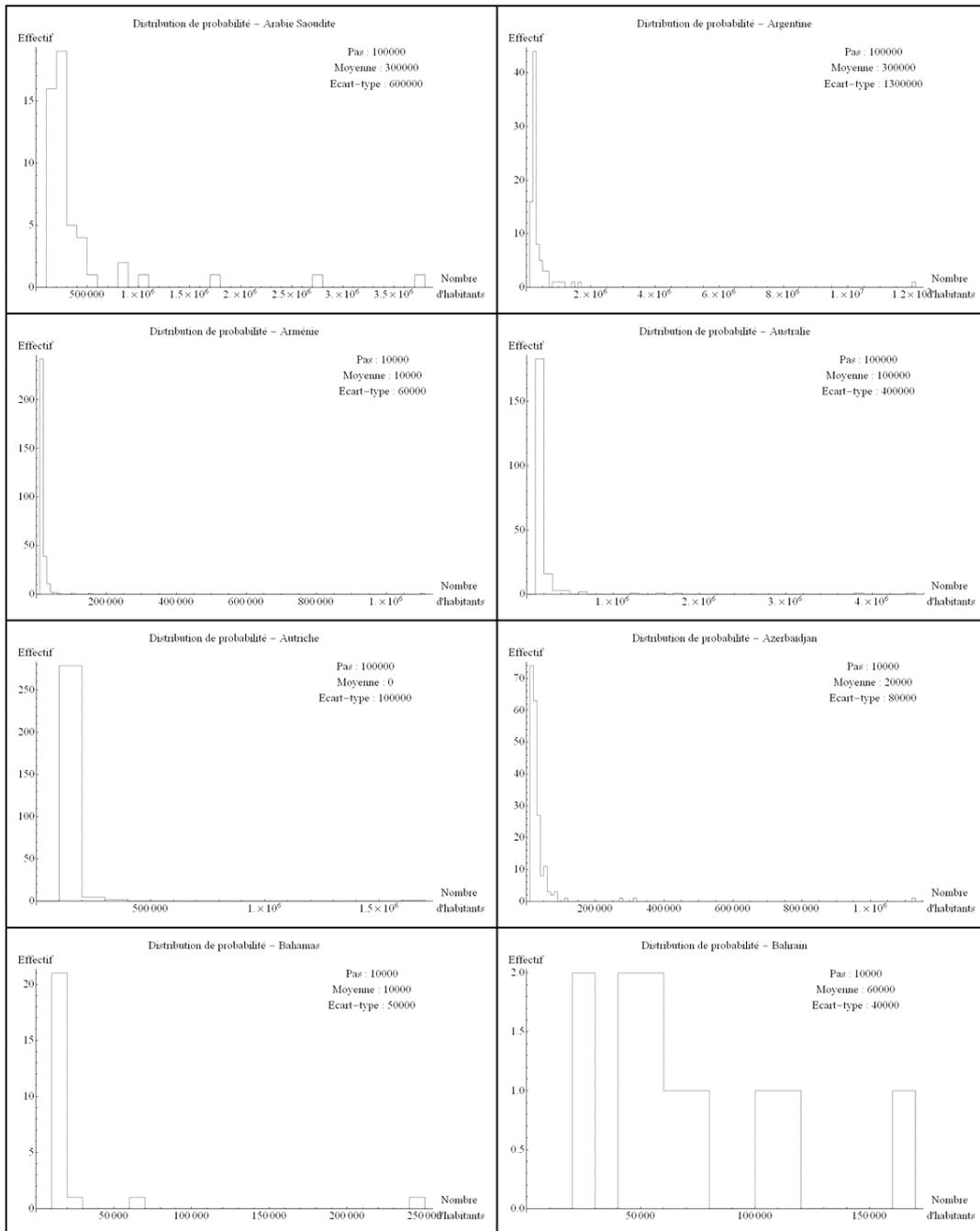


Figure 138-2. Distributions parétiennes observées pour chacun des États du monde

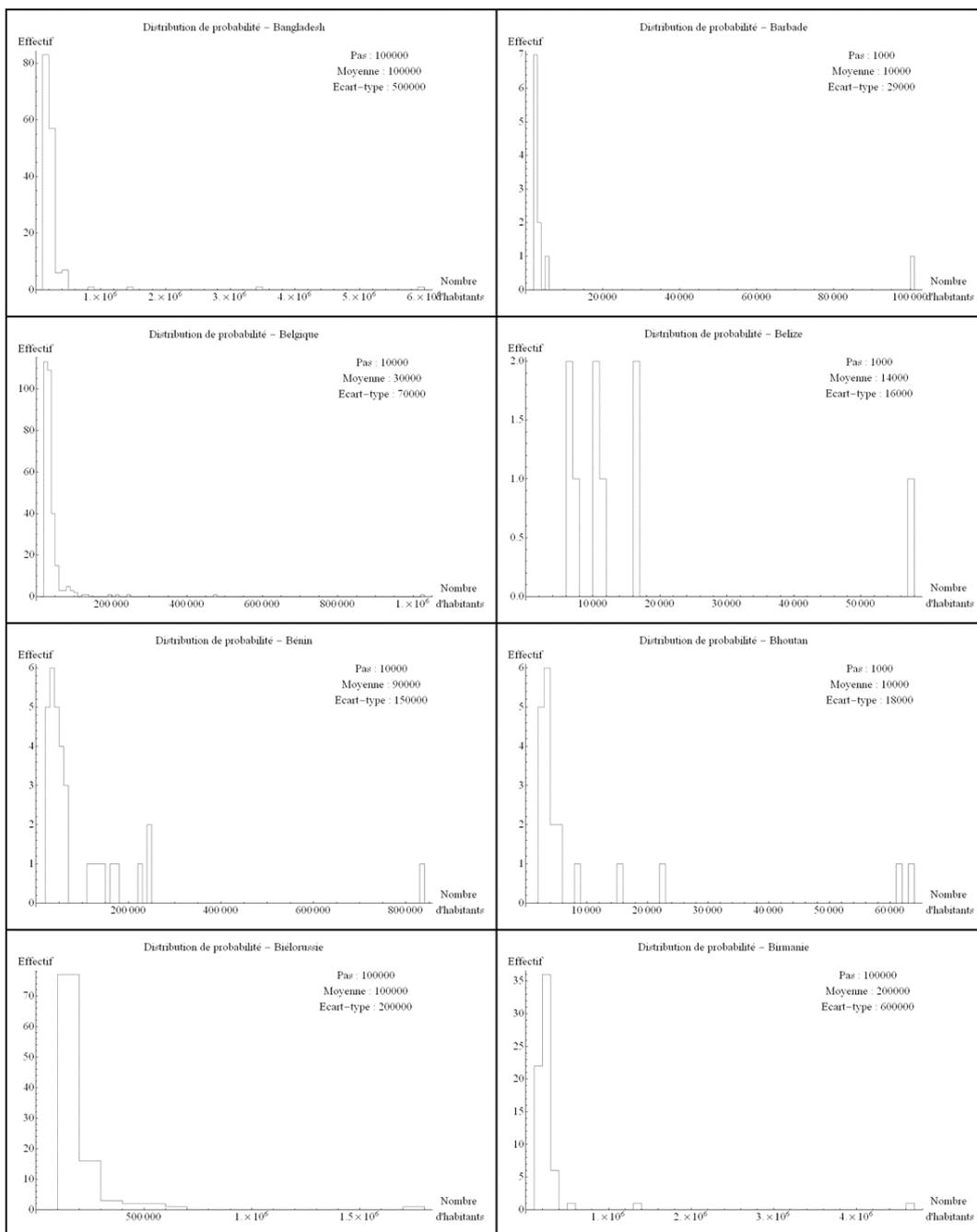


Figure 138-3. Distributions paréliennes observées pour chacun des États du monde

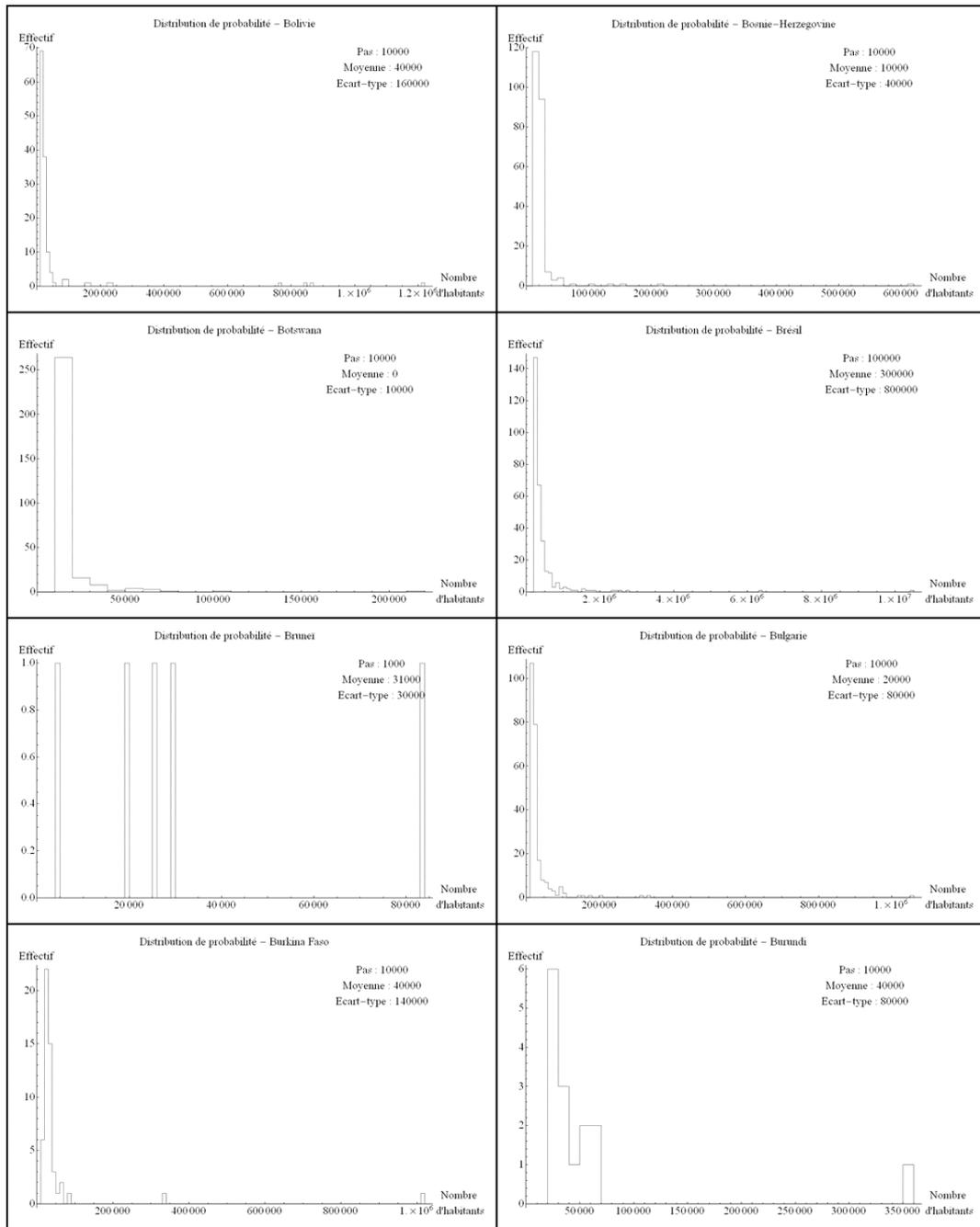


Figure 138-4. Distributions paréliennes observées pour chacun des États du monde

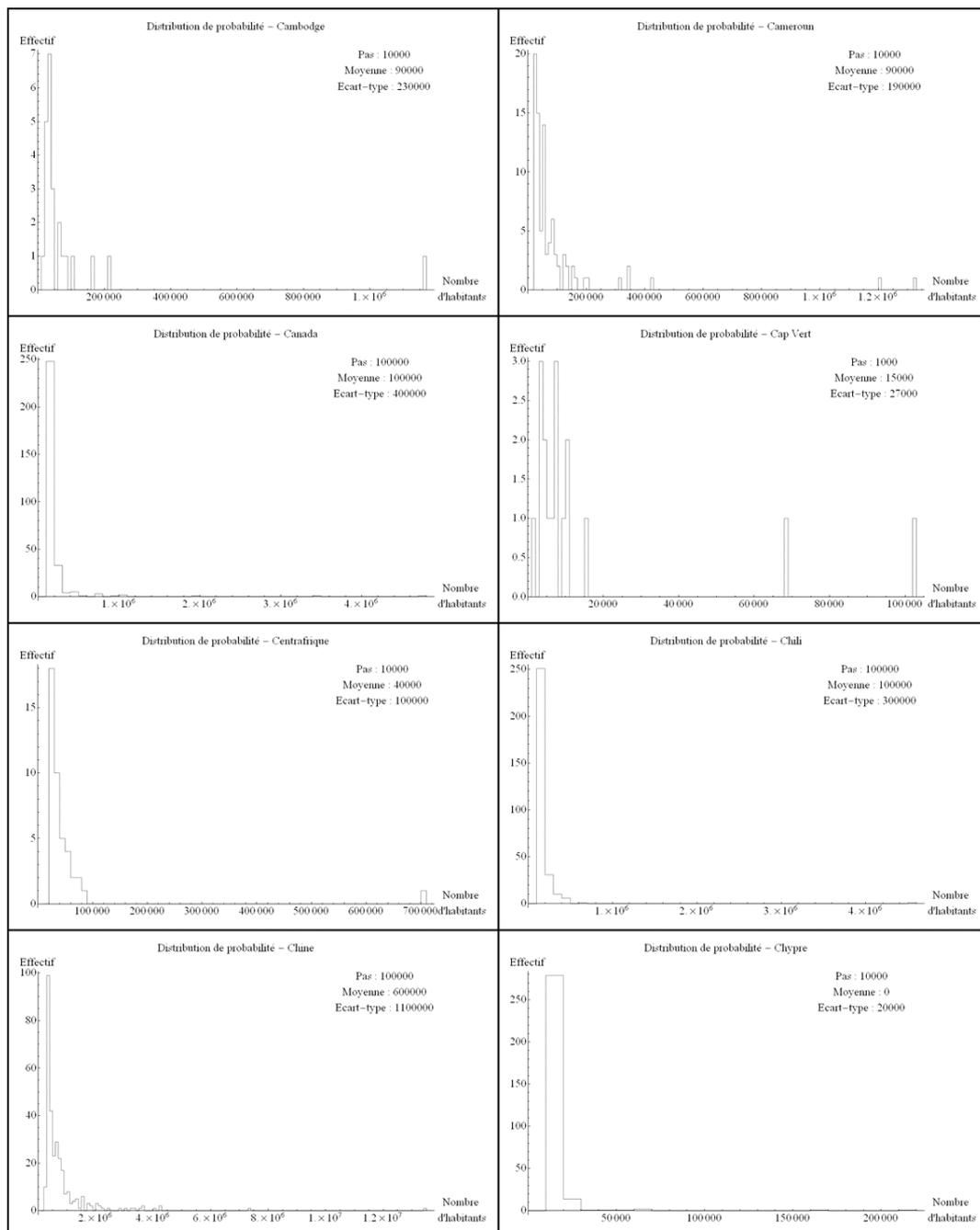


Figure 138-5. Distributions paréliennes observées pour chacun des États du monde

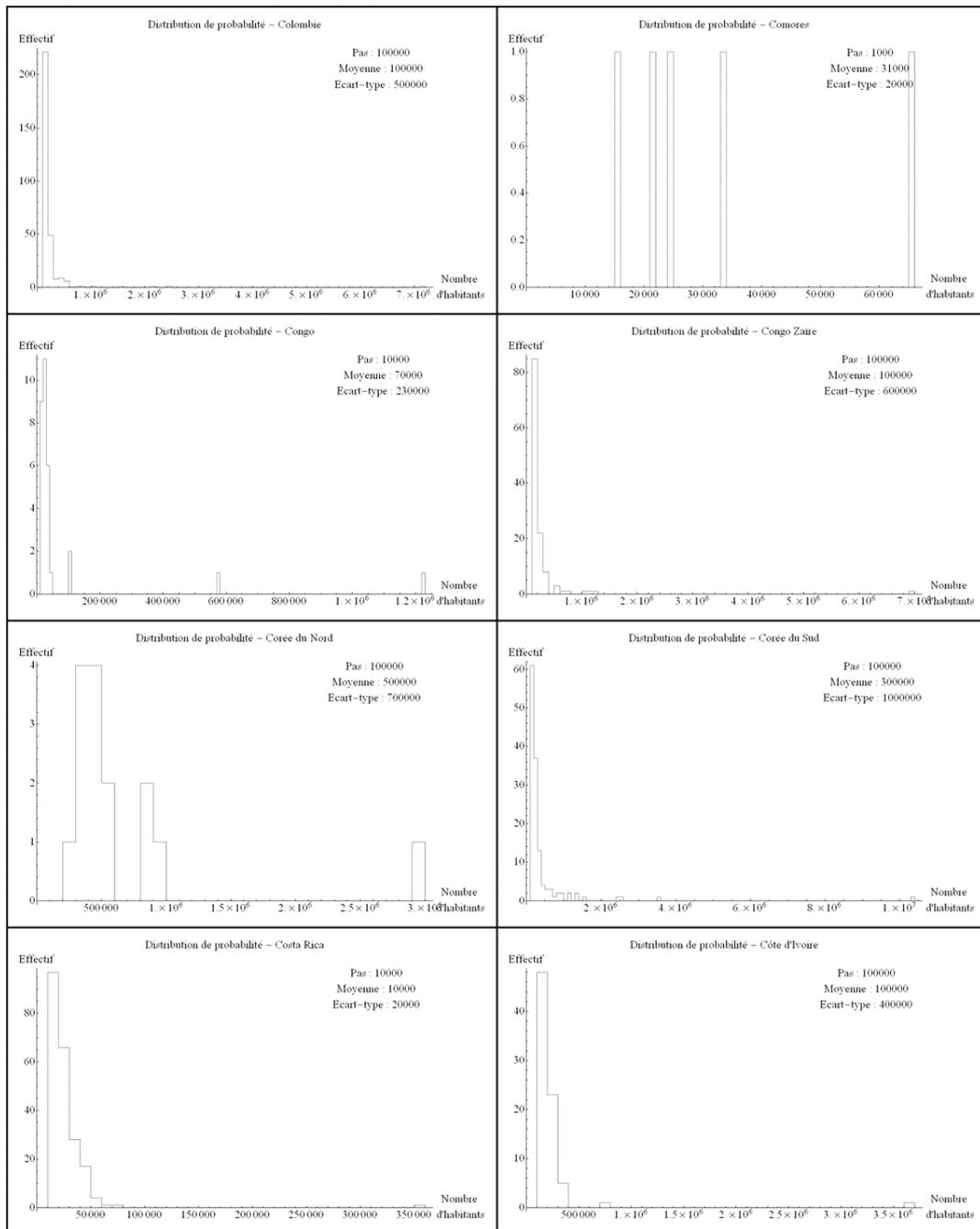


Figure 138-6. Distributions paréliennes observées pour chacun des États du monde

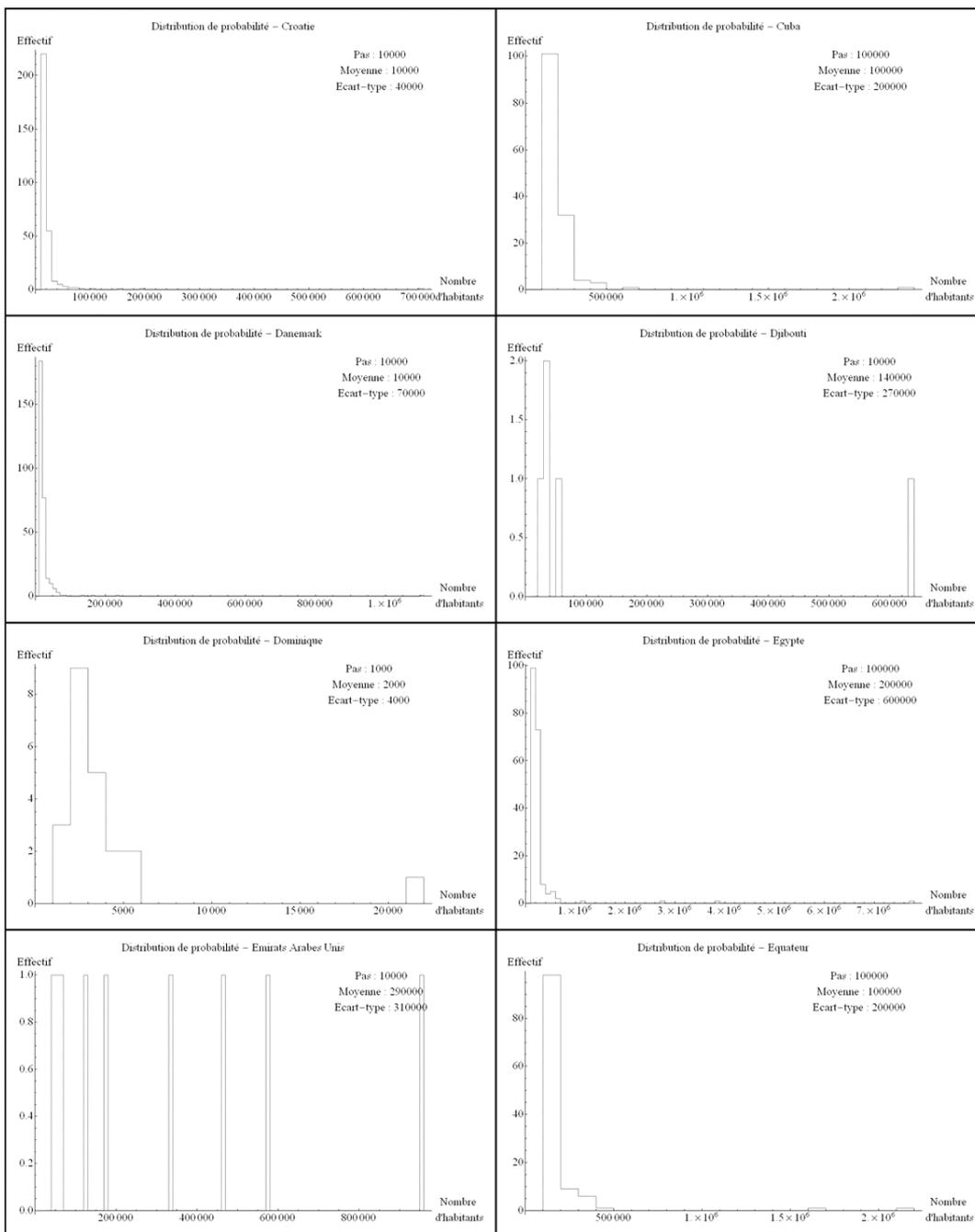


Figure 138-7. Distributions paréliennes observées pour chacun des États du monde

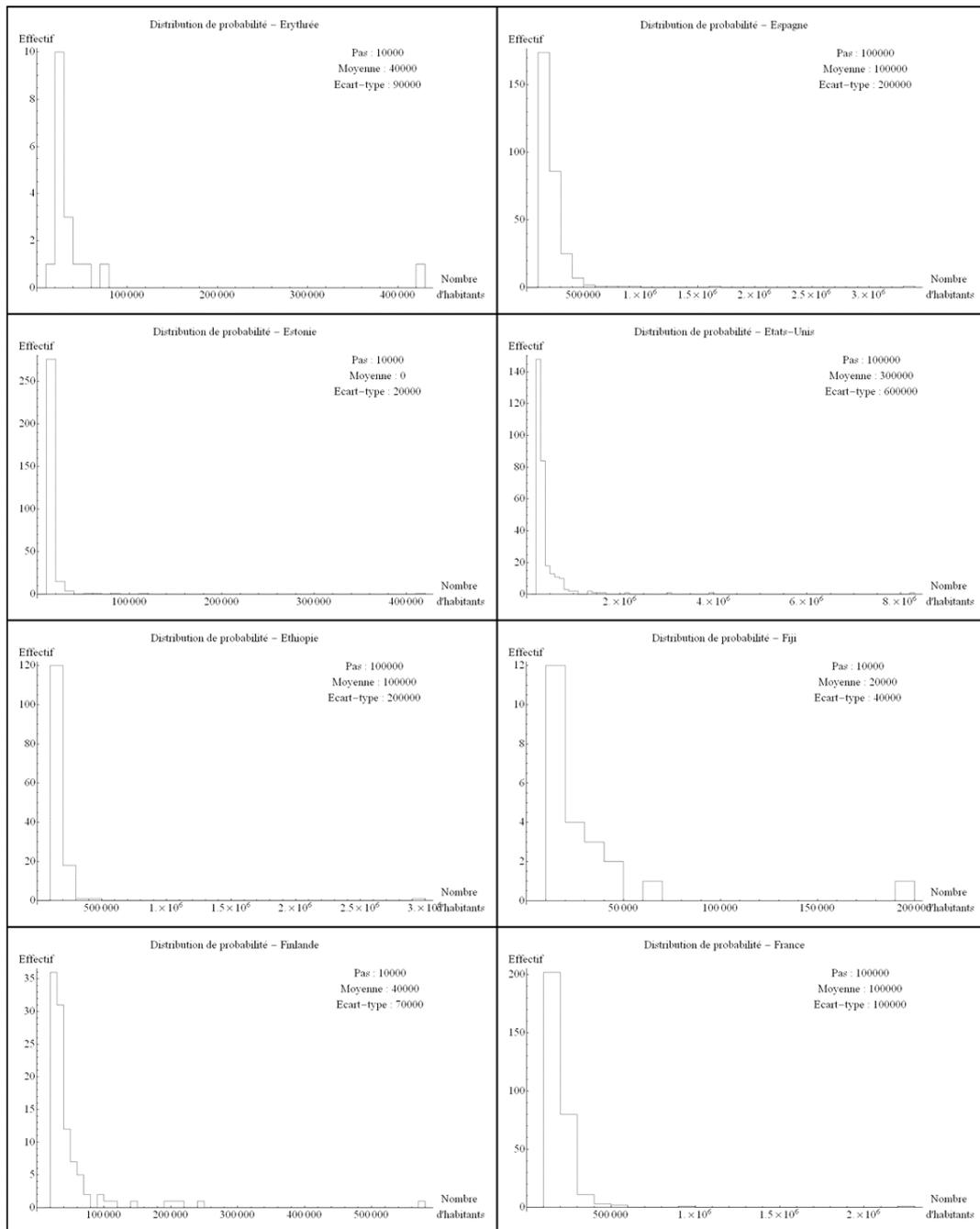


Figure 138-8. Distributions parétiennes observées pour chacun des États du monde

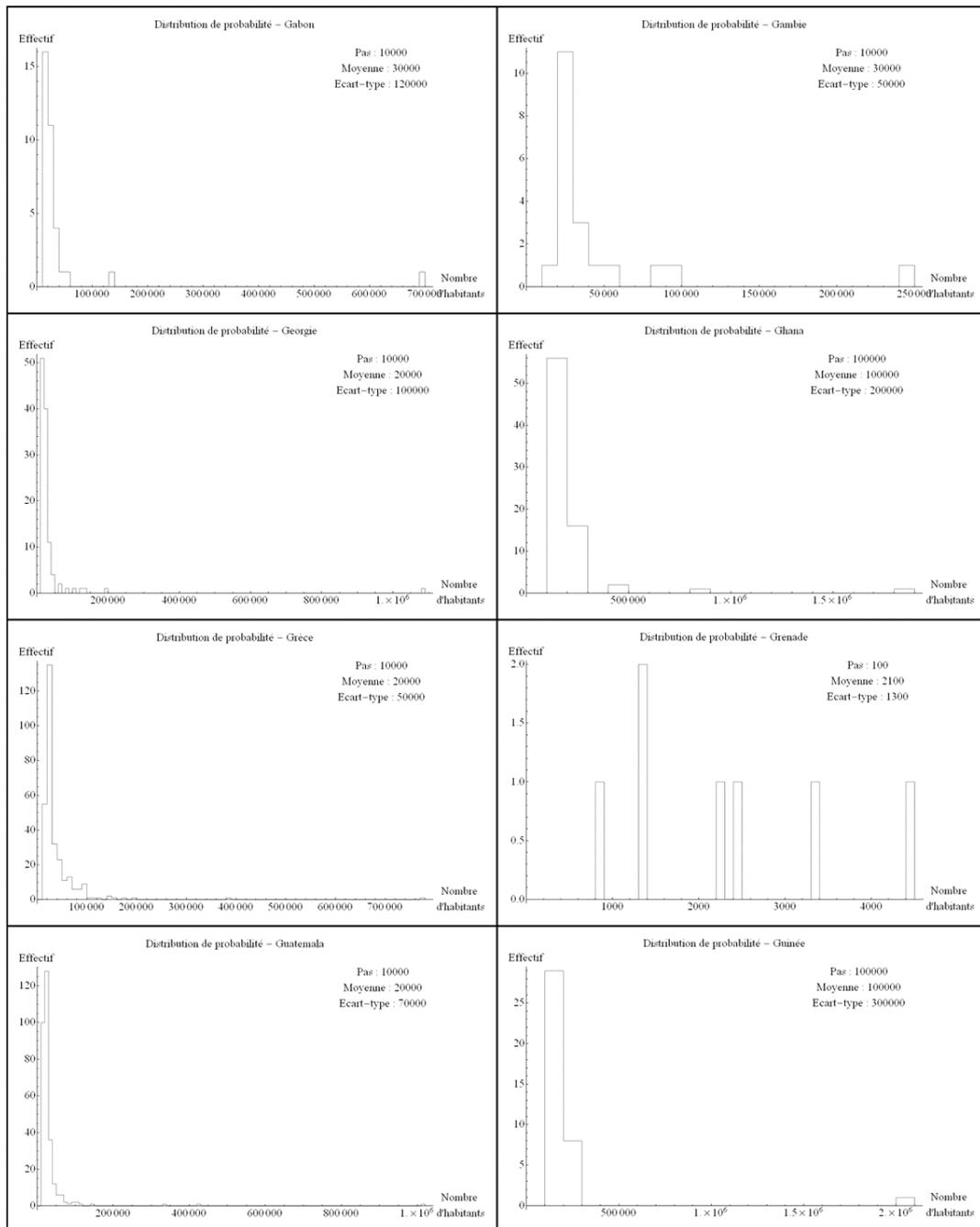


Figure 138-9. Distributions paréliennes observées pour chacun des États du monde

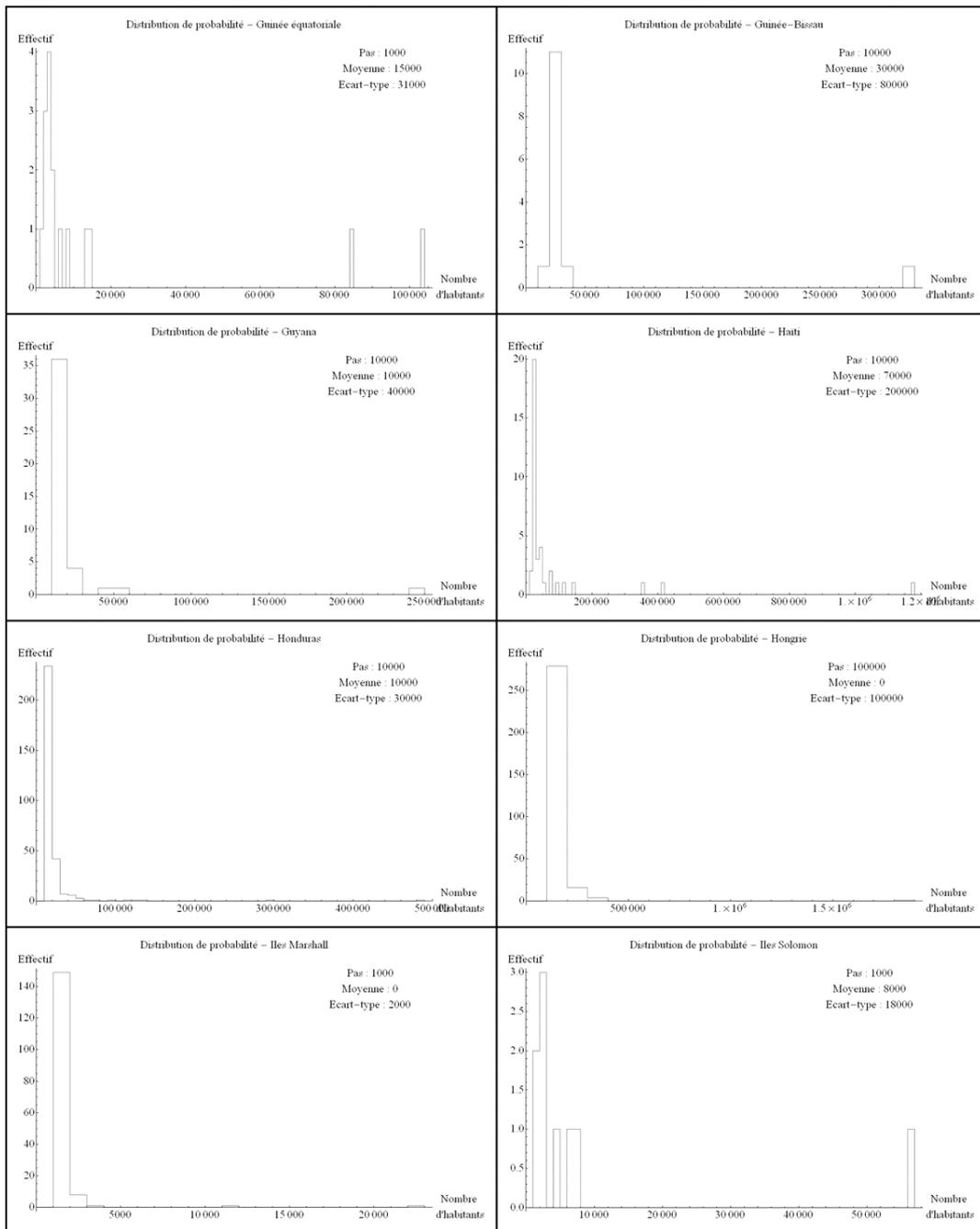


Figure 138-10. Distributions parétiennes observées pour chacun des États du monde

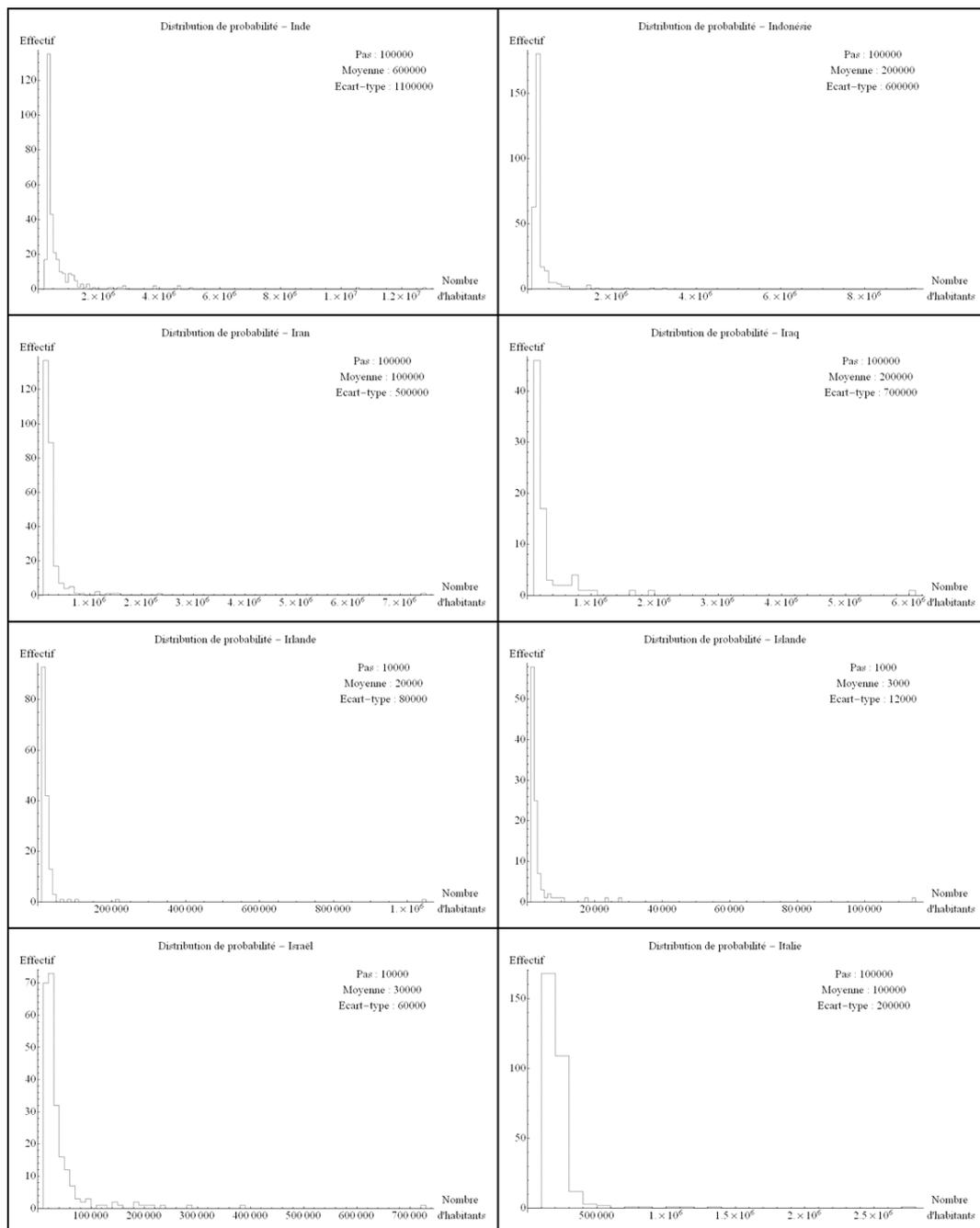


Figure 138-11. Distributions parétiennes observées pour chacun des États du monde

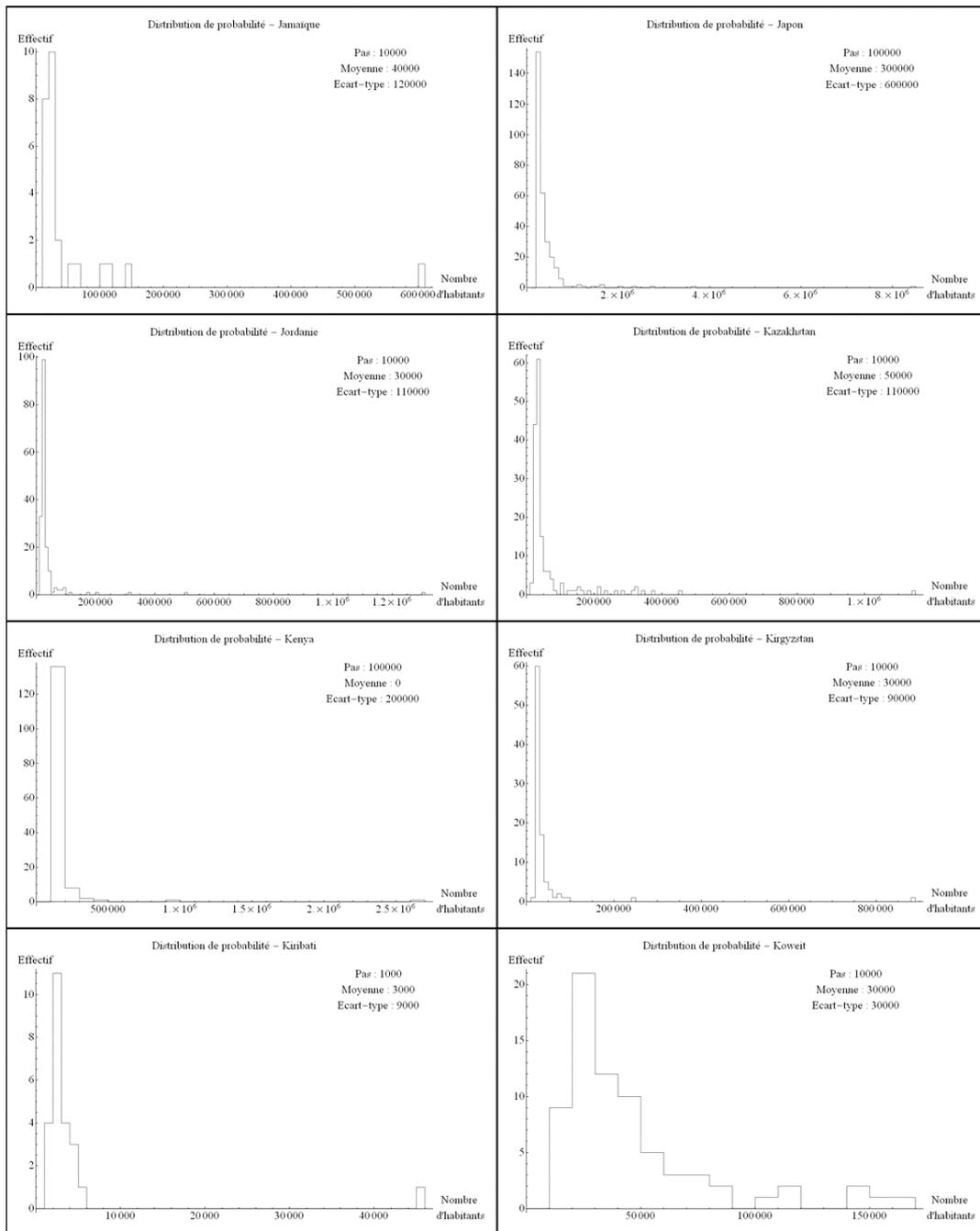


Figure 138-12. Distributions parétiennes observées pour chacun des États du monde

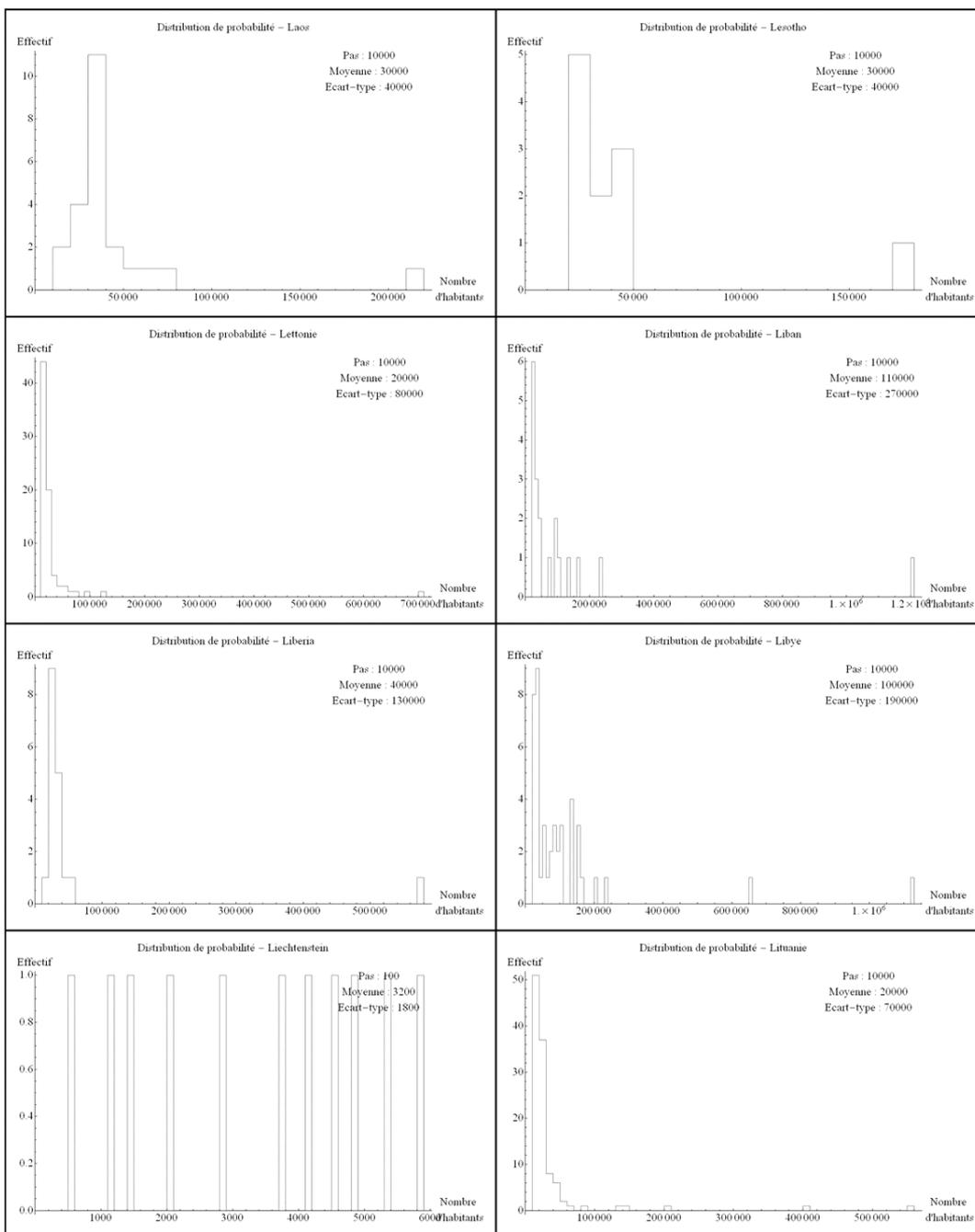


Figure 138-13. Distributions parétiennes observées pour chacun des États du monde

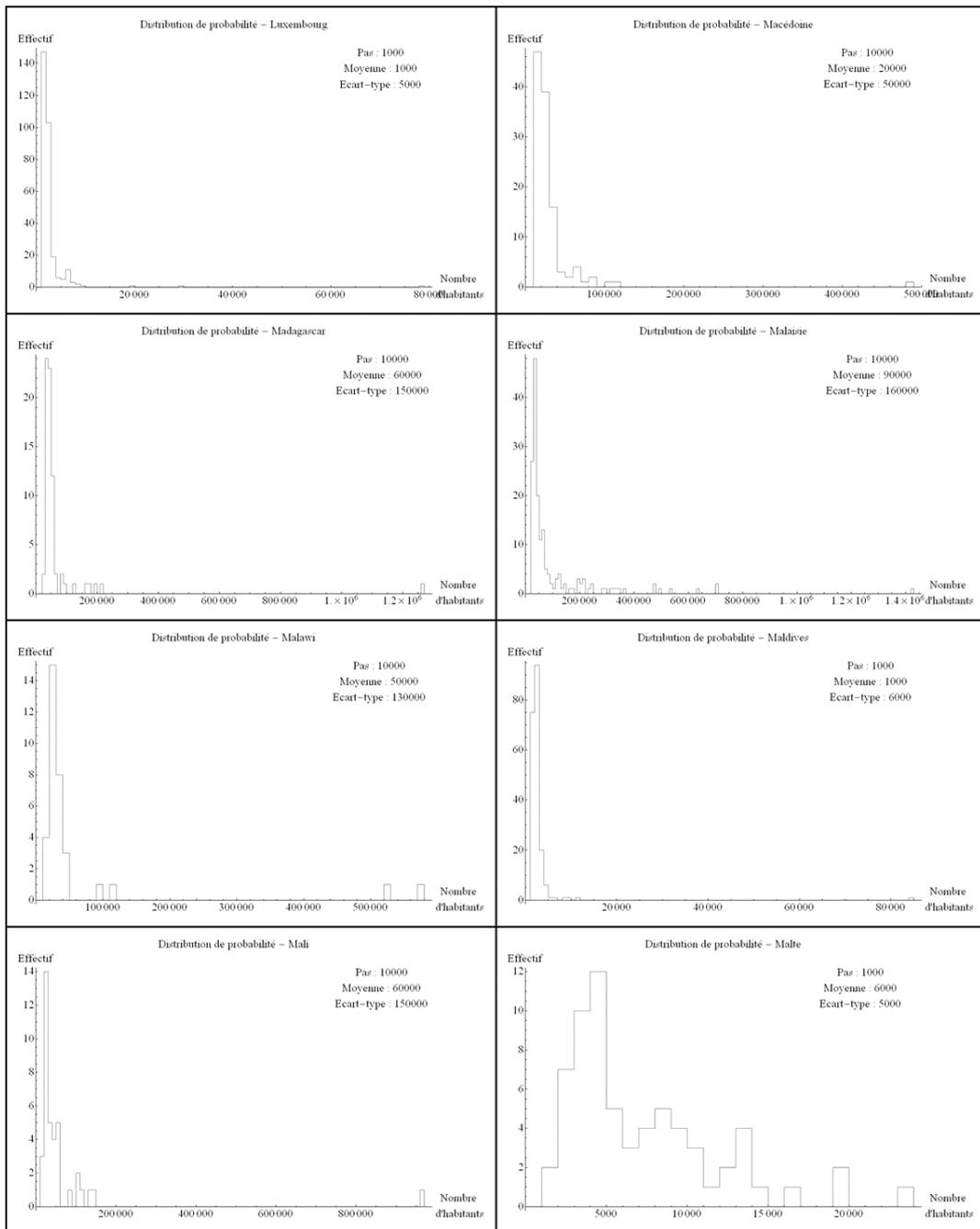


Figure 138-14. Distributions pariennes observées pour chacun des États du monde

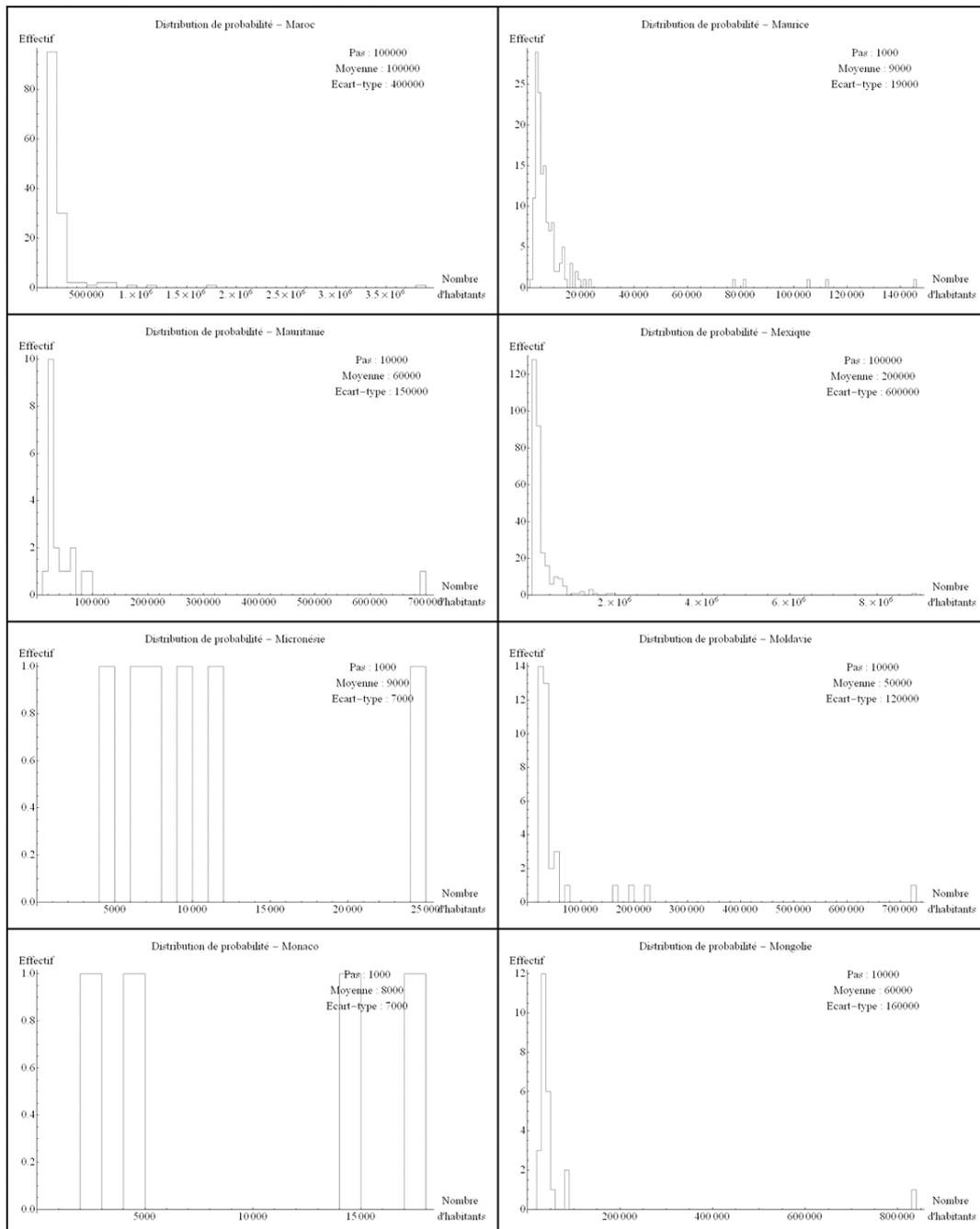


Figure 138-15. Distributions parétiennes observées pour chacun des États du monde

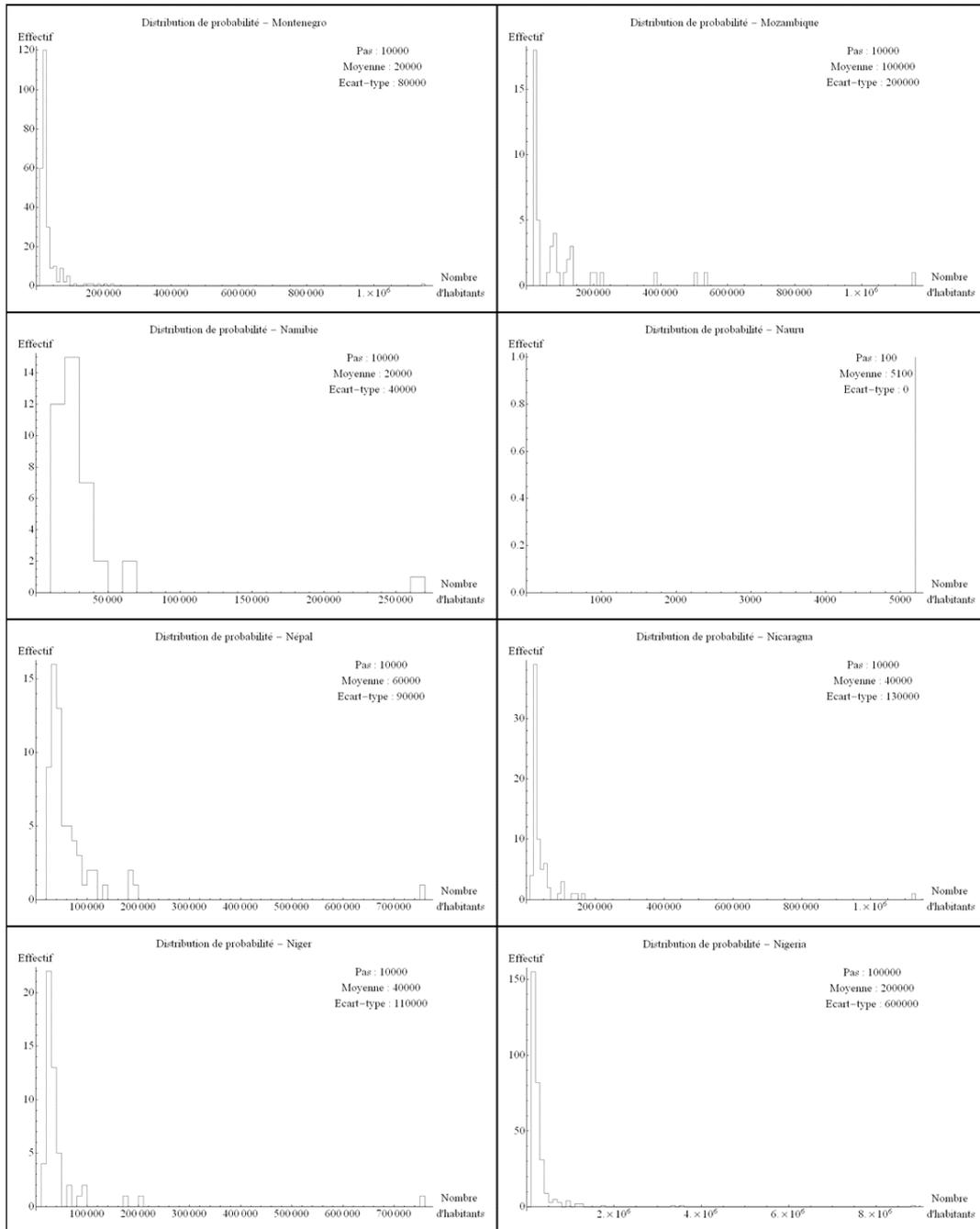


Figure 138-16. Distributions parétiennes observées pour chacun des États du monde

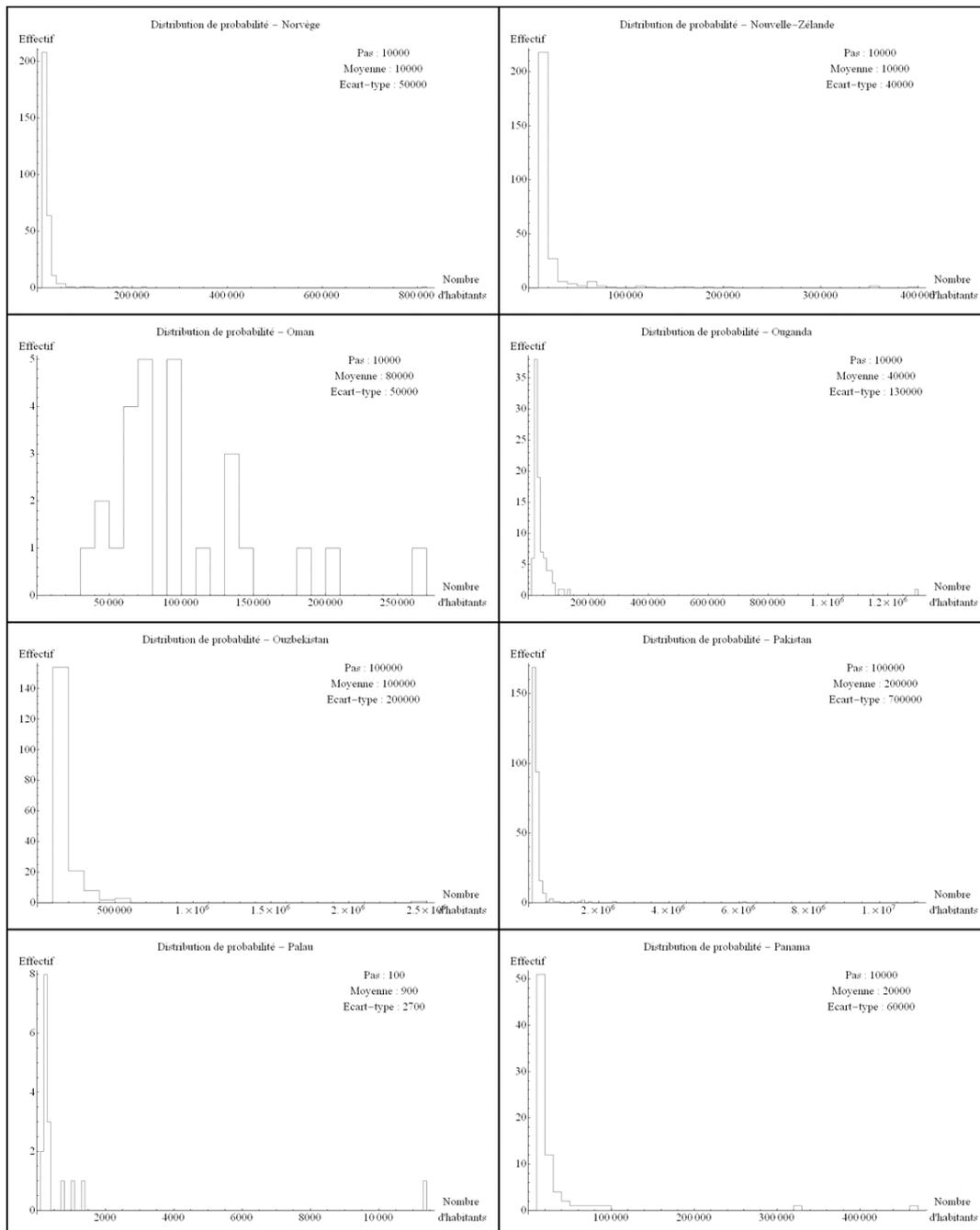


Figure 138-17. Distributions parétiennes observées pour chacun des États du monde

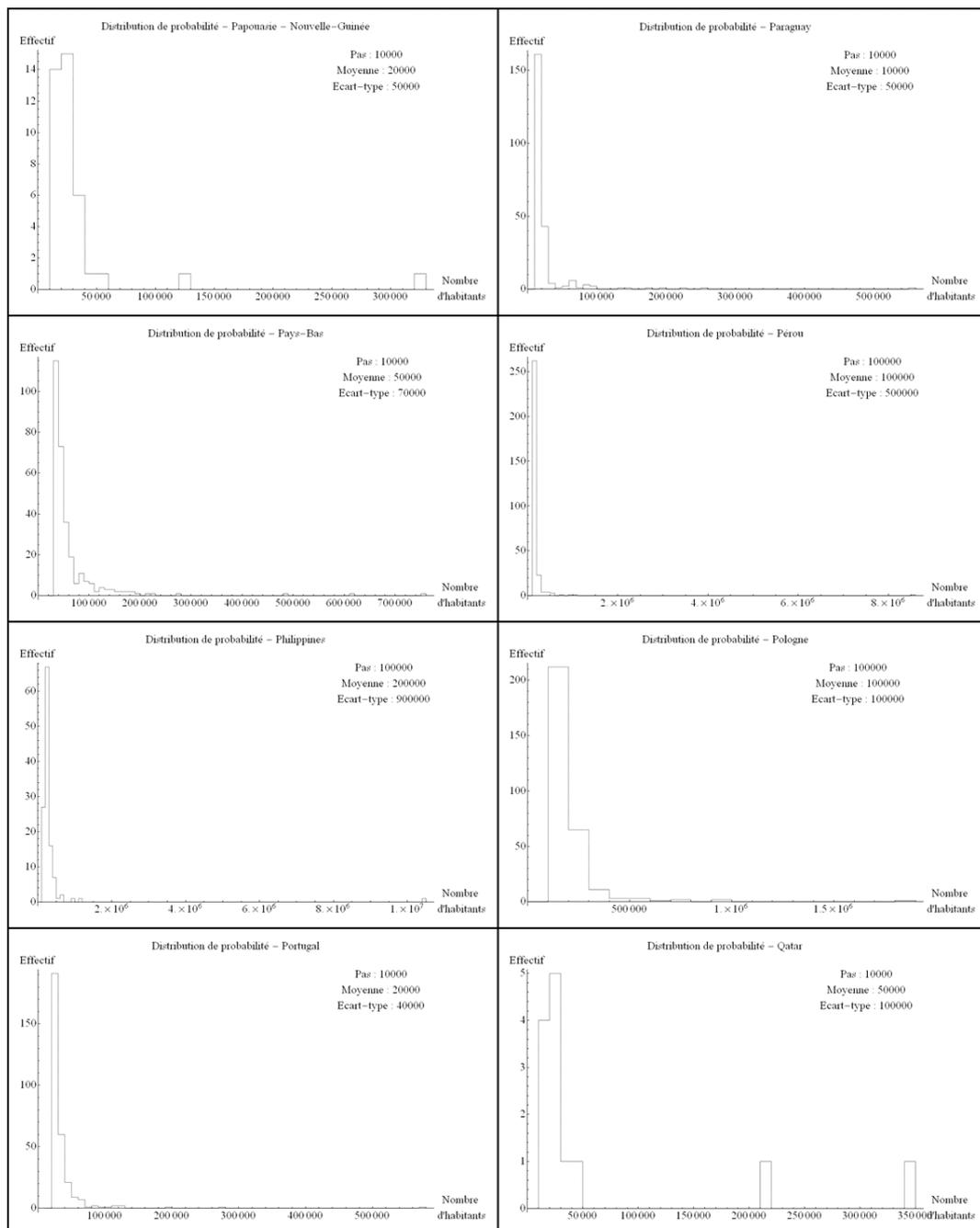


Figure 138-18. Distributions parétiennes observées pour chacun des États du monde

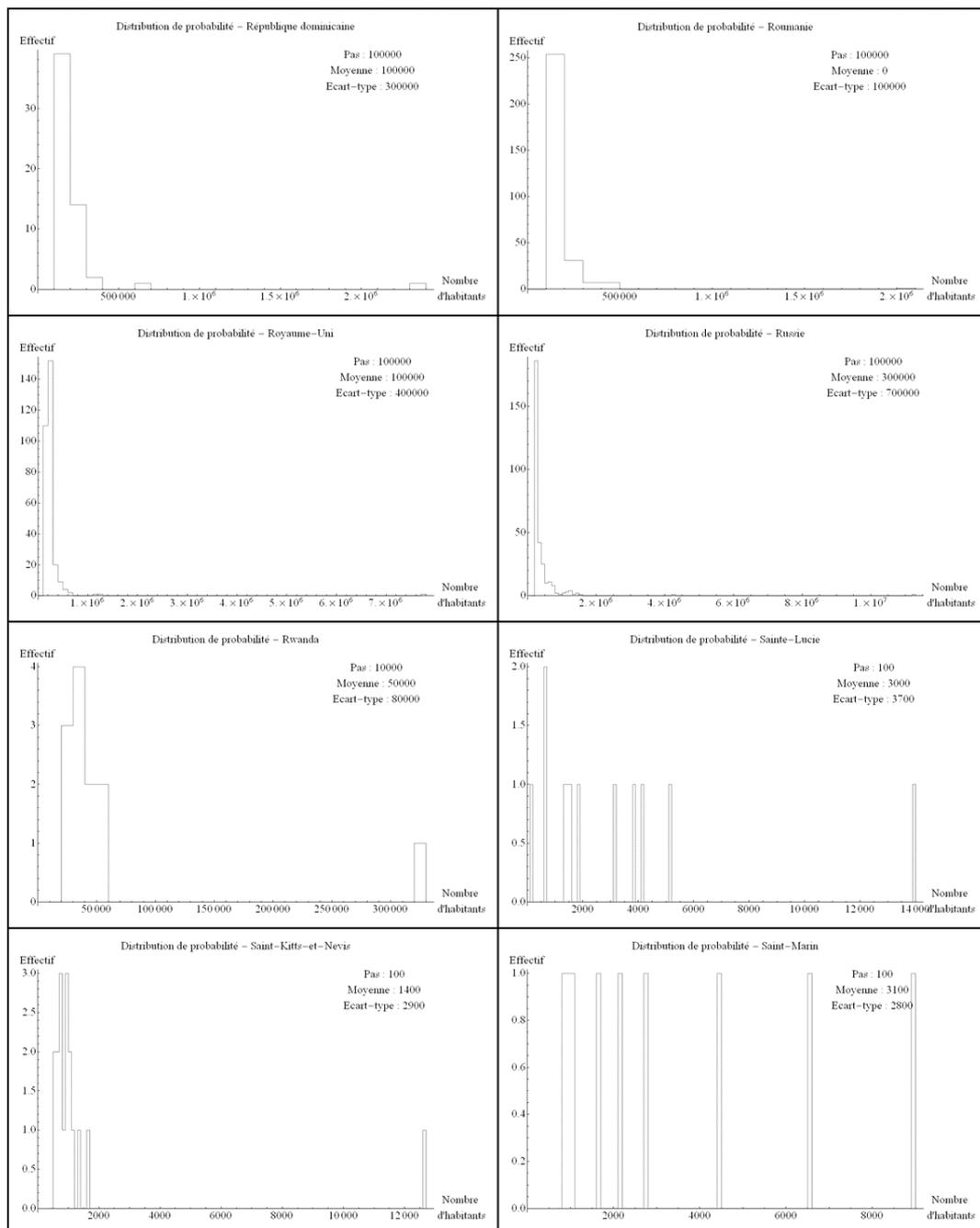


Figure 138-19. Distributions pariennes observées pour chacun des États du monde

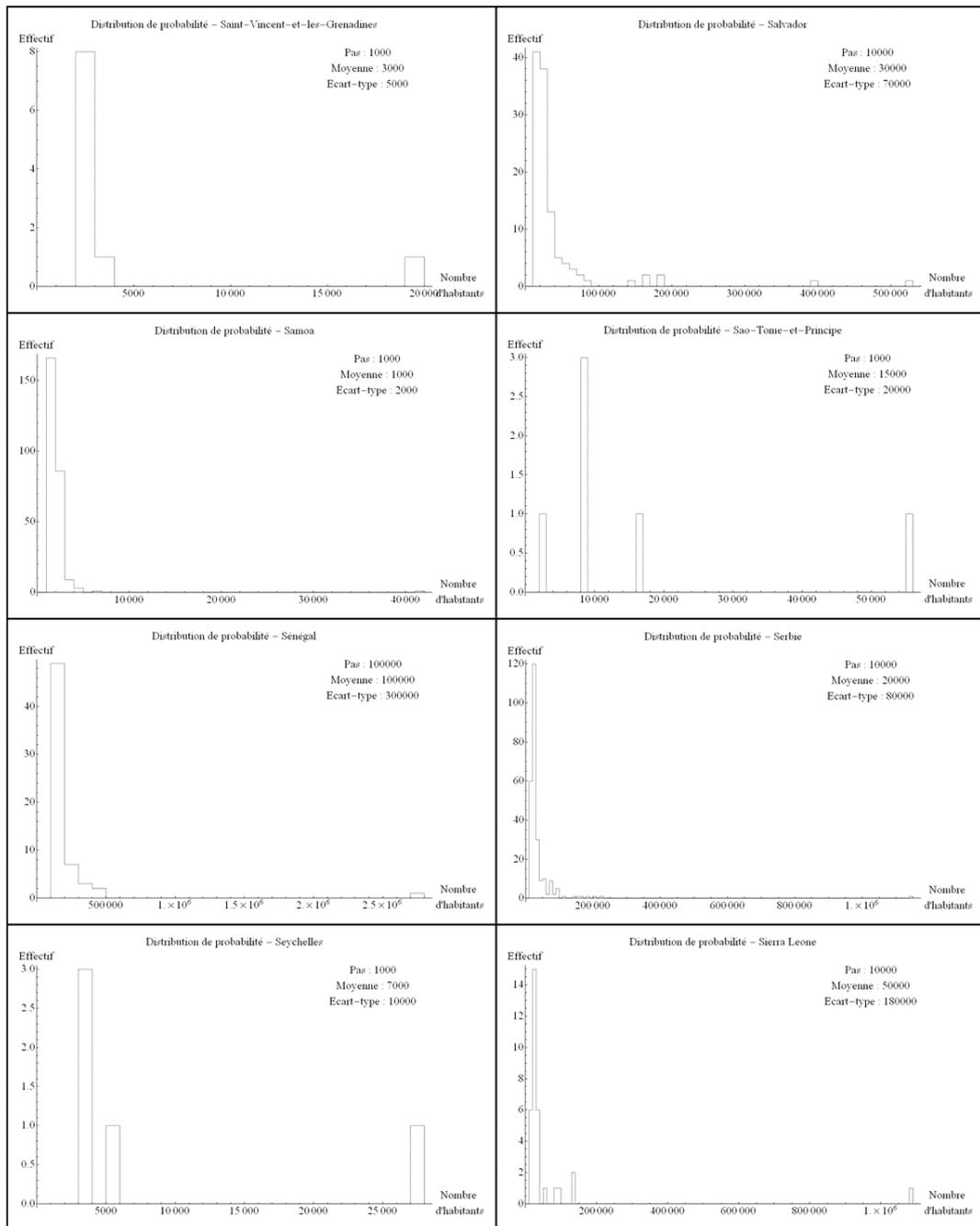


Figure 138-20. Distributions parétiennes observées pour chacun des États du monde

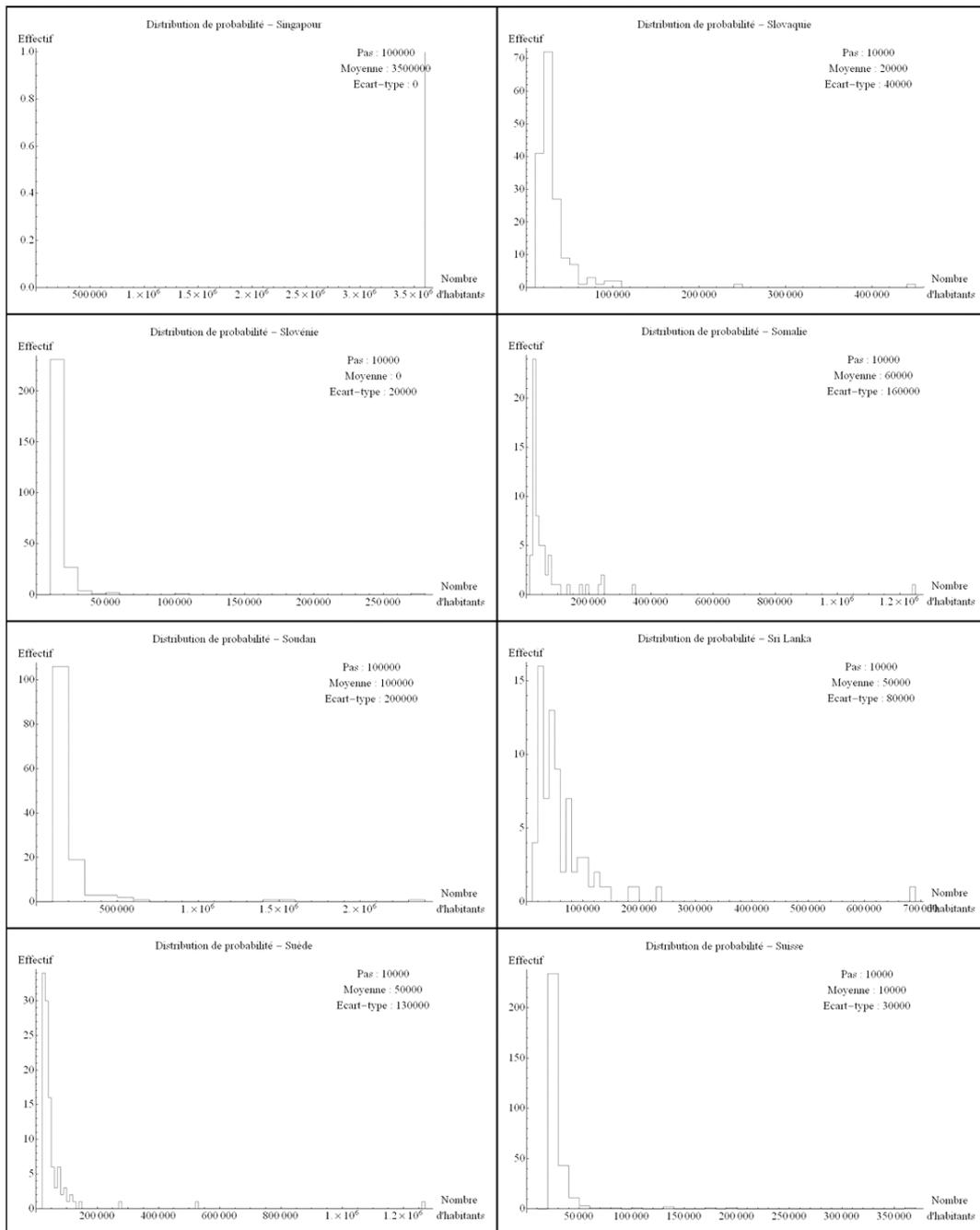


Figure 138-21. Distributions parétiennes observées pour chacun des États du monde

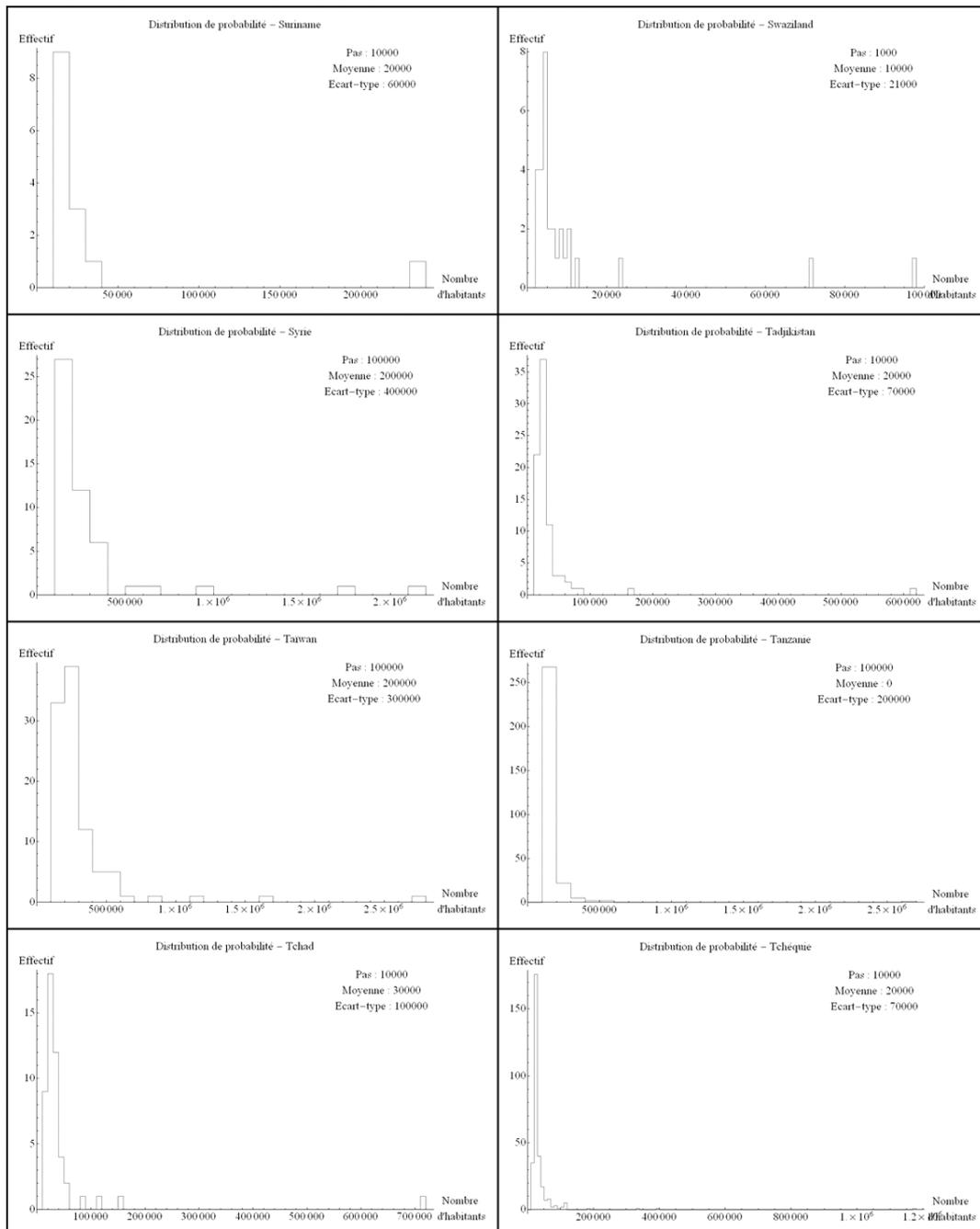


Figure 138-22. Distributions parétiennes observées pour chacun des États du monde

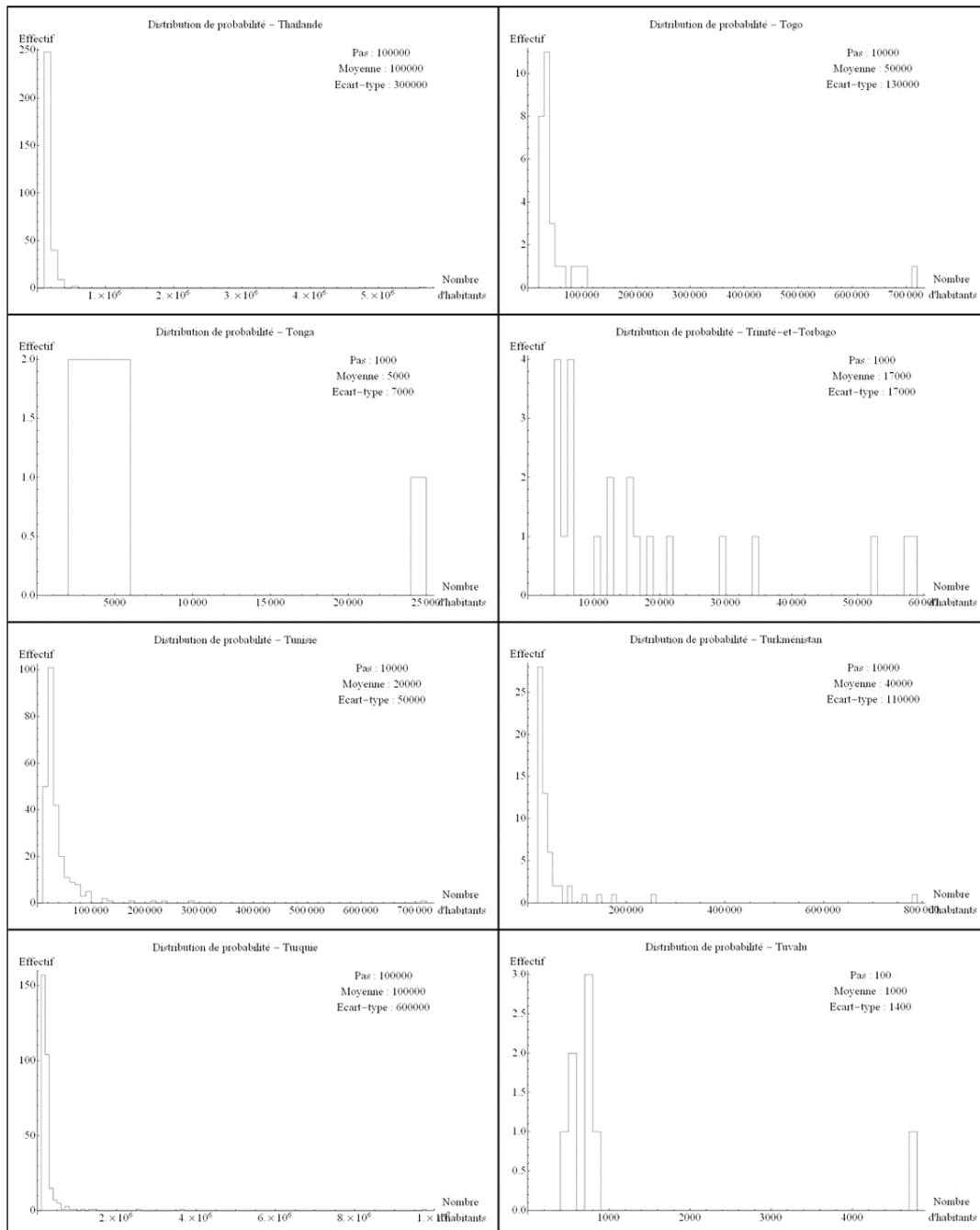


Figure 138-23. Distributions parétiennes observées pour chacun des États du monde

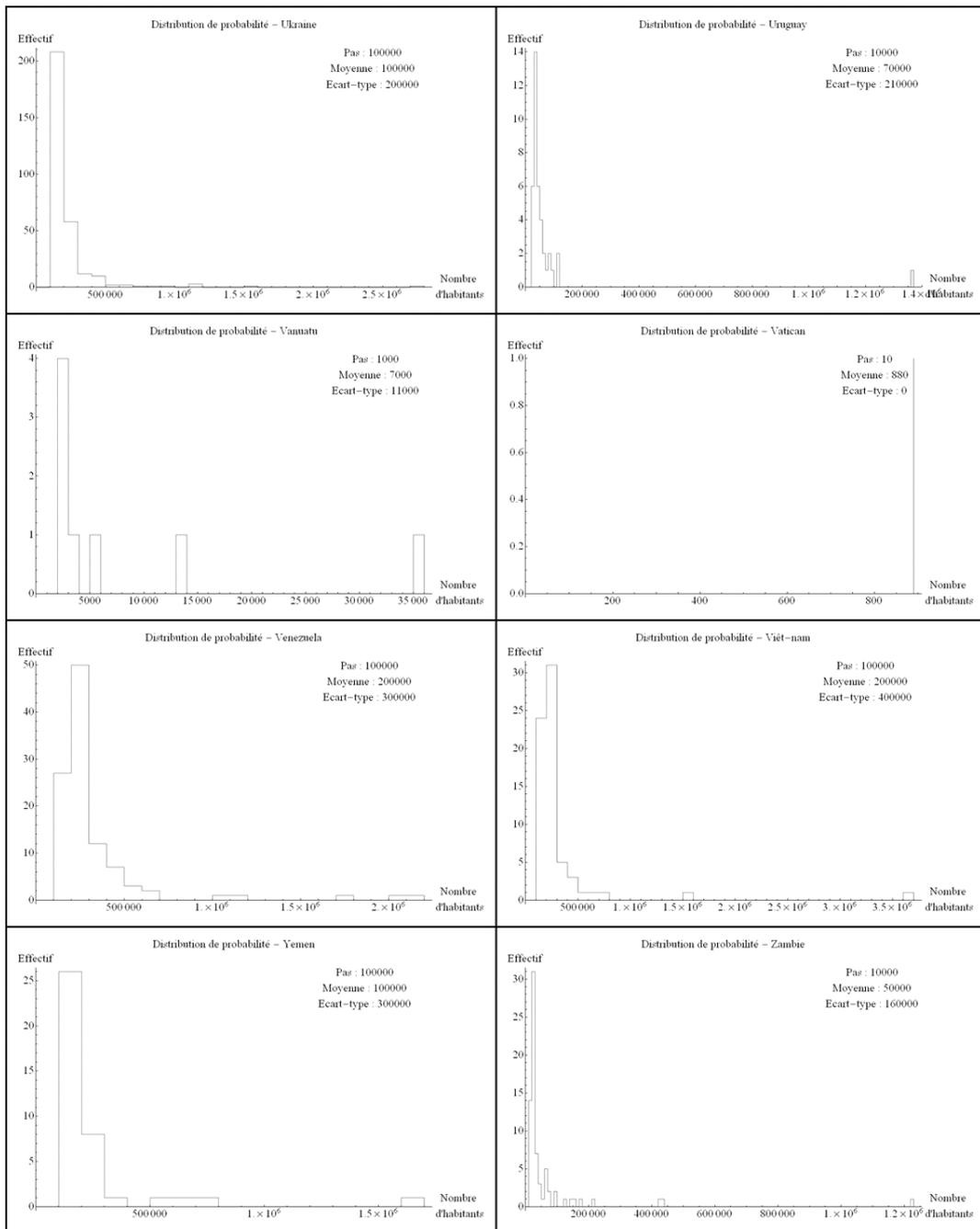


Figure 138-24. Distributions parétiennes observées pour chacun des États du monde

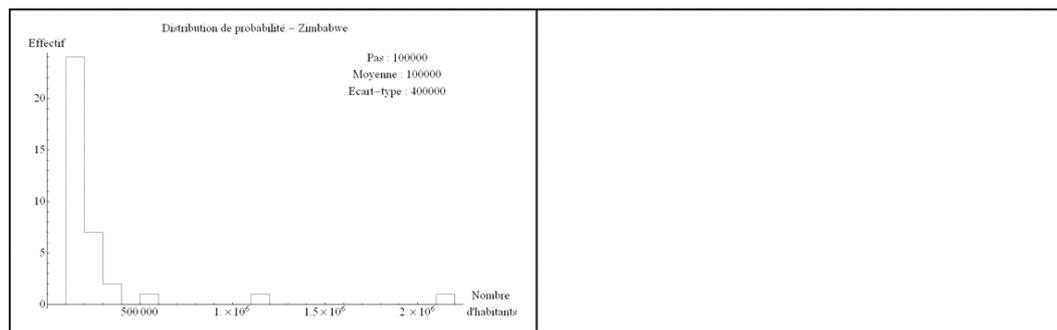
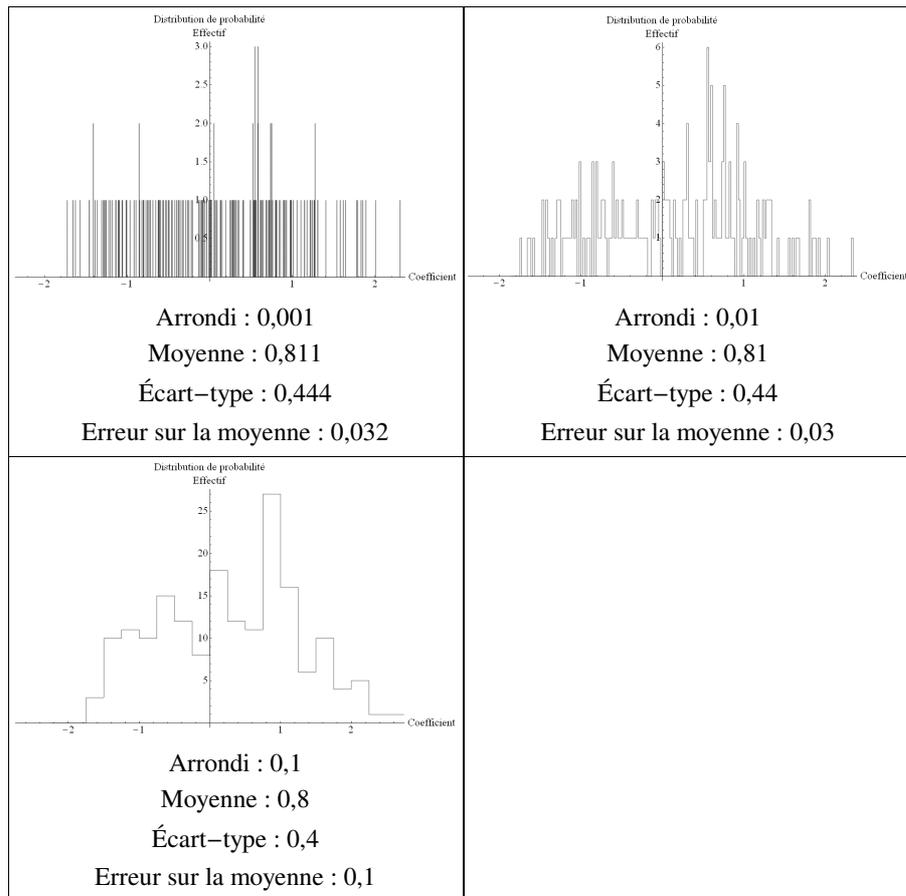


Figure 138-25. Distributions parétiennes observées pour chacun des États du monde

On peut dès lors, comme avec la pente q , estimer la valeur moyenne du nombre α de Pareto (Figure 139 et Figure 140) : $\alpha = 0,811 \pm 0,032$. Il faut rappeler que $q = 1,117 \pm 0,026$. Même si les valeurs sont incompatibles, elles sont du même ordre de grandeur. D'autant plus que l'erreur sur les coefficients est plus élevé dans le cas de l'estimation de α par rapport à celui de q . Dans le cas de l'Afghanistan, par exemple, $q = 1,115 \pm 0,028$ et $\alpha = 1,168 \pm 0,397$, ou encore dans celui de l'Afrique du Sud, $q = 1,491 \pm 0,037$ et $\alpha = 1,376 \pm 0,209$, on remarque que q est systématiquement dans les barres d'erreur de α , ou plus exactement de $\frac{1}{\alpha}$. Toutefois, il existe des exceptions qui correspondent une nouvelle fois aux États dont le territoire est petit. Ces réserves formulées, ces estimations ont établi que, pour que l'exposant q de la loi rang - taille corresponde à l'exposant α de Pareto, deux conditions sont nécessaires. (1) Aucun doublon ne doit exister dans la série des données ; un simple lissage permet d'éviter ce désagrément en début de série (grandes villes), mais il est inévitable en fin de série (petites villes). (2) Il faut qu'il existe un ajustement linéaire dans l'espace bi-logarithmique de la loi rang - taille. Si ces deux conditions ne sont pas respectées, il faut impérativement établir en plus de la loi rang - taille, sa distribution statistique, comme cela sera montré dans le chapitre suivant, et dans ce cas $q = \frac{1}{\alpha}$ (Guérin-Pace, 1993, p. 44).

Figure 139. Distributions statistiques de l'exposant α de Pareto

| État | Nombre α de Pareto | Erreur sur le nombre de Pareto | t de Student du nombre de Pareto | Ordonnée | Erreur sur l'ordonné | t de Student de l'ordonnée |
|--------------------|------------------------------|--------------------------------------|---|----------|-------------------------|---------------------------------------|
| Afghanistan | -1.168 | 0.397 | -2.944 | 16.519 | 5.219 | 3.165 |
| Afrique du Sud | -1.376 | 0.209 | -6.574 | 19.998 | 2.85 | 7.017 |
| Albanie | -0.933 | 0.236 | -3.947 | 11.096 | 2.643 | 4.198 |
| Algérie | -1.86 | 0.46 | -4.047 | 25.923 | 6.049 | 4.286 |
| Allemagne | -1.511 | 0.23 | -6.557 | 21.957 | 3.115 | 7.05 |
| Andorre | 0. | 0. | Indeterminate | 0. | 0. | Indeterminate |
| Angola | -0.814 | 0.344 | -2.366 | 11.769 | 4.555 | 2.584 |
| Antigua-et-Barbuda | -0.277 | 0.279 | -0.991 | 3.002 | 2.402 | 1.249 |
| Arabie Saoudite | -0.82 | 0.16 | -5.139 | 11.972 | 2.171 | 5.514 |
| Argentine | -0.692 | 0.179 | -3.874 | 10.369 | 2.458 | 4.219 |
| Arménie | -0.896 | 0.297 | -3.019 | 11.432 | 3.387 | 3.375 |
| Australie | -1.059 | 0.226 | -4.676 | 15.508 | 3.118 | 4.974 |
| Autriche | -1.527 | 0.607 | -2.517 | 21.429 | 7.914 | 2.708 |
| Azerbaïdjan | -0.96 | 0.174 | -5.527 | 12.472 | 2.005 | 6.219 |
| Bahamas | -0.646 | 0.395 | -1.634 | 7.704 | 4.371 | 1.762 |
| Bahrain | -0.404 | 0.113 | -3.581 | 4.743 | 1.262 | 3.758 |
| Bangladesh | -1.057 | 0.221 | -4.793 | 15.827 | 3.036 | 5.214 |
| Barbade | -0.305 | 0.182 | -1.674 | 3.404 | 1.747 | 1.949 |
| Belgique | -1.19 | 0.232 | -5.128 | 15.194 | 2.729 | 5.568 |
| Belize | -0.185 | 0.156 | -1.187 | 2.088 | 1.514 | 1.379 |
| Bénin | -0.537 | 0.117 | -4.602 | 6.826 | 1.37 | 4.982 |
| Bhoutan | -0.431 | 0.109 | -3.944 | 4.539 | 1.038 | 4.371 |
| Biélorussie | -1.391 | 0.308 | -4.524 | 19.358 | 4.024 | 4.811 |
| Birmanie | -0.877 | 0.264 | -3.319 | 13.016 | 3.577 | 3.639 |
| Bolivie | -0.717 | 0.147 | -4.875 | 9.368 | 1.769 | 5.295 |
| Bosnie-Herzégovine | -1.137 | 0.254 | -4.474 | 14.045 | 2.9 | 4.843 |
| Botswana | -1.605 | 0.301 | -5.33 | 18.861 | 3.295 | 5.724 |
| Brésil | -1.209 | 0.19 | -6.364 | 18.109 | 2.69 | 6.733 |
| Bruneï | 0. | 0. | Indeterminate | 0. | 0. | Indeterminate |
| Bulgarie | -1.042 | 0.166 | -6.28 | 13.204 | 1.93 | 6.843 |
| Burkina Faso | -0.533 | 0.188 | -2.832 | 6.988 | 2.155 | 3.242 |
| Burundi | -0.446 | 0.171 | -2.612 | 5.597 | 1.918 | 2.918 |
| Cambodge | -0.25 | 0.134 | -1.863 | 3.306 | 1.547 | 2.137 |
| Cameroun | -0.682 | 0.105 | -6.504 | 9.047 | 1.256 | 7.201 |
| Canada | -1.126 | 0.255 | -4.407 | 16.499 | 3.496 | 4.719 |
| Cap Vert | -0.113 | 0.093 | -1.215 | 1.351 | 0.876 | 1.542 |
| Chili | -1.214 | 0.323 | -3.757 | 18.03 | 4.325 | 4.169 |
| Chine | -1.128 | 0.137 | -8.222 | 17.428 | 1.975 | 8.822 |
| Chypre | -1.333 | 0.461 | -2.893 | 15.563 | 5.057 | 3.078 |

Figure 140-1. La valeur numérique des exposants α de Pareto obtenu

| État | Nombre α de Pareto | Erreur sur le nombre de Pareto | t de Student du nombre de Pareto | Ordonnée | Erreur sur l'ordonné | t de Student de l'ordonnée |
|---------------------|------------------------------|--------------------------------------|---|----------|-------------------------|---------------------------------------|
| Vatican | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. |
| Colombie | -1.148 | 0.237 | -4.849 | 16.917 | 3.258 | 5.192 |
| Comores | 0. | 0. | Indeterminate | 0. | 0. | Indeterminate |
| Congo | -0.456 | 0.131 | -3.466 | 6.173 | 1.543 | 3.999 |
| Congo Zaïre | -0.931 | 0.247 | -3.764 | 13.629 | 3.376 | 4.037 |
| Corée du Nord | -0.322 | 0.215 | -1.496 | 4.863 | 2.911 | 1.671 |
| Corée du Sud | -0.845 | 0.148 | -5.718 | 12.678 | 2.054 | 6.172 |
| Costa Rica | -1.373 | 0.325 | -4.226 | 16.848 | 3.577 | 4.71 |
| Côte d'Ivoire | -1.028 | 0.254 | -4.05 | 15.146 | 3.403 | 4.451 |
| Croatie | -1.113 | 0.246 | -4.52 | 13.764 | 2.796 | 4.923 |
| Cuba | -1.353 | 0.336 | -4.03 | 19.262 | 4.421 | 4.357 |
| Danemark | -1.029 | 0.238 | -4.325 | 13.074 | 2.732 | 4.785 |
| Djibouti | -0.076 | 0.097 | -0.784 | 1.015 | 1.128 | 0.9 |
| Dominique | -0.558 | 0.191 | -2.926 | 5.622 | 1.627 | 3.456 |
| Égypte | -0.988 | 0.198 | -4.98 | 14.916 | 2.742 | 5.439 |
| Émirats Arabes Unis | 0. | 0. | Indeterminate | 0. | 0. | Indeterminate |
| Équateur | -1.223 | 0.32 | -3.825 | 17.413 | 4.248 | 4.099 |
| Érythrée | -0.254 | 0.235 | -1.081 | 3.217 | 2.6 | 1.237 |
| Espagne | -1.54 | 0.319 | -4.828 | 21.915 | 4.284 | 5.115 |
| Estonie | -1.183 | 0.375 | -3.158 | 14.223 | 4.186 | 3.398 |
| États-Unis | -1.319 | 0.208 | -6.35 | 19.727 | 2.915 | 6.768 |
| Éthiopie | -1.07 | 0.499 | -2.144 | 15.367 | 6.601 | 2.328 |
| Fiji | -0.764 | 0.151 | -5.055 | 9.034 | 1.634 | 5.527 |
| Finlande | -1.138 | 0.187 | -6.086 | 14.109 | 2.177 | 6.481 |
| France | -1.7 | 0.338 | -5.025 | 24.111 | 4.466 | 5.398 |
| Gabon | -0.562 | 0.207 | -2.717 | 7.113 | 2.336 | 3.044 |
| Gambie | -0.339 | 0.265 | -1.282 | 4.095 | 2.904 | 1.41 |
| Georgie | -0.833 | 0.207 | -4.028 | 10.536 | 2.382 | 4.423 |
| Ghana | -1.35 | 0.269 | -5.014 | 19.046 | 3.561 | 5.348 |
| Grèce | -1.245 | 0.187 | -6.663 | 15.735 | 2.158 | 7.29 |
| Grenade | -0.164 | 0.168 | -0.974 | 1.368 | 1.307 | 1.047 |
| Guatemala | -1.068 | 0.202 | -5.286 | 13.603 | 2.337 | 5.821 |
| Guinée | -1.046 | 0.106 | -9.896 | 15.162 | 1.402 | 10.815 |
| Guinée équatoriale | -0.163 | 0.092 | -1.769 | 1.801 | 0.866 | 2.078 |
| Guinée-Bissau | -0.239 | 0.354 | -0.675 | 3.103 | 3.919 | 0.792 |
| Guyana | -0.87 | 0.352 | -2.47 | 10.302 | 3.858 | 2.67 |
| Haïti | -0.365 | 0.142 | -2.57 | 4.754 | 1.657 | 2.87 |
| Honduras | -1.222 | 0.255 | -4.801 | 14.816 | 2.891 | 5.126 |
| Hongrie | -1.623 | 0.406 | -3.995 | 23.119 | 5.319 | 4.346 |

Figure 140-2. La valeur numérique des exposants α de Pareto obtenu

| État | Nombre α de Pareto | Erreur sur le nombre de Pareto | t de Student du nombre de Pareto | Ordonnée | Erreur sur l'ordonné | t de Student de l'ordonnée |
|---------------|------------------------------|--------------------------------------|---|----------|-------------------------|---------------------------------------|
| Îles Marshall | -1.242 | 0.464 | -2.678 | 11.916 | 4.047 | 2.944 |
| Îles Solomon | -0.194 | 0.098 | -1.985 | 1.98 | 0.88 | 2.25 |
| Inde | -1.052 | 0.15 | -6.997 | 16.287 | 2.157 | 7.552 |
| Indonésie | -1.086 | 0.168 | -6.482 | 16.403 | 2.329 | 7.044 |
| Iraq | -0.806 | 0.181 | -4.442 | 11.747 | 2.473 | 4.751 |
| Iran | -1.163 | 0.222 | -5.233 | 17.114 | 3.053 | 5.605 |
| Irlande | -0.867 | 0.258 | -3.362 | 11.054 | 2.958 | 3.737 |
| Islande | -0.711 | 0.189 | -3.755 | 7.252 | 1.753 | 4.137 |
| Israël | -1.208 | 0.14 | -8.604 | 15.138 | 1.642 | 9.219 |
| Italie | -1.649 | 0.3 | -5.504 | 23.28 | 4.026 | 5.782 |
| Jamaïque | -0.505 | 0.162 | -3.115 | 6.21 | 1.842 | 3.37 |
| Japon | -1.3 | 0.244 | -5.329 | 19.275 | 3.425 | 5.628 |
| Jordanie | -0.818 | 0.184 | -4.443 | 10.543 | 2.148 | 4.908 |
| Kazakhstan | -0.754 | 0.151 | -5.005 | 9.707 | 1.795 | 5.409 |
| Kenya | -1.137 | 0.412 | -2.761 | 16.12 | 5.461 | 2.952 |
| Kirgyzstan | -0.489 | 0.27 | -1.81 | 6.386 | 3.073 | 2.078 |
| Kiribati | -0.482 | 0.177 | -2.722 | 5.084 | 1.558 | 3.263 |
| Koweït | -1.091 | 0.158 | -6.895 | 13.235 | 1.76 | 7.522 |
| Laos | -0.475 | 0.259 | -1.833 | 5.724 | 2.82 | 2.03 |
| Lesotho | -0.641 | 0.145 | -4.412 | 7.724 | 1.602 | 4.821 |
| Lettonie | -0.752 | 0.225 | -3.346 | 9.277 | 2.529 | 3.668 |
| Liban | -0.326 | 0.106 | -3.068 | 4.21 | 1.253 | 3.36 |
| Liberia | -0.243 | 0.241 | -1.009 | 3.231 | 2.688 | 1.202 |
| Libye | -0.414 | 0.129 | -3.22 | 5.533 | 1.516 | 3.649 |
| Liechtenstein | 0. | 0. | Indeterminate | 0. | 0. | Indeterminate |
| Lituanie | -0.945 | 0.194 | -4.864 | 11.713 | 2.229 | 5.255 |
| Luxembourg | -1.143 | 0.208 | -5.505 | 11.89 | 1.897 | 6.269 |
| Macédoine | -1.049 | 0.229 | -4.587 | 12.86 | 2.559 | 5.026 |
| Madagascar | -0.605 | 0.225 | -2.695 | 7.848 | 2.637 | 2.976 |
| Malaisie | -0.85 | 0.116 | -7.308 | 11.124 | 1.418 | 7.843 |
| Malawi | -0.546 | 0.157 | -3.474 | 7.034 | 1.807 | 3.893 |
| Maldives | -0.967 | 0.31 | -3.114 | 9.862 | 2.799 | 3.524 |
| Mali | -0.468 | 0.144 | -3.246 | 6.078 | 1.651 | 3.681 |
| Malte | -0.579 | 0.189 | -3.064 | 6.22 | 1.704 | 3.651 |
| Maroc | -1.054 | 0.27 | -3.907 | 15.076 | 3.641 | 4.141 |
| Maurice | -0.572 | 0.136 | -4.202 | 6.563 | 1.324 | 4.957 |
| Mauritanie | -0.206 | 0.174 | -1.182 | 2.667 | 1.957 | 1.362 |
| Mexique | -1.206 | 0.184 | -6.548 | 18.051 | 2.541 | 7.104 |
| Micronésie | 0. | 0. | Indeterminate | 0. | 0. | Indeterminate |

Figure 140-3. La valeur numérique des exposants α de Pareto obtenu

| État | Nombre α de Pareto | Erreur sur le nombre de Pareto | t de Student du nombre de Pareto | Ordonnée | Erreur sur l'ordonné | t de Student de l'ordonnée |
|---------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|---|----------|-------------------------|---------------------------------------|
| Moldavie | -0.656 | 0.189 | -3.478 | 8.319 | 2.202 | 3.777 |
| Monaco | 0. | 0. | Indeterminate | 0. | 0. | Indeterminate |
| Mongolie | -0.431 | 0.209 | -2.067 | 5.808 | 2.409 | 2.411 |
| Montenegro | -1.07 | 0.19 | -5.646 | 13.564 | 2.198 | 6.172 |
| Mozambique | -0.52 | 0.131 | -3.979 | 6.753 | 1.574 | 4.29 |
| Namibie | -0.838 | 0.168 | -4.979 | 10.317 | 1.838 | 5.613 |
| Nauru | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. |
| Népal | -0.772 | 0.151 | -5.126 | 9.911 | 1.74 | 5.694 |
| Nicaragua | -0.592 | 0.178 | -3.319 | 7.713 | 2.047 | 3.768 |
| Niger | -0.609 | 0.176 | -3.468 | 7.833 | 2.009 | 3.899 |
| Nigeria | -1.116 | 0.164 | -6.818 | 16.858 | 2.27 | 7.426 |
| Norvège | -1.08 | 0.248 | -4.363 | 13.302 | 2.84 | 4.685 |
| Nouvelle-Zélande | -1.166 | 0.198 | -5.887 | 14.295 | 2.273 | 6.289 |
| Oman | -0.307 | 0.275 | -1.115 | 4.027 | 3.177 | 1.267 |
| Ouganda | -0.633 | 0.177 | -3.579 | 8.37 | 2.018 | 4.148 |
| Ouzbekistan | -1.362 | 0.299 | -4.554 | 19.566 | 3.936 | 4.971 |
| Pakistan | -0.944 | 0.226 | -4.168 | 14.118 | 3.159 | 4.47 |
| Palau | -0.286 | 0.137 | -2.089 | 2.446 | 0.965 | 2.533 |
| Panama | -0.794 | 0.222 | -3.58 | 9.605 | 2.499 | 3.844 |
| Papouasie – Nouvelle-Guinée | -0.785 | 0.249 | -3.157 | 9.519 | 2.749 | 3.463 |
| Paraguay | -1.052 | 0.217 | -4.857 | 12.905 | 2.492 | 5.179 |
| Pays-Bas | -1.434 | 0.17 | -8.45 | 18.341 | 2.025 | 9.057 |
| Pérou | -0.935 | 0.295 | -3.174 | 13.906 | 4.006 | 3.472 |
| Philippines | -0.776 | 0.254 | -3.056 | 11.816 | 3.463 | 3.412 |
| Pologne | -1.833 | 0.301 | -6.092 | 25.689 | 3.971 | 6.469 |
| Portugal | -1.376 | 0.296 | -4.643 | 17.065 | 3.42 | 4.99 |
| Qatar | -0.361 | 0.158 | -2.291 | 4.443 | 1.765 | 2.517 |
| Centrafrique | -0.666 | 0.184 | -3.619 | 8.613 | 2.097 | 4.106 |
| République dominicaine | -1.052 | 0.311 | -3.382 | 15.017 | 4.112 | 3.652 |
| Roumanie | -1.632 | 0.254 | -6.433 | 23.436 | 3.322 | 7.055 |
| Royaume-Uni | -1.132 | 0.271 | -4.174 | 17.015 | 3.688 | 4.614 |
| Russie | -1.097 | 0.227 | -4.835 | 16.666 | 3.17 | 5.257 |
| Rwanda | -0.434 | 0.081 | -5.338 | 5.487 | 0.912 | 6.019 |
| Saint-Kitts-et-Nevis | -0.23 | 0.116 | -1.982 | 2.058 | 0.851 | 2.418 |
| Saint-Marin | 0. | 0. | Indeterminate | 0. | 0. | Indeterminate |
| Saint-Vincent-et-les-Grenadines | -0.588 | 0.444 | -1.325 | 5.717 | 3.951 | 1.447 |
| Sainte-Lucie | -0.045 | 0.044 | -1.007 | 0.403 | 0.347 | 1.159 |
| Salvador | -0.952 | 0.151 | -6.323 | 11.987 | 1.723 | 6.958 |
| Samoa | -1.26 | 0.368 | -3.428 | 12.776 | 3.229 | 3.957 |

Figure 140-4. La valeur numérique des exposants α de Pareto obtenu

| État | Nombre α de Pareto | Erreur sur le nombre de Pareto | t de Student du nombre de Pareto | Ordonnée | Erreur sur l'ordonné | t de Student de l'ordonnée |
|----------------------|------------------------------|--------------------------------------|---|----------|-------------------------|---------------------------------------|
| Sao-Tomé-et-Principe | -0.089 | 0.195 | -0.454 | 1.073 | 1.897 | 0.566 |
| Sénégal | -0.938 | 0.257 | -3.646 | 13.598 | 3.396 | 4.004 |
| Serbie | -1.07 | 0.19 | -5.646 | 13.564 | 2.198 | 6.172 |
| Seychelles | -0.342 | 0.236 | -1.449 | 3.432 | 2.191 | 1.566 |
| Sierra Leone | -0.453 | 0.173 | -2.612 | 5.938 | 1.994 | 2.978 |
| Singapour | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. | 0. |
| Slovaquie | -1.17 | 0.225 | -5.198 | 14.487 | 2.533 | 5.719 |
| Slovénie | -1.37 | 0.401 | -3.419 | 16.323 | 4.401 | 3.709 |
| Somalie | -0.536 | 0.132 | -4.05 | 6.912 | 1.542 | 4.482 |
| Soudan | -1.279 | 0.253 | -5.046 | 18.106 | 3.39 | 5.341 |
| Sri Lanka | -0.698 | 0.146 | -4.786 | 8.892 | 1.677 | 5.303 |
| Suède | -0.807 | 0.174 | -4.643 | 10.477 | 2.04 | 5.136 |
| Suisse | -1.493 | 0.384 | -3.891 | 18.054 | 4.388 | 4.114 |
| Suriname | -0.54 | 0.234 | -2.314 | 6.511 | 2.547 | 2.556 |
| Swaziland | -0.382 | 0.109 | -3.497 | 4.119 | 1.031 | 3.996 |
| Syrie | -1.068 | 0.217 | -4.915 | 15.079 | 2.905 | 5.19 |
| Tadjikistan | -0.833 | 0.21 | -3.976 | 10.404 | 2.357 | 4.415 |
| Taiwan | -1.247 | 0.217 | -5.742 | 17.846 | 2.912 | 6.128 |
| Tanzanie | -1.39 | 0.385 | -3.609 | 19.928 | 5.078 | 3.924 |
| Tchad | -0.668 | 0.175 | -3.822 | 8.493 | 1.984 | 4.282 |
| Tchéquie | -0.992 | 0.188 | -5.269 | 12.891 | 2.183 | 5.905 |
| Thaïlande | -1.143 | 0.303 | -3.769 | 17.357 | 4.098 | 4.235 |
| Togo | -0.491 | 0.217 | -2.263 | 6.143 | 2.48 | 2.477 |
| Tonga | -0.318 | 0.047 | -6.74 | 3.254 | 0.417 | 7.807 |
| Trinité-et-Torbago | -0.364 | 0.119 | -3.061 | 3.863 | 1.176 | 3.285 |
| Tunisie | -1.249 | 0.151 | -8.259 | 15.84 | 1.746 | 9.073 |
| Turkménistan | -0.767 | 0.187 | -4.104 | 9.697 | 2.175 | 4.459 |
| Turquie | -1.042 | 0.228 | -4.563 | 15.435 | 3.161 | 4.883 |
| Tuvalu | -0.185 | 0.195 | -0.951 | 1.606 | 1.388 | 1.157 |
| Ukraine | -1.599 | 0.27 | -5.926 | 22.712 | 3.625 | 6.266 |
| Uruguay | -0.454 | 0.155 | -2.935 | 6.098 | 1.789 | 3.408 |
| Vanuatu | -0.268 | 0.184 | -1.454 | 2.667 | 1.688 | 1.58 |
| Venezuela | -1.32 | 0.168 | -7.878 | 18.873 | 2.259 | 8.353 |
| Viêt-nam | -0.924 | 0.253 | -3.651 | 13.27 | 3.391 | 3.913 |
| Yemen | -1.056 | 0.313 | -3.379 | 14.51 | 4.106 | 3.534 |
| Zambie | -0.623 | 0.133 | -4.682 | 7.967 | 1.559 | 5.11 |
| Zimbabwe | -0.918 | 0.236 | -3.894 | 12.968 | 3.128 | 4.146 |

Figure 140-5. La valeur numérique des exposants α de Pareto obtenu

Au cours de ce chapitre, il a été montré, successivement à partir des données de la base *Tageo*, que l'on pouvait réaliser une étude complète des lois rang - taille et des distributions parétiennes établies à l'échelle étatique. Toutefois, ces analyses n'ont utilisé que le modèle linéaire sur des échantillons relativement limités en effectif puisqu'en règle générale les 300 premiers ne permettent pas d'étudier la totalité du réseau urbain sur un territoire donné. Ce chapitre fut l'occasion de rappeler à quelles conditions l'exposant q des lois rang - taille pouvait être équivalent à l'exposant α de Pareto. Dans ce type d'étude, la distinction entre les deux est nécessaire d'un point de vue pédagogique, mais pas d'un point de vue analytique puisque l'exposant q est, en règle générale, plus précis que l'exposant α de Pareto. Toutefois, ce n'est pas toujours le cas, comme cela sera montré dans le chapitre suivant.

De plus, il a été également rappelé que le lien entre les lois rang - taille et l'analyse spatiale est loin d'être évident. À part en passant par l'intermédiaire de la théorie des lieux centraux, il est difficile de percevoir le moindre rapport dans une répartition de lieux et la loi rang - taille lui correspondant. Le chapitre suivant essaiera de proposer une solution à ce problème ainsi qu'à un ensemble de quatre questions résumant la problématique de la distribution des tailles de villes formulée par Denise Pumain (1982). (1) Quelle est la forme de la distribution des tailles de villes dans des systèmes urbains divers ? (2) De quelles distributions statistiques peut-elle être rapprochée, et par quelles méthodes ? (3) Quelles interprétations théoriques ont été proposées pour expliquer les régularités observées ? (4) Quel rapport existe-t-il entre ces formes de distribution de taille des villes et les processus de croissance qui les engendrent ? Des réponses sensiblement différentes à celles de cette auteure ont pu être proposées aux interrogations (1) et (2). Tout d'abord, la distribution des tailles de villes correspond, lorsque l'on possède un échantillon de données de taille suffisante, à une simple régression linéaire qui peut dans ce cas être rapprochée de la distribution statistique parétiennne. Cela revient à prétendre que la distribution log-normale est exceptionnelle de ce point de vue. À la fin de ce chapitre, aucune réponse n'a été apportée aux questions (3) et (4).

Enfin, il reste le délicat problème de la correspondance entre répartition des lieux et loi rang - taille correspondante. Si l'analyse fractale des châteaux a pu établir la fractalité d'un nuage de points, il est logique de penser que la distribution de la répartition de la population à l'échelle du monde le soit également. Ainsi, on doit pouvoir conduire une analyse analogue à celle des châteaux sur la répartition ponctuelle de l'établissement humain à l'échelle planétaire. Cependant, peut-on montrer la fractalité de la structure statistique du nombre d'habitants ? Quelques pistes ont été lancées dans ce chapitre. Dans le suivant, il faudra les poursuivre et établir cette fractalité.