

UTILISATION DE LA TELEDETECTION  
POUR L'ELABORATION DU PLAN DE SONDAGE  
D'UNE ENQUETE SUR LE SECTEUR INFORMEL :  
LE CAS DE YAOUNDE

par Denis COGNEAU et François ROUBAUD<sup>1</sup>

INTRODUCTION

La collecte de données par voie d'enquêtes sur échantillon aléatoire est un des instruments privilégiés de la statistique pour connaître et comprendre la dynamique économique des pays en développement. Qu'elles soient réalisées auprès des ménages et des individus (enquêtes budget-consommation, enquêtes sur l'emploi, etc.), ou auprès des entreprises et des établissements (enquêtes industrielles et commerciales, enquêtes de conjoncture, etc.), ces sources d'informations constituent l'un des piliers de la comptabilité nationale.

Elles posent cependant de redoutables problèmes techniques aux statisticiens chargés de leur conception. Parmi les difficultés rencontrées, nous nous intéresserons ici à une question particulière, celle de la définition d'un plan de sondage dans les enquêtes auprès des ménages urbains, en l'absence de base de sondage actualisée. Nous proposerons une solution à ce problème apportée par l'utilisation de photos aériennes et d'images satellite dans la stratégie d'échantillonnage.

En effet, on a pu montrer que les sondages aréolaires à plusieurs degrés constituent une bonne alternative aux opérations lourdes que représentent les recensements exhaustifs, tout particulièrement dans le contexte des villes du Tiers monde qui souffrent de deux contraintes majeures :

---

<sup>1</sup> Denis COGNEAU et François ROUBAUD, économistes de l'ORSTOM, travaillent au sein du groupement d'intérêt scientifique DIAL (Développement des Investigations sur l'Ajustement à Long terme).

- des ressources limitées ;
- une croissance urbaine rapide<sup>2</sup>.

Encore faut-il être capable de définir convenablement les aires tirées qui constitueront les unités primaires du sondage, et de mobiliser toutes les données disponibles permettant d'améliorer la précision des estimateurs (par une stratification éventuelle). L'imagerie satellitaire à haute résolution, source d'un grand nombre d'informations sur la morphologie urbaine, peut être mise à profit pour effectuer ce type d'enquêtes.

Une méthode de collecte des données basée sur la télédétection spatiale a été récemment développée par une équipe pluridisciplinaire de chercheurs de l'ORSTOM<sup>3</sup>. Cette technique avait déjà été testée sur Marseille (France) et expérimentée avec succès à Quito (Equateur). Nous nous proposons de montrer qu'elle peut être aussi mise en oeuvre dans un tout autre contexte géomorphologique, climatique et humain : en Afrique tropicale.

Nous présenterons dans un premier temps les principaux objectifs et caractéristiques de l'enquête sur le secteur informel à Yaoundé (Cameroun-1992) puis, dans les trois parties suivantes, nous exposerons les différentes étapes de la réalisation du plan de sondage (la délimitation de la zone urbanisée, la stratification de la ville, et enfin le tirage des îlots dans la ville).

## I - PRESENTATION DE L'ENQUETE

Dans le cadre de l'étude des perspectives macroéconomiques à moyen terme du Cameroun, il a été convenu de réaliser une enquête sur le secteur informel. En effet, compte-tenu de l'importance de ce secteur, tant dans la

---

<sup>2</sup> Les avantages et les inconvénients des deux méthodes sont énumérés par F. DUREAU et O. BARBARY, "L'enquête par sondage sur image satellite : une solution pour améliorer l'observation des populations citadines", INSEE, STATECO, n° 67, Paris, septembre 1991.

<sup>3</sup> Voir F. DUREAU, O. BARBARY, A. MICHEL et B. LORTIC, "Sondages aréolaires sur image satellite pour des enquêtes socio-démographiques en milieu urbain", ORSTOM, Paris, 1989. Nous remercions F. DUREAU et B. LORTIC qui ont bien voulu superviser sous le soleil brûlant de juillet nos premiers pas de télédétecteurs.

production de certaines branches que dans le revenu de certains groupes de ménages, l'absence d'informations fiables dans ce domaine grevait la qualité des projections modélisées. Le budget disponible étant limité, l'enquête a été restreinte dans un premier temps à la capitale, Yaoundé, pour être éventuellement étendue à d'autres villes (Douala notamment), en fonction des résultats obtenus.

Il n'entre pas dans notre propos de définir avec précision ce que nous entendons par secteur informel, si ce n'est qu'il s'agit de l'ensemble des unités de production (établissements ou "quasi-établissements") qui ne remplissent pas les conditions d'enregistrement légal<sup>4</sup>. Dans ces conditions, tout programme de collecte des données doit être basé sur une enquête auprès des unités de production. Traditionnellement, "l'approche classique" consiste à coupler à un recensement des établissements, une enquête sur les unités informelles à partir d'un tirage sur liste. Cependant, cette procédure présente de sérieuses lacunes que l'on peut classer en trois ordres.

#### Les limites de "l'approche classique"

- le problème de la visibilité des établissements. Etant donnée l'extrême difficulté de localisation des unités de production informelles (notamment les activités ambulantes et celles qui s'exercent dans les domiciles), un recensement des établissements laisse échapper une frange importante du secteur informel. Par conséquent, toute enquête s'appuyant sur ce recensement comme base de sondage est nécessairement biaisée ;

- le problème du suivi temporel. Le temps écoulé entre le recensement et les enquêtes approfondies conduit à introduire un nouveau biais dans l'échantillon compte-tenu des lois démographiques particulièrement erratiques des établissements informels ;

---

<sup>4</sup> Voir pour plus de précision, F. ROUBAUD et M. SERUZIER, "Economie non-enregistrée par la statistique et secteur informel dans les pays en développement", INSEE, STATECO n° 68, Paris, décembre 1991.

- les coûts de recensement. Il est clair que le coût d'un recensement exhaustif des établissements est beaucoup plus élevé que celui qui résulte d'une enquête par échantillon.

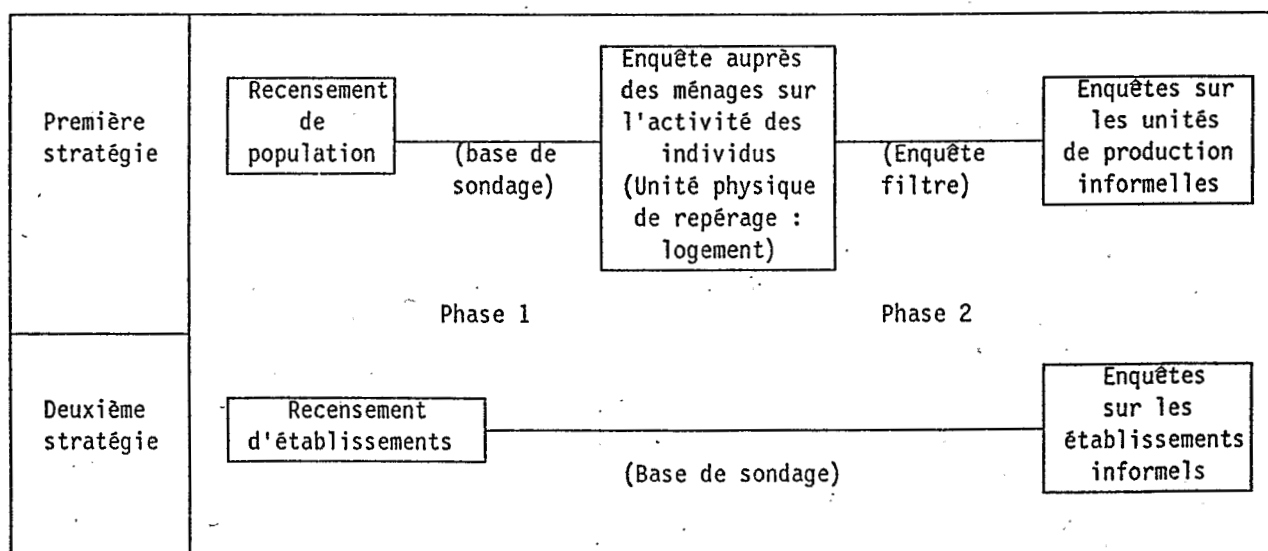
Ces limitations nous conduisent à préconiser une stratégie de sondage alternative, à savoir la méthode des enquêtes en deux phases.

La méthode des enquêtes en deux phases

Cette méthode (qui correspond à la première stratégie de la figure 1) consiste à sélectionner un échantillon d'unités de production, à partir d'informations tirées d'une enquête auprès des ménages et portant sur l'activité des individus (phase 1). A ces unités de production on applique alors un questionnaire spécifique sur l'activité informelle (phase 2).

FIGURE 1

DEUX STRATEGIES D'ECHANTILLONNAGE ALTERNATIVES  
POUR MESURER L'ACTIVITE DU SECTEUR INFORMEL



Note : Si les bases de sondage sont indisponibles (recensement de population, recensement des établissements), les deux méthodes peuvent être appliquées à partir d'unités primaires choisies sur la base d'un sondage aréolaire.

Donc, pour chaque individu appartenant à la population active occupée (par exemple, tout individu ayant travaillé au moins une heure durant la semaine de référence, si l'on retient la définition du BIT), qui se déclare patron ou travailleur indépendant d'une unité satisfaisant la condition d'appartenance au secteur informel, on applique le questionnaire sur l'unité informelle dont il a la charge.

La force majeure de cette méthode réside dans le fait qu'une base de sondage "issue des domiciles" possède des propriétés d'exhaustivité bien meilleures qu'une base de sondage issue d'un recensement d'établissements, surtout dans le cas d'enquêtes sur des activités aussi insaisissables que celles du secteur informel.

La première phase de l'enquête (ou encore l'enquête filtre permettant de conduire aux unités informelles) doit être une enquête auprès des ménages relevant les caractéristiques de l'emploi et de l'activité des individus. Cette enquête présente en elle-même un intérêt propre, puisqu'elle nous informe sur la situation du marché du travail dans la capitale. Il faut cependant élaborer un plan de sondage pour cette enquête.

### Le choix du plan de sondage

Le recensement de population aurait pu servir de base de sondage pour cette enquête (tirage sur liste). Malheureusement, le dernier recensement général de la population au Cameroun date de 1987, soit plus de 5 ans avant notre enquête. La forte dynamique urbaine que connaît une capitale comme Yaoundé nous interdit d'utiliser une telle source.

En l'absence de base de sondage actualisée des ménages, la seule option envisageable est celle d'un sondage aréolaire. Notre choix s'est porté sur une enquête à deux degrés, où le premier degré est un tirage stratifié d'aires, et le second un tirage aléatoire sur liste de ménages. Cette technique classique consiste à tirer dans un premier temps un certain nombre d'unités primaires (ici des îlots ou pâtés de maisons) proportionnellement à leur surface, puis dans un second temps à tirer un certain nombre de ménages au sein des îlots sélectionnés.

Pour ce faire, et une fois les îlots sélectionnés sur la mosaïque de photos aériennes, les agents de dénombrement doivent se rendre sur le terrain afin de réaliser les opérations suivantes (voir en annexe 1 la fiche îlot) :

- repérage à l'aide de la photo aérienne de l'îlot dans la ville pour pouvoir s'y rendre ;
- mesure de la surface de l'îlot<sup>5</sup> ;
- dénombrement exhaustif de tous les ménages habitant dans l'îlot ;
- tirage aléatoire sur liste des ménages sélectionnés dans l'échantillon.

Le nombre de ménages à enquêter en phase 1 a été fixé à 2000. Ce chiffre est le résultat d'un arbitrage entre :

- le budget de l'enquête préalablement déterminé ;
- la nécessité d'obtenir un échantillon d'unités informelles de taille conséquente en phase 2. Les résultats d'une enquête emploi réalisée à Yaoundé en 1990-1991 ont permis d'estimer à environ 0,5 le nombre moyen d'unités informelles par ménage<sup>6</sup>.

Si le sondage aréolaire est une méthode de sondage désormais classique, l'innovation provient de l'utilisation de la télédétection aérienne et satellitaire pour tirer les îlots. Nous avons obtenu deux types d'informations cartographiques très récentes :

---

<sup>5</sup> La projection au sol de la surface de l'îlot entre dans la formule du coefficient d'extrapolation affecté à chaque ménage. Elle s'effectue à l'aide d'un décamètre, d'une boussole (pour mesurer les angles) et d'un clinomètre (pour mesurer la déclivité).

<sup>6</sup> L'indicateur que nous avons calculé pour estimer le nombre d'unités informelles par ménage est le nombre de travailleurs à leur propre compte par ménage, en ne prenant en compte que l'activité principale des individus. Voir I.S. INACK, J. NDIFFO, R. NKWAYEB et J.P. LACHAUD, "Pauvreté et marché du travail au Cameroun : le cas de Yaoundé", Discussion Papers n° 47, IIES, Genève, 1992. Un calcul identique effectué à partir des résultats publiés du recensement général de la population de 1987 pour l'ensemble des zones urbaines (les données pour Yaoundé ne sont pas disponibles) donne un résultat similaire (0,53).

- une couverture aérienne de la ville (échelle 1/15000) réalisée en décembre 1991 ;
- une image SPOT multispectrale (résolution 20 mètres) enregistrée en février 1992.

## II - DELIMITATION DE LA VILLE

La première étape de la méthode<sup>7</sup> consiste à délimiter l'agglomération, c'est-à-dire la "ville réelle". Il s'agit là d'un avantage non-négligeable de la méthode. En effet, la croissance démographique des villes du Tiers monde rend vite caduques les données du recensement, qu'elles portent sur l'agglomération ou *a fortiori* sur la limite administrative. Yaoundé croît actuellement à près de 7 % par an. Bien sûr cette croissance s'effectue en grande partie en bordure de la ville. La comparaison entre une photo aérienne de 1976 et celle de décembre 1991 utilisée est à cet égard édifiante. Enfin, ces faubourgs contiennent une population informelle nombreuse et importante pour l'analyse.

### Le tracé de la limite

Le tracé des limites s'est appuyé sur trois documents issus du traitement de l'image satellite :

- une composition colorée (annexe 2, figure A) construite à partir des 3 canaux multispectraux de SPOT (XS1, XS2, XS3) ;
- une composition à partir du canal XS2 ;
- une classification en 4 classes résultant du croisement d'un indice

---

<sup>7</sup> Toutes les étapes de la méthode sont détaillées dans les 15 fiches du manuel de formation : cf. F. DUREAU, O. BARBARY, A. MICHEL et B. LORTIC, "Sondages aréolaires sur image satellite pour des enquêtes socio-démographiques en milieu urbain", op.cit.

de végétation et d'un indice d'hétérogénéité<sup>8</sup>.

Le tracé définitif a été effectué sur la mosaïque de photos aériennes. Nous avons retenu le critère de contiguïté suivant : pour qu'une zone bâtie soit incluse dans la ville il faut qu'elle n'en soit pas séparée par plus de 200 mètres de végétation. Ce tracé sur la mosaïque de photos aériennes a été ensuite digitalisé sur l'image satellite, directement sur l'écran. Cette opération était facultative, mais elle a permis de faire une mesure supplémentaire de la surface totale de la ville, ainsi que de la surface de chaque classe de densité du bâti correspondant à une strate du sondage (voir partie III).

### La surface

Trois estimations de la surface de la ville ont donc été obtenues :

- par mesure directe de l'ensemble de la ville sur la mosaïque de photos aériennes, au planimètre manuel ;
- par somme des mesures au planimètre des surfaces des strates ;
- par comptage des pixels<sup>9</sup> sur l'image satellite.

Le tableau 1 montre une amplitude de 6,7 % entre les deux estimations extrêmes. Dans ce cas, la mesure directe est sans doute la plus imprécise.

---

<sup>8</sup> On obtient les 4 classes suivantes : "végétal homogène", "végétal hétérogène", "minéral homogène", "minéral hétérogène". L'indice de végétation normalisé est donné par la formule suivante :  $IVG = 128 * (1 + (XS3 - XS2) / (XS3 + XS2))$ . L'indice d'hétérogénéité affecté à chaque pixel est mesuré par l'écart-type de l'indice de végétation des 9 pixels adjacents. (Voir fiche n° 6 du manuel op.cit.) L'hypothèse qui est faite ici est que la zone urbanisée correspond à un espace à dominante minérale et fortement hétérogène. Rappelons que ce traitement numérique ne constitue qu'une aide à la détermination de la limite urbaine.

<sup>9</sup> Pixel : surface élémentaire au sol de l'image satellite. La taille d'un pixel définit la résolution de l'image. Dans le cas présent, le mode multispectral de l'image SPOT utilisée fournit des pixels de 20 \* 20m, soit 400 m<sup>2</sup>.



TABLEAU 1

TROIS MESURES DE LA SURFACE DE YAOUNDE

	Surface (ha)
1) Mesure planimètre	8491
2) Somme des strates	8155
3) Somme des pixels	8700

Il faut noter que les écarts obtenus pour ces trois mesures ne constituent en rien un indice de précision du sondage. En premier lieu, les mesures 1 et 2 ne sont pas équivalentes à la mesure 3. En effet, cette dernière provient d'un comptage des pixels. Mais le niveau de résolution de l'image satellite n'assure pas que chaque pixel ne soit pas à cheval entre deux strates, ou qu'il soit totalement inclus dans les limites de la ville définies sur la photo aérienne. En second lieu, seule la surface des strates (mesure 2) entre en ligne de compte dans les calculs.

### III - LA STRATIFICATION DE LA VILLE<sup>10</sup>

Cette seconde étape consiste à déterminer des strates de densité croissante du bâti dans lesquelles seront tirés les flots. Dans la mesure où la densité du bâti de la zone d'habitation est bien corrélée avec le phénomène

---

<sup>10</sup> Fiches n° 7 et 8 du manuel op. cit.

étudié, une telle stratification apportera un gain de précision important<sup>11</sup>. Les zones très denses hébergent sans doute la population la plus pauvre de la ville<sup>12</sup>.

### Passage de l'indice de végétation à la densité du bâti.

La stratification de la ville repose sur une classification des pixels de l'image satellite en fonction de la densité du bâti. Or, cette variable n'est pas directement disponible sur l'image satellite. La démarche consiste donc à ajuster une équation entre densité du bâti et indice de végétation qui, lui, provient de l'information satellitaire. Nous avons donc procédé de la manière suivante.

Dans un premier temps, nous avons construit un indice de densité du bâti en mesurant sur un certain nombre d'îlots la densité réelle du bâti, c'est-à-dire le rapport de leur surface bâtie à leur surface totale.

Cette mesure peut être effectuée sur le terrain. Nous l'avons pour notre part réalisée sur la mosaïque de photos aériennes, à l'aide d'une grille millimétrée. Trente et un îlots ont ainsi été sélectionnés par tirage systématique en superposant une grille à la mosaïque, puis mesurés et reportés sur l'image satellite afin de connaître leur indice de végétation<sup>13</sup>.

---

<sup>11</sup> Il a pu être montré dans les cas de deux villes aussi différentes que Quito et Marseille que la densité du bâti était un excellent critère de stratification. Dans le cas d'espèce, il permettait de réduire la variance des estimateurs dans une fourchette de 35 à 75 % par rapport à un tirage non stratifié. Voir F. DUREAU et O. BARBARY, "L'enquête par sondage sur image satellite...", op.cit., pp.76-81.

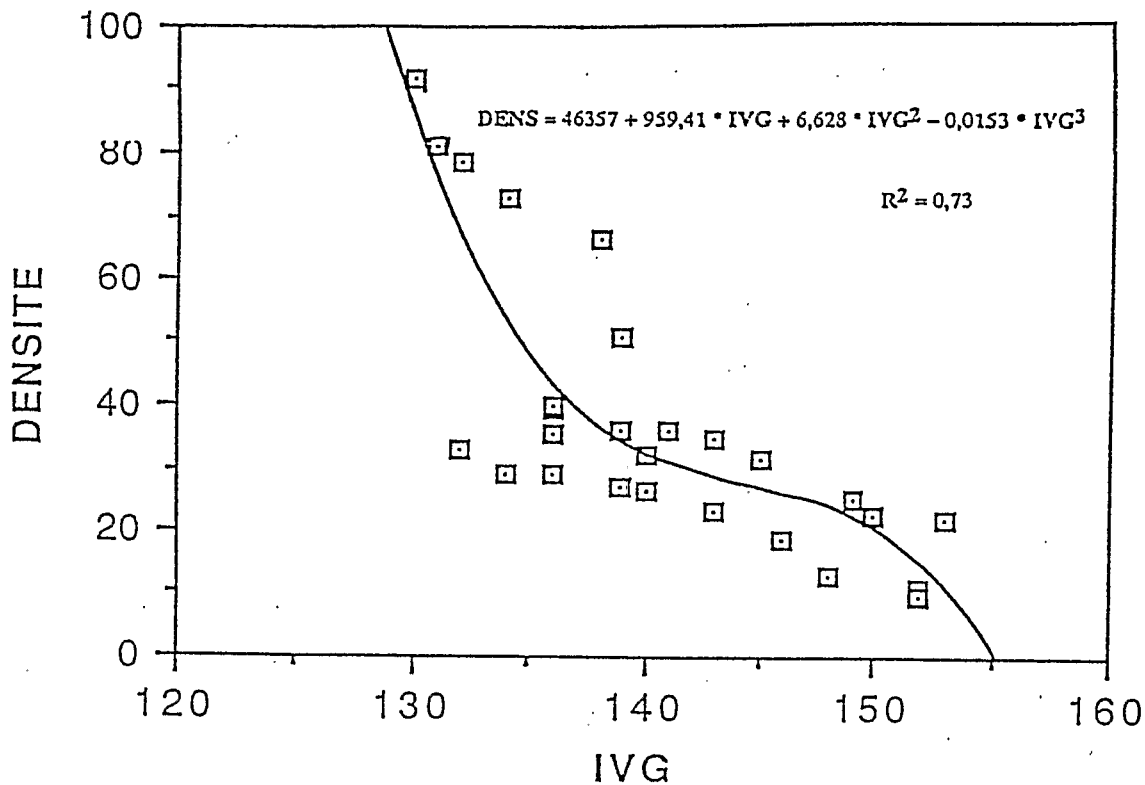
<sup>12</sup> Nous avons aussi étudié la possibilité d'améliorer la qualité du sondage en stratifiant la ville à partir d'informations exogènes à l'image satellite. Seules les données du dernier recensement de population (1987) auraient pu se prêter à ce travail. Par exemple, on aurait pu retenir comme indicateur de stratification le taux de travailleurs indépendants dans la population active par quartier ou par zone de dénombrement (l'arrondissement étant une unité géographique trop hétérogène). Malheureusement l'ancienneté des données ainsi que l'inexistence de fichiers informatiques appropriés ont rendu une telle opération impossible.

<sup>13</sup> Comme sur l'image satellite l'indice de végétation (IVG) n'est disponible qu'à l'échelle des pixels, l'IVG d'un îlot est calculé : il est égal à la moyenne des IVG des pixels appartenant à l'îlot, une fois ce dernier délimité sur l'image satellite.

Dans un second temps, une régression polynomiale entre la densité du bâti mesurée et l'indice de végétation a été estimée sur l'échantillon des 31 îlots (figure 2). L'équation du troisième degré choisie a ensuite permis d'imputer à chaque pixel de l'image satellite une densité du bâti à partir de son indice de végétation.

FIGURE 2

LIAISON DE LA DENSITE DU BATI ET DE L'INDICE DE VEGETATION



Classification et tracé des strates

Une classification sur l'indice de densité du bâti ainsi calculé a permis de déterminer trois strates de densité du bâti, à partir d'un histogramme. L'image obtenue a été ensuite l'objet d'un lissage majoritaire pour faciliter le zonage ultérieur de la photo aérienne. Les zones de la ville qui présentaient des surfaces minérales non bâties importantes ont été isolées par une classification multispectrale sur l'image satellite (aéroport, lac, stade, etc.), car ces zones auraient été confondues avec des zones à forte densité du bâti par la classification sur l'indice de végétation (annexe 2, figure B).

Les strates ont été ensuite dessinées zone par zone sur la photo aérienne. Cette opération manuelle provoque un nouveau lissage puisque nous nous sommes efforcés de ne pas dessiner de zones trop petites. Les zones correspondant à chaque strate ont été enfin mesurées au planimètre manuel. Nous avons également mesuré les zones de végétation à l'intérieur de la ville, qui sont nombreuses car Yaoundé est vallonnée (tableau 2).

TABLEAU 2

SURFACE DES STRATES DE DENSITE DE BATI

	Bornes de densité du bâti (%)	Nombre de zones	Surface totale (ha)
Végétation	0	41	1454
Peu bâti	1-29,4	56	2637
Moyennement bâti	29,5-59,3	46	2976
Bâti dense	59,4-100	20	1088
TOTAL		163	8155

Grâce au report de la limite de la ville sur l'image satellite, un comptage des pixels appartenant à chaque strate a pu être effectué et comparé avec la mesure au planimètre des strates sur la photo aérienne. Il ressort de cette comparaison que le lissage opéré lors du zonage par strate de la ville sur la photo aérienne donne plus d'importance à la strate intermédiaire "moyennement bâti" au détriment de la strate "peu bâti" (tableau 3).

TABLEAU 3

COMPARAISON DU POIDS DES STRATES  
ENTRE LA CLASSIFICATION DE L'IMAGE SATELLITE (AVANT LISSAGE)  
ET LE ZONAGE DE LA PHOTO AERIENNE (APRES LISSAGE)

	Comptage sur image satellite	Mesure sur photo aérienne
Végétation	19 %	18 %
Peu bâti	41 %	32 %
Moyennement bâti	28 %	37 %
Bâti dense	12 %	13 %
TOTAL	100 %	100 %

Comme dans le cas de la mesure de la surface de la ville, cette comparaison ne donne aucune indication quant à la précision du sondage. En effet, sur l'image satellite, les pixels de même strate sont trop dispersés pour constituer un zonage utilisable pour le tirage des îlots. Ce zonage résulte de la prise en compte de deux contraintes :

- ne pas tracer de zones trop petites ;
- affecter chaque îlot à une et une seule strate.

#### IV - LE TIRAGE DES ILOTS DANS LA VILLE<sup>14</sup>

L'objectif de taille pour l'échantillon de l'enquête est de 2000 ménages. Nous avons fixé un nombre maximum de ménages à enquêter dans chaque îlot assez petit : 6, afin d'assurer une bonne dispersion géographique de l'échantillon d'îlots. On enquêtera donc tous les ménages des îlots comprenant moins de 6 ménages. Le nombre d'îlots à enquêter est donc égal à  $2000 / 6$ , soit  $m = 333$ , ce qui nous fournira un nombre de ménages légèrement inférieur à l'objectif affiché.

A partir d'une trentaine d'îlots tirés au hasard sur la photo aérienne (dont la surface avait déjà été mesurée pour l'initialisation de l'indice de végétation), nous avons pu estimer la surface moyenne des îlots par strate<sup>15</sup>,  $z_k$ . Cette estimation permet de calculer le nombre total d'îlots  $M_k$  dans chaque strate, et le nombre total d'îlots  $M$  dans les strates bâties de la ville. On obtient ainsi le taux de sondage  $t$  :

$$t = m / M = 333 / 3900 = 8,5\%$$

Le même taux de sondage a été appliqué à chaque strate et fournit le nombre d'îlots  $m_k$  à enquêter pour la strate  $k$ . On calcule finalement le côté de la maille de la grille de tirage  $d_k$  (tableau 4).

$$d_k = (Z_k / m_k)^{1/2}, \text{ où } Z_k \text{ est la surface totale de la strate } k.$$

Trois grilles ont été ensuite confectionnées avec une maille de longueur  $d_k$  (convertie à l'échelle de la photo aérienne : 1/15 000). Le tirage systématique des îlots s'effectue en superposant ces grilles sur la photo aérienne. Nous avons obtenu facilement le nombre d'îlots souhaité, ce qui confirme l'estimation de la surface moyenne des îlots.

<sup>14</sup> Fiches n° 9 et 10 du manuel op. cit.

<sup>15</sup> Nous n'avons retenu que les îlots facilement identifiables par une voirie bien visible. Cette contrainte nous a amené à gonfler l'échantillon initial tiré pour l'initialisation de la classification.

TABLEAU 4

LE CALCUL DU PAS DE TIRAGE

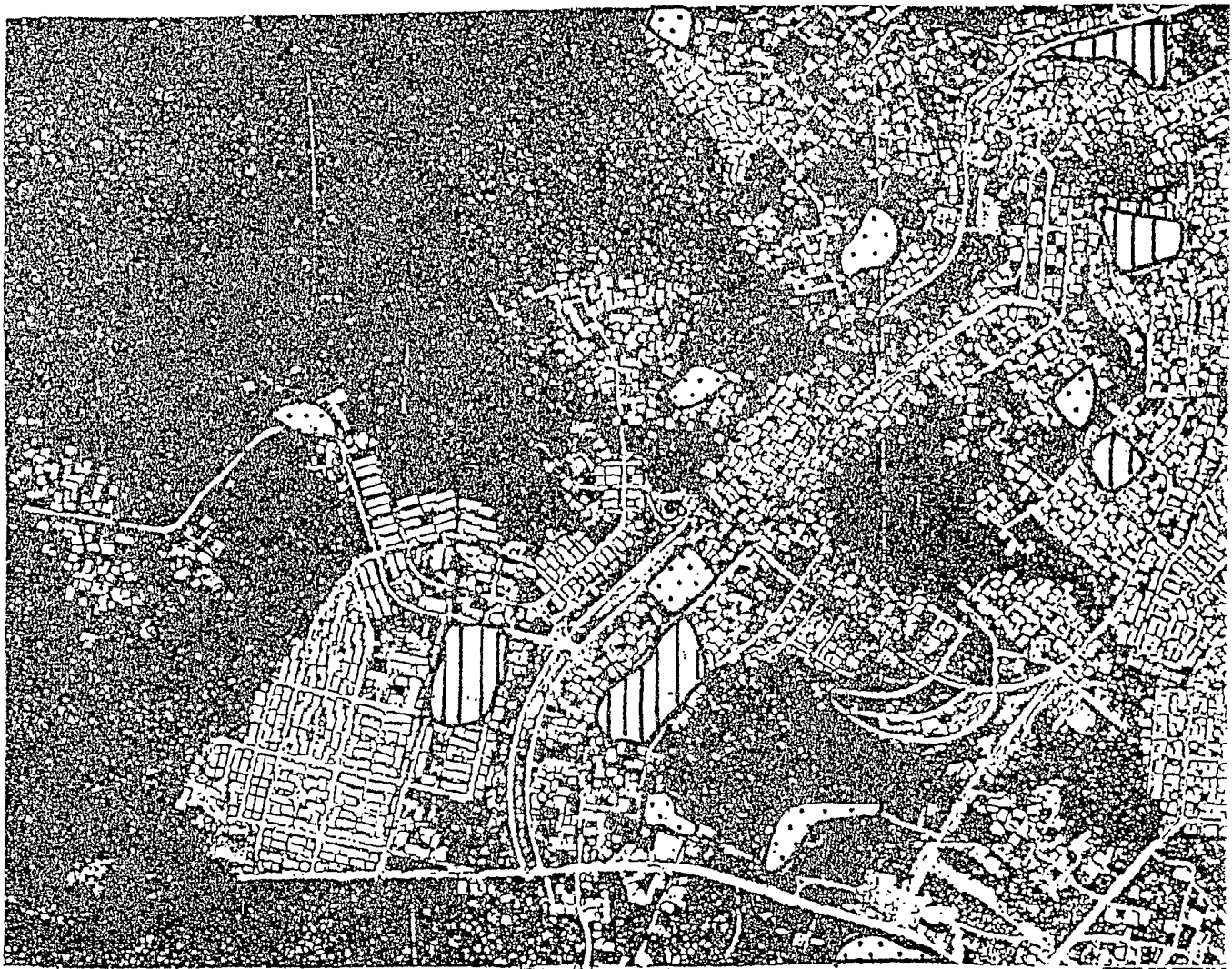
	Surface moyenne des îlots : zk (ha)	Nombre d'îlots à enquêter : mk	Pas de tirage : dk (m)
Peu bâti	1,51	149	420
Moyennement bâti	1,73	146	450
Bâti dense	2,52	38	540
TOTAL	1,72	333	-

La dernière opération consiste à tracer les îlots tirés sur la photo aérienne, en indiquant à quelle strate ils appartiennent (figure 3). Pour moins de 20 % des îlots, principalement dans la strate la plus dense, le tracé définitif a été laissé en suspens pour être déterminé sur le terrain au moment de l'opération de dénombrement des ménages. En effet, la voirie n'est pas toujours facile à distinguer dans les quartiers très denses de Yaoundé, où souvent des venelles se trouvent sous les gouttières des maisons.

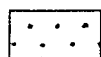
Les superviseurs seront chargés de décider du contour définitif de ces îlots, en cherchant à s'approcher de la taille moyenne mesurée sur les îlots déjà identifiés. L'opération de dénombrement des ménages dans les 333 îlots comporte en effet une mesure de la superficie de chaque îlot pour permettre l'extrapolation (encadré 1). Les îlots sont mesurés de manière très simple : en nombre de pas (préalablement étalonnés), et à l'aide d'une boussole pour les angles et d'un clinomètre pour les déclivités.

FIGURE 3

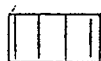
ECHANTILLON DES ILOTS : EXEMPLE SUR UNE PARTIE DE YAOUNDE



Sur cette partie de la ville on distingue 14 îlots tirés dans 2 strates différentes :



peu bâti



moyennement bâti



ENCADRE 1

LE COEFFICIENT D'EXTRAPOLATION DE CHAQUE MENAGE ENQUETE

Pour chaque ménage de l'îlot tiré i à l'intérieur de la strate k le coefficient d'extrapolation est :

$$P_{ki} = (Z_k * N_{ki}) / (n_{ki} * m_k * Z_{ki})$$

où :

$Z_k$  est la surface totale de la strate k

$Z_{ki}$  est la surface de l'îlot tiré i dans la strate k

$m_k$  est le nombre d'îlots tirés dans la strate k

$N_{ki}$  est le nombre de ménages "recensés" dans l'îlot i de la strate k

$n_{ki}$  est le nombre de ménages tirés dans l'îlot i de la strate k

CONCLUSION

L'utilisation de l'imagerie satellitaire est tout à fait adéquate pour réaliser le plan de sondage d'une enquête aréolaire auprès des ménages urbains. Elle constitue même la solution la moins coûteuse quand on ne dispose pas de base de sondage actualisée, comme c'est le cas dans de nombreuses villes du Tiers monde à croissance rapide. Elle s'imposait dans le cas de Yaoundé, ville croissant à 7 % par an, dont le recensement de population datait de 1987, et compte-tenu du sujet choisi : emploi et activités informelles.

Cette méthode a permis en effet d'obtenir rapidement, sans autre source d'information qu'une photo satellite et une mosaïque de photos aériennes récentes :

- les limites réelles de la ville en termes de densité d'habitation (conurbation) ;
- une base de sondage d'îlots (unités primaires) ;
- une stratification des îlots fondée sur la densité de la surface bâtie.

Les tests de la méthode à Quito et à Marseille ont montré que ce type de stratification améliorerait sensiblement la qualité des estimateurs.

Nous avons détaillé les différentes étapes de la réalisation du plan de sondage pour Yaoundé. Elles ont duré l'équivalent de vingt jours-hommes. Ensuite, le dénombrement des ménages dans les îlots sélectionnés peut commencer immédiatement. Il a duré un mois sur 334 îlots et avec 4 équipes de 3 dénombreurs.

Enfin, cette méthode de sondage se combine très bien avec l'enquête en deux phases appliquée ici pour le repérage des unités de production informelles. La représentativité de l'échantillon des chefs d'établissements informels est accrue par l'inclusion des quartiers périphériques et/ou récents. Une connaissance *a priori* de l'implantation des établissements n'est pas mobilisée lors de la stratification, puisque rien n'indique que les "informels" habitent où ils travaillent. En revanche, la couverture des activités ambulantes et à domicile bénéficie de la qualité de la première phase d'enquête auprès des ménages.



## ANNEXE 2

### FIGURE A

RESULTAT DE LA COMPOSITION COLOREE ("PREMIER TRAITEMENT")

ISSUE DE L'IMAGE SATELLITE (AGGLOMERATION DE YAOUNDE)

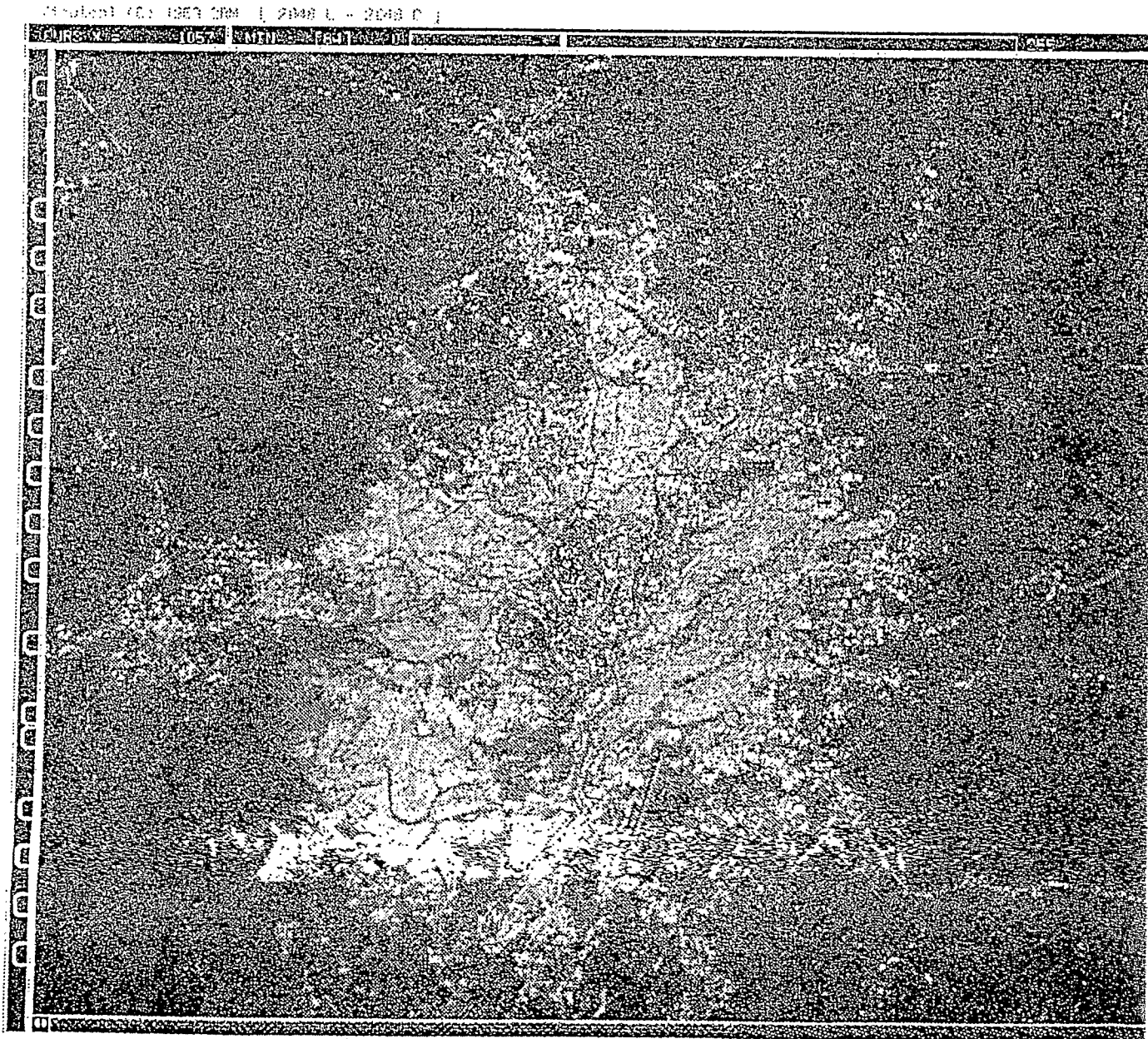
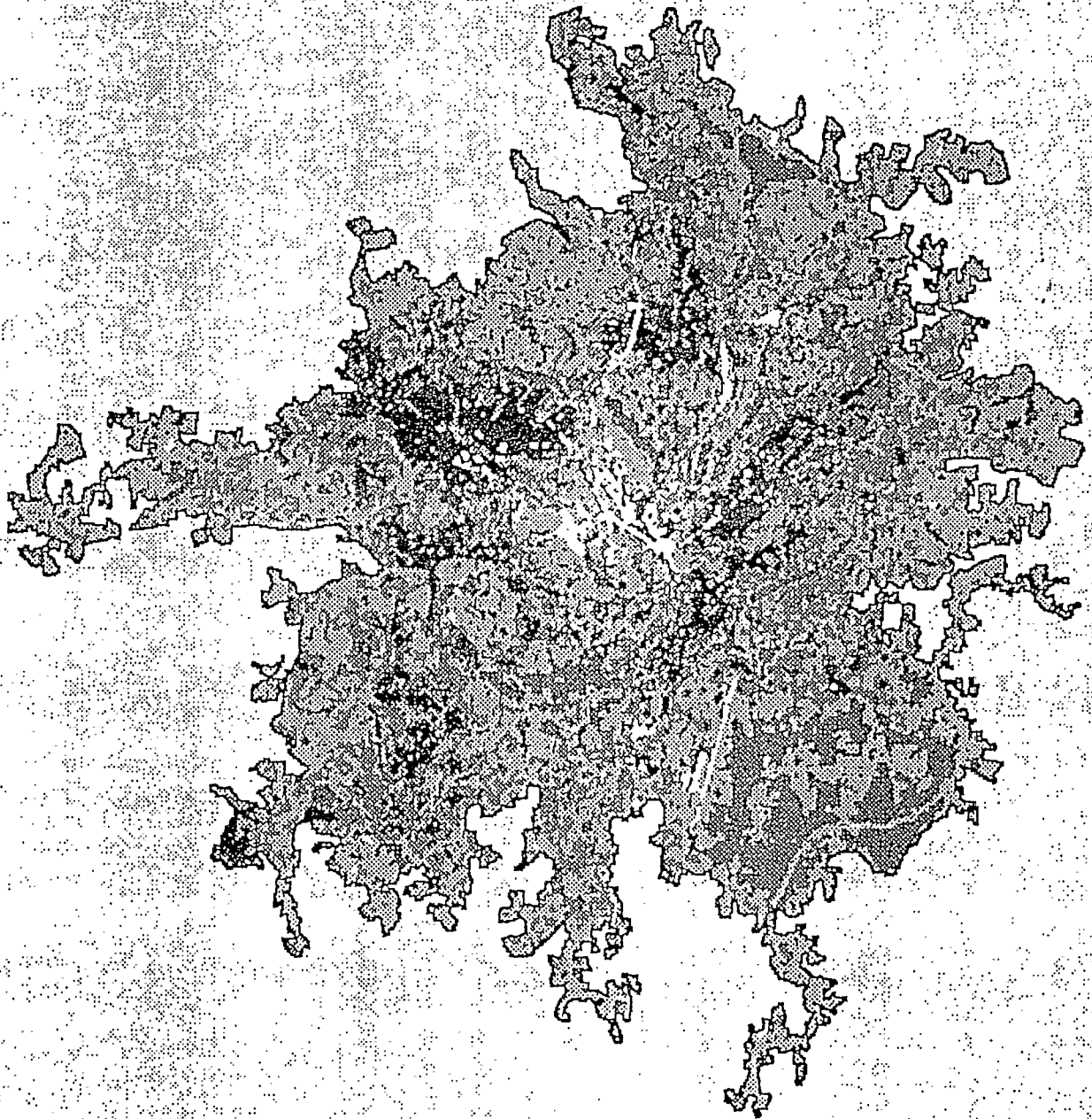


FIGURE B

RESULTAT APRES TRACE DE LA LIMITE DE LA VILLE ET STRATIFICATION



Note : les différentes "densités" de gris correspondent à différentes densités de bâti (du minéral non-bâti à l'intérieur de la ville, en blanc, au bâti dense, en noir). La stratification représentée ci-dessus n'est pas celle, définitive, qui a servi à tirer les îlots puisque cette dernière a été tracée sur photo aérienne et nécessite de ne pas placer un îlot "à cheval" sur deux strates.

**INSTITUT NATIONAL DE LA STATISTIQUE ET DES ETUDES ECONOMIQUES**  
**DEPARTEMENT DES RELATIONS INTERNATIONALES ET DE LA COOPERATION**  
 Division des Etudes et Méthodes Statistiques pour le Développement

**S O M M A I R E**

n° 71 - Septembre 1992

ISSN : 0224-098-X

	<u>Pages</u>
- Editorial	3
- Denis COGNEAU et François ROUBAUD Utilisation de la télédétection pour l'élaboration du plan de sondage d'une enquête sur le secteur informel : le cas de Yaoundé	5
- Vincent GODARD Evaluation des surfaces naturelles par télédétection et enquête de terrain en Mauritanie	27
- Elda GALLESE et Nora LAC PRUGENT Projections de population pour la ville de Rosario (Argentine)	59
- Pierre CONCIALDI Les comparaisons internationales de coût de la main-d'oeuvre : problèmes méthodologiques	69
- Guy de MONCHY <i>Note de lecture</i> The Economic impact of AIDS in an African Country : Simulations with a Computable General Equilibrium model of Cameroon	87
- ON SIGNALE...	95

**STATICO** : Bulletin de liaison non officiel des statisticiens et économistes exerçant leur  
 activité dans les pays du Tiers-Monde

Rédacteur en chef : Philippe BRION  
 Assistante de rédaction : Annie CHANUT  
 Secrétaire de fabrication : Véronique TRIQUARD  
 Secrétariat de la revue : I.N.S.E.E.  
 Division des études et méthodes statistiques  
 pour le développement  
 18 boulevard Adolphe Pinard  
 75675 PARIS CEDEX 14

Tirage : 1 300 exemplaires

C.E.D.I.D. - ORSTOM

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 36834 ex A

Cote : B M P20