

MODULE 3

UTILISATION EFFICACE DES TERRES





UTILISATION EFFICACE DES TERRES

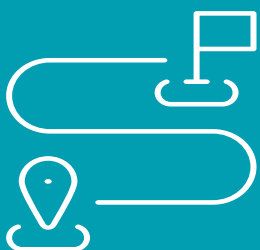
.....

CIBLE 11.3: *D'ici à 2030, renforcer l'urbanisation durable pour tous et les capacités de planification et de gestion participatives, intégrées et durables des établissements humains dans tous les pays.*

Indicateur 11.3.1: *Ratio entre le taux d'utilisation des terres et le taux de croissance démographique*

SECTION 1:

INTRODUCTION



1.1 Contexte

Les établissements humains, dans toute la diversité de leurs formes, s'approprient les terres de façon différente. De la même manière que les organismes vivants, les villes grandissent, transportent, s'adaptent, innovent et changent selon les tendances émergentes (Hernandez, 2014). Les villes s'agrandissent, se contractent, se densifient, s'intensifient, vieillissent et parfois leurs fonctions migrent même vers des zones plus propices à leur survie. Toutes ces tendances de la ville sont intimement liées aux facteurs tels que les changements démographiques, la productivité et les potentialités économiques, les conditions physiques et sociales existantes, la présence de politiques favorables aux actions, entre autres.

Un pays qui maximise les nombreux avantages liés à l'urbanisation est celui-là qui est capable de comprendre, de mesurer et de prévoir les tendances de la croissance de ces centres urbains ; et qui, en retour, met en place des actions / interventions en vue de tirer profit des bénéfices de cette croissance tout en minimisant les défis tout aussi divers qui sont liés à une urbanisation non planifiée. La planification proactive – qui constitue un préalable majeur en matière d'urbanisation durable – exige des autorités urbaines et des autres acteurs concernés de prévoir la direction que va emprunter la croissance de la ville et / ou de donner forme à cette croissance en mettant en place des infrastructures, des services et une politique ainsi que des cadres juridiques, etc.

Cela donne lieu à une croissance planifiée et équitable permettant à tous les résidents de la ville d'avoir accès aux services de base, aux opportunités économiques et sociales dans un cadre où prévaut la durabilité environnementale. Au cœur de tout cela se trouve la nécessité de produire et de diffuser des données actualisées et fiables concernant les tendances de la croissance des villes.

L'indicateur 11.3.1 mesure le niveau d'efficacité des villes dans l'utilisation des terres qui est mesuré comme le ratio entre le taux de consommation de l'espace et le taux de croissance démographique. Les preuves empiriques ont montré que les villes compactes utilisent les terres de façon plus rationnelle et sont en mesure d'offrir de meilleurs biens et services publics de base à plus faible coût. Ces villes peuvent consommer moins d'énergie, mieux gérer les ordures et sont plus susceptibles de maximiser les avantages des économies d'agglomération (ONU-Habitat, 2018). En revanche, les villes qui ne sont pas compactes sont confrontées à une demande élevée en mobilité, à une forte consommation d'énergie, à la dégradation de l'environnement, aux coûts toujours plus élevés de fourniture des services de base par habitant (eau, assainissement, système de drainage), aux coûts élevés des infrastructures par habitant, à la réduction des économies d'agglomération, et à la baisse de la productivité urbaine (ONU-Habitat, 2018).

En mesurant et comparant le taux d'utilisation des terres par les villes et leur croissance démographique, les autorités urbaines et les décideurs peuvent faire des projections sur la demande en biens et services publics, identifier les nouveaux domaines de croissance et

influencer le développement urbain durable de façon proactive (ONU-Habitat, 2018). Cela est nécessaire si l'on veut disposer d'infrastructures, de services et de commodités adéquates permettant d'améliorer les conditions de vie de tous. La production et la diffusion des données relatives à cet indicateur sont donc non seulement essentielles pour la compréhension de la dynamique de la croissance urbaine et de la formulation de politiques et d'orientations éclairées, mais sont également au cœur de la promotion d'une urbanisation durable.

L'indicateur 11.3.1 est lié à beaucoup d'autres indicateurs des ODD : 11.7.1 (espace public), 11.a.1 (plans de développement régional), 15.1.2 (espace forestier), 8.1.1 (taux de croissance annuelle du PIB par habitant), 8.5.2 (taux de chômage), et 11.6.1 (gestion des déchets solides). Il garantit que les ODD intègrent les dimensions plus larges de l'espace, de la population et des terres de façon adéquate, tout en offrant le cadre nécessaire en vue de la réalisation d'autres objectifs comme ceux qui prévoient des interventions relatives à la pauvreté, à la santé, à l'éducation, à l'énergie, aux inégalités et aux changements climatiques.

L'indicateur comporte une mesure multifonctionnelle étant donné qu'il est lié non seulement au type/à la forme du modèle d'urbanisation, mais également aux différentes dimensions de l'efficacité dans l'utilisation des terres : économique (proximité des facteurs de production), environnemental (plus faible taux d'utilisation des ressources par habitant et d'émissions de gaz à effet de serre - GES), social (réduction des distances à parcourir et par conséquent des coûts afférents).

1.2 Justification du suivi

Il est essentiel de comprendre comment une ville/zone urbaine s'étend sur le plan spatial par rapport à son taux de changement démographique si l'on veut déterminer entre autres choses la nature de la croissance des établissements humains (formel contre informel) et la vitesse de conversion des terres périphériques en fonctions urbanisées – les deux ayant d'importantes implications sur la demande et la fourniture de services ainsi que sur la préservation et la conservation de l'environnement.

Pour atteindre un développement durable, les pays doivent comprendre à quelle vitesse leurs villes se développent et quelle direction elles empruntent. Non seulement cela leur permettra de comprendre les tendances et de répondre à la demande en services de base – dont l'absence est une source majeure d'inégalités dans les pays – mais leur permettra également de développer des politiques qui encouragent une utilisation

optimale des terres, tout en protégeant ainsi de façon efficace l'environnement naturel, les terres agricoles, etc.

Par ailleurs, pour atteindre une urbanisation inclusive et durable, il faudrait que les ressources soient utilisées de manière à pouvoir supporter la croissance démographique résultant des migrations et de la croissance naturelle de la population, tout en protégeant les zones sensibles du point de vue environnemental contre l'aménagement et en limitant les prélèvements des ressources non fongibles de l'arrière-pays telles que l'eau et les sites d'élimination des déchets.

L'objectif du suivi du progrès par rapport à l'indicateur 11.3.1 des ODDs est de fournir des informations nécessaires et opportunes aux décideurs et aux acteurs en vue de l'accélération des progrès vers l'atteinte de la cible et de l'objectif.

Pour atteindre l'objectif 11.3 d'ici 2030, il faut au minimum ralentir l'étalement urbain et, si possible, veiller à ce que la compacité des villes soit maintenue ou accrue au fil du temps.



Utilisation des terres dans une ville de campagne © rau.ac.uk

1.3. Processus de suivi et d'établissement des rapports

Le processus de suivi et d'établissement des rapports exigera l'implication de nombreux acteurs au niveau aussi bien national que local. Il s'agit notamment des autorités de la ville, des instituts nationaux de statistiques, des organismes travaillant sur l'observation de la terre et les informations géographiques, entre autres..

COLLECTE DES DONNEES



Les instituts nationaux de statistiques sont chargés de la collecte des données. Toutefois, pour cet indicateur précis, les données de haute résolution concernant les surfaces ou zones construites sont nécessaires et peuvent être produites par les autorités de la ville et/ou grâce à travers des partenariats avec les organismes et les ministères impliqués dans la production des données spatiales.

RENFORCEMENT DES CAPACITES



ONU-Habitat et les partenaires actifs dans la communauté géo-spatiale (GEO - Groupe sur l'observation de la Terre, Commission Européenne, NASA, ESA, ESRI, New York University, etc.) appuieront aussi bien le renforcement des capacités que la production des données relatives à l'indicateur.

PUBLICATION DES DONNEES



Pour pouvoir détecter de façon suffisamment précise les changements dans l'occupation des terres à partir des images satellites de moyenne résolution à accès libre, l'on propose un intervalle de suivi de 5 ans pour cet indicateur. En outre, pour comprendre comment l'utilisation des terres par les villes contribue à l'urbanisation durable – conformément à la cible 11.3 – l'analyse des images historiques est fortement recommandée pour cet indicateur, l'an 2000 étant proposé comme année de référence.

Les données aux niveaux régionaux seront estimées à partir des chiffres nationaux dérivés de l'Echantillon national des villes produit pour chaque pays en se basant sur une méthode scientifique d'échantillonnage élaborée par ONU-Habitat.

ONU-Habitat sera en première ligne des efforts de suivi au niveau mondial avec l'appui d'autres partenaires et des commissions régionales.

1.4 Concepts et définitions



Taux de croissance démographique

C'est le taux auquel la taille de la population change dans un pays au cours d'une période, généralement une année. Il reflète le rythme de l'évolution (augmentation ou diminution) de la taille de la population, prenant en compte la croissance naturelle ou solde naturel (différence entre le nombre de naissances et de décès au cours d'une période considérée) et le solde migratoire (différence entre le nombre de personnes migrant vers et celui de personnes émigrant d'un pays durant la période considérée). La croissance démographique correspond donc à la somme du solde naturel et du solde migratoire. Pour cet indicateur, le taux de croissance démographique est mesuré au niveau de la zone urbaine / ville et non au niveau du pays.



Zone urbaine / ville

Pour cet indicateur, elle renvoie à une zone spatialement, fonctionnellement ou autrement urbaine par sa nature (définie en se basant sur les approches pour définir la ville). L'étendue de la ville n'est pas toujours confinée aux limites municipales existantes.



Utilisation/Consommation des terres

Elle est définie comme l'absorption des terres du fait des utilisations des terres urbanisées, ce qui implique souvent la conversion des fonctions de la terre en fonctions urbaines.



Taux d'utilisation/de consommation des terres

Il est le taux auquel la superficie des terres occupées par une ville / zone urbaine change sur une période (généralement une année) et est exprimé en pourcentage de terres occupées par la ville / zone urbaine au début de cette période.



Illustration sur la croissance urbaine © Biologicaldiversity.org.

COMMENT MESURER L'INDICATEUR 11.3.1 : RATIO ENTRE LE TAUX D'UTILISATION DES TERRES ET LE TAUX DE CROISSANCE DEMOGRAPHIQUE



L'indicateur 11.3.1 vise à mesurer le taux auquel les zones urbaines transforment l'espace (en saisissant la croissance aussi bien positive que négative) par rapport au taux de croissance démographique au fil du temps. Le premier principe permettant de faire des estimations exactes et représentatives pour cet indicateur est de considérer les zones urbaines comme des établissements en constante mutation et susceptibles de s'étendre ou de se contracter sous l'effet de divers facteurs au lieu de les voir comme des entités fixes confinées à l'intérieur des limites pratiquement définitives.

L'indicateur s'appuie donc sur l'exactitude de l'identification soit de la zone urbaine fonctionnelle soit des zones dans lesquelles se produit effectivement la croissance au cours d'une période définie, identification qui peut être faite grâce à diverses approches d'analyse spatiale. Dans son étude portant sur 200 villes qui constituent l'Atlas de l'expansion urbaine (www.atlasofurbanexpansion.org), une équipe d'experts de New York University travaillant en partenariat avec le Lincoln Institute of Land Policy et ONU-Habitat a identifié quatre manières dont les zones urbaines/villes se développent:

Optimisation – Fait référence à tous les aménagements supplémentaires (zones construites) réalisés à l'intérieur de ce qui formait précédemment des espaces ouverts dans la zone urbaine au cours d'une période antérieure ;

Extension - Fait référence à toutes les zones nouvellement aménagées (construites) qui sont rattachées aux zones urbaines d'une période antérieure ;

Développement rapide – Fais référence à tous les nouveaux aménagements (zones construites) qui atteignent le seuil des caractéristiques urbaines mais ne sont pas rattachés aux zones urbaines de la période antérieure ou aux nouveaux regroupements de l'extension ;

Inclusion – Fais référence à tous les aménagements existants (zones construites) qui se trouvaient hors de la principale zone urbaine au cours de la période antérieure, mais qui se trouvent englobés par la croissance des établissements au cours d'une nouvelle période.

Il est important de relever que la croissance des zones urbaines / établissements humains n'est pas toujours positive. Parfois, l'on peut enregistrer une croissance négative comme lorsque les catastrophes (ex.: inondations, tremblements de terre) entraînent l'effondrement des bâtiments et/ou la réduction de la masse de la zone construite.

L'identification de la zone urbaine fonctionnelle qui peut être utilisée pour mesurer cet indicateur nécessite l'adoption de mesures et de seuils applicables et comparables au niveau mondial. Ceux-ci permettent non seulement de rendre possible la mesure du taux de transition urbaine entre les pays, mais créent également un système grâce auquel l'on peut suivre les changements à travers le continuum des établissements humains dans les différents pays.

Par un engagement mondial pris lors de la Troisième conférence sur l'Habitat tenue à Quito en 2016, différentes organisations ont apporté leur soutien aux efforts visant à harmoniser les mesures et seuils utilisés pour définir les typologies des établissements humains qui permettent de faire clairement des distinctions entre les différents types d'établissements au fil du temps (ex. : faire la distinction entre zone urbaine et zone rurale).

Ces efforts, qui visent à produire une définition internationalement harmonisée de la ville d'ici à 2020, reconnaissent et intègrent le caractère dynamique des établissements humains – que

l'indicateur 11.3.1 cherche à mesurer. Jusqu'à là, les experts ont identifié deux approches possibles pour une définition mondiale de la ville ; ces approches sont examinées en détail dans les documents techniques de la Commission Européenne et de la New York University¹. La mise en œuvre de l'approche développée par la New York University (étendue urbaine) dans les logiciels du SIG est décrite en détail dans l'Annexe 1.

En reconnaissance des efforts en cours au niveau mondial en vue de la formulation d'une définition harmonisée de la ville, les étapes présentées dans le présent module expliquent les principaux concepts de base du calcul de l'indicateur qui peuvent être appliqués pour trouver des résultats exacts sans égard quant à l'approche adoptée.

Les sections suivantes montrent comment mesurer les taux d'utilisation des terres et de croissance démographique ainsi que le calcul de l'indicateur de base. La section 2.1 qui explique la mesure de l'utilisation des terres par les villes démontre le concept de limites dynamiques et fonctionnelles de la ville et pourquoi comprendre cela est essentiel pour mesurer avec précision la croissance urbaine, puis aborde la façon de calculer la composante « taux d'utilisation des terres » de l'indicateur.

1 Voir

- a) Dijkstra, L., H. Poelman, 2014. *A harmonized definition of cities and rural areas: the new degree of urbanisation*. Directorate General for Regional and Urban Policy, Regional working paper 2014;
- b) Florczyk, A.J., Melchiorri, M., Corbane, C., Schiavina, M., Maffellini, M., Pesaresi, M., Politis, P., Sabo, S., Freire, S., Ehrlich, D., Kemper, T., Tommasi, P., Airaghi, D. and L. Zanchetta, *Description of the GHS Urban Centre Database 2015, Public Release 2019, Version 1.0*, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2019, ISBN 978-92-79-99753-2, doi:10.2760/037310, JRC115586.;
- c) http://atlasofurbanexpansion.org/file-manager/userfiles/data_page/Methodology/Understanding_and_Measuring_Urban_Expansion.pdf?time=1476446554646

La section 2.2 démontre comment faire correspondre la population aux limites dynamiques de la ville et comment mesurer la composante « taux de croissance de la population ». La section 2.3 aborde la façon de calculer la totalité de l'indicateur et identifie également certains indicateurs secondaires qui peuvent être calculés afin de comprendre davantage les tendances de la croissance dans la ville étudiée.

Les exemples utilisés dans le présent module ne le sont qu'à des fins de démonstration et ne représentent en aucune façon ni la position ni la validation des Nations Unies en matière de désignations des frontières d'un pays donné à quelque niveau que ce soit.



Une ville en croissance © Pixabay

2.1 Calcul du taux d'utilisation des terres

2.1.1 Le concept de limites dynamiques et fonctionnelles de la ville

Dans cet exemple, nous utilisons une petite partie de la ville pour démontrer pourquoi l'adoption d'une limite fonctionnelle de la ville est importante pour la mesure de l'indicateur. Des limites hypothétiques sont créées pour expliquer le concept et ne représentent aucunement des limites officielles d'une ville X donnée.

Les figures 1 et 2 représentent deux situations de limites urbaines hypothétiques et la croissance de la ville X au cours de deux périodes (**t1**, **t2**). Dans ces deux scénarios, l'hypothèse adoptée est que la présence des bâtiments constitue un bon indicateur de l'urbanité d'une zone – c'est-à-dire une zone de forte concentration de bâtiments est certainement urbaine alors qu'une zone aux bâtiments épars représente vraisemblablement des établissements ruraux.

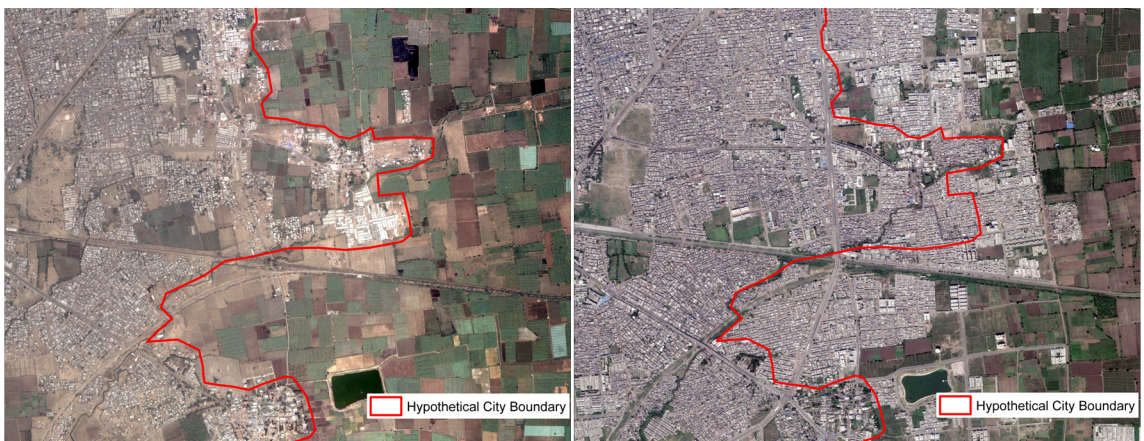


Figure 1: Scénario 1 sur les limites

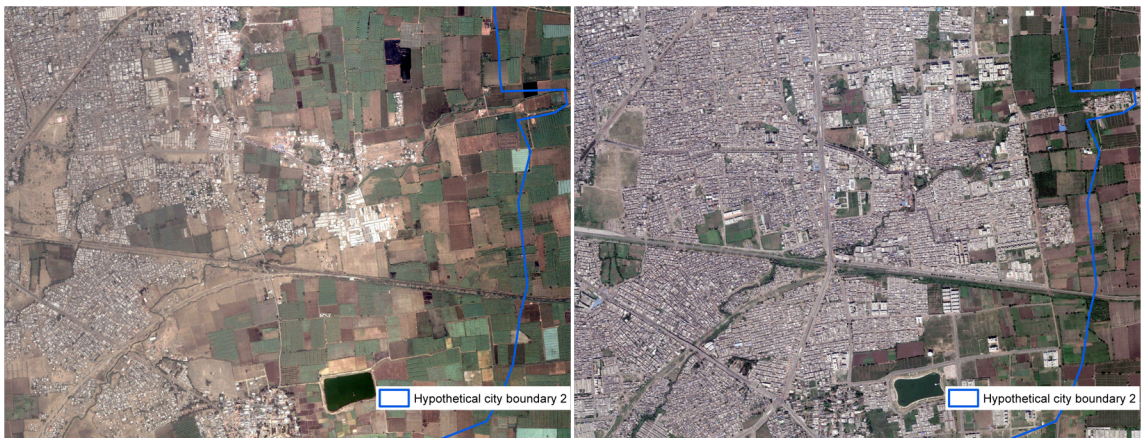


Figure 2: Scénario 2 sur les limites

Dans le scénario 1, la limite hypothétique en **t1** délimite la plupart des zones ayant des caractéristiques urbaines (telles que définies par la présence des bâtiments) tout en écartant une grande partie de la zone urbaine en **t2**. Dans le scénario 2, la limite hypothétique en **t1** délimite une grande zone dont les caractéristiques sont rurales par nature (telles que définies par la présence des bâtiments conformément à l'hypothèse adoptée), qui est fortement réduite en **t2**. Sur cette base, s'il fallait calculer l'indicateur 11.3.1 pour la ville X en utilisant les limites hypothétiques présentées dans les scénarios 1 et 2, il y aurait une représentation erronée des tendances réelles des mutations urbaines dans les deux cas.

Pour obtenir donc des résultats plus précis, il est conseillé aux pays d'adopter l'utilisation des limites dynamiques et fonctionnelles de la ville comme cela est proposé dans les approches répandues en matière de définition de la ville au niveau mondial. En utilisant ces approches, seules les zones qui atteignent les seuils urbains pour **t1**, et **t2** seront prises en compte dans le calcul de l'indicateur. Cela produira des résultats qui représentent les tendances réelles de la croissance au niveau aussi bien sous-national, national que de la ville et donnera lieu à des politiques et à des prises de décisions mieux informées en matière d'urbanisation durable au niveau aussi bien local que national dans les pays.

Sur la base des études menées par ONU-Habitat en 2018, l'on a observé que dans de nombreux pays, il existe beaucoup de variations entre ce qui est statistiquement identifié comme urbain (la séparation des zones de dénombrement en zones rurales et zones urbaines conformément aux procédures appliquées par les instituts nationaux de statistiques pour les recensements de la population et de l'habitat) et ce qui est officiellement identifié comme urbain (si l'on considère les limites municipales ou urbaines existantes dans le pays). Dans presque tous les pays étudiés, la classification des zones de dénombrement en zones soit urbaine soit rurale change au fil du temps avec des unités rurales atteignant certains seuils démographiques ou de densité se faisant reclasser en unités urbaines d'un cycle de recensement à un autre. Dans la plupart des pays cependant, ces révisions rendent rarement compte de la révision des limites municipales ou urbaines. Dans de nombreux cas, ce qui est statistiquement urbain est bien plus vaste que ce qui est officiellement (administrativement) urbain. Faire correspondre les classifications statistiques dynamiques au niveau du pays avec les approches proposées pour la définition mondiale de la ville peut permettre d'avoir une meilleure compréhension de l'identification des limites fonctionnelles de la ville. Cela peut à son tour renforcer la qualité des données relatives à l'indicateur 11.3.1.

2.1.2 Mesure du taux d'utilisation des terres

En utilisant l'exemple de la ville X, nous calculerons le taux d'utilisation des terres entre **t1** (2000) et **t2** (2010). Dans cette démonstration, nous intégrons le concept de limites dynamiques et fonctionnelles de la ville tel que présenté dans la section 2.1.1 et selon lequel la taille de la ville change en fonction des caractéristiques de chaque segment de la zone d'analyse compte tenu des seuils de définition de la zone urbaine. De cette façon, le calcul du changement urbain ne délimite que les zones qui sont effectivement urbanisées au cours de l'année considérée.

Pour des besoins de démonstration, nous utilisons dans cet exemple l'interprétation visuelle des images satellites pour illustrer la façon de mesurer le changement urbain dans la ville X. Nous retenons l'hypothèse formulée plus tôt selon laquelle les zones de forte concentration de bâtiments sont urbanisées alors que les zones aux constructions éparées sont de nature rurale. Cette hypothèse peut facilement être modulée pour refléter d'autres approches de la définition de la ville comme l'utilisation des zones de dénombrement ou les grilles de population qui correspondent à un certain seuil de la taille ou de la densité de la population.

Ci-après sont présentées les étapes génériques à suivre lors du calcul du taux d'utilisation des terres pour une zone urbaine donnée :

1. Identifier la totalité de la zone urbanisée en **t1** pour la ville étudiée. La zone urbanisée totale dans ce cas comprend toute l'étendue spatiale qui correspond au seuil

défini d'« urbain » (par opposition à « rural »). L'Annexe 1 décrit les étapes qui peuvent être suivies pour y parvenir en utilisant l'approche de l'étendue urbaine pour définir la ville.

2. Ensuite identifier la totalité de la zone urbaine en **t2** pour la zone d'intérêt (approche similaire à celle du 1) :
3. Calculer le taux d'utilisation des terres (TUT) en utilisant la formule :

$$TUT = \frac{LN(Urb_{(t2)}/Urb_{t1})}{(y)}$$

Où:

Urb_{t1} est la superficie totale couverte par la zone urbaine au cours de l'année initiale **t1**;

Urb_{t2} est la superficie totale couverte par la zone urbaine au cours de l'année finale **t2** et

y est le nombre d'années entre les deux périodes de mesure (**t1** et **t2**)

Les détails des étapes de calcul du taux d'utilisation des terres sont présentés ci-après. Les scénarios hypothétiques pour la ville X sont utilisés pour démontrer la méthode.

Étape 1: Définir les zones urbaines fonctionnelles pour chaque année d'analyse

En adoptant le concept de limites dynamiques de la ville présentées à la partie 2.1.1, il faut au préalable définir les zones urbaines urbanisées pour chaque année d'analyse. Cela devrait être fait en analysant les caractéristiques d'une zone par rapport aux seuils urbains établis. Les deux approches générales qui

peuvent être utilisées sont soit l'analyse de la densité des bâtiments d'une zone, soit la classification des petites unités administratives ou statistiques en fonction de leurs caractéristiques. Dans le premier scénario, nous utilisons l'interprétation visuelle simple des images satellites pour démontrer le concept.

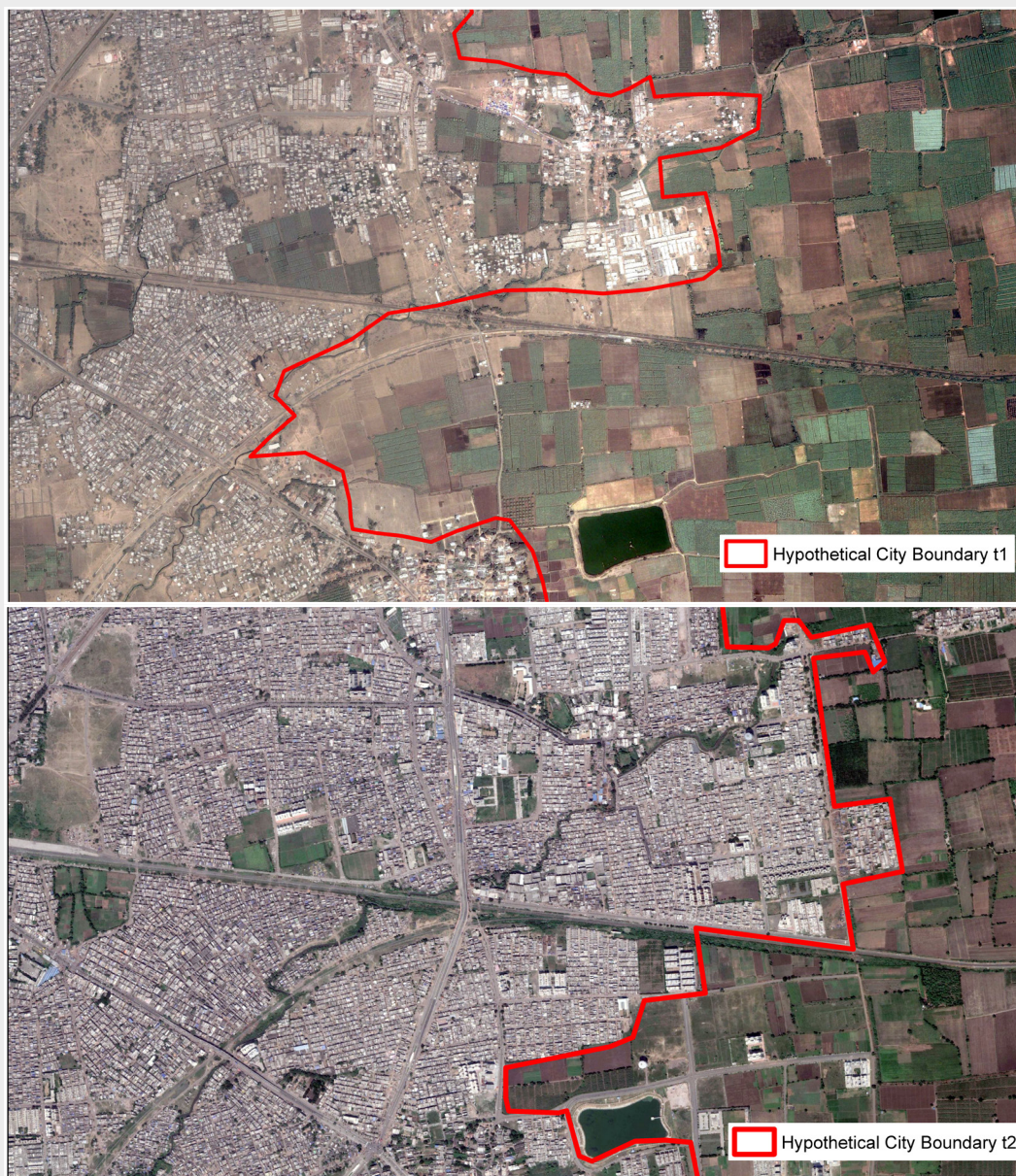


Figure 3: Limites urbaines dynamiques et fonctionnelles de la ville X – t_1 et t_2 basés sur la densité de la surface bâtie.

Dans le second scénario, nous obtenons le même résultat en classant chaque petite unité administrative comme urbaine ou rurale sur la base des données de haute résolution du recensement ou à travers la création de grilles de population qui intègrent la population et les données de la superficie bâtie. Les figures 3 et

4 illustrent les classifications hypothétiques des zones urbaines en se basant sur les deux approches. Le but des deux scénarios est d'illustrer le concept de base pour le calcul de l'indicateur, contrairement aux différentes approches de son calcul (voir Annex 1 pour une description détaillée).

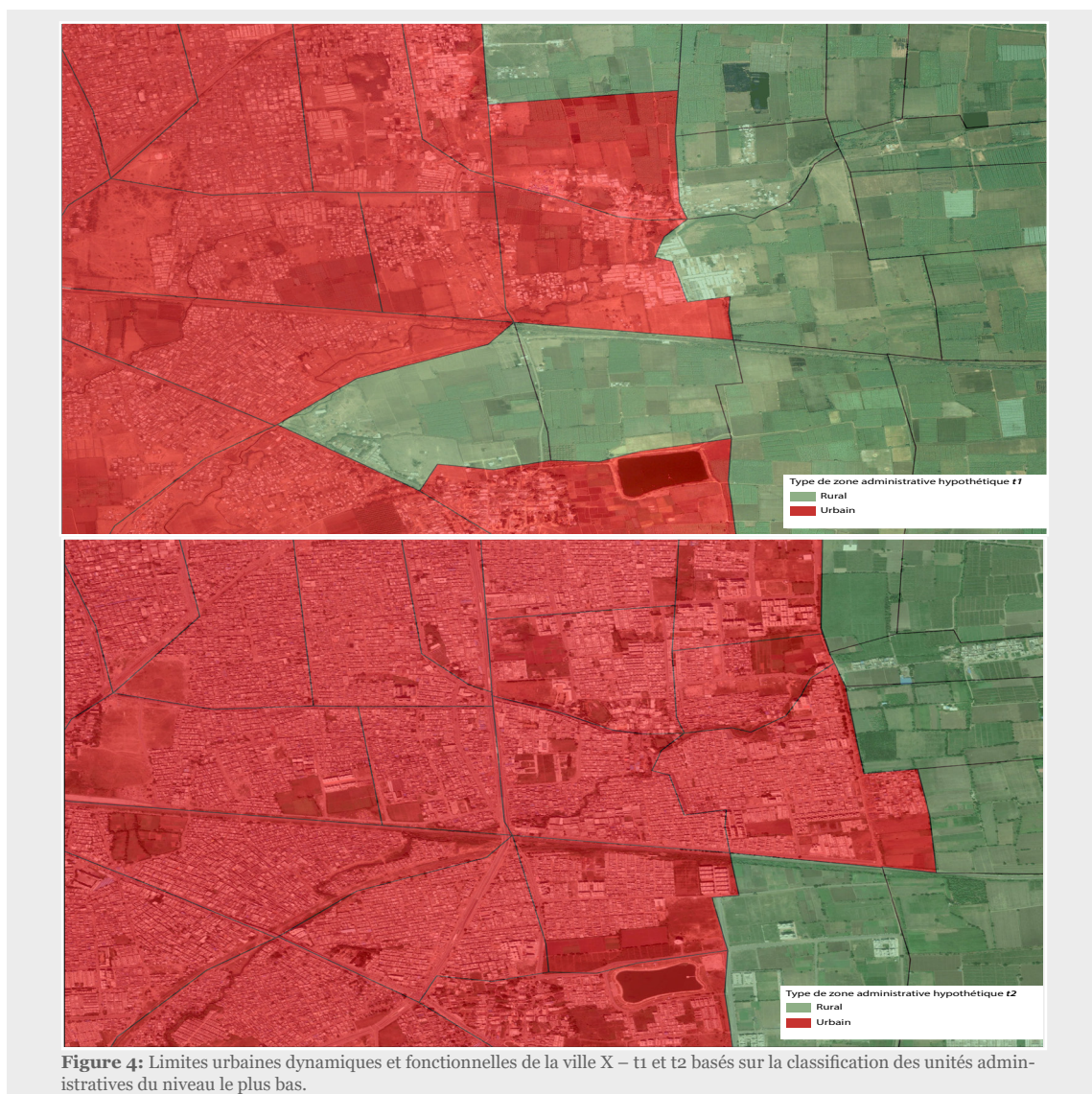


Figure 4: Limites urbaines dynamiques et fonctionnelles de la ville X – t1 et t2 basés sur la classification des unités administratives du niveau le plus bas.

Dans les deux scénarios, il y a une augmentation notable des zones urbanisées entre **t1** et **t2**.

Étape 2 : Calculer la taille de la zone urbanisée au cours de chaque année de l'analyse

Après avoir défini la zone urbanisée pour chaque année considérée (conformément à l'approche décrites en annexe 1), la superficie de la ville / zone urbaine peut être calculée avec les logiciels SIG (ArcMap, QGIS, etc.). A la fin du processus, les zones urbanisées de la ville X au cours des périodes **t1** et **t2** seront identifiées et leurs tailles **Urb_{t1}** and **Urb_{t2}**.

Étape 3 : Calculer le taux d'utilisation des terres

Dans notre exemple hypothétique de la ville X, la zone urbaine calculée en utilisant l'approche de la définition de la ville était de 145 km² en **t1** (2000); elle a augmenté à 180 km² en **t2** (2010). Le taux d'utilisation des terres est donc calculé à partir de ces valeurs en utilisant la formule 1 mentionnée ci-dessus.

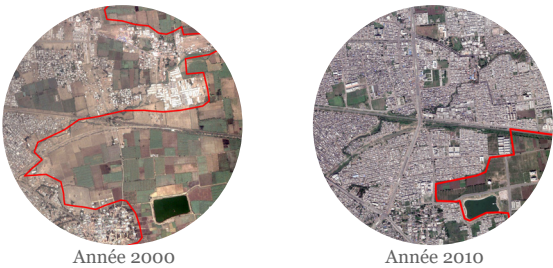
$$TUT = \frac{LN(Urb_{t2}/Urb_{t1})}{(y)}$$

Urb_{t1} = 145 Km²
Urb_{t2} = 180 Km²
y = 10
Thus; TUT = $\frac{LN(180 / 145)}{10}$
= 0.02162

Ceci peut être calculé dans Ms Excel en utilisant la formule ci-dessus

Cela implique que la ville X s'est approprié les terres utilisées autrement pour en faire des terres urbaines à un taux de **2,16%** entre 2000 et 2010.

Pour cet indicateur, il est recommandé de considérer les périodes d'analyse avec des intervalles de 5 ans ou plus. Sur la base des exercices pilotes entrepris par ONU-Habitat, des intervalles de temps plus courts ne produisent pas des résultats significativement différents à moins que cette analyse ne soit menée en utilisant des images satellites de très haute résolution (souvent très chères). En raison de la richesse des images accessibles des missions Landsat (de 1975 à ce jour), l'analyse historique des tendances changeantes de la croissance urbaine et la façon dont elles peuvent affecter le développement durable peut être menée pour beaucoup de pays.



Le cercle rouge montre l'évolution de l'habitat urbain au cours des années 2000 et 2010, comme illustré par les deux images ci-dessus.

2.2 Calcul du taux de croissance démographique

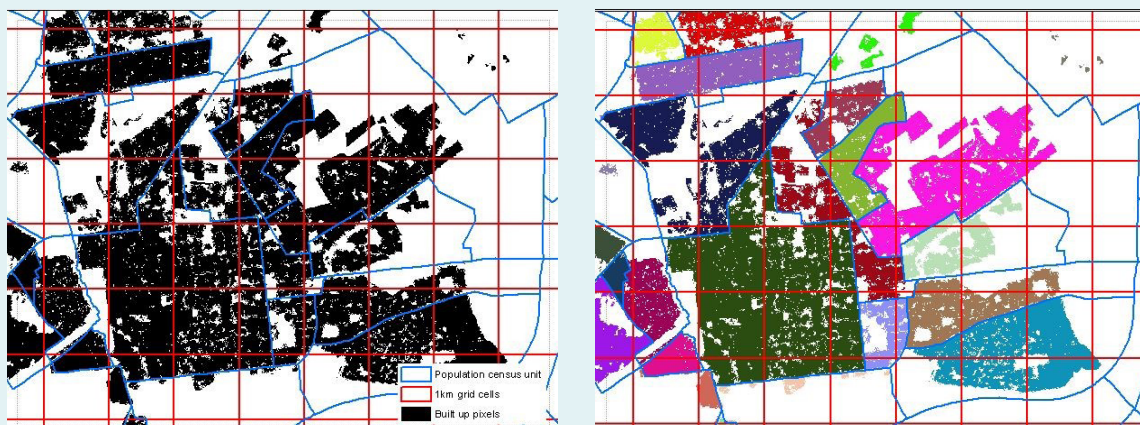
Après la définition des zones urbanisées, la prochaine étape consiste à établir combien de personnes vivent à l'intérieur de ces zones pour chaque période. Cette information est ensuite utilisée pour le calcul du taux de croissance annuelle de la population.

L'estimation du nombre de personnes vivant à l'intérieur de la zone de service peut être faite à travers deux approches.

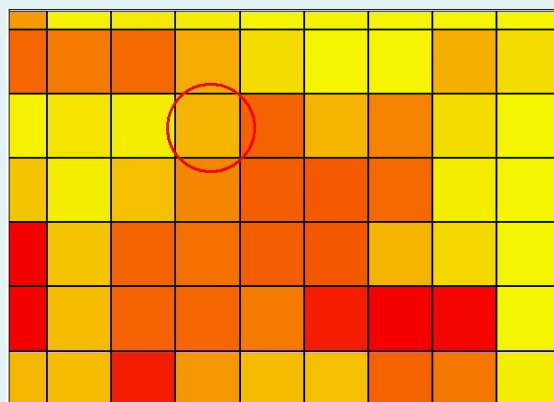
1. **Utilisation des données de haute résolution des instituts nationaux de statistiques (INS)** – Dans cette option, les données du recensement sont utilisées pour agréger le nombre de personnes vivant dans tous les ménages à l'intérieur des limites. Des projections et des extrapolations peuvent également être facilement faites sur la base des caractéristiques des ménages au cours de certaines périodes correspondant aux années d'établissement des rapports. Le processus est bien plus facile là où les unités administratives dynamiques sont utilisées pour identifier les zones urbanisées, notamment parce que celles-ci sont bien alignées avec l'architecture des données démographiques officielles. Cette option fournit les données démographiques les plus exactes et les plus fiables en matière de calcul de l'indicateur et est fortement encouragée.
2. **Utilisation des données maillées sur la population** – Dans cette option, la grille de population est réalisée en répartissant la population dans l'ensemble de l'unité administrative ou de la zone de recensement. Les attributs tels que la

présence de zones habitables peuvent être utilisés pour répartir la population de sorte que les grilles de cellule dans les étendues de terre aménagées ou dans les zones industrielles aient moins de population que les zones résidentielles à forte densité. Dans la grille ainsi produite, chaque cellule de grille aura une valeur unique qui dépend des facteurs tels que la population totale à l'intérieur de l'unité administrative et / ou de recensement délimitée et le nombre et/ou la quantité de classes d'utilisation des terres habitables. La figure 5 illustre la logique générale des grilles de population en utilisant une seule classe d'utilisation des terres - les superficies bâties. La grille de population devrait toujours couvrir une zone plus vaste que celles des limites définies.

Après la création des grilles de population, l'on peut estimer la population vivant à l'intérieur des limites urbaines en agrégeant les populations des cellules de population jointes. En l'absence de données de haute résolution des INS, cette option produit de meilleures estimations de la population bien que les données d'entrée de qualité supérieure et l'analyse à plusieurs niveaux soient essentielles pour obtenir des données plus exactes. Les bases de données mondiales représentant les populations dans des grilles au km² et de 250 mètres sont disponibles (ex : GPWv4, GHS-POP, WorldPop) ; et la majorité de ces données présente une distribution égale de la population dans les classes habitables (ex. : superficies bâties). Cette approche est proposée pour le calcul de l'indicateur où des données de haute résolution des INS ne sont pas difficiles d'accès.

Figure 5: Approche générique pour la création des grilles de population

A gauche : Les données sur la classe d'utilisation des terres sont superposées aux données sur la population de l'unité la plus basse; **A droite:** des techniques de cartographie asymétrique sont utilisées pour attribuer une population à chaque cellule de la classe d'utilisation du sol habitable (dans ce cas, seules les zones bâties sont utilisées pour répartir la population - de cette manière, tous les pixels construits dans la même zone de dénombrement de population partagent une même valeur basée sur l'hypothèse que la population est uniformément distribuée)



La population des cellules est agrégée dans une cellule de grille de taille raisonnable (1 km² dans ce cas). Chaque grille a des pixels habités et non habités et une valeur unique représentant la population totale ou la densité de population.

Une troisième approche qui peut être utilisée pour estimer la population à l'intérieur des limites consiste à adopter les variables relatives à la densité de population. Dans cette option, les mesures de la densité, qui reproduisent la mesure conventionnelle de la densité (population/superficie) sont utilisées pour

estimer le nombre de personnes à l'intérieur des limites urbaines définies. Cette approche donne lieu à d'immenses généralisations concernant la répartition de la population, laissant supposer que de vastes étendues de terre non aménagées sont habitées. Elle n'est donc pas recommandée pour le calcul de l'indicateur.

Après avoir établi le nombre de personnes vivant à l'intérieur des limites urbaines grâce à l'une des deux méthodes recommandées, la prochaine étape consiste à calculer la composante « taux de croissance démographique (TCD) » de l'indicateur 11.3.1. Cela se fait en utilisant la formule suivante:

$$\text{TCD} = \frac{\text{LN}(\text{Pop}_{(t2)}/\text{Pop}_{(t1)})}{(y)}$$

Où:

Pop_{t1} est la population totale à l'intérieur de la zone urbaine en **t1** (année initiale)

Pop_{t2} est la population totale à l'intérieur de la zone urbaine en **t2** (année finale)

y est le nombre d'années entre les deux périodes de mesure.

Dans notre exemple de la ville X, supposons qu'il y a au total 800 000 personnes vivant dans la zone urbaine en **t1**, et 1.000.000 de personnes en **t2**. Le taux de croissance démographique annuelle de la ville durant la période 2000-2010 sera :

$$\text{Pop}_{t2} = 1,000,000$$

$$\text{Pop}_{t1} = 800,000$$

$$y = 10$$

Thus;

$$\text{TCD} = \frac{\text{LN}(1,000,000 / 800,000)}{10}$$

$$= 0.02231$$

ce calcul peut facilement être effectué dans

Ms Excel en utilisant la formule ci-dessus

$$==\text{LN}(1000000/800000)/10$$

Dans le cas de notre ville hypothétique X, la population a augmenté à un taux annuel de 2.23% entre 2000 et 2010.

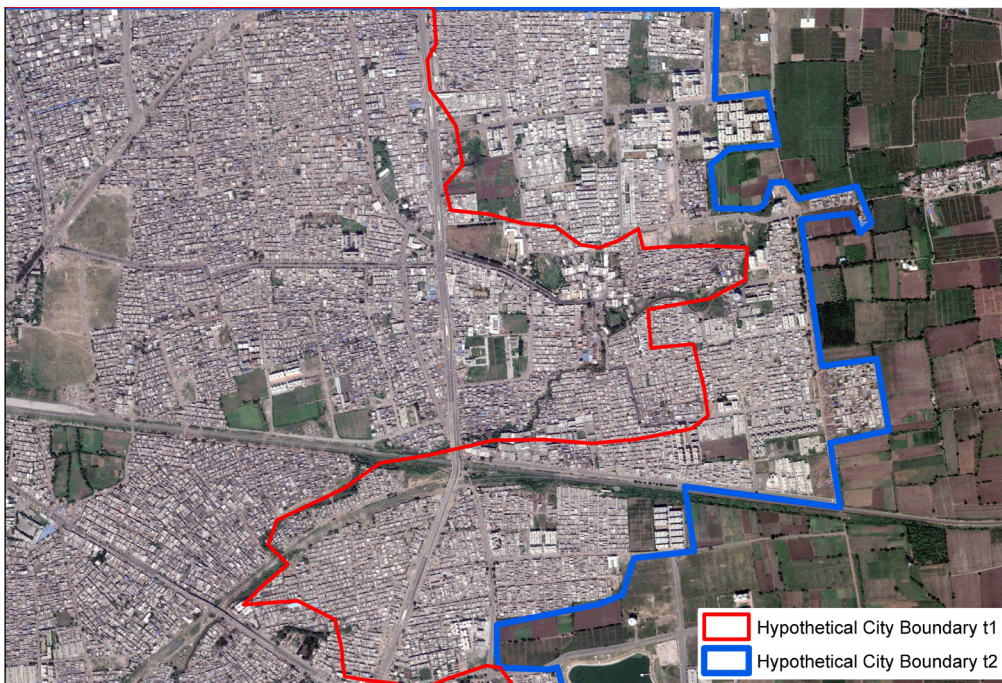


Illustration showing a comparison between the hypothetical boundaries during **t1** and **t2**

2.3 Calcul final de l'indicateur, interprétation et indicateurs secondaires recommandés

2.3.1. Calcul et interprétation de l'indicateur 11.3.1

L'indicateur final à savoir le ratio des taux d'utilisation des terres et de croissance démographique est calculé en divisant le taux d'utilisation des terres par le taux de croissance démographique.

$$TCTTCD = \frac{\text{Taux annuel d'utilisation des terres}}{\text{Taux annuel de croissance de la population}}$$

Lorsque les facteurs restent constants, une ville qui est de nature compacte sera vraisemblablement plus fonctionnelle parce que les activités et les services sont proches des populations, ce qui en fait une ville où les déplacements à pieds sont beaucoup plus faciles et où l'aménagement et la fourniture des infrastructures sont moins onéreux. Cette ville préserve et/ou conserve également les terres excentrées pour d'autres fins avec des impacts positifs globaux sur l'environnement. Pour une telle ville, la valeur du taux d'utilisation des terres par rapport au taux de croissance démographique devrait être inférieure à un. En revanche, une ville qui s'approprie des terres hors de ses limites chaque fois que sa population augmente est confrontée aux défis qu'induit l'étalement tels que les coûts élevés d'aménagement des infrastructures, la dépendance aux moyens de transport motorisés (se traduisant par des embouteillages) et la dégradation de l'environnement.

Dans le cas de notre ville hypothétique, le taux d'utilisation des terres par rapport au taux de croissance démographique est calculé comme suit (le tableau 1 résume toutes les données d'entrée du calcul de l'indicateur pour la ville X).

Le taux d'utilisation des terres par rapport au taux de croissance démographique pour la ville X:

TUT = 0.02162

TDC = 0.02231

Donc ;

$$\begin{aligned} \text{TUTTCD} &= \frac{0.02162}{0.02231} \\ \text{pour Ville X} &= 0.96899 \end{aligned}$$

Conformément à l'interprétation ci-dessus, entre 2000 et 2010, le taux d'utilisation des terres par rapport au taux de croissance démographique pour la ville X était presque égal à 1, ce qui laisse penser que le taux auquel la ville s'est approprié les terres utilisées à d'autres fins pour les destiner aux fonctions urbanisées était presque égal au taux auquel sa population a augmenté. En d'autres termes, au fur et à mesure que la population de la ville X augmentait au cours de la période d'analyse, il y a eu une augmentation presque équivalente de nouveaux aménagements autour de la ville.

Le tableau 1 ci-dessous résume les données d'entrée utilisées dans le calcul du taux d'utilisation des terres par rapport au taux de croissance démographique pour la ville X.

Table 1: Données d'entrée nécessaires pour le calcul du taux d'utilisation des terres par rapport au taux de croissance démographique

	t1 (2000)	t2 (2010)	Changement annualisé durant la période t1 - t2 (2000 - 2010)
Zone urbaine (km ²)	120	180	0.02162 (TUT)
Population	800,000	1,000,000	0.02231 (TCD)
TUTTCD			0.96899

2.3.2. Calcul des indicateurs secondaires

Etant donné la nature complexe de la structure et de l'évolution des établissements humains, il est difficile de se baser sur le seul ratio du taux d'utilisation des terres par rapport au taux de croissance démographique pour tirer des conclusions générales sur l'urbanisation durable au fil du temps. Par exemple, pendant qu'une valeur inférieure à 1 pourrait être un bon indicateur de la compacité et de ses avantages, l'analyse de la situation intra-urbaine pourrait révéler des niveaux élevés d'embouteillage et d'une mauvaise qualité de vie, toutes choses qui sont en contradiction avec les principes du développement durable. Cela requiert l'intégration d'indicateurs secondaires qui aident à expliquer les vrais modèles de croissance.

Tel a été le sujet des débats entre experts des questions urbaines qui ont collectivement admis que la prise en compte des indicateurs secondaires est nécessaire pour examiner l'évolution des villes. Par exemple, Corbane et al (2017) ont montré qu'utiliser uniquement le ratio du taux d'utilisation des terres par rapport au taux de croissance démographique ne permet pas de capturer des zones dans lesquelles une superficie urbaine bâtie est réduite suite à une catastrophe. De même, comme mis plus tôt en évidence, les zones urbaines croissent de diverses manières – par l'optimisation, l'extension, le développement rapide et l'inclusion. Chacun de ces modèles est unique et la reconnaissance de ces modèles peut donner lieu à des prises de décisions mieux informées. Par conséquent, nous recommandons aux pays de procéder à la collecte de données relatives à 2 indicateurs secondaires pour pouvoir disposer d'une image complète des modèles d'expansion urbaine, de l'utilisation des terres par habitant et du taux d'optimisation urbaine.

a) Utilisation des terres par habitant

La quantité de terre utilisée par habitant représente la quantité moyenne de terre que chaque personne consomme au cours de l'année d'analyse.

Le calcul de cet indicateur secondaire utilise deux données d'entrées - la masse de superficie bâtie, et la population urbaine – qui sont tous deux générés pour le calcul de l'indicateur 11.3.1. En pratique, l'utilisation des terres par habitant (Surface moyenne de terre utilisée par habitant) est calculée en divisant la superficie totale bâtie à l'intérieur des limites de la ville par la population totale à l'intérieur des limites comme défini dans la section 2.2 en utilisant la formule suivante :

$$UTC_t = \frac{UrBu_t}{Pop_t}$$

Où;

UrBu_t est la superficie totale bâtie à l'intérieur des limites urbaines du **t** défini

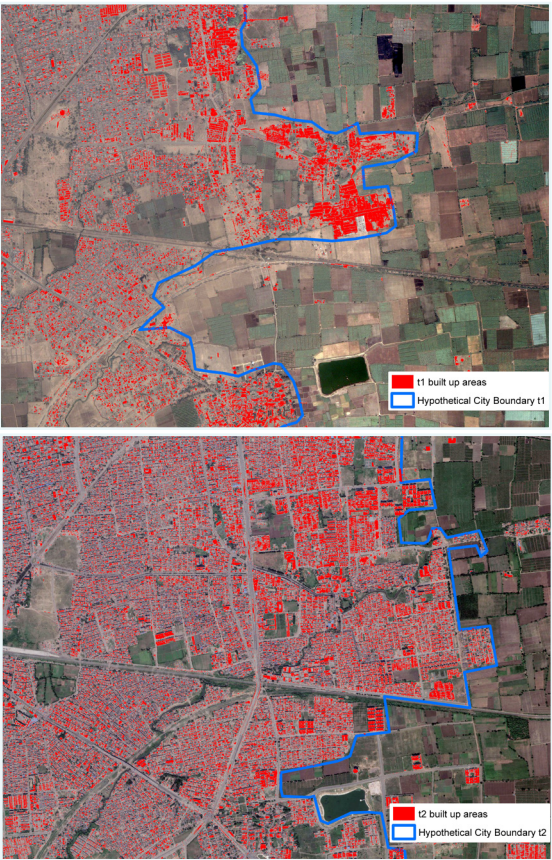
Pop_t est la population totale à l'intérieur des limites urbaines du **t** défini

En utilisant les résultats de cette analyse, la variation en pourcentage de la quantité de terre consommée par habitant entre les années d'analyse peut être mesurée à l'aide de la formule ci-dessous:

$$\% \text{ Change in } LCPC_{(t1-t2)} = \frac{LCPC_{t2} - LCPC_{t1}}{LCPC_{t1}} \times 100$$

Dans notre exemple de la ville X, en utilisant les limites dynamiques que nous avons créées à la section 2.1.2 (figures 3 et 4), nous avons extrait les superficies bâties pour **t1** et **t2** grâce à différentes méthodes de classification dans les SIG et aux logiciels de télédétection. La figure 6 illustre une extraction des superficies bâties pour la ville X.

Figure 6: Superficie bâties en **t1** et en **t2**



La superficie bâtie est toujours plus petite que toute la zone urbaine parce qu'elle exclut les autres utilisations des terres urbanisées : espaces ouverts, espaces occupés par l'eau, etc.

En supposant que la totalité des 100 km² (100.000.000 m²) de terrain était bâtie en **t1**, avant d'augmenter à 150 km² (150.000.000 m²) en **t2**, l'utilisation des terres par habitant ou surface moyenne utilisée par habitant pour la ville X pendant les périodes **t1** et **t2** sera:

*Surface moyenne de terre utilisée par habitant en **t1** (2000)*

= 100Km² / 800,000 = 125 m²/personne

*Surface moyenne de terre utilisée par habitant en **t2** (2010)*

= 150Km² / 100,000 = 150 m²/personne

Table 2: Surface moyenne de terre utilisée par habitant pour la Ville X entre 2000 et 2010.

	2000	2010	Changement absolu entre 2000 and 2010
Superficie bâtie (km ²)	100	150	
Population	800,000	1000000	
Surface moyenne de terre utilisée par habitant (sqm/person)	125	150	20%

Cela implique que dans la ville X, il y avait une augmentation de 20% de la quantité moyenne d'espace occupé par chaque personne entre 2000 et 2010. Pour une ville qui avance vers la compacité, la valeur de la consommation des terres par habitant va amorcer une tendance descendante pendant qu'elle sera ascendante pour une ville tentaculaire. Pour illustrer cela, prenons l'exemple d'une ville insulaire comme Singapour dans laquelle la population est en croissance constante, pourtant l'expansion est confrontée aux disponibilités foncières

limitées. Puisque nous sommes en train de mesurer les empreintes des superficies bâties (par opposition à l'expansion verticale des bâtiments), Singapour va enregistrer un déclin de la consommation des terres par habitant entre **t1** et **t2**. En revanche, si nous prenons l'exemple d'une ville comme Nairobi (au Kenya) dont l'expansion horizontale ne connaît aucune restriction due au manque de terres exploitables ou à des mesures politiques limitatives, la valeur de la consommation des terres par habitant augmentera au fur et à mesure de nouveaux aménagements effectués au-delà de la zone urbaine de base, ce qui est un bon indicateur d'une ville tentaculaire.

b) Taux d'optimisation urbaine

Un autre indicateur secondaire qui peut permettre d'expliquer les modèles de croissance urbaine est le taux d'optimisation urbaine qui mesure la manière dont de nombreux nouveaux aménagements apparaissent entre **t1** et **t2** au sein des limites urbaines de **t1**. La figure 7 illustre les changements intervenus dans la zone bâtie entre 2000 et 2010 pour la ville X. Les zones jaunes montrent les superficies qui étaient construites en 2000 (**t1**), et les zones rouges montrent les nouvelles superficies qui étaient nouvellement aménagées entre 2000 et 2010 (**t2**). Une combinaison des caractères jaunes et rouges constitue l'ensemble des superficies construites dans la ville X en 2010 (**t2**).

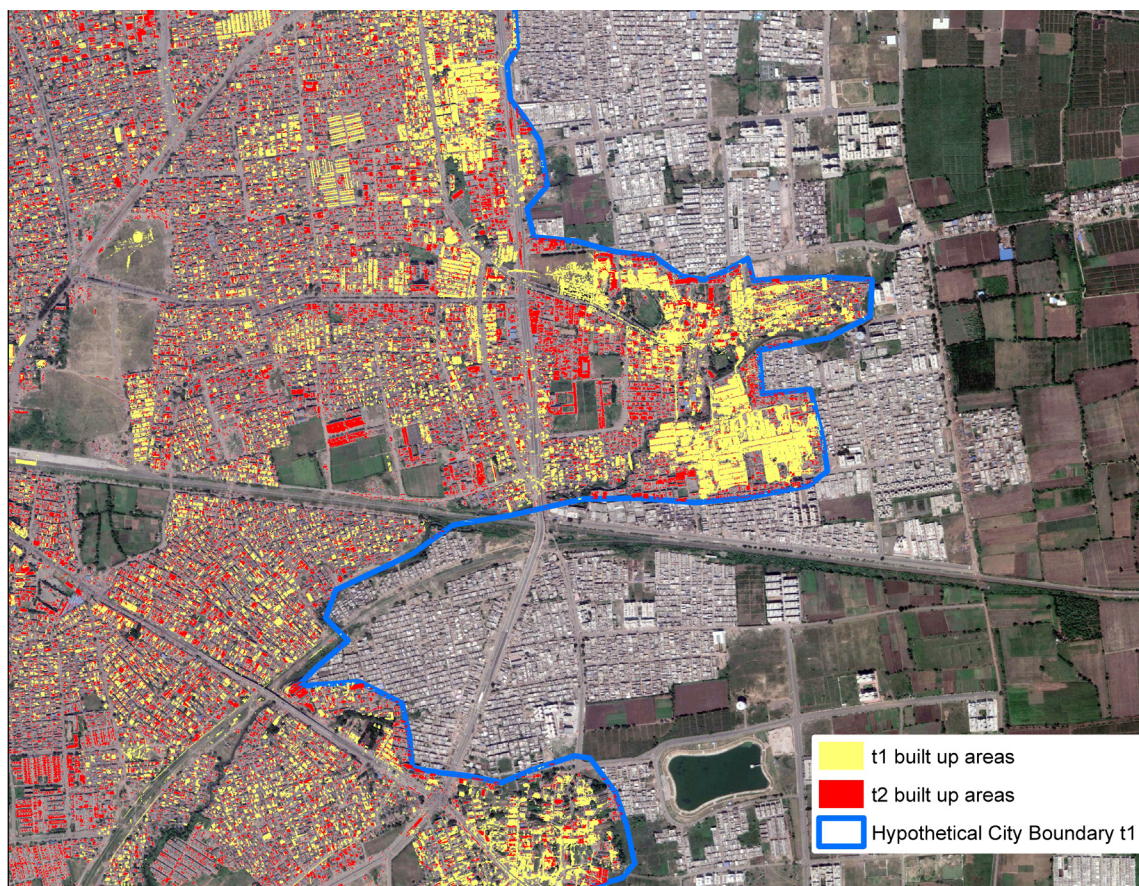


Figure 7: Aménagements d'optimisation de la ville X entre 2000 et 2010

Le taux d’optimisation est calculé en tant que :

Superficie totale des zones construites en **t2** à l'intérieur des limites urbaines en **t1**- Superficie totale des zones construites à l'intérieur des limites urbaines en **t1**

Superficie totale des zones construites en **t1**

x 100

(Il faut noter que seules les superficies construites à l'intérieur des limites sont mesurées dans les deux cas.)

En plus de montrer le taux d’optimisation urbaine, cet indicateur secondaire peut permettre aux pays de comprendre à quel moment une ville perd une partie de ses terrains bâtis (valeur négatives issues du calcul ci-dessus) et d’identifier également comment les établissements denses et informels se développent.

En supposant que 100 km² de terrain étaient occupés par les superficies bâties en 2000 et que la superficie totale bâtie en 2010 à l'intérieur des limites urbaines de 2000 a augmenté à 120 km², le taux d’optimisation urbaine est calculé en utilisant la formule ci-dessus et résumée dans le tableau 3 ci-dessous :

Table 3: Taux d’optimisation urbaine

	2000	2010	Taux d’optimisation urbaine entre 2000-2010
Superficie bâtie (km²)	100	120	20%

L’interprétation de ces deux indicateurs secondaires par rapport à la valeur du ratio du taux d’utilisation des terres par rapport au taux de croissance démographique (Indicateur 11.3.1) pour la ville X fournit une vue d’ensemble des tendances de la croissance urbaine dans la ville et à son tour permet des prises de décision plus éclairées en vue d’une urbanisation durable. Puisque les deux indicateurs secondaires dépendent des mêmes données d’entrée que celles utilisées pour le calcul du principal indicateur, leur calcul n’entraîne pas un surplus de travail pour les INS et d’autres organismes impliqués dans le calcul de l’indicateur ; toutefois, la valeur des données qui en résultent sera très significative pour la promotion d’une urbanisation durable.

Conservation International en collaboration avec la NASA et le concours d’ONU-Habitat a élaboré un outil qui aide à calculer l’indicateur 11.3.1 en utilisant la plateforme de la source ouverte Q-GIS disponible dans http://trends.earth/docs/en/training/tutorial_compute_urban_indicator.html

3. RÉFÉRENCES

1. Blais, P. (2011). *Perverse cities: hidden subsidies, wonky policy, and urban sprawl*. UBC Press.
2. Corbane, C., Politis, P., Siragusa, A., Kemper, T. and Pesaresi, M. (2017), *LUE User Guide: A tool to calculate the Land Use Efficiency and the SDG 11.3 indicator with the Global Human Settlement Layer*, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2017, ISBN 978-92-79-73631-5 (print); 978-92-79-73630-8 (pdf), doi:10.2760/16919 (print), 10.2760/212689 (pdf), JRC108026.
3. Ewing, R., Pendall, R, and Chen, D. (2002). *Measuring Sprawl and its Impact*. Smart Growth America.
4. Glaeser and Abha Joshi-Ghani. (2015). "Rethinking Cities," in *The Urban Imperative: towards Competitive Cities*, Oxford University Press.
5. Global Commission on the Economy and Climate. (2014). *Better Growth, Better Climate: The New Climate Economy Report*. Washington DC: Global Commission on the Economy and Climate.
6. Global Commission on the Economy of Cities and Climate (2015), *Accelerating Low Carbon Growth in the World's Cities*
7. Lincoln Institute (n.d) *Atlas of Urban Expansion*
8. Lincoln institute (2011) *Making Room for a Planet of Cities*
9. OECD (2013), "Urbanisation and urban forms", in *OECD Regions at a Glance 2013*, OECD Publishing.
10. Robert Burchell et al., *Costs of Sprawl Revisited: The Evidence of Sprawl's Negative and Positive Impacts*, Transit Cooperative Research Program, Transportation Research Board, Washington, D.C., 1998
11. Sedesol (2012) *La expansión de las ciudades 1980-2010*.
12. UN-Habitat (2012) *State of the World's Cities Report: Bridging the Urban Divide*, 2012. Nairobi
13. UN-Habitat, CAF (2014) *Construction of More Equitable Cities*. Nairobi
14. UN-Habitat (2018). *SDG 11 Synthesis Report 2018: Tracking progress towards Inclusive, Safe, Resilient and Sustainable Cities and Human Settlements*. United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat), Nairobi
15. Smart Growth America, *Measuring Sprawl 2014*
16. Woetzel, J., Ram, S., Mischke, J., Garemo, N., and Sankhe, S. (2014). *A blueprint for addressing the global affordable housing challenge*. McKinsey Global Institute.

URL References:

1. http://www.lincolnst.edu/pubs/1880_Making-Room-for-a-Planet-of-Cities-urban-expansion <http://www.lincolnst.edu/subcenters/atlas-urban-expansion/>
2. <http://ciczac.org/sistema/docpdf/capacitacion/foro%20sedatu/02.-%20LA%20EXPANSION%20DE%20LAS%20CIUDADES%201980-2010.pdf>
3. <http://unhabitat.org/books/construction-of-more-equitable-cities/>
4. <http://unhabitat.org/books/state-of-the-worlds-cities-20102011-cities-for-all-bridging-the-urban-divide/>
5. http://dx.doi.org/10.1787/reg_glance-2013-7-en
6. <http://newclimateeconomy.report/TheNewClimateEconomyReport>
7. http://2015.newclimateeconomy.report/wp-content/uploads/2014/08/NCE2015_workingpaper_cities_final_web.pdf
8. <http://www.smartgrowthamerica.org/documents/measuring-sprawl-2014.pdf>,
9. www.smartgrowthamerica.org/documents/MeasuringSprawlTechnical.pdf.
10. http://www.mckinsey.com/insights/urbanization/tackling_the_worlds_affordable_housing_challenge
11. <http://www.worldbank.org/depweb/english/teach/pgr.html> (Accessed on May 30, 2016)
12. <http://indicators.report/indicators/i-68/> (Accessed on May 30, 2016)
13. <http://glossary.eea.europa.eu> (Accessed on May 30, 2016)
14. http://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php/Glossary:Population_grid_cel

ANNEX 1: DÉFINITION DES LIMITES DE L'EXTENSION URBAINE EN UTILISANT LES CARACTÈRES DES ZONES BÂTIES

Version 1: Mise en œuvre de la méthode dans ArcMap

Note:

- Le présent manuel suppose que les utilisateurs ont des connaissances limitées concernant les opérations d'ArcMap – des processus avancés et plus automatisés peuvent être adoptés à chaque étape ;
- Pour faciliter l'exécution, les attributs d'utilisation d'un seul terrain sont utilisés dans le présent manuel. La méthode peut être appliquée à différentes étapes en incorporant différentes classes d'utilisation des terrains.
- Certains processus sont répétitifs et peuvent être résolus à travers une syntaxe de traitement par lots disponible pour les utilisateurs avertis. Un modèle ArcMap de base donnant une image du processus présenté est annexé au présent document.

Partie 1 : Préparation des données

1. Entrez dans disponibilité & qualité et téléchargez (il est recommandé d'utiliser les années de recensement le cas échéant) – La couverture de l'image devrait être plus large que la principale zone urbaine pour chaque année d'analyse
2. Procédez à la classification des images supervisées – inclure les classes sur les espaces bâtis, les espaces ouverts (forêts, espaces verts, terrains nus, etc.), l'eau, etc.
3. Vérifiez l'exactitude de la classification et nettoyez en conséquence.

Partie 2 : Analyse de la zone bâtie

4. Reclassez le fichier de la classification supervisée pour n'extraire que les pixels bâtis – *ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Reclass > Reclassify*. Les étapes suivantes sont basées sur le fichier de sortie à partir du processus
5. Calculez les statistiques focales (SOMME) pour déterminer la densité de la zone bâtie au kilomètre carré
 - a). *ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Neighbourhood > Focal statistics*. Pour calculer combien de cellules bâties se trouvent à l'intérieur d'un cercle d'un kilomètre carré, nous utiliserons les données d'entrées suivantes (voir figure 1)
 - i). Raster d'entrée – la couche de raster des zones bâties
 - ii). Raster de sortie – détermine le lieu et le nom
 - iii). Quartier – Cercle
 - iv). Configurations des quartiers – sélectionnez la carte et entrez un rayon de 564 (si la cellule est l'option préférée, diviser 564 par la taille de cellule pour connaître le nombre de cellules qui s'intègrent dans ce rayon)
 - v). Type de statistiques – sélectionner SUM
 - vi). Ignorez NoData dans les calculs – déterminez sur la base de votre préférence. Défaut correspond à la case cochée

- vii). Vous pouvez définir les environnements de traitement si nécessaire

viii). Cliquez sur OK
- ix). Votre résultat devrait ressembler à ce qui est présenté dans la figure 2.

Figure 1: Données d'entrées pour l'analyse des statistiques focales

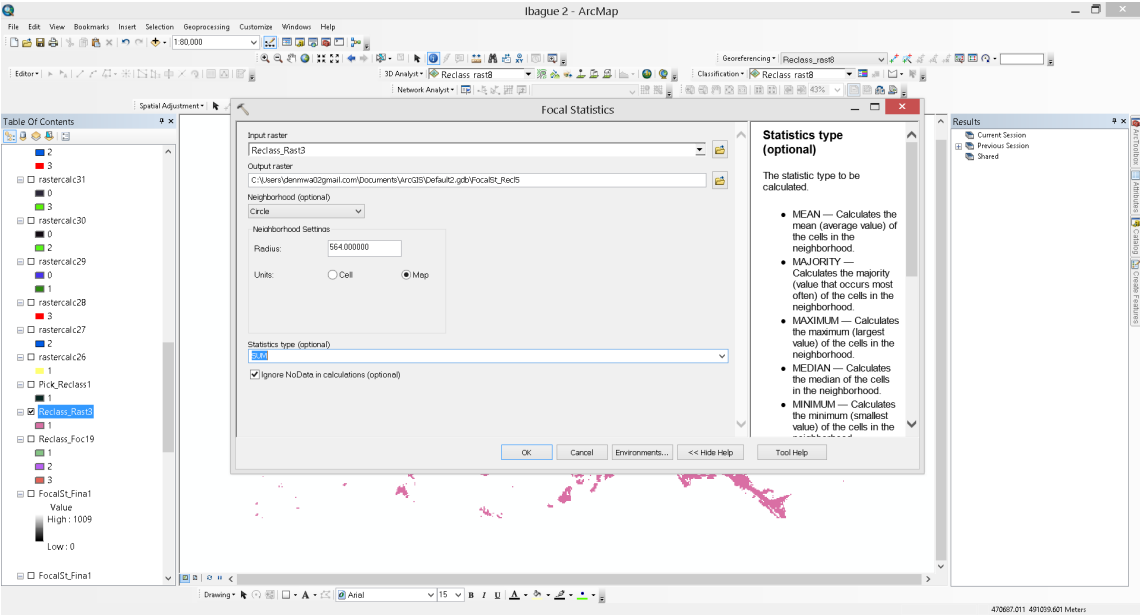
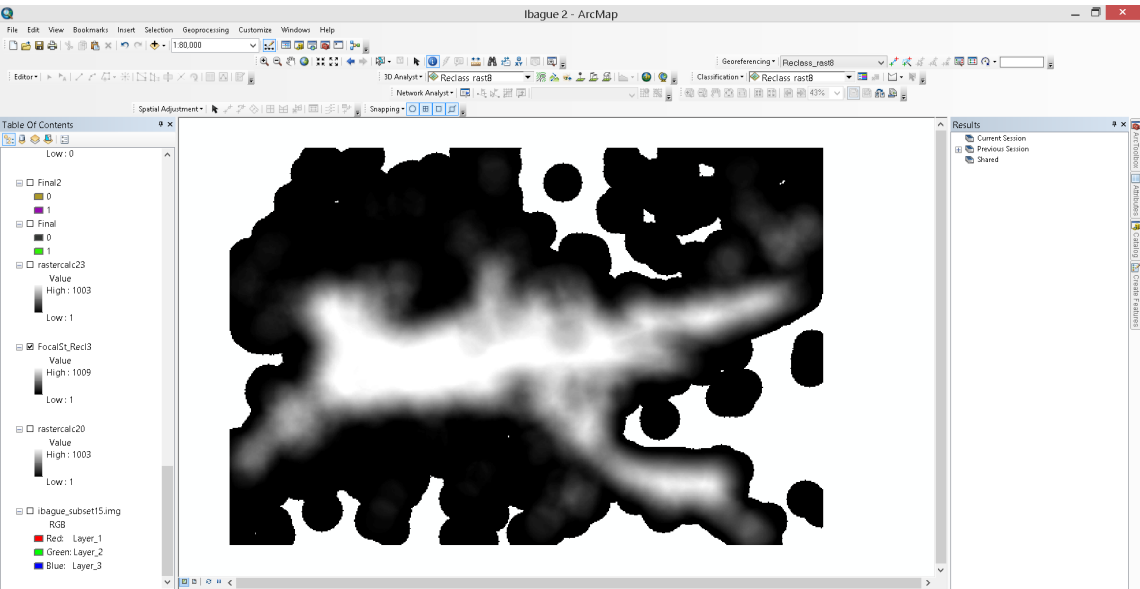


Figure 2: Modèles de résultats de l'analyse des statistiques focales



La palette de couleurs par défaut utilise des classes de noir et de blanc – dans lesquelles le blanc éclatant représente les zones bâties les plus densément peuplées et les zones noires les zones les moins densément peuplées.

6. Reclasser les intrants des statistiques focales pour déterminer le niveau d'urbanité de chaque zone sur la base de la densité au kilomètre carré des zones bâties. Cela est basé sur la valeur assignée à chaque classe de statistiques focales et déterminée par taille de pixel de l'image originale. Par exemple :
- a). En supposant que votre image a une résolution de 30X30m, un cercle d'1 km² contiendra environ 1.111 pixels (1.000.000/900)

b). Les classifications adoptées sont: zone urbaine > 50% de pixels autour de chaque cellule sont des zones bâties ; zone suburbaine - 25-50% de pixels sont des zones bâties ; zone rurale area - < 25% des alentours des pixels sont des zones bâties. Sur cette base, les seuils de pixels pour chaque classe bâtie sont comme suit:

i). Zones urbaines bâties - $0.5 * 1,111 = > 556$ pixels

ii). Zones suburbaines bâties = $0.25 * 1,111 = 278$ to 556 pixels

iii). Zones rurales bâties = < 278 pixels
- Figure 3: Modèle de reclassification des valeurs d'entrées
-
- Remarquez les trois niveaux de bandes sur la base des valeurs urbaines, suburbaines et rurales calculées lors de l'étape des statistiques focales (Orange = urbain, vert = suburbain, bleu = rural)
-
-
- Figure 4: Modèle de reclassification des données de sorties/résultats (en couleurs par défaut)
- 29 | Module de formation Indicateur 11.3.1

Partie 3 : Intégration des valeurs d'urbanité aux pixels bâtis

Dans cette partie, nous transférons les valeurs du caractère des établissements (valeurs des zones urbaines, périurbaines, rurales calculées dans la Partie 2) vers la couche de la zone originale bâtie générée à l'étape 4. Ici, nous utilisons l'expression logique « *Combinatorial And* »

7. Ouvrez *ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Math > Logical > Combinatorial And*
8. Sélectionnez les données de sortie des statistiques focales reclassées à l'étape 6 comme "Données d'entrée et la couche originale bâtie de l'étape 4 comme « Données d'entrée 2 ».
9. Cliquez sur OK pour exécuter. L'élément de sortie contiendra trois couches indiquant l'urbanité de chaque pixel – Voir figure 5.

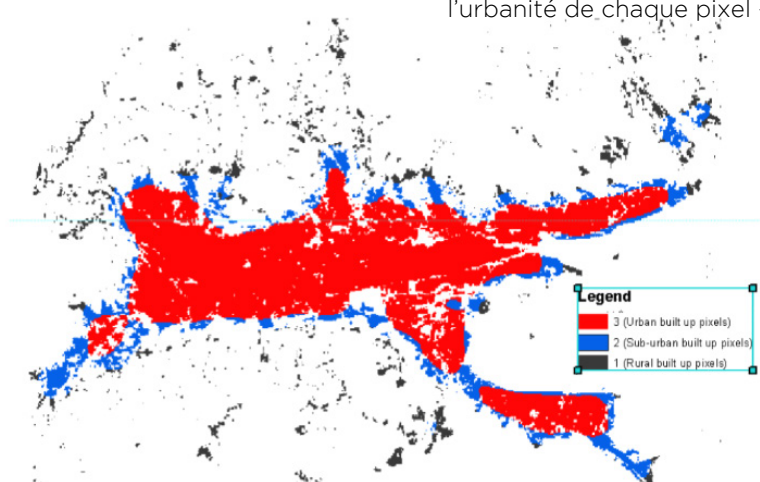


Figure 5: Modèles de données de sortie montrant l'urbanité de chaque pixel pris individuellement

Partie 4 : Définition des espaces ouverts marginaux

La méthode décrite dans le présent document utilise les pixels urbains et suburbains bâtis pour déterminer les limites de la ville /urbaines (voir les explications détaillées dans l'atlas de l'Initiative pour la prospérité des villes¹). Dans cette partie, nous utiliserons uniquement les pixels urbains et suburbains bâtis pour déterminer les espaces ouverts marginaux – qui sont définis comme étant des zones situées à 100 mètres des pixels urbains et suburbains. Suivez les étapes ci-après pour définir les espaces ouverts marginaux.

10. Reclasser les données de sortie définitives de la partie 3 pour enlever les pixels ruraux à travers *ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Reclass > Reclassify*. Définissez la nouvelle valeur associée à la classe rurale (ex.: 1) comme NoData.
11. Séparer les pixels les pixels urbains et suburbains de 100 m qui en résultent pour définir les espaces ouverts marginaux. Cela se fait en utilisant l'outil de la distance euclidienne - *ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Distance > Euclidean distance*. Utiliser les données d'entrée suivantes:

¹ http://atlasofurbanexpansion.org/file-manager/userfiles/data_page/Methodology/Understanding_and_Measuring_Urban_Expansion.pdf?time=1476446554646

- a). Raster d'entrée = Raster de sortie de l'étape 10 ci-dessus ;

b). Définissez les données d'entrée de la distance, du nom et du lieu à sauvegarder

c). Distance maximale = 100 (représente la zone d'influence de 100 m des espaces marginaux)
- d). Données de la Taille de la Cellule = la même que l'image originale utilisée pour la zone d'analyse (ex.: 30m, 15m, etc.)

e). Laissez les données du raster de direction sauf si vous voulez orienter la séparation dans une certaine direction

f). Cliquez sur OK. Le résultat ressemblera à l'illustration dans la figure 6.

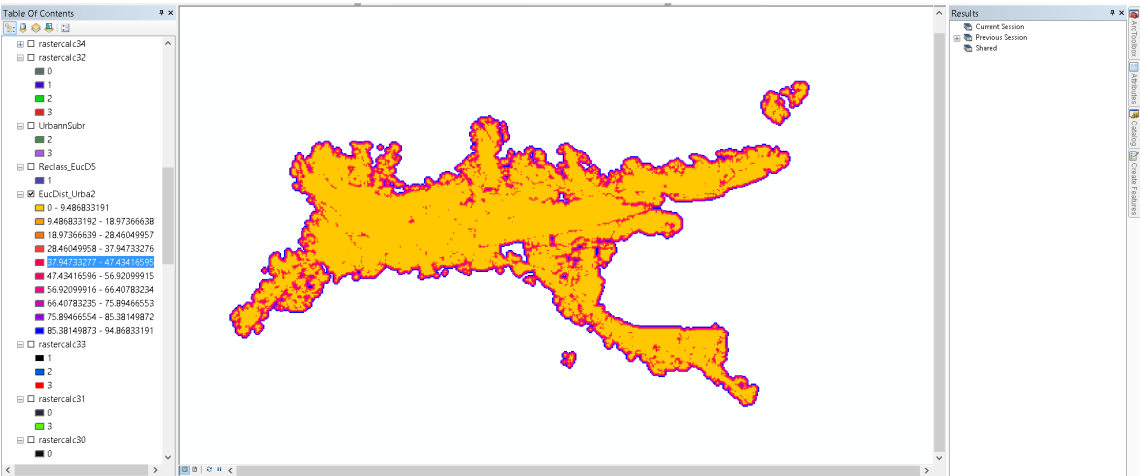


Figure 6: Modèle de résultat de la séparation de la distance euclidienne

12. Reclasser le résultat pour atteindre une valeur unique pour toutes les distances euclidienne de séparation – voir figure 7

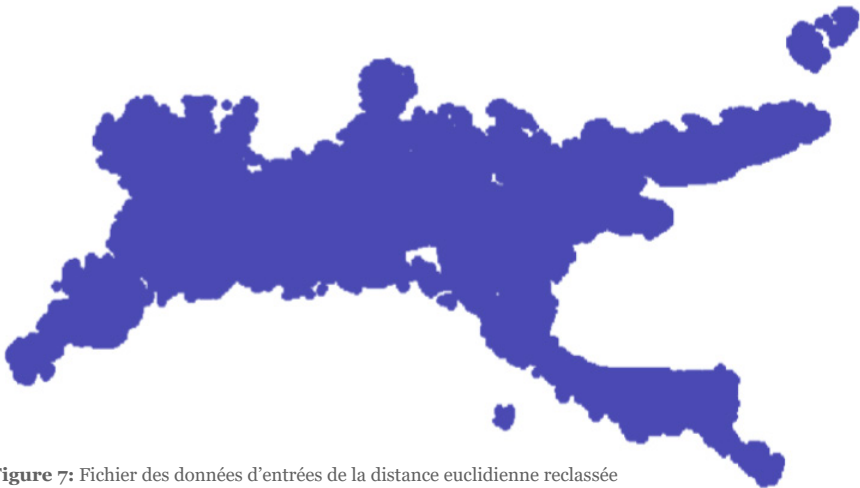


Figure 7: Fichier des données d'entrées de la distance euclidienne reclassée

13. Fusionnez la couche de pixels urbains et suburbains de l'étape 10 avec le fichier tampon de la distance euclidienne fusionnée dans l'étape 12. Ici, vous devrez définir les valeurs nulles des deux fichiers pour permettre l'exécution de l'addition du raster

a). Pour définir les valeurs nulles de deux données d'entrée du raster, ouvrez *ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Map Algebra > Raster Calculator >* saisissez la syntaxe ci-dessous et cliquez sur OK.

Con(IsNull (« nom du fichier de pixels bâtis de l'étape 10 ») ,0, « du fichier de pixels bâtis de l'étape 10 »)

b). Répétez le processus et entrez le raster de l'étape 12 dans l'espace du nom « nom du fichier du raster »

14. Fusionnez les deux résultats obtenus à l'étape 13 en ajoutant les fichiers dans la calculatrice du raster en utilisant la fonction (+)

a). Le résultat comprend 4 couches de données – a) pixels urbains bâtis, b) pixels suburbains, c) valeurs de la distance euclidienne et d) les valeurs nulles. Les valeurs de la distance euclidienne entourent les pixels urbains et suburbains et constituent les **espaces ouverts marginaux**.

15. Réglez la valeur Nulle à zéro de sorte à ne rester qu'avec les pixels urbains, suburbains et des espaces ouverts marginaux en utilisant la syntaxe ci-dessous

SetNull (« fichier de sortie de l'étape 14 » ==0, « fichier de sortie de l'étape 14 »)

Le résultat de cette étape est l'un des produits nécessaires du calcul de l'indicateur 11.3.1.

Partie 5 : Définition de l'étendue des frontières urbaines

16. Les données d'entrées de cette étape sont les données de sortie de l'étape 15

17. Fusionnez les trois classes de l'étape 15 en une seule avec l'outil de reclassement

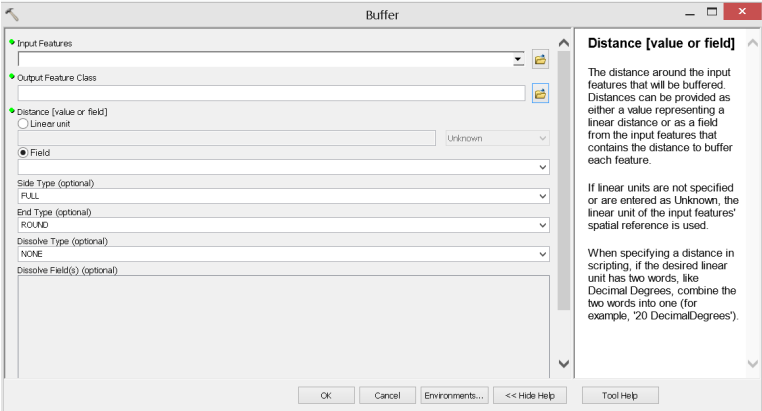
18. Convertissez le fichier de donnée de l'étape 17 du raster en polygone (permettre des multi-polygones)

19. Calculez la surface de chacun des polygones obtenus en utilisant l'outil géométrique disponible dans le tableau des attributs des fichiers

20. Séparer chaque caractéristique du polygone à 25% de sa superficie

a). Créez un champ dans lequel calculer la superficie équivalente à 1,25 de la superficie calculée au 19 ci-dessus (vous pouvez y parvenir dans la calculatrice du raster)

b). Séparer chaque polygone PAR CHAMP – en utilisant la nouvelle zone comme caractère tampon de la donnée d'entrée – *ArcToolbox > Analysis Tools > Proximity > Buffer*



- 21. Tout polygone entrant en intersection avec le fichier de résultats est compris comme faisant partie de l'étendue urbaine, et il est exclu le cas échéant – voir figure 10
- 22. Utilisez autant que nécessaire cette extension dans le calcul des indicateurs

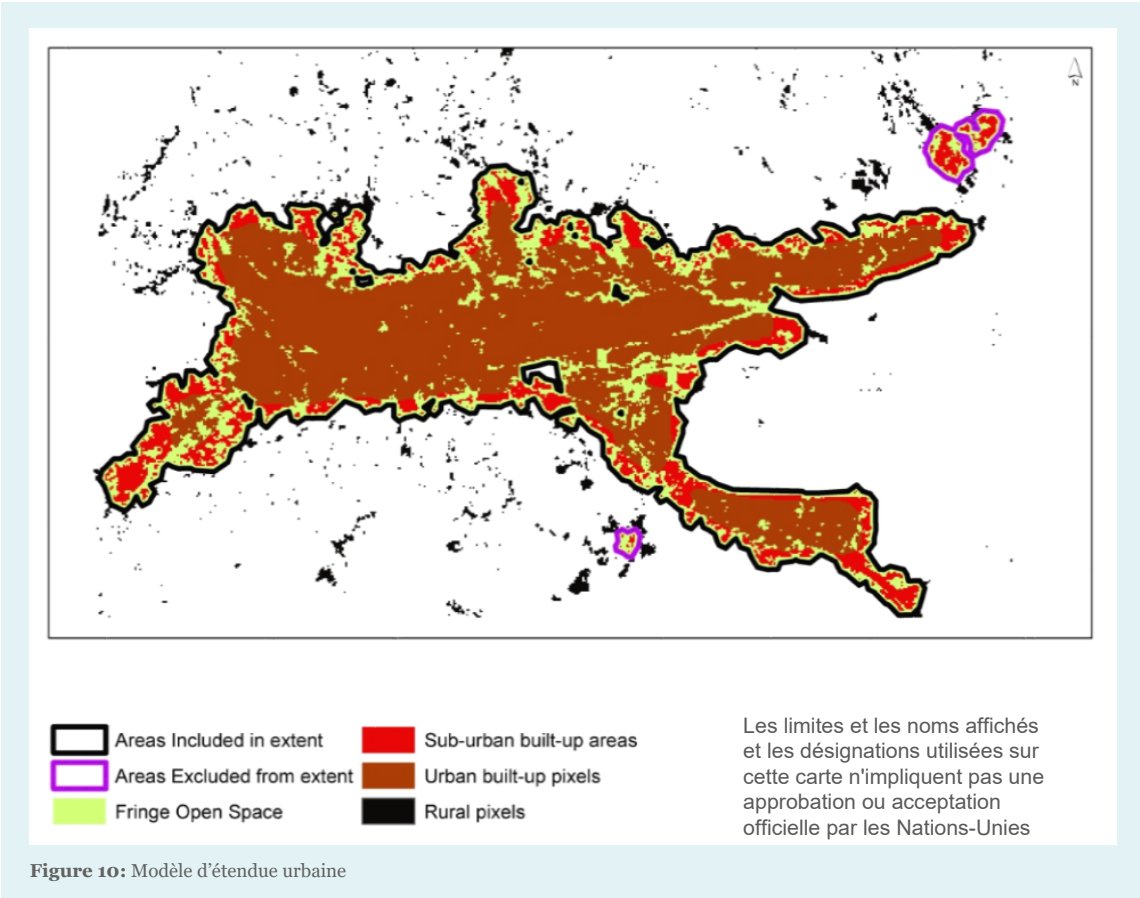


Figure 10: Modèle d'étendue urbaine

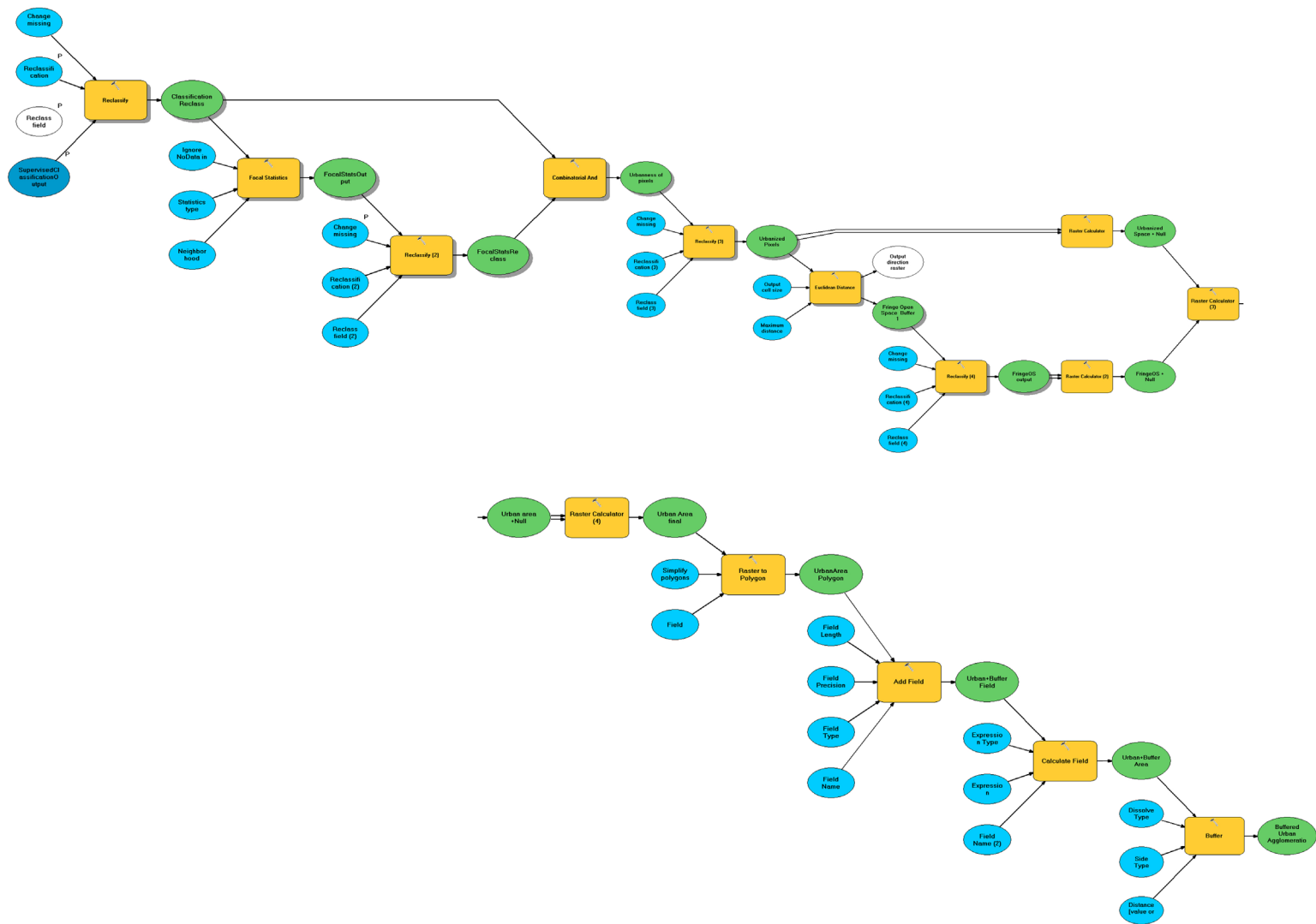


Diagram 1: Modèle ArcGIS présentant l'ensemble du déroulement des opérations comme définition de l'étendue urbaine



ONU  HABITAT

PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR LES
ÉTABLISSEMENTS HUMAINS

P. O. BOX, 30030. NAIROBI, 00100 KENYA

www.unhabitat.org