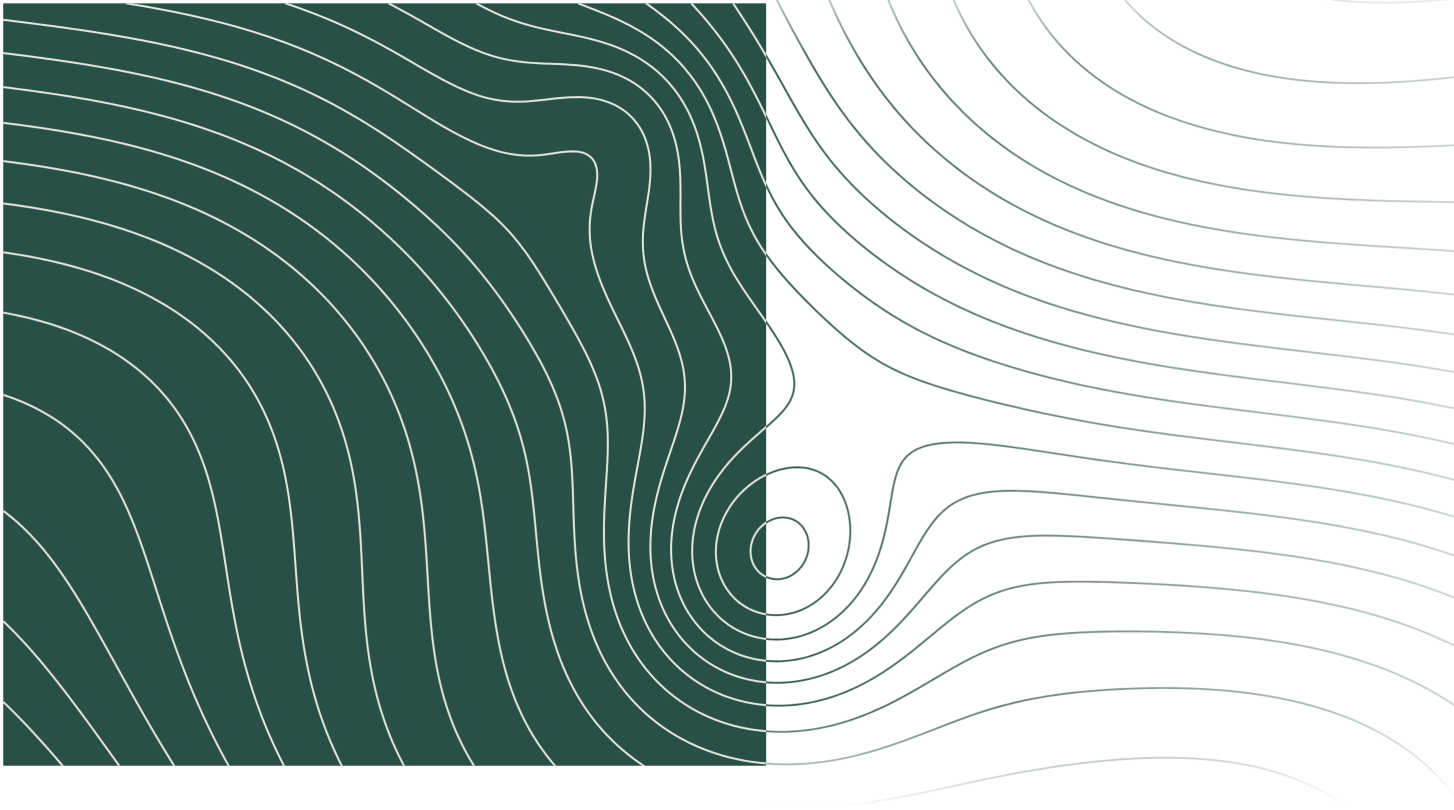




— GIA · GABON INFRASTRUCTURE ASSETS

Sept cent mille toits

L'empreinte bâtie du Gabon vue de l'espace : où sont les toits, quelle taille ils ont, quelle confiance on leur accorde, et ce qu'un seuil de confiance retire

AUTEURS

Hodologic Research

DATE

4 octobre 2026

LANGUE

Français

Sept cent mille toits

L'empreinte bâtie du Gabon vue de l'espace : où sont les toits, quelle taille ils ont, quelle confiance on leur accorde, et ce qu'un seuil de confiance retire

Hodologic Research · 4 octobre 2026

Résumé

Google Open Buildings v3 est le premier inventaire de bâtiments qui couvre tout le Gabon. Un modèle lit des images satellite et trace un contour autour de chaque toit qu'il reconnaît, avec sa surface au sol et un indice de confiance. Cet article décrit ce que ce jeu de données contient pour le Gabon, pour que celui qui l'utilise sache ce qu'il compte. Nous le découpons sur le pays, 738 615 empreintes gardées sur 9 480 086 lues, 29 refusées et comptées, et répondons à quatre questions : où sont les toits, quelle taille ils ont, quelle confiance le modèle leur accorde, et ce qu'un seuil de confiance retire.

Les toits sont concentrés à l'extrême. Ils occupent un vingtième du territoire, et dans ce vingtième 10 % des cellules occupées tiennent 89 % des toits. L'agglomération de Libreville en tient à elle seule 55 % ; les dix plus grandes taches bâties, 85 % ; quinze villes, 75 %.

Les toits sont petits. L'empreinte médiane fait 71 m² ; 14 % font moins de 20 m², une taille à laquelle le modèle voit peut-être un apprentis ou une ombre plutôt qu'une habitation. Tous les toits ensemble couvrent 76 km².

La confiance est la plus basse là où les toits sont isolés et là où ils sont serrés. Nationalement, 29 % des empreintes ont un indice inférieur à 0,75. Dans les cellules rurales dispersées, 54 %. Dans les îlots urbains les plus denses, 36 % à Libreville et 44 % à Port-Gentil. Partout entre les deux, 27 à 29 %.

Un seuil de confiance retire donc d'abord les hameaux et les quartiers informels, et non du bruit au hasard. Une coupe à 0,75 conserve 71 % des toits du pays mais 46 % des toits dispersés ; une coupe à 0,80 en conserve 54 %. Qui applique un seuil devrait publier, à côté, ce qu'il retire dans ces deux tissus.

Mots-clés : empreintes de bâtiments, Open Buildings, peuplement, confiance, Gabon.

1. Introduction

1.1 Un inventaire des bâtiments pour tout le pays

Le Gabon n'avait pas d'inventaire de ses bâtiments qui couvre tout le pays avec une même méthode. Google Open Buildings [1] en fournit un : un modèle d'apprentissage profond détecte des empreintes sur image satellite à haute résolution dans toute l'Afrique, et sa troisième version couvre tout le Gabon, avec un contour, une surface au sol et un indice de confiance pour chaque empreinte.

Un inventaire détecté n'est pas un inventaire relevé. C'est une estimation avec un score, et le score est la seule chose qui sépare un toit d'une ombre. Cet article décrit le jeu de données pour le Gabon tel qu'un utilisateur doit le connaître : ce qu'il contient, où sont ses empreintes et comment elles se groupent, quelle taille elles ont, à quoi l'indice de confiance est corrélé, et ce qu'un seuil posé sur lui fait à l'image du pays.

1.2 Questions

- **Q1.** Où sont les toits détectés, et à quel point l'empreinte bâtie est-elle concentrée ?
- **Q2.** Quelle taille ont-ils, et que dit la distribution des tailles de ce qui est détecté ?
- **Q3.** À quoi l'indice de confiance est-il corrélé, et que retire un seuil, et où ?

1.3 Contributions

1. Un découpage documenté d'Open Buildings v3 sur le Gabon, où chaque empreinte refusée est comptée (§ 3.1).
2. Une description de l'empreinte bâtie à trois grains, cellules, taches et villes, qui montre à quel point l'empreinte bâtie est concentrée (§ 4.1, § 4.2, § 4.4).
3. Une mesure de l'indice de confiance contre la densité locale à deux échelles, le pays et l'îlot urbain, qui montre que la confiance est la plus basse aux deux extrêmes (§ 4.6, § 4.7), avec la conséquence pour tout seuil énoncée classe par classe (§ 4.8).

2. Données

Google Open Buildings v3 [1, 2] distribue les empreintes en fichiers CSV par cellule S2, chaque ligne portant un polygone WKT, sa surface en mètres carrés et un indice de confiance, la probabilité que le modèle donne à ce que le polygone soit un bâtiment. Quatre cellules couvrent le Gabon (107 , 109 , 1a7 , 1a9), 2,37 Go et 9 480 086 empreintes, pour la plupart dans les pays voisins. La date des images n'est pas publiée par bâtiment. Les données sont sous licence CC BY 4.0. Les neuf provinces viennent de la couche administrative qu'utilise la plateforme GIA ; une empreinte appartient à la province qui contient son centroïde. Le fichier utilisé, sa date et sa somme de contrôle SHA-256 sont donnés en annexe.

3. Méthode

3.1 Découper le jeu sur le pays

Les quatre tuiles sont lues ligne à ligne. Une empreinte est gardée si son centroïde tombe dans une province ; son contour vient du WKT et est arrondi à six décimales (onze centimètres), ce qui allège le fichier d'un tiers sans déplacer un mur. Chaque ligne lue est comptée comme gardée, hors du pays, ou refusée avec sa raison, et le producteur refuse d'écrire si les trois ne somment pas aux lignes lues :

Lues dans les quatre tuiles	9 480 086
Hors du Gabon	8 741 442
Gardées	738 615
Refusées (28 géométries à plusieurs anneaux, 1 non conforme)	29

Les refus comptent plus que leur nombre. Une géométrie à plusieurs anneaux lue comme un polygone simple donnerait un contour faux sans aucun signal ; la refuser, et le dire, garde le fichier honnête sur ce qu'il contient. Le découpage a été refait indépendamment par deux personnes avec deux méthodes ; les neuf comptes provinciaux coïncident, et l'écart de 29 entre les deux totaux est exactement les refus.

3.2 Cellules, classes et taches

Les empreintes sont comptées dans des cellules de 0,01° (environ 1,1 km) par leur centroïde, pris comme la moyenne des sommets du contour ; la cellule est la partie entière des coordonnées divisées par 0,01, et les classes de densité incluent leur borne basse (un îlot d'exactly 60 empreintes est dans la classe la plus dense). Les cellules sont groupées en cinq classes de peuplement selon leur compte : *dispersé* (1 à 9 empreintes par cellule), *hameau* (10 à 49), *village* (50 à 199), *bourg* (200 à 999) et *ville* (1 000 et plus). Les cellules occupées qui se touchent, y compris en diagonale, forment des *taches bâties* ; une tache est la plus petite unité qu'on puisse appeler un établissement humain à ce grain. Les villes sont aussi décrites dans une fenêtre de $\pm 0,1^\circ$ (environ 22 km) autour du point de lieu de quinze villes principales.

3.3 La confiance contre la densité

Pour voir à quoi l'indice de confiance est corrélé, nous l'avons mesuré contre la densité locale à deux échelles : nationalement, dans les cellules de 1,1 km, classées par leur compte ; et dans cinq villes (Libreville, Port-Gentil, Franceville, Oyem, Lambaréné), dans des cellules de 0,001° (environ 110 m, un hectare), classées de même. Pour chaque classe, nous rapportons la confiance moyenne, la part des empreintes sous 0,75 et la surface médiane.

3.4 Reproductibilité

Le découpage est le script `extraire_bati_detecte.py` de la plateforme. Les statistiques sont trois scripts Python qui lisent le fichier découpé (`stats.py` , `stats2.py` , `blocks.py`), les graphiques un quatrième (`charts.py`) ; les cartes sont rendues avec Leaflet sur des fonds Esri, World Light Gray Canvas pour le pays et World Imagery pour les fenêtres d'empreintes (`maps/`). Le tout s'exécute en quelques minutes sur un ordinateur portable.

4. Résultats

4.1 Où sont les toits

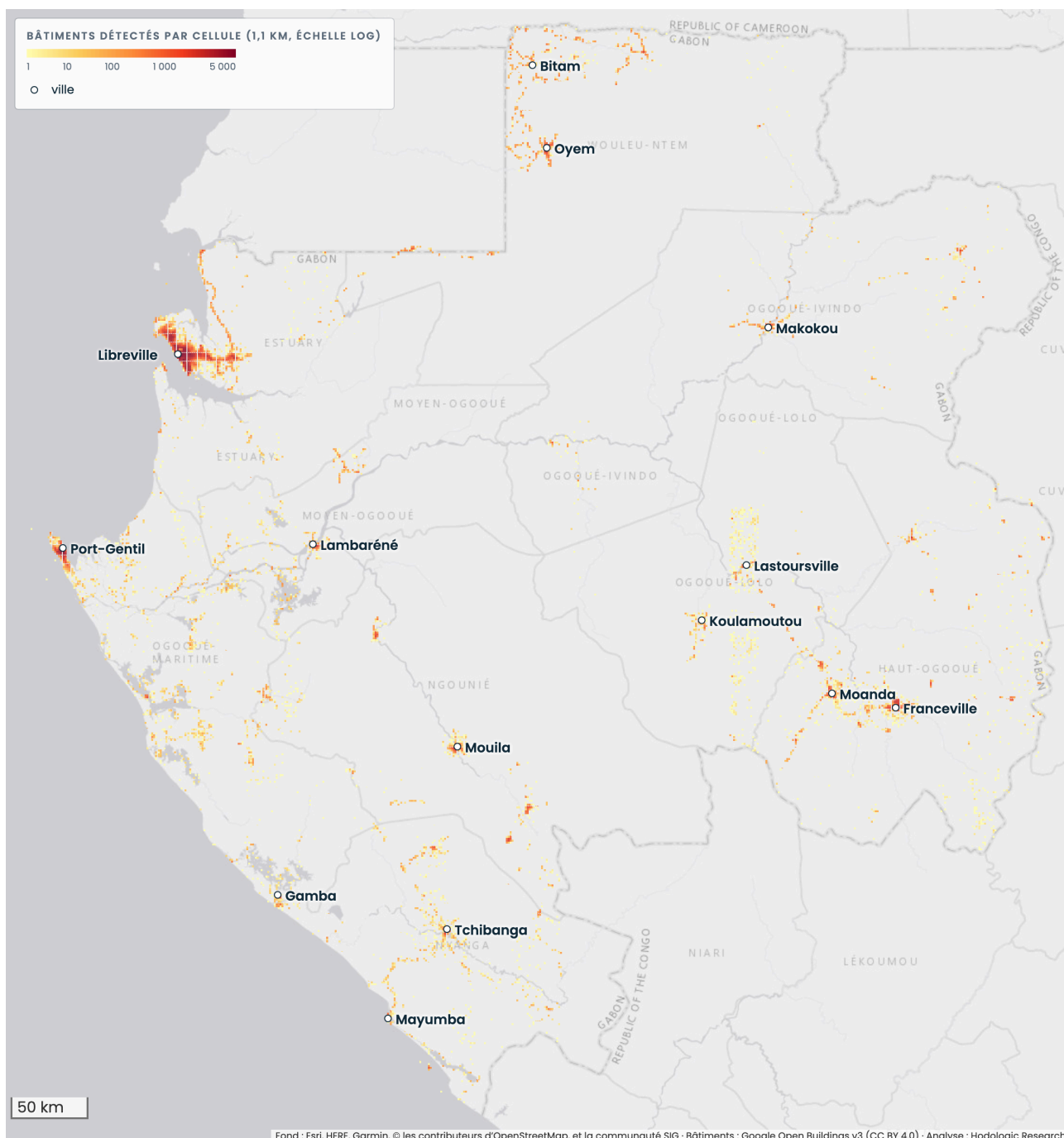


Figure 1. Empreintes détectées par cellule de 1,1 km, échelle log. On y lit les chapelets de villages le long des routes nationales, et les trois agglomérations qui dominent le compte : Libreville et son estuaire, Port-Gentil, et le bassin de Moanda-Franceville.

Les 738 615 empreintes occupent 7 596 cellules de 1,1 km, un vingtième de la surface du pays (figure 1). Dans ce vingtième, la concentration est extrême : 1 % des cellules occupées tient 34 % des empreintes, 5 % en tiennent 78 %, 10 % en tiennent 89 %. Hors des villes, l'image est celle que dessinent les routes nationales : des chapelets de villages le long des RN1, RN2 et RN3, les villes forestières du

Haut-Ogooué et de l'Ogooué-Lolo, et peu d'autre chose. De larges parties de l'intérieur ne portent aucun toit détecté, ce qui dit quelque chose du pays et quelque chose de ce que le modèle peut voir sous la forêt, dans une proportion que les données ne permettent pas de séparer.

Regroupées en taches de cellules contiguës, le pays compte 1 954 taches bâties. La plus grande, l'agglomération de Libreville du cap Estérias à Ntoundou et Owendo, s'étend sur 771 cellules et tient 405 005 empreintes, 55 % du stock national, sur 44 km² de toits. La deuxième est Port-Gentil (82 624 empreintes), puis le bassin de Moanda-Franceville et les villes du Woleu-Ntem. Les dix plus grandes taches tiennent 85 % de toutes les empreintes et les cent plus grandes 97 % ; à l'autre bout, 1 209 taches sont d'une seule cellule et 1 689 tiennent moins de cinquante empreintes. La structure de peuplement du pays, vue de l'espace, est une métropole, une poignée de villes, et une longue traîne de hameaux.

4.2 Cinq classes de peuplement

Tableau 1. Empreintes par classe de peuplement de leur cellule de 1,1 km.

CLASSE (EMPREINTES PAR CELLULE)	CELLULES	EMPREINTES	PART	SURFACE BÂTIE	EMPREINTE MOYENNE	CONFIANCE MOYENNE	SOUS 0,75
Dispersé (1-9)	4 994	11 631	1,6 %	0,6 km ²	55 m ²	0,755	54 %
Hameau (10-49)	1 332	31 002	4,2 %	2,6 km ²	84 m ²	0,800	29 %
Village (50-199)	706	67 238	9,1 %	6,3 km ²	94 m ²	0,807	27 %
Bourg (200-999)	349	164 344	22,3 %	18,2 km ²	111 m ²	0,811	27 %
Ville (≥ 1 000)	215	464 400	62,9 %	48,6 km ²	105 m ²	0,803	29 %

Les deux tiers des cellules sont dans la classe dispersée et tiennent 1,6 % des empreintes ; 215 cellules de ville en tiennent 63 %. Les classes diffèrent par plus que le compte. L'empreinte moyenne grandit avec la densité jusqu'à la classe des bourgs (55 m² en dispersé, 111 m² en bourg) et se tasse légèrement en ville, où de petits toits se serrent. La confiance est plate des hameaux aux villes (0,80 à 0,81, avec 27 à 29 % sous 0,75) et s'effondre dans la classe dispersée, où la moyenne est de 0,755 et où plus de la moitié des empreintes tombent sous 0,75. Un toit seul dans une clairière est ce dont le modèle est le moins sûr, et la classe dispersée est là où une analyse d'accessibilité rurale cherche les gens les plus loin de tout.

4.3 Les provinces

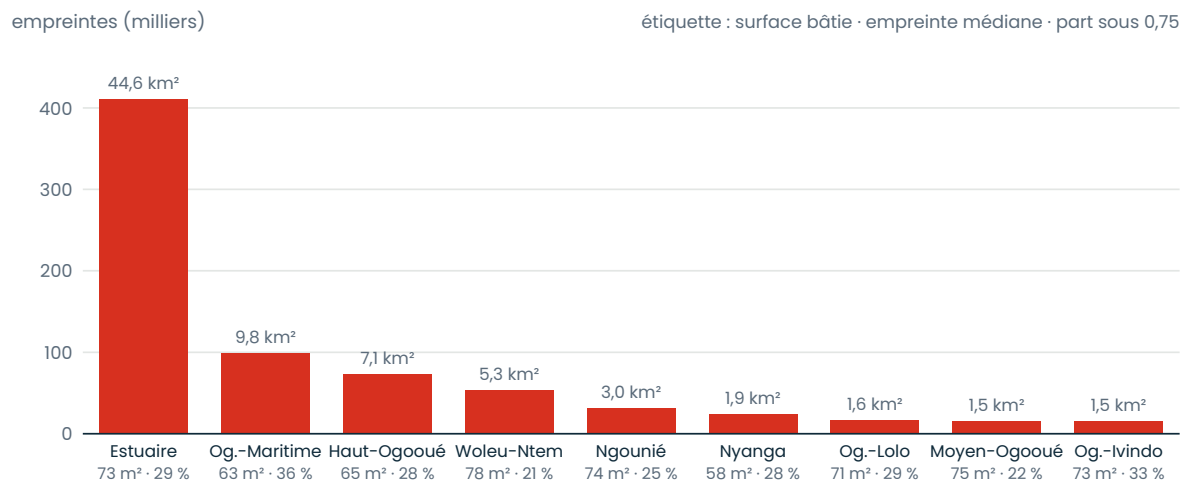


Figure 2. Empreintes détectées par province ; au-dessus de chaque barre la surface bâtie, en dessous l'empreinte médiane et la part sous 0,75.

L'Estuaire tient 410 540 empreintes, 56 % du pays, sur 44,6 km² de toits (figure 2). L'Ogooué-Maritime (98 939) et le Haut-Ogooué (73 446) suivent, puis le Woleu-Ntem (53 787) et la Ngounié (31 294) ; les quatre provinces restantes en tiennent entre 15 000 et 24 000 chacune. L'empreinte médiane va de 58 m² dans la Nyanga à 78 m² dans le Woleu-Ntem, et la part sous 0,75 de 21 % dans le Woleu-Ntem à 36 % dans l'Ogooué-Maritime, la province de Port-Gentil. Les médianes provinciales de confiance sont proches (0,789 à 0,833) ; l'indice ne varie pas tant par province que par le type de tissu dont une province est faite.

4.4 Quinze villes

Tableau 2. Empreintes à moins de 11 km du point de lieu de quinze villes (fenêtres de 0,2° × 0,2°, qui peuvent se recouvrir pour des villes voisines). Ensemble, les quinze fenêtres tiennent 75 % du stock national.

VILLE	EMPREINTES	PART DU PAYS	SURFACE BÂTIE	EMPREINTE MÉDIANE	SOUS 0,75
Libreville	308 800	41,8 %	33,1 km ²	74 m ²	29 %
Port-Gentil	81 467	11,0 %	8,5 km ²	69 m ²	36 %
Franceville	34 055	4,6 %	3,2 km ²	65 m ²	28 %
Oyem	27 496	3,7 %	2,8 km ²	79 m ²	22 %
Moanda	19 201	2,6 %	2,0 km ²	76 m ²	27 %
Mouila	18 670	2,5 %	1,8 km ²	78 m ²	24 %
Tchibanga	14 172	1,9 %	1,2 km ²	70 m ²	23 %
Lambaréné	11 953	1,6 %	1,3 km ²	80 m ²	19 %
Bitam	8 652	1,2 %	0,9 km ²	81 m ²	19 %
Makokou	8 228	1,1 %	0,8 km ²	85 m ²	35 %
Koulamoutou	7 331	1,0 %	0,7 km ²	80 m ²	24 %
Gamba	5 740	0,8 %	0,6 km ²	70 m ²	29 %
Lastoursville	5 456	0,7 %	0,6 km ²	77 m ²	28 %
Ndendé	3 142	0,4 %	0,3 km ²	78 m ²	24 %
Mayumba	1 478	0,2 %	0,1 km ²	69 m ²	32 %

La fenêtre de Libreville tient à elle seule 42 % des empreintes du pays et celle de Port-Gentil 11 % ; les deux ensemble, 53 %. Le tableau sépare aussi deux sortes de villes. Les villes côtières et minières (Port-Gentil, Franceville, Makokou, Mayumba) ont de petites empreintes médianes et une forte part de détections peu sûres ; les villes du nord et de la Ngounié (Oyem, Bitam, Lambaréné, Mouila) ont des empreintes plus grandes et les détections les plus sûres, 19 à 24 % sous 0,75. La différence est une différence de tissu : quartiers informels compacts d'un côté, parcelles espacées de type villa-geois de l'autre.

4.5 Quelle taille ont les toits

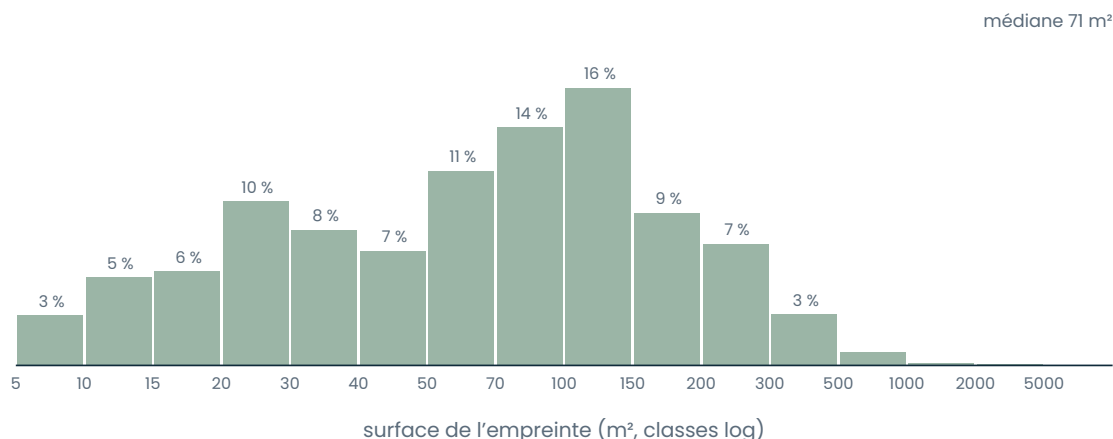


Figure 3. Distribution de la surface des empreintes, classes logarithmiques.

L'empreinte médiane fait 70,8 m² ; le premier quartile est à 31,8 m² et le troisième à 132 m² (figure 3). La distribution a deux modes, l'un vers 20–30 m² et l'autre vers 100–150 m², et 13,7 % des empreintes font moins de 20 m², une taille à laquelle un modèle voit aussi bien un appentis, un kiosque ou une ombre qu'une habitation. À l'autre bout, 11 % dépassent 200 m² et 1 % dépassent 500 m² : entrepôts, écoles, marchés, et de temps à autre un bloc de toits contigus fusionnés. Ensemble, les 738 615 empreintes couvrent 76 km² de sol, 0,03 % du pays.

4.6 L'indice de confiance

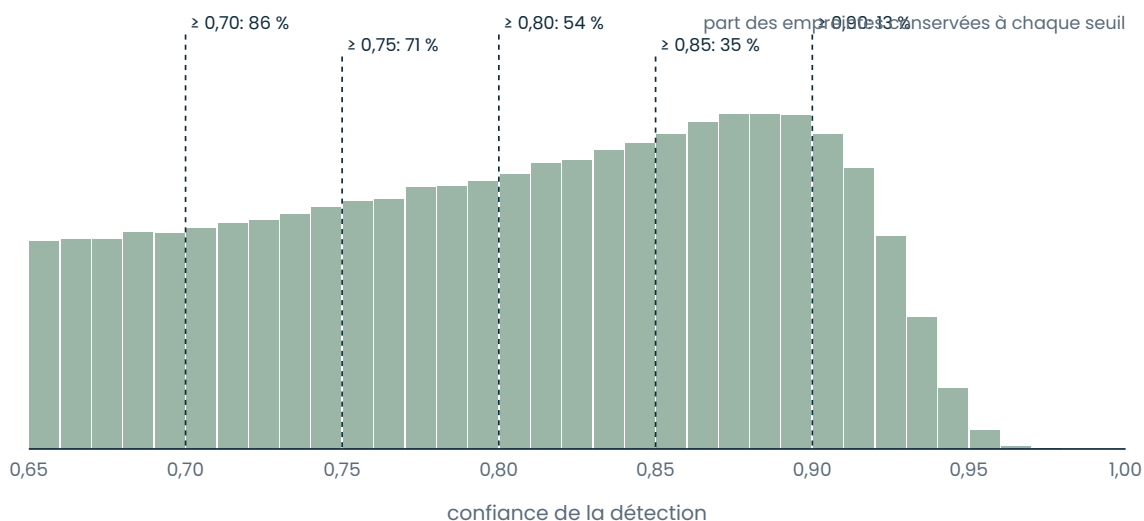


Figure 4. Distribution de l'indice de confiance des 738 615 empreintes, et part conservée à chaque seuil.

L'indice va de 0,65, le plancher des données distribuées, à 0,987, avec une médiane de 0,811 et une longue épaule à gauche (figure 4). Un seuil retire vite une grande part du jeu : 0,70 conserve 86 % des empreintes, 0,75 en conserve 71 %, 0,80 en conserve 54 %, 0,85 en conserve 35 %, 0,90 en conserve 13 %. Ce qui compte n'est pas combien un seuil retire mais quoi, et les deux sections suivantes montrent qu'il ne retire pas au hasard.

4.7 La confiance est la plus basse aux deux bouts de la densité

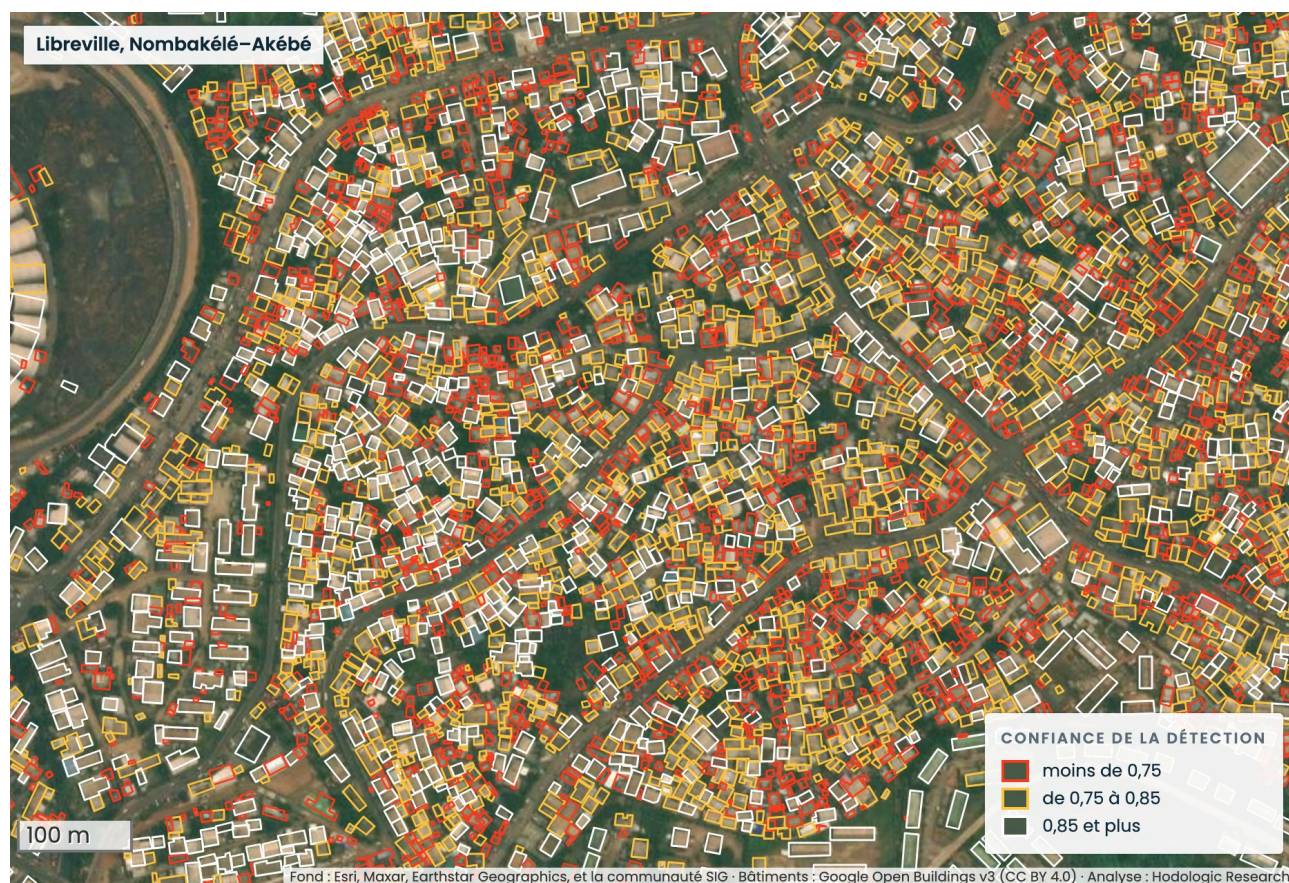
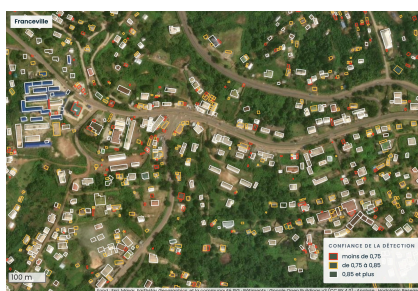


Figure 5. Empreintes détectées tracées sur image satellite et colorées selon la confiance, fenêtres d'environ 1,1 km : (a) Libreville, Nombakélé-Akéré ; (b) Port-Gentil, quartiers denses ; (c) Franceville ; (d) un village de la Nyanga. Dans les quartiers serrés, la classe de faible confiance domine ; dans les parcelles espacées du village, presque chaque toit est détecté avec une confiance élevée.



(b) Port-Gentil.



(c) Franceville.



(d) Un village de la Nyanga.

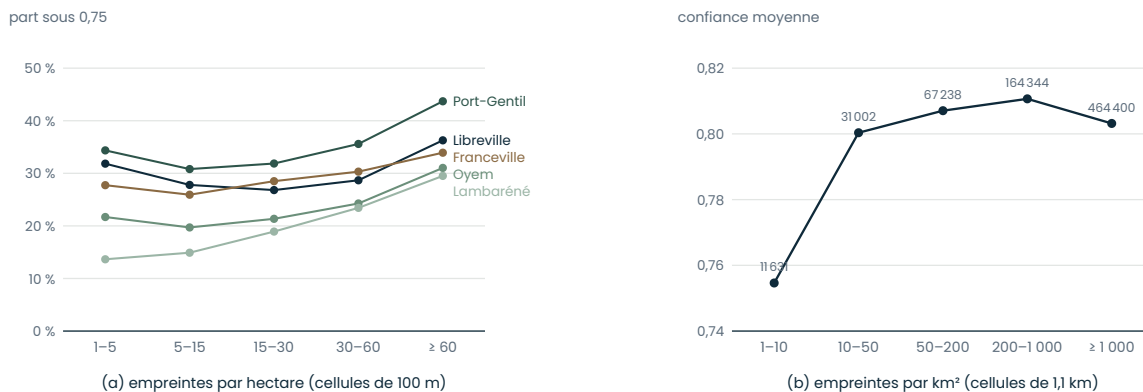


Figure 6. (a) Part des empreintes sous 0,75 contre la densité de l'îlot (empreintes par hectare) dans cinq villes. (b) Confiance moyenne contre la densité de la cellule (empreintes par cellule de 1,1 km) pour tout le pays ; les étiquettes donnent le nombre d'empreintes de chaque classe.

Deux mesures à deux échelles donnent deux images différentes, et toutes deux sont vraies (figure 6). Nationalement, les détections les moins sûres sont les isolées : dans la classe dispersée, la confiance moyenne est de 0,755 et 54 % des empreintes tombent sous 0,75, contre 0,80 à 0,81 et 27 à 29 % partout où c'est plus dense (tableau 1). À l'intérieur des villes, la relation s'inverse. Dans chacune des cinq villes mesurées, la part des empreintes sous 0,75 est la plus basse dans les îlots de 5 à 30 empreintes par hectare, le tissu résidentiel ordinaire, et monte dans les îlots les plus denses : 36 % à Libreville et 44 % à Port-Gentil au-dessus de 60 empreintes par hectare, contre 27 à 32 % dans la gamme moyenne. L'empreinte médiane rétrécit en même temps, de 77–82 m² à 62 m². Les îlots les plus denses sont les quartiers informels, où de petits toits se touchent et où le modèle distingue moins bien les bords (figure 5a, 5b).

4.8 Ce qu'un seuil retire

La conséquence pour tout seuil est directe, et elle s'énonce par classe. Une coupe à 0,75 conserve 71 % du stock national ; elle conserve 46 % de la classe dispersée, 71 à 73 % des hameaux, villages, bourgs et villes pris en bloc, et environ 60 % des îlots urbains les plus denses. Une coupe à 0,80 conserve 54 % nationalement et bien moins dans les deux tissus où la confiance est la plus basse. Le seuil retire donc d'abord les hameaux et les quartiers informels. Un seuil est donc une décision sur les établissements qui restent sur la carte, et il doit être publié comme tel, avec la part qu'il retire dans la classe dispersée et dans les îlots les plus denses à côté de la part qu'il retire en tout.

5. Ce que les données ne disent pas

Détekté n'est pas vérifié. Une empreinte à 0,68 est la conjecture du modèle, et l'indice de confiance est la seule information qui la qualifie. Chaque compte de cet article porte son seuil et son biais ; un total sans eux n'est pas une mesure.

Les images n'ont pas de date. Google ne publie pas la date d'acquisition par bâtiment. Une empreinte peut être un toit de 2018 ou de 2023, et un établissement bâti ou abandonné depuis n'apparaîtra pas. L'image sous la figure 5 est celle d'Esri, pas celle que le modèle a lue ; là où un tracé et l'image divergent, la cause peut être un écart de date plutôt qu'une erreur de détection.

Un toit n'est pas un ménage. Un hangar, une école et une maison font une empreinte chacun ; 14 % des empreintes font moins de 20 m² et ne sont peut-être pas des habitations. La densité bâtie est un indice de peuplement, pas un recensement.

La forêt est un angle mort. Sous le couvert, le satellite ne passe pas, et l'intérieur vide de la figure 1 dit en partie ce qui ne peut pas être vu. La faible confiance de la classe dispersée est le bord visible de cette limite.

6. Usage

Pour un producteur d'indicateurs territoriaux, trois usages en découlent.

- **Un seul inventaire pour tout le pays.** Le jeu détecté couvre les neuf provinces avec une même méthode et un même indice, les deuxième et troisième villes comme l'habitat rural dispersé. Utilisé avec sa confiance, il est la première image uniforme de l'emplacement des toits du Gabon.
- **Un seuil est une décision de produit.** Tout utilisateur des données devrait publier le seuil employé et la part qu'il retire dans la classe dispersée et dans les îlots les plus denses. À 0,75, ces parts sont de 54 % et de 36 à 44 %.
- **Une couche qui change avec le zoom.** À l'échelle du pays, une maison de 10 m est un centième de pixel ; les données se montrent en densité (figure 1). Sous environ 1,5 km de largeur de carte, les contours eux-mêmes sur l'image, colorés selon la confiance, où chaque tracé peut être vérifié contre le toit qu'il revendique (figure 5). Les deux formes servent deux usages, et un produit cartographique devrait offrir les deux.

7. Rapport à la plateforme GIA

GIA, opérée par Hodologic, a découpé le jeu détecté en septembre 2026 et l'utilise depuis le 15 septembre 2026, la méthode étant documentée dans ses notes de conception. Les chiffres de cet article sont le calcul propre d'Hodologic Research à partir du fichier découpé ; tout chiffre que la plateforme sert appartient à la plateforme.

Références

1. Sirko, W., Kashubin, S., Ritter, M., Annkah, A., Bouchareb, Y. S. E., Dauphin, Y., Keysers, D., Neumann, M., Cissé, M., Quinn, J. (2021). Continental-scale building detection from high resolution satellite imagery. arXiv:2107.12283.
2. Google Research. Open Buildings v3, jeu de polygones, CC BY 4.0.
<https://sites.research.google/open-buildings/>

Annexe : entrée et scripts

FICHER	DATE	TAILLE	SHA-256	ENTITÉS
bati_detecte.geojson	2026-09-15	205 361 283 o	45527a6a...c7be	738 615

`stats.py`, `stats2.py` et `blocks.py` calculent les distributions, les classes, les taches, les fenêtres de villes et les tables confiance-densité ; `charts.py` dessine les figures ; les cartes sont rendues avec Leaflet sur des fonds Esri, World Light Gray Canvas pour le pays et World Imagery pour les fenêtres d'empreintes (`maps/`).

Hodologic Research · hodologic.fr · Citation suggérée : Hodologic Research (2026). *Sept cent mille toits : l'empreinte bâtie du Gabon vue de l'espace*. Document de travail, Hodologic.