

CHAPITRE DEUXIÈME

introduction	5
“Redline”	7
drones	
<i>variantes envisageables</i>	9
<i>données techniques</i>	10
droneport	
<i>programme</i>	13
<i>composition</i>	14
Côte d’Ivoire, étude de cas	17
situation actuelle	19
démographie	21
hôpitaux	23
infrastructures	
<i>routes principales</i>	25
<i>routes secondaires</i>	27
<i>réseau ferroviaire</i>	29
<i>aéroports</i>	31
climat	32
scénarios	33
scénario A: mer/rail/terre	35
<i>déploiement et rayon d’action</i>	37
<i>moyens d’acheminement</i>	39
scénario B: airs	41
<i>déploiement et rayon d’action</i>	43
<i>moyens d’acheminement</i>	45
Boundiali: zoom sur un territoire particulier	47
<i>carte distance-temps: voiture et marche</i>	51
<i>carte distance-temps: drone</i>	53
<i>stratégie locale de desserte</i>	55
<i>la ville</i>	57
<i>variante d’exploitation de la piste</i>	59
conclusion	61
bibliographie	62

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

DRONEPORT, PROGRAMME
D'UN RÉSEAU INÉDIT

SAR / ENAC / EPFL 2015-2016

énoncé théorique de master

Laurent bielser & Cyril Pitteloud

directeur pédagogique: Yves Weinand

deuxième professeur: Dieter Dietz

maître EPFL: Fred Hatt

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

INTRODUCTION

Ce chapitre s'inscrit dans le cadre d'une stratégie restrictive cherchant à cibler les besoins liés aux drones au titre de technologies nouvelles desquelles peuvent émaner des infrastructures inédites comme les stations de drone, une forme nouvelle de gares.

Dans un premier temps sera décrit le modèle sur lequel ce travail se base, à savoir la Redline, projet de Foster&Partners et Jonathan Ledgard. Ensuite seront décrits les drones puisqu'ils sont l'élément rendant possible un tel projet.

D'un point de vue plus global, le travail se poursuit au travers d'une étude de cas. Cela permet de considérer le fonctionnement général de ce nouveau type de réseau. Il faut insister sur le fait que le drone est indépendant des infrastructures terrestres existantes lorsqu'il est opérationnel. L'idée semble riche puisque ce système peut officier alors que les conditions au sol ne permettent aucun acheminement de

ressources en cas d'urgence. Cela peut être le cas en Côte d'Ivoire, pays que nous avons choisi et qui souffre de façon notoire d'un manque d'accès routiers ou cheminaux sur son territoire.

Si le drone possède des qualités en terme d'accès, il est en revanche parfaitement dépendant de sa station, d'une part en terme d'énergie, mais aussi de planification des tracés afin de desservir équitablement le territoire. Au travers d'analyses cartographiques à l'échelle du pays et de la ville, ici le Boundiali, nous scénariserons des solutions possibles pour le déploiement de ces stations.

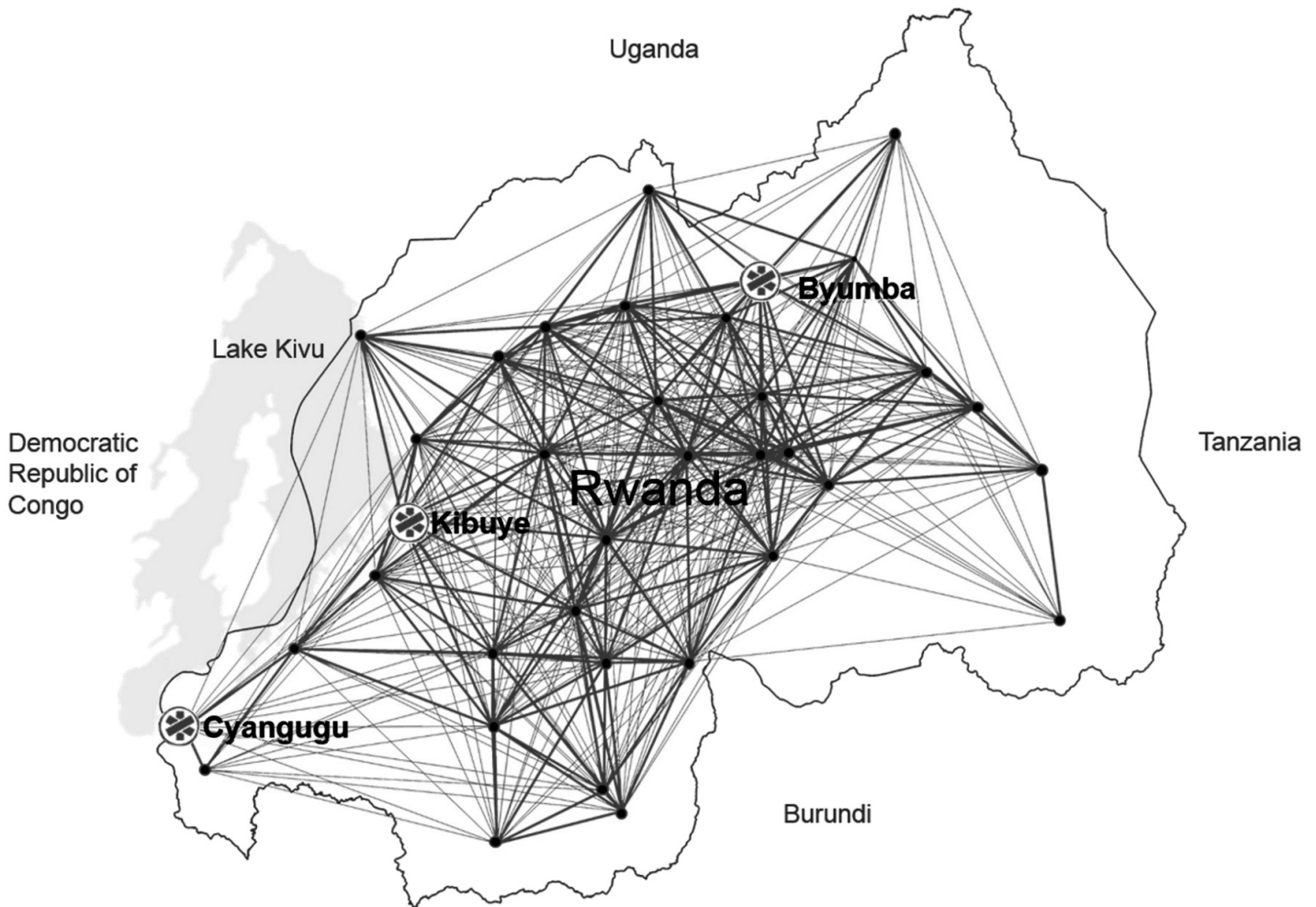






Schéma du réseau Redline, Rwanda₁

Au niveau du pays, le schéma est accompagné de la légende suivante : *“Macro: population rwandaise = 11.78 millions. Couverture: 5.2 millions de personnes ; 44% de la population du pays grâce à trois stations d’ici 2019”*.₅

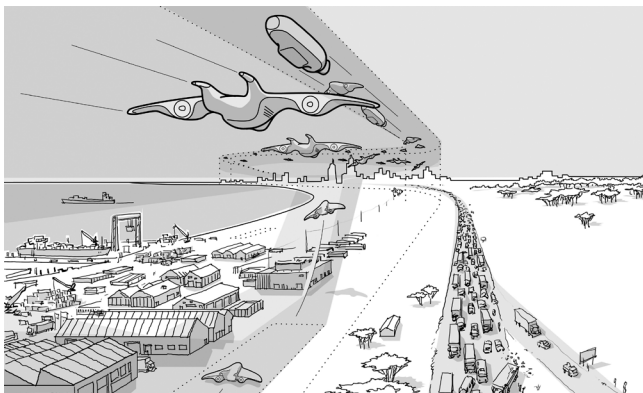
Ci-dessus, un schéma du réseau à l’échelle du Rwanda montre le potentiel d’accessibilité immédiate par les airs grâce aux drones qui acheminent directement le sang dans les divers établissements médicaux du territoire.

-  Doneports
-  Hôpitaux du district
-  rayon de 50 kilomètres
-  rayon de 100 kilomètres

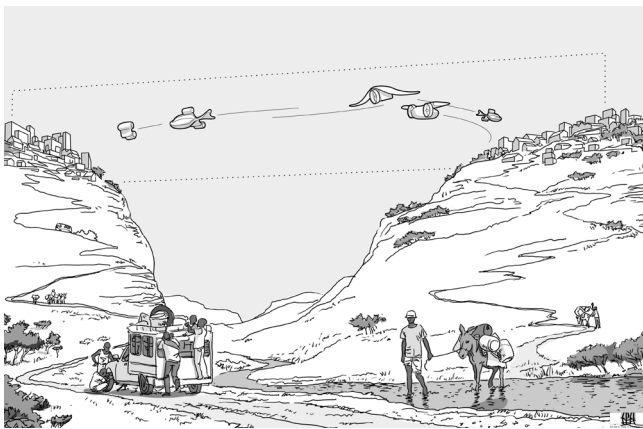
4;5. Redline, Nile-Congo, Information Memorandum, Octobre 2015; J. Ledgard; Afrotech

REDLINE

LE PROJET FOSTER&PARTNERS JONATHAN LEDGARD



Imaginaire du réseau Redline,₁



Imaginaire du réseau Redline,₂

Né d'une association suisse à but non lucratif, fondée par Jonathan Ledgard - directeur du projet Afrotech, EPFL - ce projet a pour but de créer une nouvelle infrastructure sur le continent Africain. Elle est destinée, dans un premier temps, à livrer du sang et autres médicaments liés aux maladies sanguines dans des régions démunies d'infrastructures routières et ferroviaires, les rendant cruellement fragiles en matière de santé.

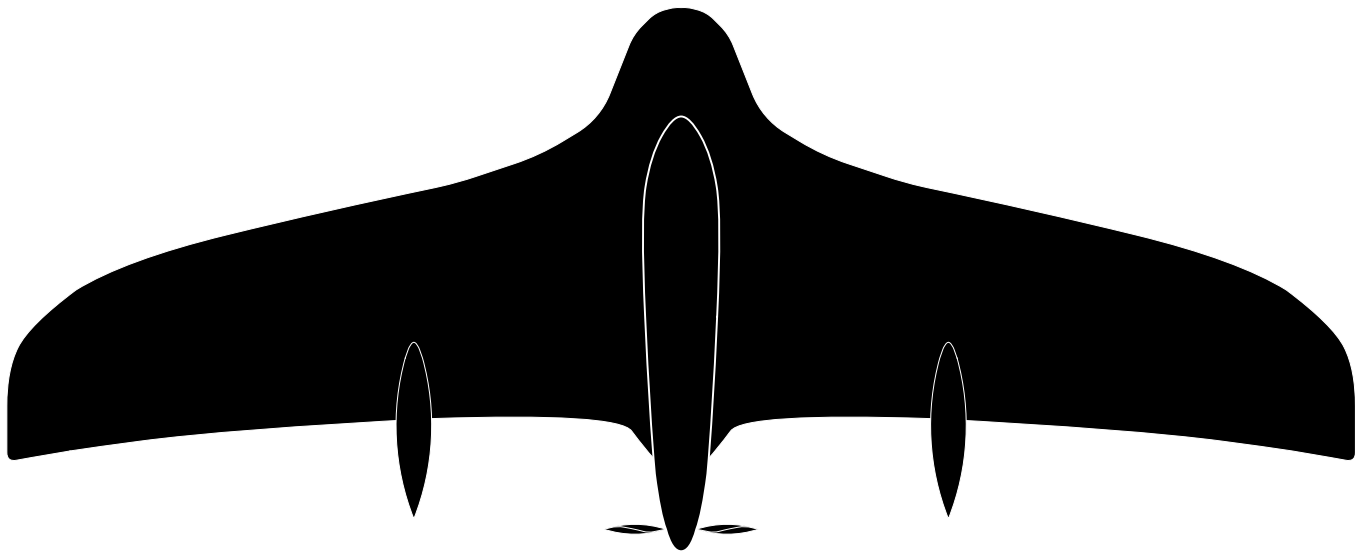
Les acteurs principaux de ce réseau inédit sont des drones autonomes dirigés via GPS, qui permettent de livrer en un temps record les premiers soins nécessaires à la survie d'hommes et femmes atteints de maladies et virus, tels que la malaria, la drépanocytose, des parasites et la malnutrition.

Cette nouvelle infrastructure aérienne sera appuyée au sol par une série de gares de drones permanentes, qui visent à créer de nouveaux centres de soin et d'échange. Ces nouvelles gares seront architecturées et développées par le bureau d'architecture Foster + Partners, comme le montre l'image ci-gauche. La Redline se veut avant tout une opération logistique au service de besoins pressants en matière de soins.

Un premier prototype sera construit au Rwanda sur un terrain prêté par le gouvernement rwandais via un bail à long terme. Puis, deux autres gares viendront se greffer à ce réseau émergent. De plus, d'un point de vue économique, l'opération est parfaitement viable, comme l'explique Jonathan Ledgard: *"l'industrie du smartphone et de la robotique volante vont entrer dans l'économie des pays en voie de développement. Leur budget est passé d'environ 4000\$ à 300\$"*.

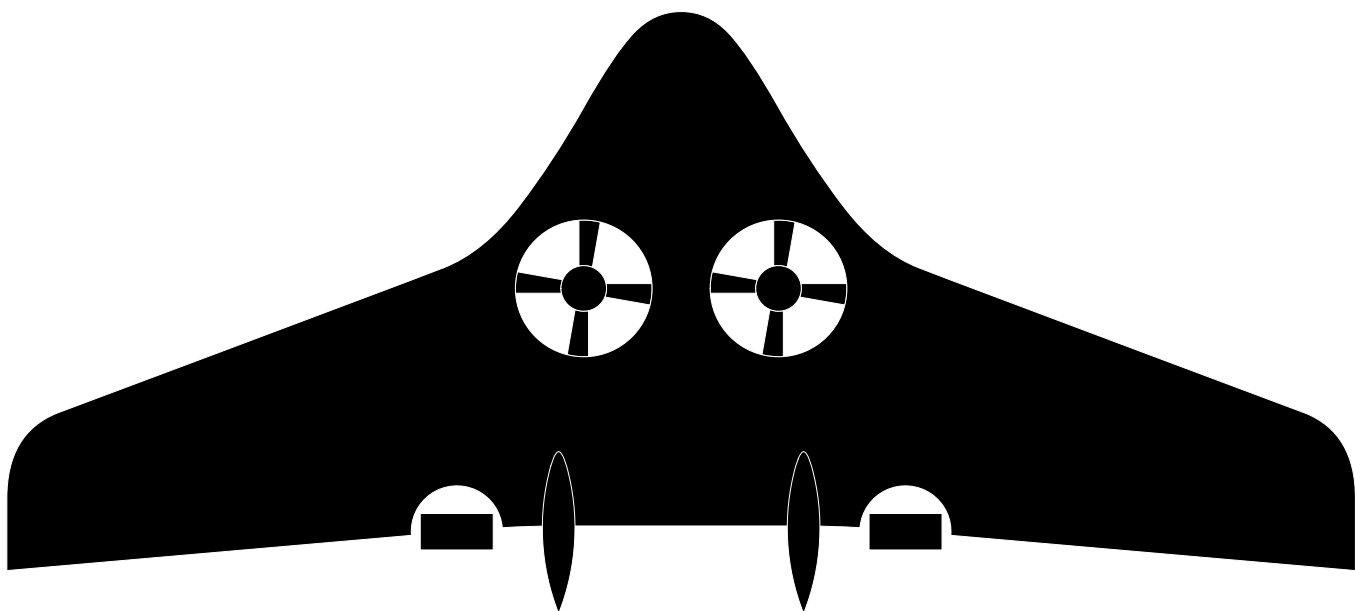
1;2. *Redline, Nile-Congo, Information Memorandum*" Octobre 2015, J. Ledgard; Afrotech; images: Sophie Shiraishi

3. *"Smartphone industry and flying robotics will enter the economy of developing countries. the price point has gone from around 4000\$ to 300\$"*. J. Ledgard



300 cm

DRONE TYPE "REDLINE"



300 cm

DRONE TYPE "VAYU"

135 cm

DRONES

VARIANTES ENVISAGEABLES

Afin de développer au mieux le fonctionnement du réseau que nous souhaitons mettre en place, il est important de comprendre les mailles élémentaires qui le composent. Dans un premier temps, il s'agit d'analyser l'acteur principal dudit réseau : le drone.

Il en existe de toutes sortes, allant du quad-copter à l'octo-copter en passant par la simple aile en saut, ils possèdent tous des caractéristiques différentes. Certains sont plus maniables quand d'autres sont plus rapides. Chaque attribut apporte également certaines contraintes qu'il faut prendre en considération lors du choix d'un modèle. Ici, le sujet n'est pas le drone destiné à un public amateur de modélisme, mais à un public gouvernemental et humanitaire.

En se calquant sur l'étude menée par l'équipe du projet "Redline", nous avons sélectionné une typologie de drone répondant aux qualités de légèreté, discrétion - entendu en terme de pollution sonore - et possédant une bonne autonomie. Ce type doit également être facile d'entretien tant sur un plan économique que pratique.

Voici deux variantes à typologie « aile-delta » que nous estimons les plus adaptées au fonctionnement optimal du réseau, car elles combinent les meilleures aptitudes pour fonctionner en réseau. La première variante est le drone développé spécifiquement pour le projet "Redline" et la seconde est un modèle proposé par la compagnie américaine VAYU. Tous deux sont composés des mêmes matériaux de fabrication et possèdent le même équipement de navigation.

Ils ont cependant une différence opérationnelle fondamentale qui les distingue : le type de décollage. L'appareil Redline prend son envol grâce à une piste dotée d'un système de catapultage. Ce moyen de décollage permet à l'appareil de rester technologiquement plus basique: doté d'un seul



Drone VAYU₆

moteur, il demeure plus léger et possède une autonomie plus grande que son concurrent.

Néanmoins, son défaut est la nécessité d'une piste de lancement spécifique.

Quant à l'appareil VAYU, la direction verticale est gérée par deux hélices dans le plan de l'appareil. L'avantage est qu'il jouit par conséquent d'une grande autonomie et n'est pas contraint par un système de décollage annexe. En contrepartie, ce modèle nécessite plusieurs moteurs impliquant un alourdissement général de l'engin, diminuant son autonomie de vol.

Ainsi, les deux appareils présentent défauts et qualités, mais le choix détermine l'usage et les besoins d'un droneport. Lorsque l'un perd en autonomie et donc en optimisation de desserte, l'autre nécessite un apport infrastructurel supplémentaire en chaque station.

6. Image: <http://www.vayu.us/>

DONNÉES TECHNIQUES



Aile de drone en cours d'impression 3D₇



Aile de drone imprimée₈

L'autopilotage des drones se fait par un système d'exploitation type iOS ou Android intitulé PX4. Ce système a déjà fait ses preuves en effectuant des vols tests de 120km avec 2kg de marchandise dans le cadre de l' "Australian Outback Challenge"₉.

La navigation autonome des appareils s'effectue avec un GPS haute précision. En raison d'un risque de hacking du système GPS par envoi d'un signal contrefait, le drone est également doté d'un second système de navigation dit à reconnaissance visuelle.

Ci-dessus, les images montrent la construction de la coque de l'appareil grâce à une impression 3D, et donc en couches successives.

Les attributs suivants sont ceux appartenant au drone Red-line, voici un résumé des données spécifiques à celui-ci :

- Autonomie de vol: 100 km (50 km aller-retour, ce qui offre une couverture de 7'800km²)
- Vitesse de vol : 25 m/s (90 km/h)
- Hauteur de vol : 60-150 m d'altitude
- Poids de l'appareil (à vide) : 4.5 kg
- Charge utile : 1.5 kg
- Envergure: 300 cm

Composition matérielle de l'appareil :

- Noyau en mousse
- Contrefiches en composite
- Coque en plastique (imprimée 3D)



moteur électrique



capteur de vitesse



capteur d'obstacles



altimètre



navigation visuelle autonome



batterie



autopilote

ESC

régulateur de vitesse



ordinateur de bord



mousse composite



coque en plastique

7,8: Images: *Why use 3D printed drones*; documentaire; National Geographic; 2014; <http://video.nationalgeographic.com/>

9. <http://www.swissfang.ch/>

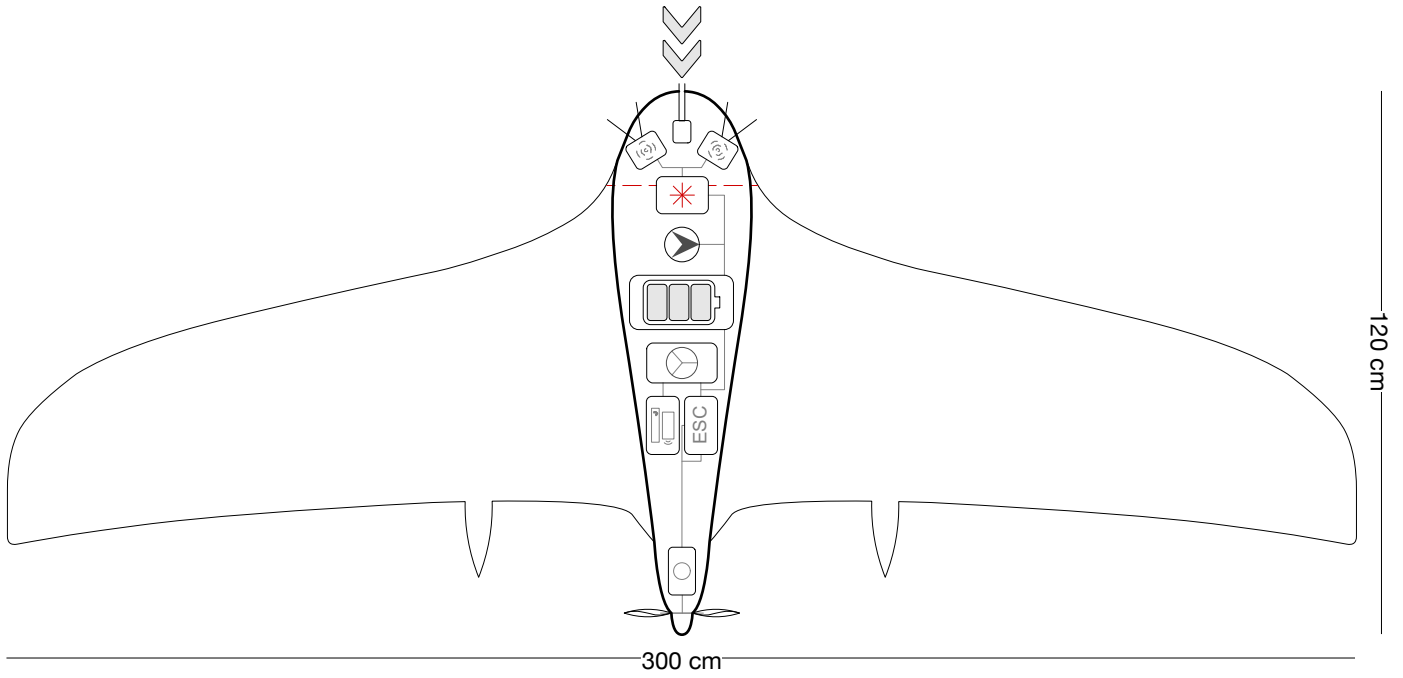


SCHÉMA TECHNIQUE:
PLAN

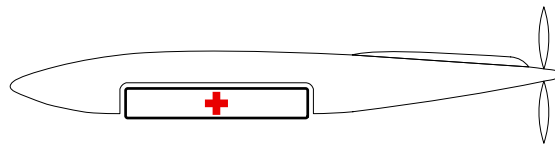


SCHÉMA TECHNIQUE:
COUPE

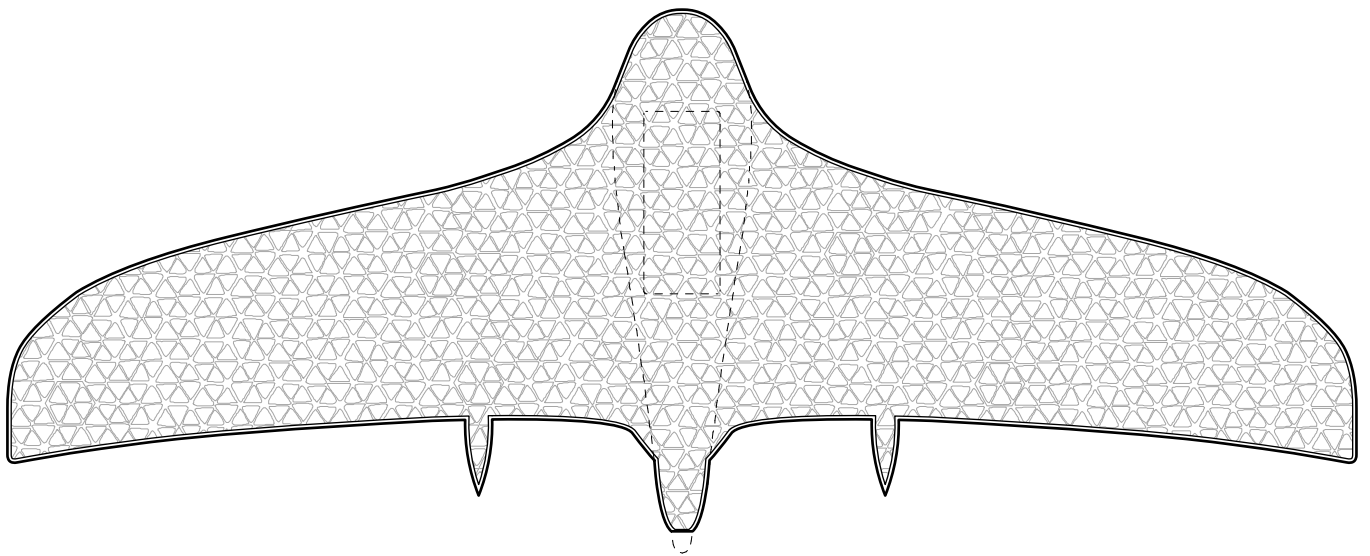
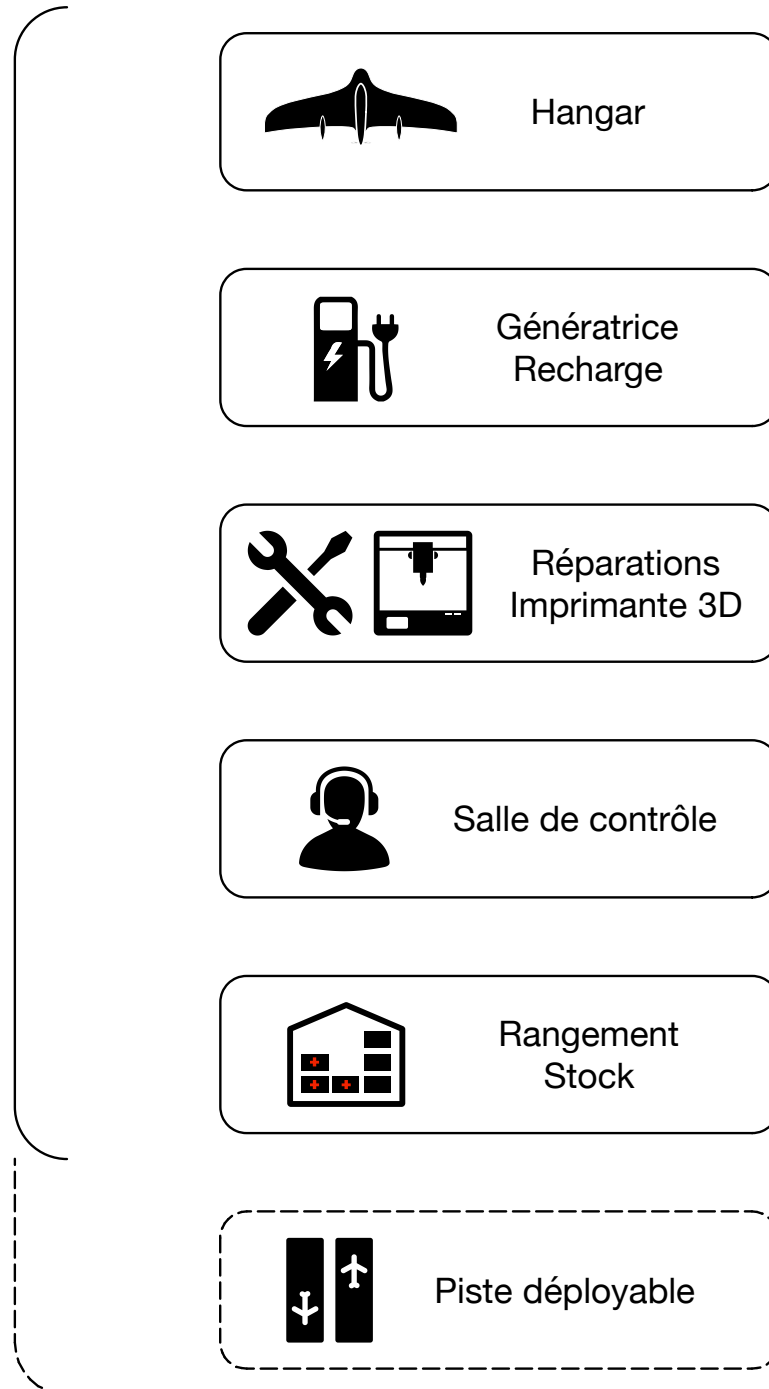


SCHÉMA TECHNIQUE:
MATÉRIAU

Droneport



DRONEPORT

PROGRAMME



Imprimante 3D Gigabot 3.0₁₀

Du ballet perpétuel des drones, découlera un espace principal autour duquel viendra s'organiser les autres éléments qui serviront au fonctionnement optimal de cette nouvelle infrastructure.

Le droneport devra pouvoir générer sa propre énergie afin de fonctionner de manière autonome. Cet élément du projet est le plus important à sa bonne marche. En attendant le perfectionnement en rendement des panneaux photovoltaïques, nous allons opter pour l'utilisation d'une génératrice d'électricité qui fonctionne avec du biodiesel. Ce carburant est issu à 100% de déchet d'huile végétale, et ne rejette aucun CO₂. Il est également non toxique et biodégradable. Une puissance de production située entre 15 et 25 kVA représente la moyenne nécessaire aux besoins énergétiques d'un grand logement européen en matière de chauffage et production d'électricité pour de nombreux appareils électroménagers gourmands. En considérant ces besoins, le choix d'une génératrice produisant 18 kVA permettrait d'assurer le bon fonctionnement du droneport avec le maintien en ligne d'appareils relatifs au contrôle GPS et la recharge des batteries des drones.

Les dimensions et le poids de la génératrice sont une des plus grandes contraintes dans le développement de notre prototype. Le modèle envisagé, G20QS, possède le gabarit suivant : 78cm (largeur) x 175cm (longueur) x 135cm (hauteur) pour un poids de 800kg.

La maintenance et les réparations des drones seront également à prévoir. Pour ce faire, une imprimante 3D permet de reproduire en un temps record et pour un coût minimal les pièces précises d'un drone. Les dimensions de transport pour une imprimante 3D professionnelle sont d'environ 110cm (largeur) x 120cm (longueur) x 125cm (hauteur) pour un poids de 130kg. Une fois assemblée, cette imprimante permet une réalisation de pièces allant jusqu'à 60cm x 60cm x 60cm.

Il faudra prévoir une salle de contrôle, qui sera un espace dédié à la gestion et surveillance. Elle sera munie d'ordinateurs et appareils qui permettront de monitorer l'état du réseau ainsi que la gestion des échanges entre droneports.

Un local de stockage et de rangement fera partie intégrante du programme. Elle servira de relai pour les éléments directement traités par les drones, mais servira également d'interface d'échange entre l'acheminement du matériel par les drones et sa redistribution au sol.

Sera aussi nécessaire un couvert pour abriter les drones et l'ensemble du projet.

Il faudra également développer une piste déployable qui servira de catapulte de lancement lors du décollage des drones. Cet élément est indispensable pour le modèle de drone de type "Redline".



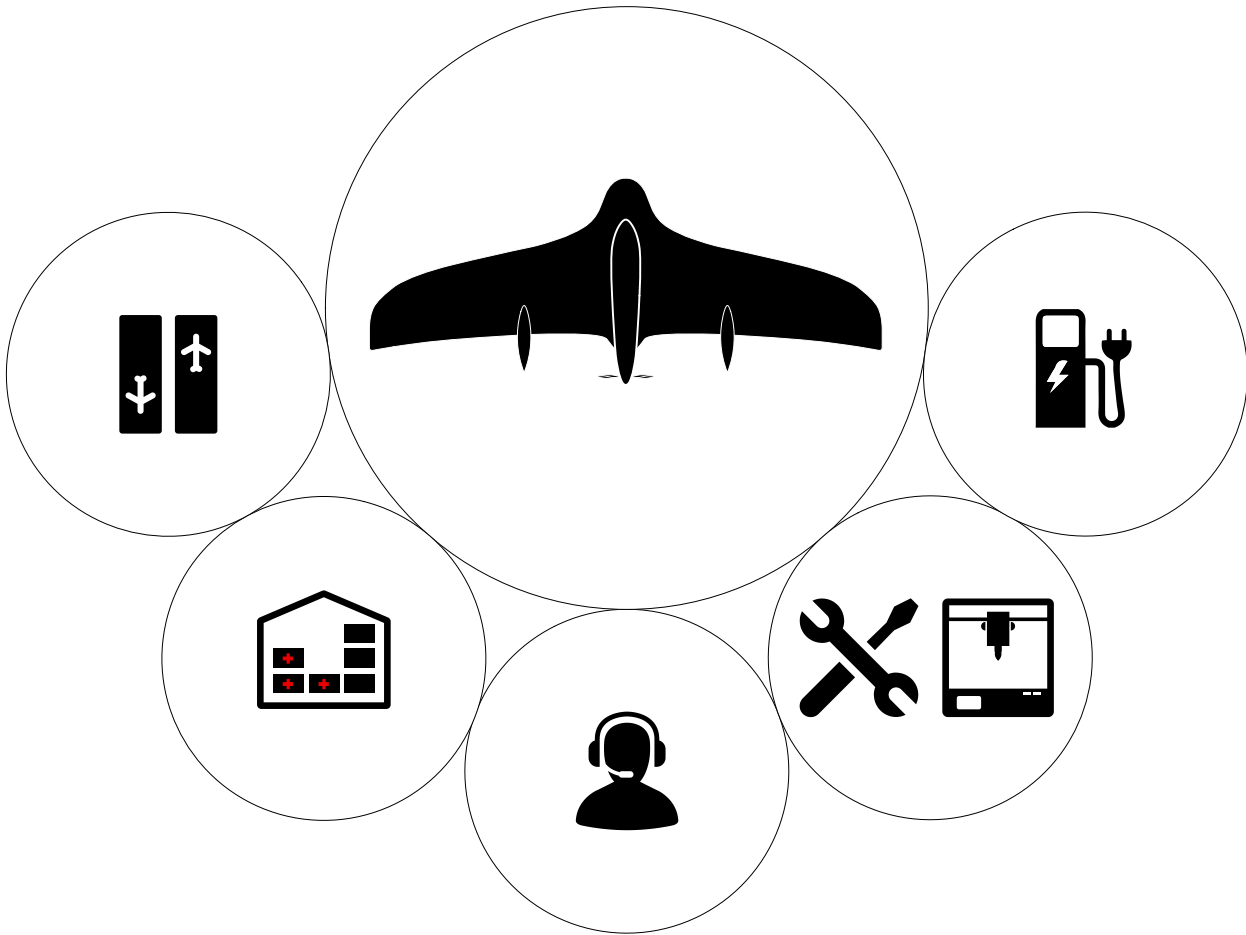
Génératrice à biodiesel G20QS₁₁

10. Image: RE3D; <http://shop.re3d.org>

11. Image: JCB; <http://jcbpowerproducts.com/>

COMPOSITION

COMPOSITION STATION MÈRE

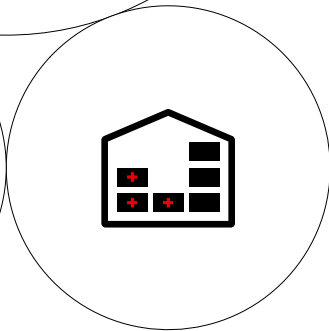
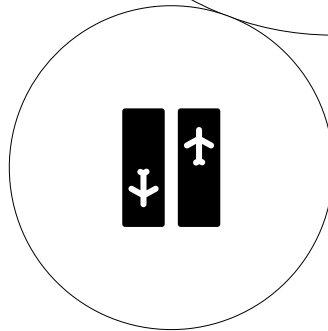
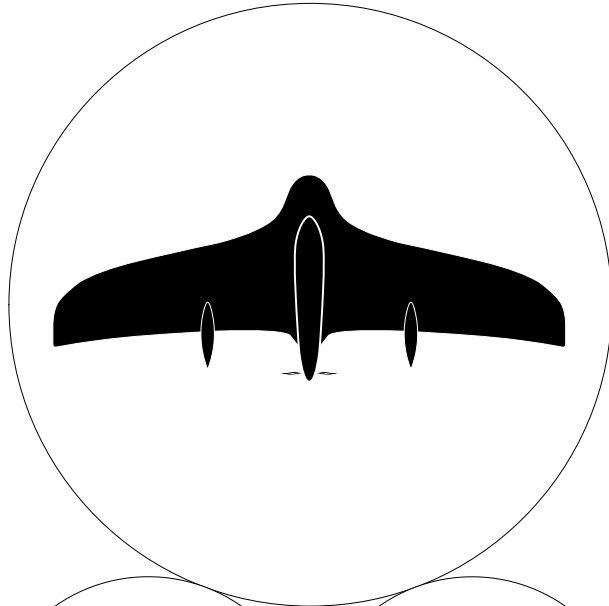


Le développement du programme nous a aidé à cibler les besoins globaux nécessaires au fonctionnement idéal du réseau. À travers cette étude du programme, il est apparu que tous les éléments n'étaient pas forcément nécessaires dans chacune des installations: un droneport principal sera présent à proximité d'une infrastructure issue d'un réseau existant tels qu'un aéroport, une gare ferroviaire ou un port. Ces structures sont souvent logistiquement sous-développées pour la région qu'elles ont l'occasion de desservir, laissant ainsi un grand potentiel d'optimisation du programme. Des droneports secondaires viendront, dans un rayon de 50 kilomètres d'un élément principal, renforcer le réseau et permettront l'acheminement de soins et de marchandises dans des régions délaissées, sans moyens d'acheminement et d'échange efficaces.

Une fois acheminée sur place, la station devra se déployer, nécessitant une structure rapide à monter, légère et efficace.

La question de la mise en forme du projet reste encore en suspens; elle sera reprise et traitée plus en détail dans le troisième chapitre de ce travail.

COMPOSITION STATION SECONDAIRE



ESTIMATIF DES DIMENSIONS À GARANTIR



Hangar

en fonction du nombre de drones nécessaires
l'espace doit pour autant accueillir les drones:

largeur: 300 cm
hauteur: 120 cm
poids: 4,5 kg



Génératrice
Recharge

on assure la couverture d'une génératrice ayant les dimensions suivantes:

largeur: 78 cm
longueur: 175 cm
hauteur: 135 cm
poids: 800 kg.



Réparations
Imprimante 3D

pour la réparation on compte deux tables de travail et la taille d'une imprimante dont les dimensions sont:

largeur: 110 cm
longueur: 120 cm
hauteur: 125 cm
poids: 130 kg



Salle de contrôle

on estime le besoin à trois bureaux de chacun:

largeur: 100 cm
longueur: 120 cm
hauteur: 75 cm
poids: 50 kg



Rangement
Stock

équivalent d'un dispensaire, cette fonction dépend des ressources à transporter. On comptera cinq étagères.

largeur: 60 cm
longueur: 120 cm
hauteur: 180 cm
poids: 60 kg



Piste déployable

La piste dépend du choix de drone. En tous les cas, elle est considérée annexée et extérieure, par conséquent elle n'entre pas dans les dimensions à courvir.

+

+

+

+

CÔTE D'IVOIRE

ÉTUDE DE CAS

+

+

+

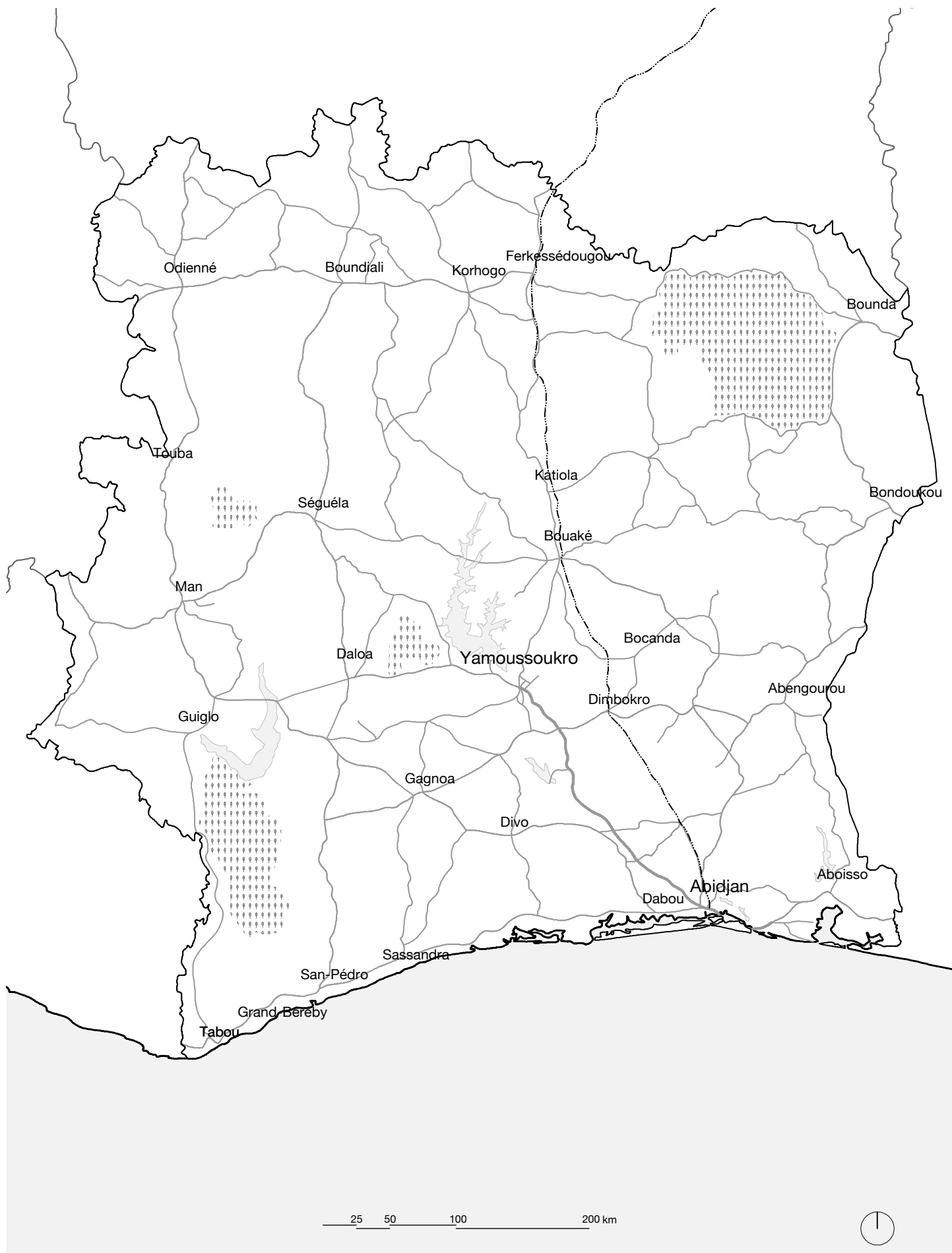
+

+

+

+

+



SITUATION ACTUELLE

Pourquoi avoir choisi la Côte d'Ivoire pour entreprendre une étude de cas? Parce que ce pays répond aux critères suivants: des infrastructures territoriales faibles et avant tout un pays qui est en train de se régénérer par l'accès à l'indépendance en 1960 et la fin du colonialisme. Malgré la crise militaire de 2002, le pays est fragile, mais stabilisé par le fait qu'il est en processus de paix, un traité de fin d'affrontements est signé en 2007. Aussi, il nécessite de l'aide sur un plan médico-social, une démographie en expansion et trop peu d'accès à la santé: "Malgré les efforts conjugués de l'Etat, des partenaires au développement et des ménages, la situation sanitaire reste préoccupante à cause d'une morbidité et d'une mortalité élevées liées au paludisme et à la pandémie du VIH/Sida. Le principal problème qui se dégage de l'analyse du système de santé est l'insuffisance de l'offre de soins accentuée par la crise sociopolitique que le pays a connue. Cette insuffisance se traduit par une proportion importante de la population n'ayant pas accès aux soins préventifs, promotionnels et curatifs de qualité. Cette situation s'explique par une faible couverture sanitaire, l'inexistence ou l'inadéquation du plateau technique des structures sanitaires ainsi que l'insuffisance et l'inégale répartition spatiale du personnel de santé. La crise post-électorale a exacerbé cette situation déjà précaire avec la destruction et

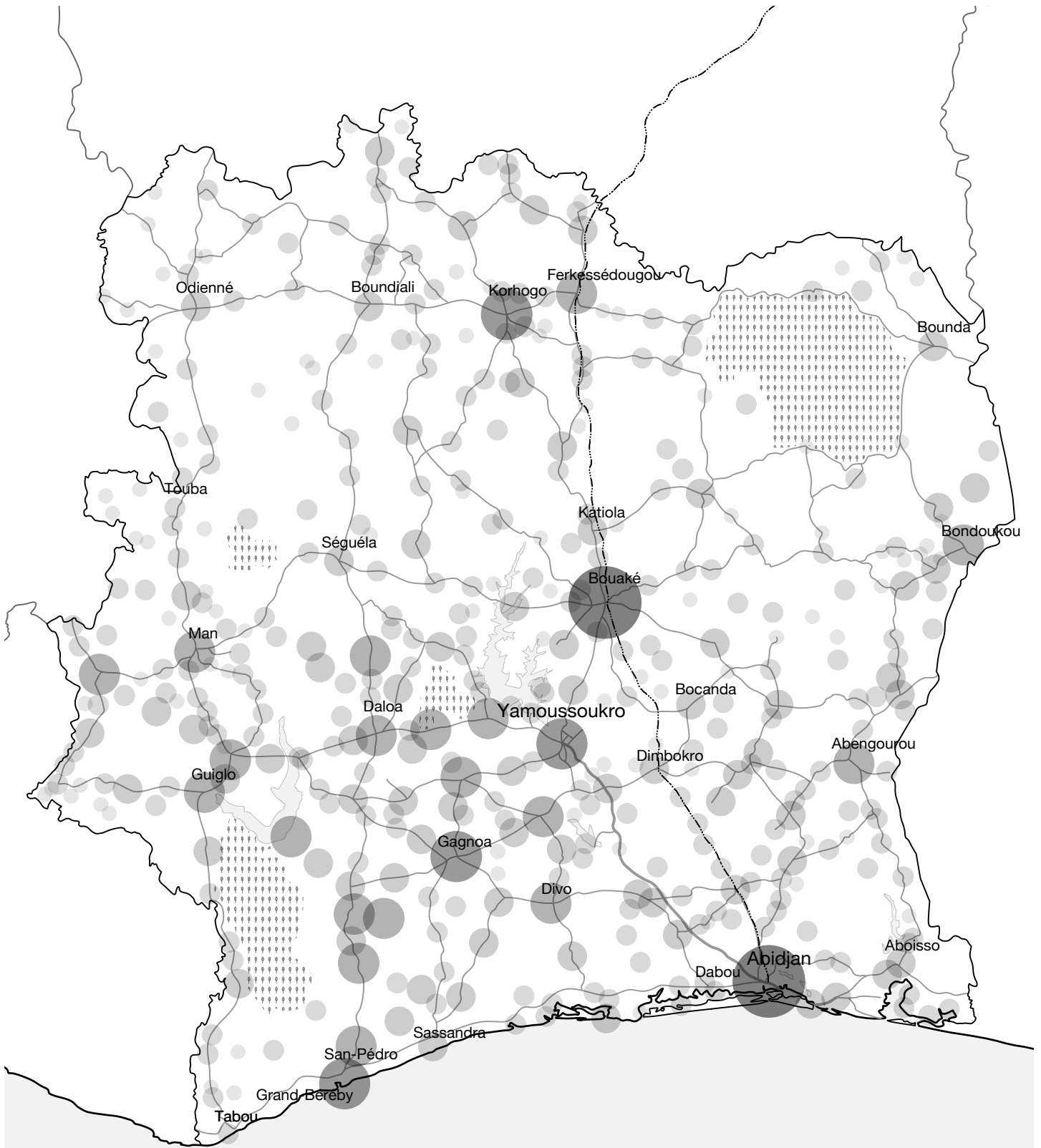
le pillage des infrastructures, des équipements médicaux et logistiques.

Les résultats attendus sont les suivants :

- _ l'efficacité et l'effcience du système de santé sont améliorées ;*
- _ L'offre et la qualité des prestations des services de santé sont améliorées et ;*
- _ La lutte contre le VIH/Sida et les autres problèmes prioritaires de santé est renforcée."*¹²

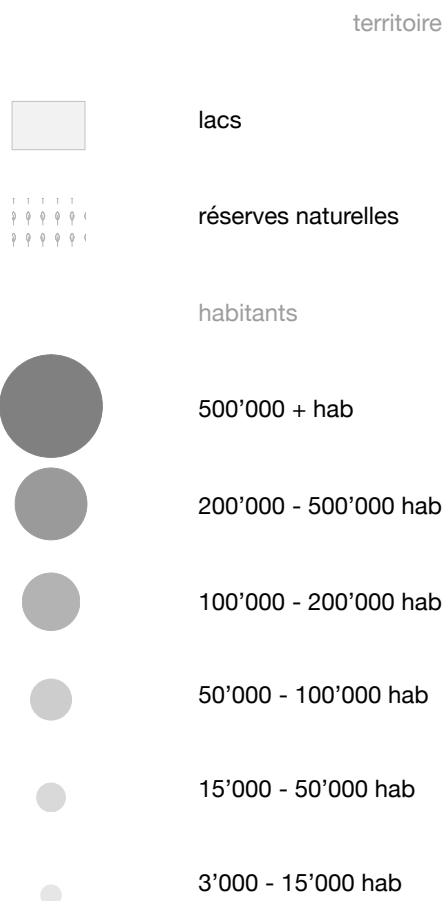
Cette citation, tirée du Plan de Développement National de la Côte d'Ivoire 2012-2015, confirme que ce pays, est dans cette étude de cas, un choix adapté pour entrevoir comment une gare de drone humanitaire se montrerait efficace. Cette étude cherche à comprendre quelles infrastructures présentes dans un cas réel seraient exploitables dans un projet similaire à la Redline.

12. Plan de Développement National de la Côte d'Ivoire 2012-2015; <https://www.imf.org/>



25 50 100 200 km

DÉMOGRAPHIE



13. Résultats définitifs du 4^{ème} Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH); Office de la statistique de Côte d'Ivoire; 2014; <http://www.ins.ci/n/>

En terme de démographie, cette carte nous permet de mieux situer les concentrations de populations. Pour y arriver, nous nous sommes aidés du tableau de recensement de la population émis par l'office de la statistique de la République de Côte d'Ivoire.

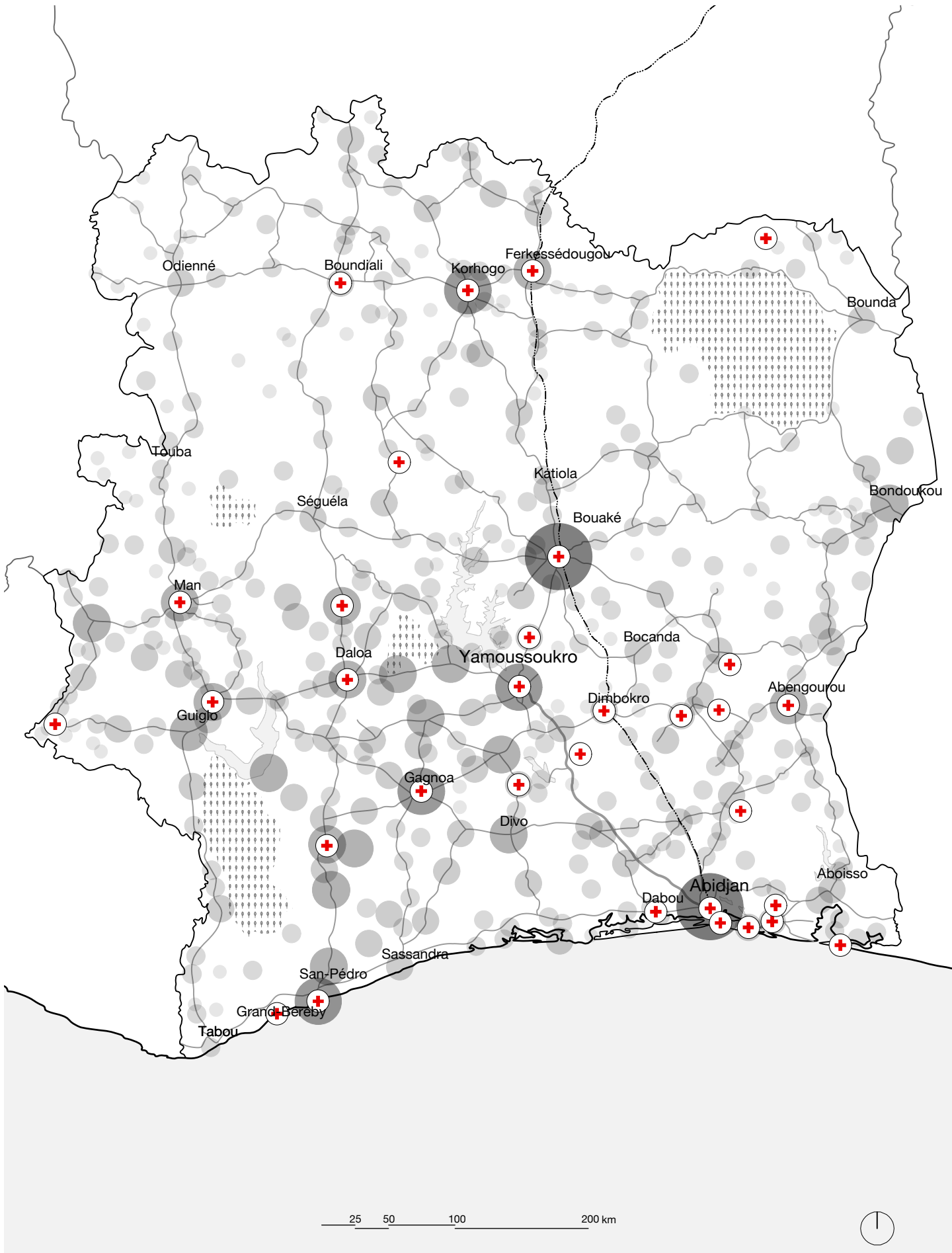
Il faut savoir que la Côte d'Ivoire recense 22'671'331 habitants en 2015, dont un peu plus de la moitié sont des hommes, 11'708'244 contre 10'963'087 femmes. Les ménages sont chiffrés à 4'171'496 avec une taille moyenne de 5,4¹³ personnes par ménage, soit, à titre de comparaison, plus du double de la Suisse qui se situe à une moyenne de 2,25 personnes par ménage.

Grâce à cette carte, nous observons que deux villes possèdent une concentration majeure en terme de population. Ce sont les villes d'Abidjan et Bouaké. La plus grande, comptant 1'250'000 habitants est Abidjan. Elle n'est pourtant pas la capitale politique du pays, mais la capitale économique. Bouaké, comptant 606'000¹ habitants est une ville principale au nord de la capitale qui est Yamoussoukro avec 220'000 habitants.

Une autre lecture que nous pouvons effectuer par cette carte est que l'ensemble de la population est majoritairement ancrée dans la partie sud du pays, entre la capitale et la côte. On notera une légère faveur de pour les rives des lacs en ce qui concerne les plus petites villes et villages.

Nouvel élément notable, les axes de transports et d'échanges sont également les tracés sur lesquels nous trouvons les grandes villes. On observe ainsi les villes portuaires telles qu'Abidjan, Grand-Bereby et les villes ferroviaires comme Bouaké, Ferkessédougou, Forhogo. La capitale politique, Yamoussoukro est en réalité desservie par l'unique autoroute du pays la reliant à Abidjan.

Le nord est passablement moins peuplé, mais surtout bien moins desservi. Les infrastructures reliant les petites villes et les villages aux axes d'échanges sont faibles, sinon inexistantes. Nous verrons plus loin dans l'analyse des infrastructures quels moyens sont à la disposition de cette partie du pays. Dans le cadre de cette analyse démographique, le pressentiment est qu'il semble judicieux de se concentrer sur le nord dans le cadre de cette étude, car le manque à gagner en infrastructures semble fort.



HÔPITAUX



Hôpital, Côte d'Ivoire,¹⁴

instances



hôpitaux

territoire



lacs



réserves naturelles

habitants



500'000 +



200'000 - 500'000



100'000 - 200'000



50'000 - 100'000



15'000 - 50'000



3'000 - 15'000

Ci-contre, une carte répertoriant l'ensemble des hôpitaux du pays. On y voit que, dans l'ensemble, les hôpitaux sont d'une part peu nombreux, mais aussi répartis de façon inégale. On en compte 7 dans la région d'Abidjan, sur la côte, puis ils se localisent sur le bandeau menant d'Abengourou à Gagnoa. Encore une fois, il faut observer que le nord du pays connaît peu d'accès à la santé. Seuls cinq hôpitaux couvrent une aire d'environ 150km², comprenant les régions des Savanes, du Denguele, du Zanzan, de Bandama et de Worodougou, où vivent plus de 4,5 millions de personnes, soit l'équivalent de la moitié de la population suisse.

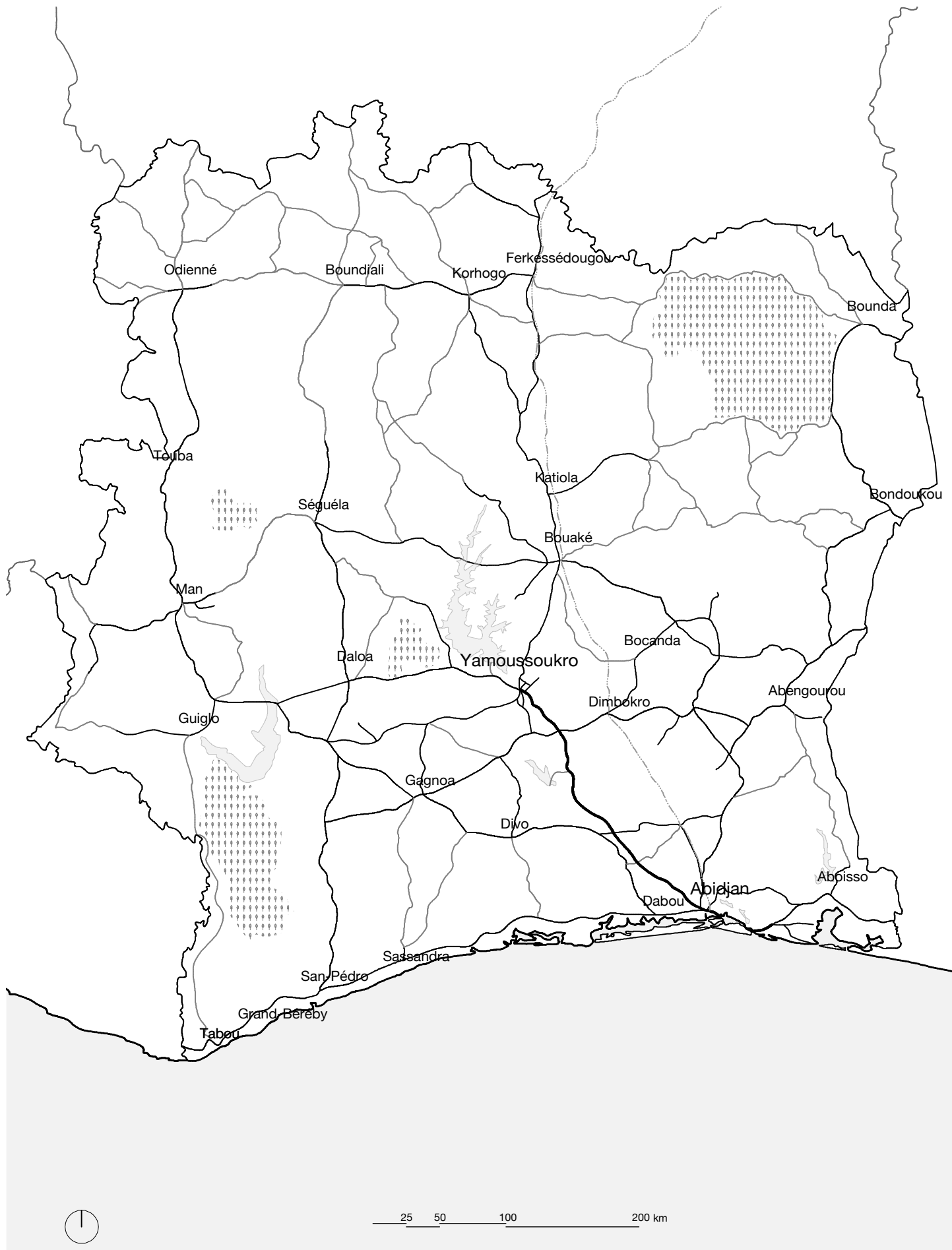
En revanche, le pays compte un nombre plus élevé d'établissements médicaux en tout genres: pharmacies, dépôts pharmaceutiques, maternités et cliniques. L'exemple de la région des Savanes est percutant, on chiffre 35 structures médicales dans la région du Boudiali. En revanche, la plupart de ces structures sont inactives ou inexploitées, soit par manque d'accès, soit parce que le personnel n'est pas là:

*"Il faut remarquer que 45 médecins exerçaient en 2001 dans les régions de Korhogo, Boundiali, Ferké et Tengrela contre 23 en 2005 soit 51 % des médecins fonctionnaires en activité dans la région des savanes. Le nombre des infirmiers a baissé de 254 à 67 dans la zone des savanes. Soit seulement 26 % des infirmiers diplômés d'Etat en fonction. Quant aux sages-femmes exerçant dans le département de Korhogo, elles sont seulement 17 personnes contre 66 en 2001. Soit 26 % de ce corps médical régulièrement en service dans cette zone du pays."*¹⁵

Le réseau médical est, en observant ces chiffres un véritable problème. On note que le CICR est actif dans le pays et vient en aide pour améliorer les habitudes d'hygiène à titre préventif. En revanche, il ne faut pas oublier que la question des infrastructures se pose, car si les routes ne permettent pas les accès à la santé, quelque soient ces aides, elles risquent de rester inaccessibles.

14. Photo: Serge T; <http://news.abidjan.net/>

15. CHR de Korhogo : Insuffisance de personnels qualifiés - Une sage-femme pour 3000 grossesses; Le Patriote, Côte d'Ivoire, 24/11/2005, <http://www.santetropicale.com/actualites/>



INFRASTRUCTURES

ROUTES PRINCIPALES



Autoroute Abidjan-Yamoussoukro₁₆



Route principale en bitume, Côte d'Ivoire₁₇



Route principale en terre proche d'Agnibilékrou₁₈

Ci-contre, le réseau routier est représenté avec le dessin des routes principales uniquement, autrement dit, les routes les plus entretenues. On note 3 catégories:

1. l'autoroute
2. les routes principales bitûmées
3. les routes principales en terre battue

*"L'ampleur de la tâche de l'AGEROUTE se devine aisément lorsque l'on sait qu'elle a en charge la gestion des 81 996 kilomètres de réseau routier ivoirien représentant 50% du réseau de l'Union Economique et Monétaire Ouest Africaine (UEMOA)"*¹⁹

Sur l'ensemble du réseau routier, on compte un total de 6514 kilomètres de routes principales. 136 kilomètres sont l'autoroute entre Singrobo et Yamoussoukro, appelée Autoroute du Nord, un projet agrandi à 224 km par la relation avec Abidjan. C'est la seule autoroute sur l'ensemble du pays et les deux villes sont reliées par un trajet de trois heures.

L'analyse de cette carte permet de comprendre que le réseau routier, même principal, n'est pas entièrement bitûmé, manque de moyens, et qu'il se densifie autour de l'axe ferroviaire et entre les villes majeures. On observe ainsi que de larges surfaces du territoire sont parfaitement ignorées par les tracés actuels, à l'exemple de la région de Worodougou au Nord-Est.

routes

autoroute

route principale goudronnée

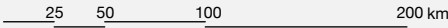
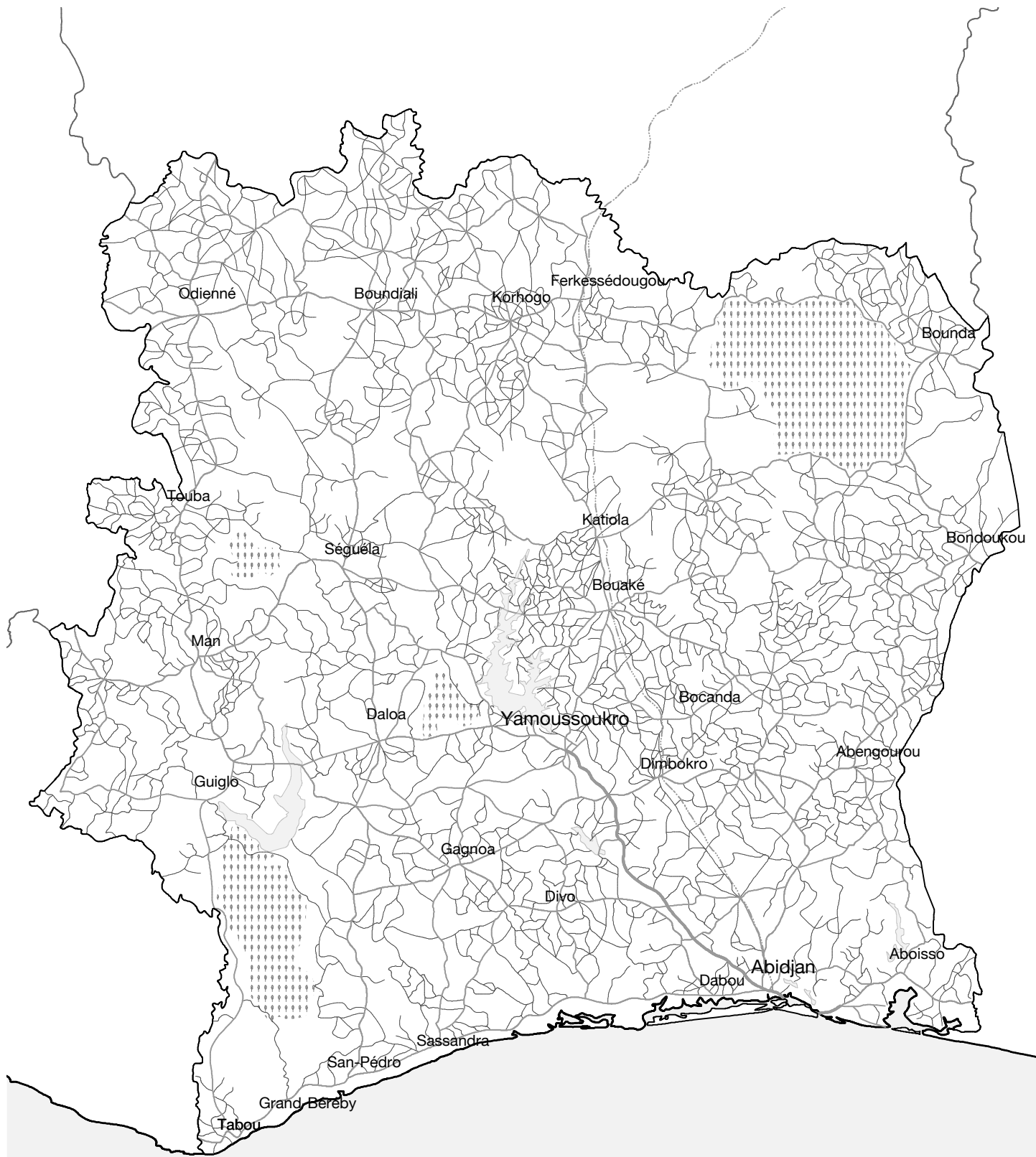
route principale en terre

16. Photo: Aatapointe (pseudonyme); <http://news.abidjan.net>

17. Photo: *La Côte d'Ivoire est malade de ses routes*; Frédéric Goré Bi; <http://www.avenue225.com/>

18. Photo prise par JB (pseudonyme); <http://freewheely.com>

19. AGEROUTE (Agence de gestion des routes pour la Côte d'Ivoire); <http://www.ageroute.ci/>



ROUTES SECONDAIRES

Le réseau routier secondaire en Côte d'Ivoire compte 75'482 kilomètres²² de routes en terre. Ces routes contiennent quatre classes définies par l'AGEROUTE, de A à D, D étant la route rurale ou agricole.

Bien que l'utilisation fonctionnelle de ces routes soit particulière à chaque catégorie, du villageois au paysan, toutes sont en terre et donc soumises aux intempéries, mouvements de terrains et autres phénomènes naturels. Une fois entravées ces routes deviennent un véritable champ de mines pour les transports qui l'empruntent comme le montrent les images ci-droite.

Le problème devient encore plus grand lorsque que ces routes sont empruntées pour acheminer des médicaments ou de la nourriture. Les échéances ou urgences ne peuvent pas être assurées. Aussi, la transformation de ces routes et leur entretien seraient une charge que l'Etat ne peut pas encore assurer. Pour l'instant, c'est par les dons et prêts internationaux que l'état entretient ses tracés principaux.

Sur la carte ci-contre, on voit que l'ensemble du territoire est desservi par ce type de route, à l'exception des parcs naturels, évidemment.

routes

autoroute

route principale goudronnée

route principale en terre

route secondaire en terre



Route secondaire en terre en saison des pluies, Côte d'Ivoire²⁰



Route secondaire en terre, Côte d'Ivoire²¹

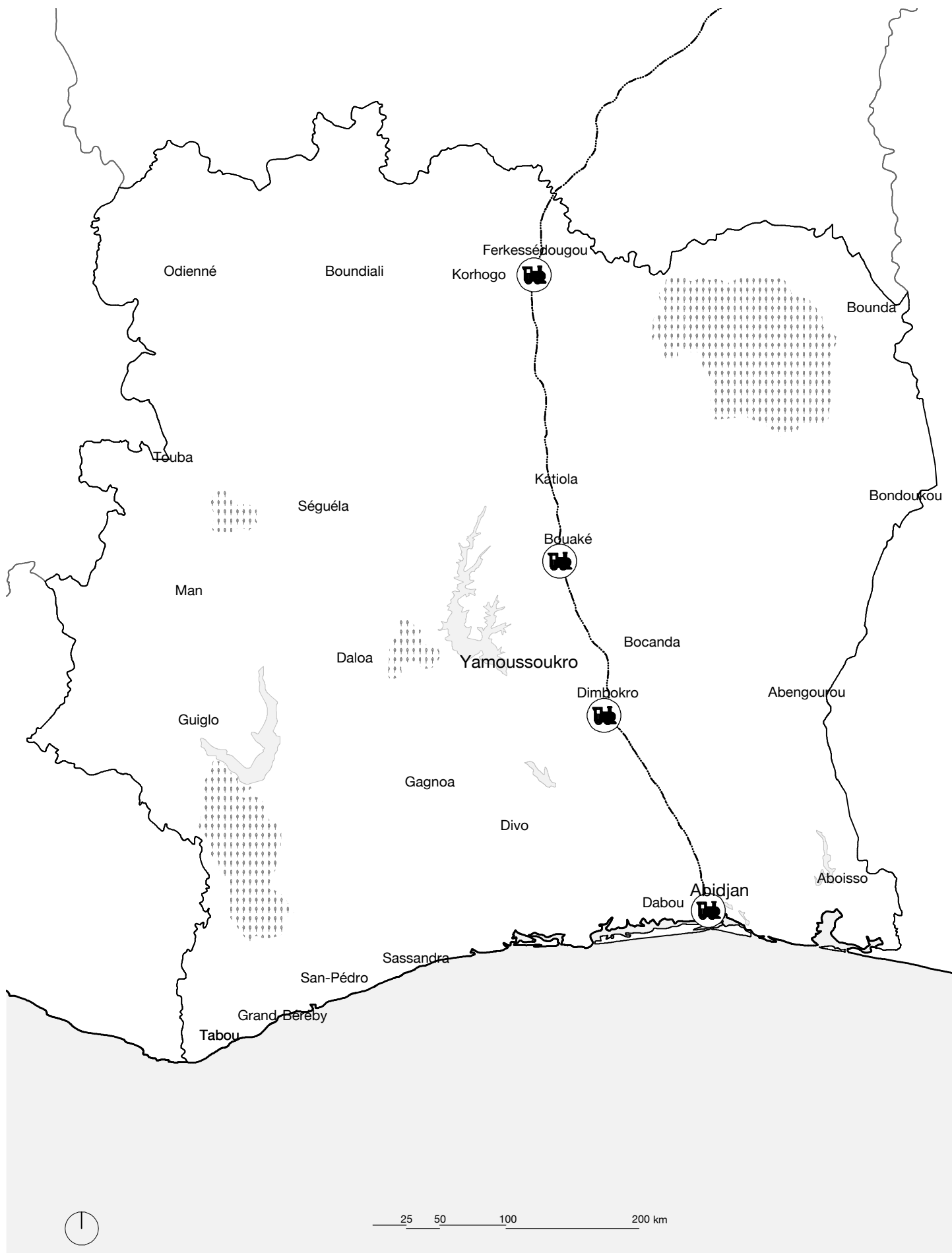


Route secondaire en terre, Côte d'Ivoire²²

20. AGEROUTE (Agence de gestion des routes pour la Côte d'Ivoire; <http://www.ageroute.ci/>

21; 25. Photo: <http://photodiarist.com>

22. Photo: <https://southofceuta.wordpress.com/>



RÉSEAU FERROVIAIRE



Train ivoirien, Côte d'Ivoire²³



Chemin de fer, Côte d'Ivoire²⁴



gares ferroviaires



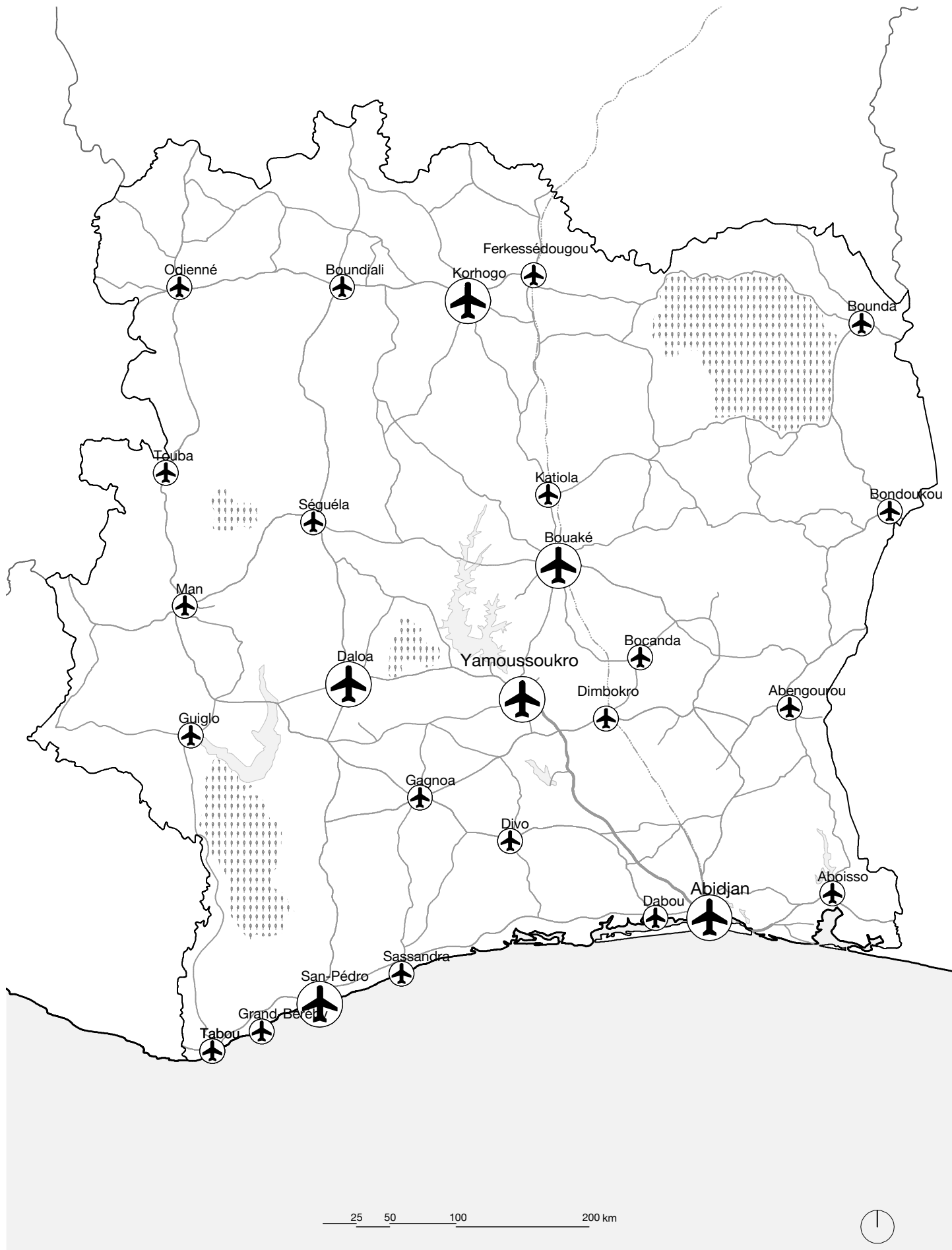
rails

Dans le cas de la Côte d'Ivoire, le réseau du chemin de fer est extrêmement pauvre. Pour l'instant, il existe une seule ligne qui relie le port d'Abidjan à la ville d'Ougadougou au Burkina Faso. L'expansion du projet prendrait un temps considérablement plus long et serait également limité. Il en va de même pour une expansion depuis la côte en considérant les ports de marchandise. Il faut aussi savoir qu'Abidjan est le seul lien portuaire du Burkina Faso et que cette ligne est primordiale: "(...) que ce soit pour les marchandises diverses ou pour des produits hautement stratégiques comme les hydrocarbures, le port d'Abidjan demeure malheureusement encore le lieu d'approvisionnement le plus important"²⁵

23. Photo: <http://lefaso.net>

24. Photo: <https://fr.africatime>

25. *Burkina-Côte d'Ivoire : Y a danger, le train a arrêté de siffler !*; Bark Biiga; 2011; <http://lefaso.net>



AÉROPORTS



Aéroport de Yamoussoukro²⁶



Aéroport de boundiali²⁷



aéroport majeur (piste > 2000m)



aéroport mineur (900m < piste < 2000m)

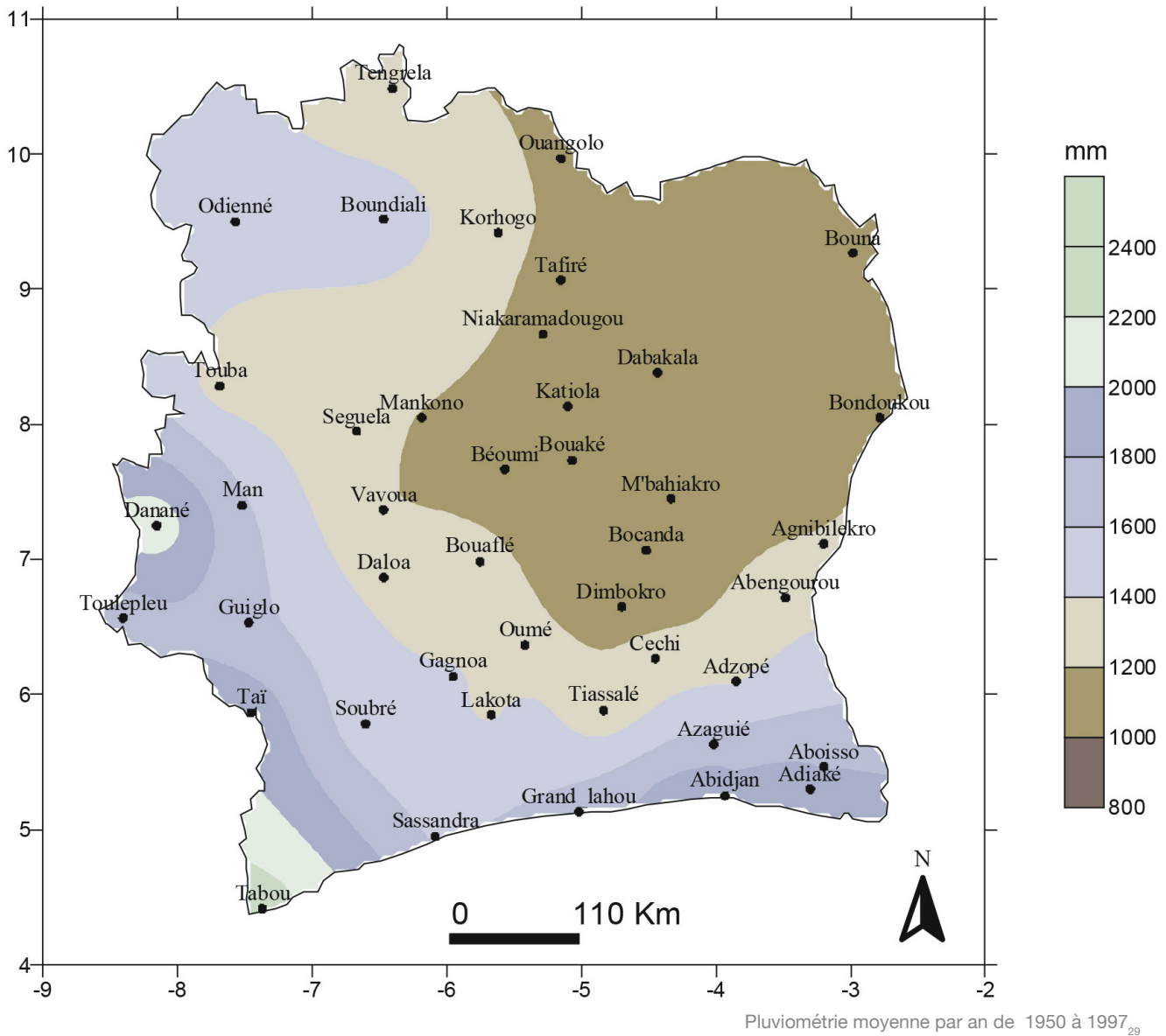
Ci-contre sont représentés l'ensemble des aéroports de la Côte d'Ivoire. Il existe une grande disparité entre les aéroports principaux et les aéroports secondaires, comme illustré sur la carte. Les seuls disposant d'un véritable tarmac sont ceux d'Abidjan, Yamoussoukro, Daloa, Bouaké et Korhogo. Le reste de l'infrastructure aérienne du pays se limite à des nivellements de terrain, puis sont laissés à l'état brut.

En 2014, un article se Connexion Ivoirienne cite « *Le gouvernement a annoncé un plan de rénovation des aéroports de l'intérieur du pays tombées dans la désuétude pendant une décennie. Ceci, dans le cadre du développement du transport aérien* ».²⁸ Bien que ce soit un premier pas dans la réhabilitation du réseau aérien, il reste un travail gargantuesque avant de le rendre viable. Cependant, avec les prémices de pistes des aéroports mineurs encore en terre, il est possible d'envisager le trafic de certains modèles d'avions.

26. Image: Panoramio, <http://www.panoramio.com/>
27. Image: Infrastructure/Boundiali : l'aéroport un a tout pour la région; RTI; 2014;

28. Côte d'Ivoire: 6 aéroports de l'intérieur du pays réhabilités en 2014; Patrice Allegbe; <http://www.connectionivoirienne.net>

CLIMAT



De par sa position géographique, le pays est entre deux types climatiques: le climat tropical au nord et le climat équatorial au sud. Les températures sont uniformes sur le pays, 27°C de moyenne annuelle. La rencontre des masses d'air continentales et maritimes créent une alternance de saisons des pluies et saisons sèches sur l'ensemble du pays.

Ci-dessus, une carte pluviométrique montre des précipitations allant à plus de 2000 millimètres à certains endroits. Il est donc à considérer que la gare de drône puisse résister à de fortes précipitations malgré son caractère temporaire.

Les saisons³⁰:

SUD

saison sèche: mi-juillet à septembre et décembre à mars

saison des pluies: avril à mi-juillet et septembre à novembre

NORD

saison sèche: octobre à mars

saison des pluies: juin à septembre

29. <http://www.hydrosciences.fr>

30. <http://www.africarelocationservices.com>

+

+

+

+

SCÉNARIOS

+

+

+

+

+

+



SCÉNARIO A

MER - RAIL - TERRE

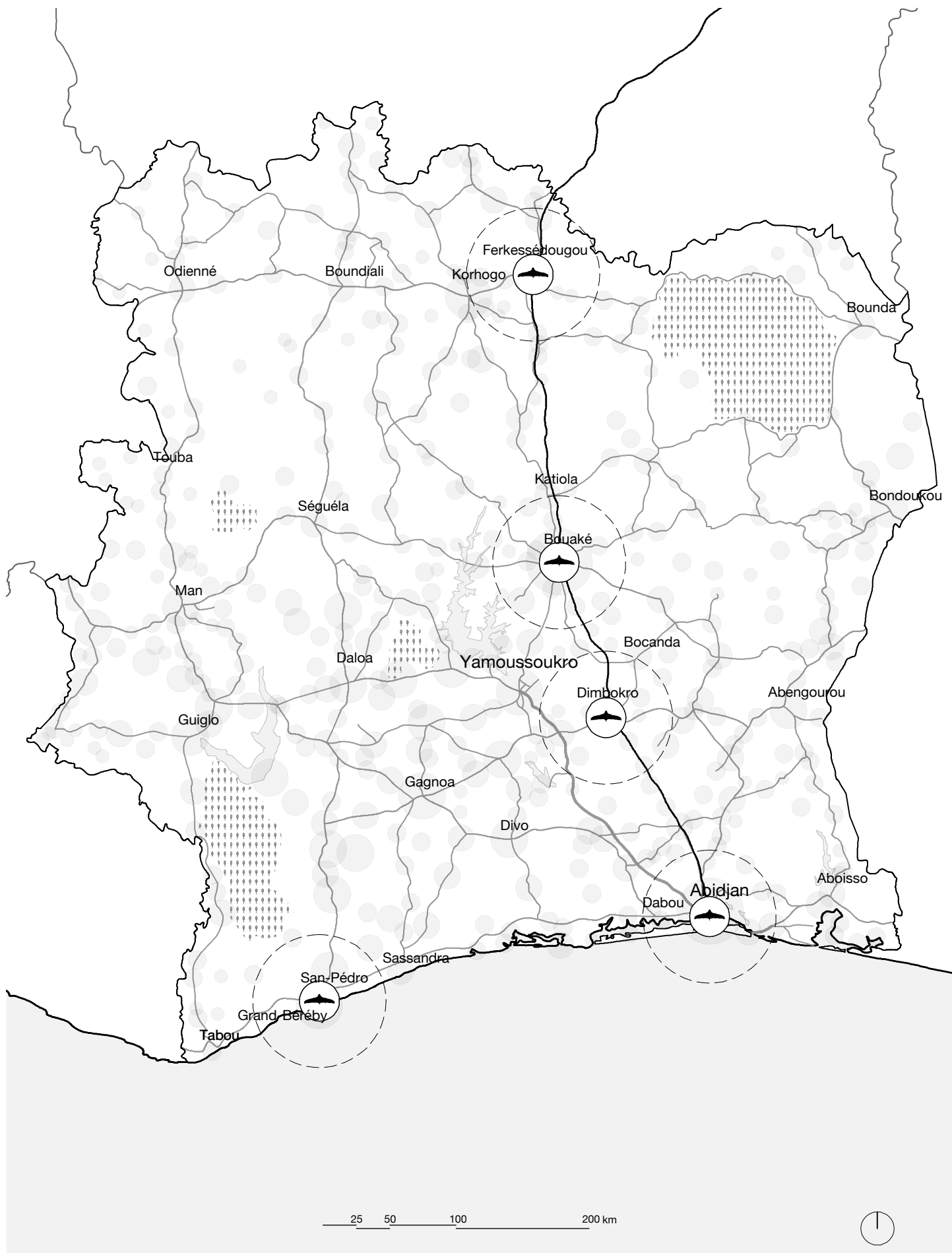
UN:
REPÉRER LES INFRASTRUCTURES

DEUX:
IMPACT D'UN DÉPLOIEMENT DANS LE CONTEXTE IMMÉDIAT

TROIS:
COMPRENDRE LES RESTRICTIONS D'ACHEMINEMENT

Ce scénario a pour but de comprendre quelles seront les restrictions d'acheminement d'un droneport s'il est réalisé par l'intermédiaire des transports que sont le bateau et le train. Avec l'objectif de garder les coûts au plus bas, nous nous fixons de baser notre futur projet de DronePort sur des dimensions de caisses de transports standardisés.

La première partie de ce scénario consiste en la répertoriation des gares et ports du pays, chose préalablement étudiée dans le travail. Nous l'avons vu précédemment, ces moyens sont peu développés. Nous allons ensuite procéder à la superposition de droneport sur cette même carte et vérifier l'impact surfacique de ces derniers.



+
+
+
+
+
+
+
+
+
+

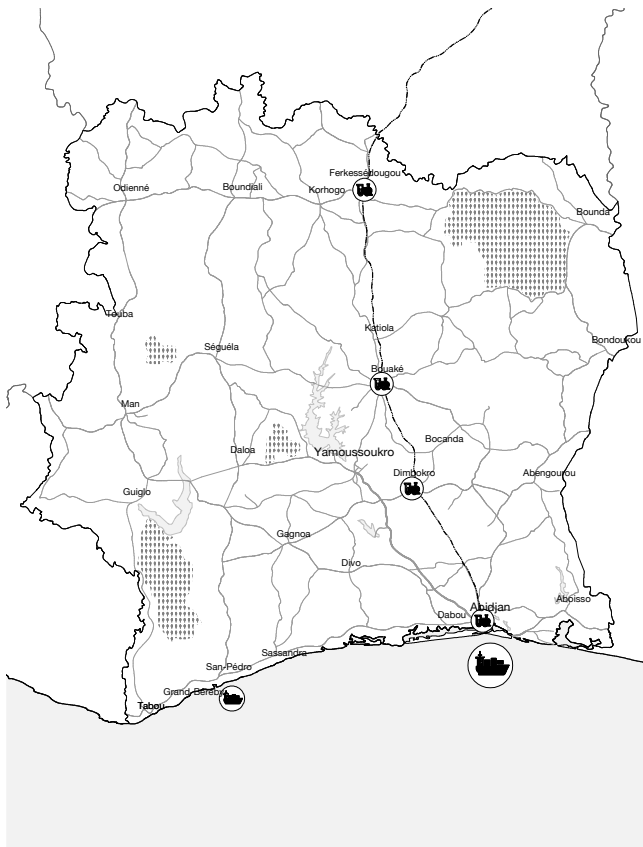
DÉPLOIEMENT & RAYONS D'ACTION



rayon d'action 50km



gare de drone



STATION PORT

nombre de stations: 2 stations
surface de desserte assurée: 6550 km²

STATION GARE FERROVIAIRE

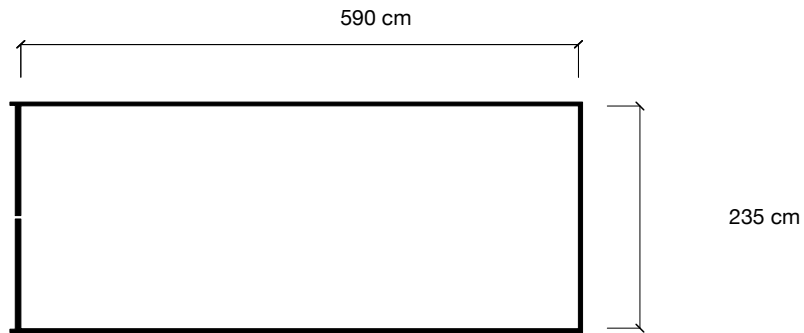
nombre de stations: 3 stations
surface de desserte assurée: 23'550 km²

TOTAL

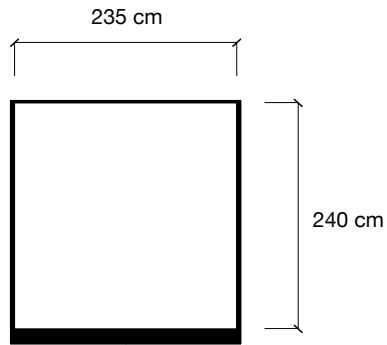
nombre de stations: 5 stations
surface de desserte assurée: 30'100 km²
surface desservie/ surface totale: 9.6% du territoire ivoirien

Les drones ayant un champ d'action limité à 50km aller-retour - en cause l'autonomie d'énergie - le calcul amène un résultat peu probant. Pour produire ces résultats, nous avons considéré qu'un rayon d'action équivalait à 7850 kilomètres carrés, sauf dans le cas des stations portuaires, où une grande partie de la surface est en réalité de l'eau. Au final, seuls 9,6% du territoire ivoirien seraient couverts par le réseau. En cause, le tracé sur lequel nous avons basé ce scénario ne compte que quatre stations ferroviaires et deux portuaires, dont une de chaque se cumule en une seule à Abidjan. La superposition de ces structures ne serait pas un problème si dans l'ensemble, le réseau ferroviaire était plus étendu, également transversal dans le pays.

Pour le cas de la Côte d'Ivoire, ce scénario ne semble donc pas être la solution la plus optimale. En revanche, nous allons tout de même observer plus loin le moyen d'acheminement, nous devons garder en mémoire que le projet se veut suffisamment universel pour être déployé dans d'autres pays potentiellement intéressés par la stratégie mer-rail-terre.



CONTAINER ISO 20'
PLAN



CONTAINER ISO 20'
COUPE TRANSVERSALE

MOYEN D'ACHEMINEMENT

LE CONTENEUR INTERMODAL

Avec 20.2 millions d'unités dans le monde, cet emballage métallique doit son succès au large panel de moyens de transport qui peuvent l'accueillir. En effet, il est facilement transposable du bateau au camion, en passant par le train. Il se décline en 2 catégories de longueur principales ; 6 m et 12 m, le plus répandu étant le 12 m. Tous les deux possèdent la

même charge utile de 26'000 kg, ainsi que la même hauteur et largeur. Économiquement, ce conteneur est extrêmement rentable et peut être acheminé presque partout à condition que l'infrastructure soit en état de recevoir les divers moyens de transport qui le déplace.



Exemple de container iso 20' ₃₁



+
+
+
+
+
+
+
+
+
+

SCÉNARIO B

AÉROPORTS

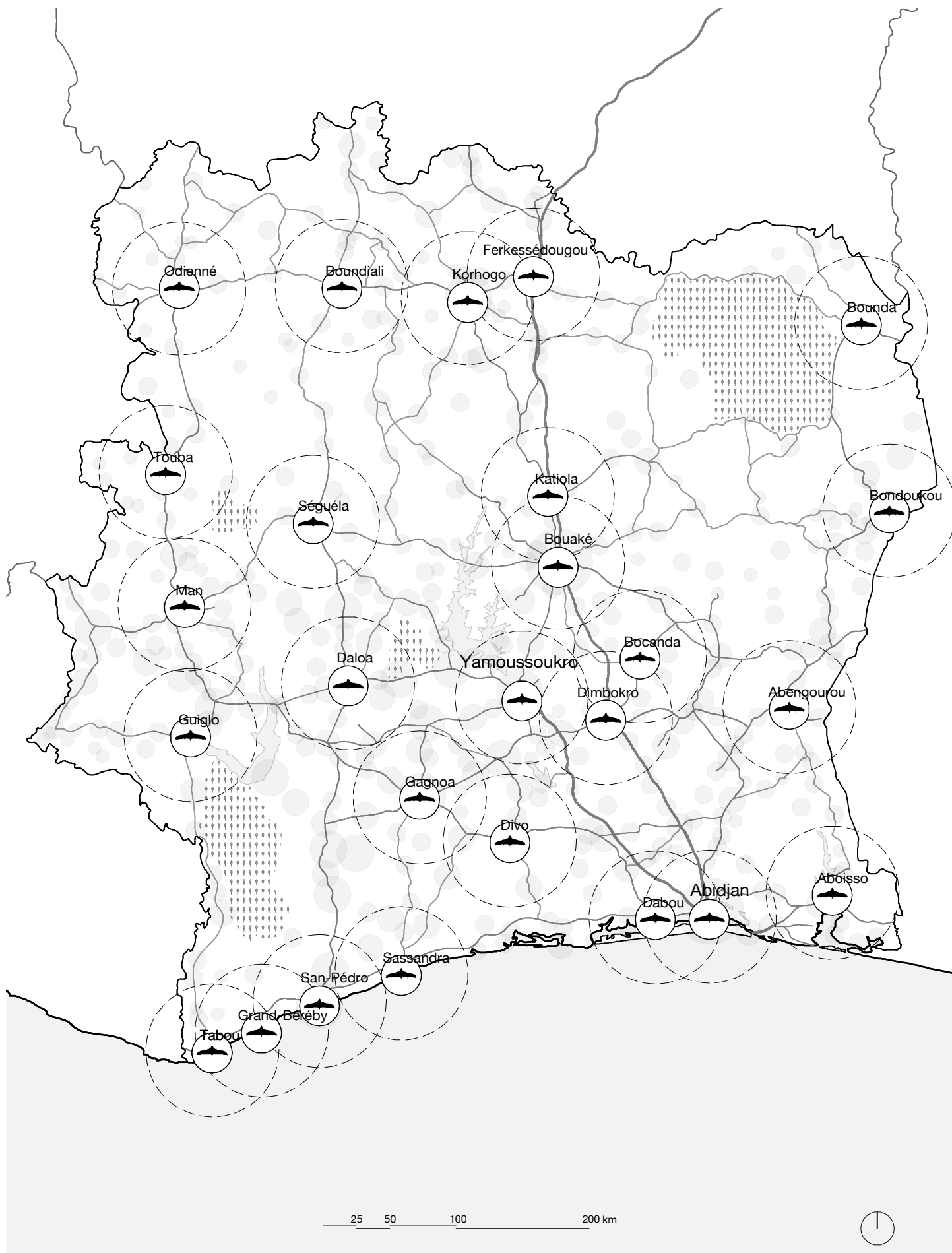
UN:
REPÉRER LES INFRASTRUCTURES

DEUX:
IMPACT D'UN DÉPLOIEMENT DANS LE CONTEXTE IMMÉDIAT

TROIS:
COMPRENDRE LES RESTRICTIONS D'ACHEMINEMENT

Ce scénario a pour but de comprendre quelles seront les restrictions d'acheminement d'un droneport s'il est réalisé par l'intermédiaire des transports que sont les avions et avions-cargo. Avec l'objectif de garder les coûts au plus bas, nous nous sommes fixés comme objectifs de baser notre futur projet de DronePort sur des dimensions des soutes de ces avions.

La première partie de ce scénario consiste en la répertori-ation des aéroports du pays, chose préalablement étudiée dans le travail. Les aéroports sont passablement bien répartis sur le pays, bien qu'ils soient de taille et qualité différentes. Nous allons ensuite procéder à la superposition de droneports sur cette même carte et vérifier l'impact surfacique de ces derniers.



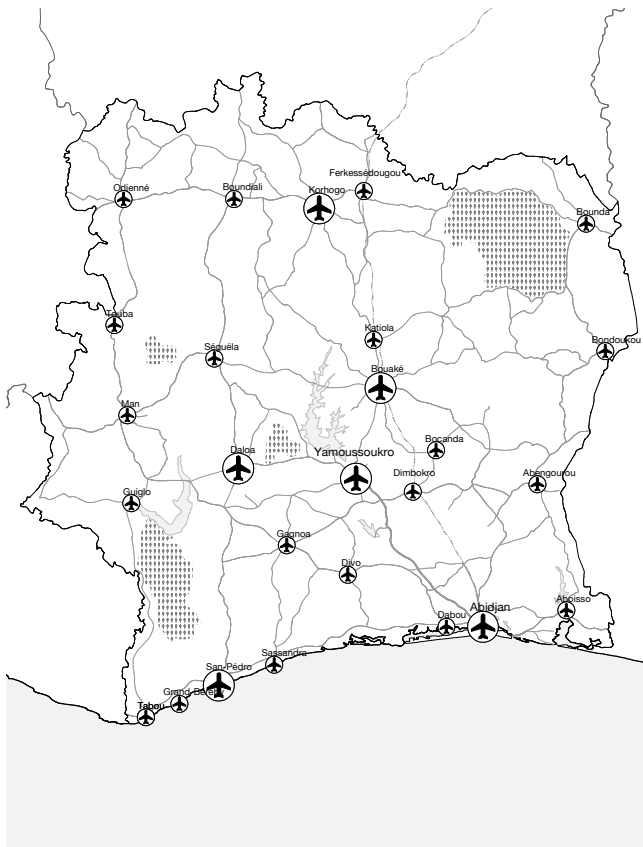
DÉPLOIEMENT & RAYONS D'ACTION



rayon d'action 50 km



gare de drône



STATION AÉROPORT

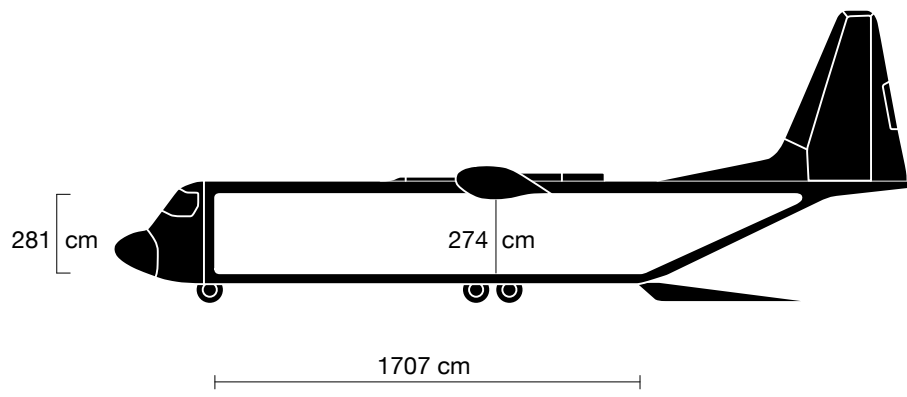
nombre de stations: 26 stations
 surface de desserte assurée: 158'000 km²

TOTAL

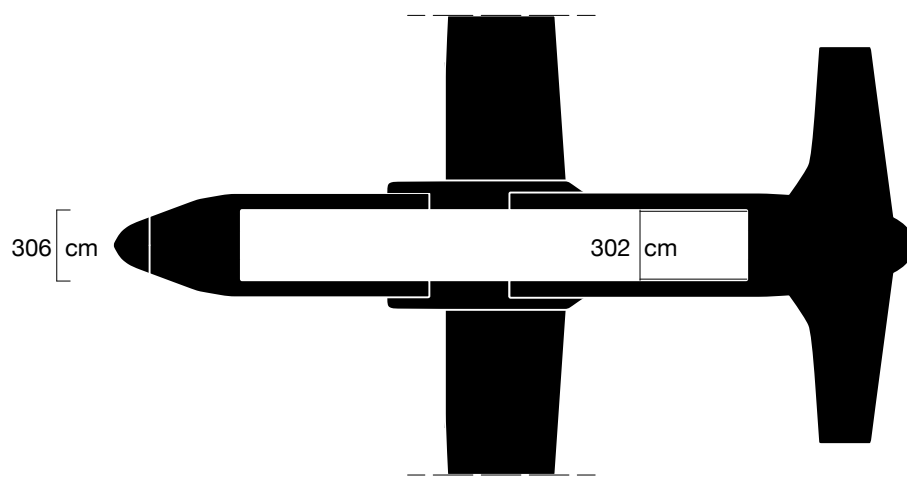
nombre de stations: 26 stations
 surface de desserte assurée: 158'000 km²
 surface desservie/ surface totale: 50% du territoire ivoirien

Ci-contre, le rayon d'action des drones est maintenu à 50 kilomètres aller-retour. Ces résultats sont également considérés par le biais d'un rayon d'action équivalent à 7850 kilomètres carrés, sauf dans le cas des aéroports proche de la côte qui comprennent de l'eau dans une partie de leur surface. Le résultat est bien plus encourageant que celui du scénario précédent: 50% du territoire ivoirien couvert par le réseau.

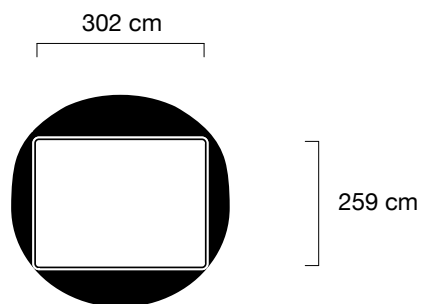
Bien que les aéroports soient inégaux, ils ont l'avantage d'être bien mieux répartis sur le pays et dans le cas d'un déploiement sur le site même, les stations couvrent bien plus de territoire. Il va de soi que l'observation des restrictions dimensionnelles d'une soule sera intéressante par la suite. Il faut comprendre que le choix d'avion est réduit, car bien des pistes sont à l'état de terre battue.



COUPE LONGITUDINALE



PLAN



COUPE TRANSVERSALE

MOYEN D'ACHEMINEMENT

AVION CARGO LOCKHEED L-100

Cet appareil aérien est un véritable dromadaire du ciel. Dérivé du modèle C-130 Hercules, utilisé notamment par la US Air Force et par la Royal Air Force, il est capable de transporter 20'000 kg de marchandise sur une distance de 2'200 km. Sa charge utile maximale est de 21'500 kg répartie sur 7 palettes de 300 cm x 224 cm x 259 cm. Cet avion possède un autre atout majeur: sa capacité à pouvoir atterrir et décoller sur une distance très courte de 1'500m et surtout

sur des surfaces autre que le bitume telles que neige, glace, herbe ou encore terre. Charger et décharger la marchandise est facilité grâce à sa porte arrière qui, lorsqu'elle est abaissée, devient alors une rampe qui donne accès directement au chargement. On peut dès lors, utiliser un simple pick-up pour tirer les palettes hors de l'appareil.



Exemple d'avion cargo C-130₃₂

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

BOUNDIALI

ZOOM SUR UN CONTEXTE PARTICULIER

+

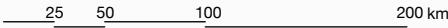
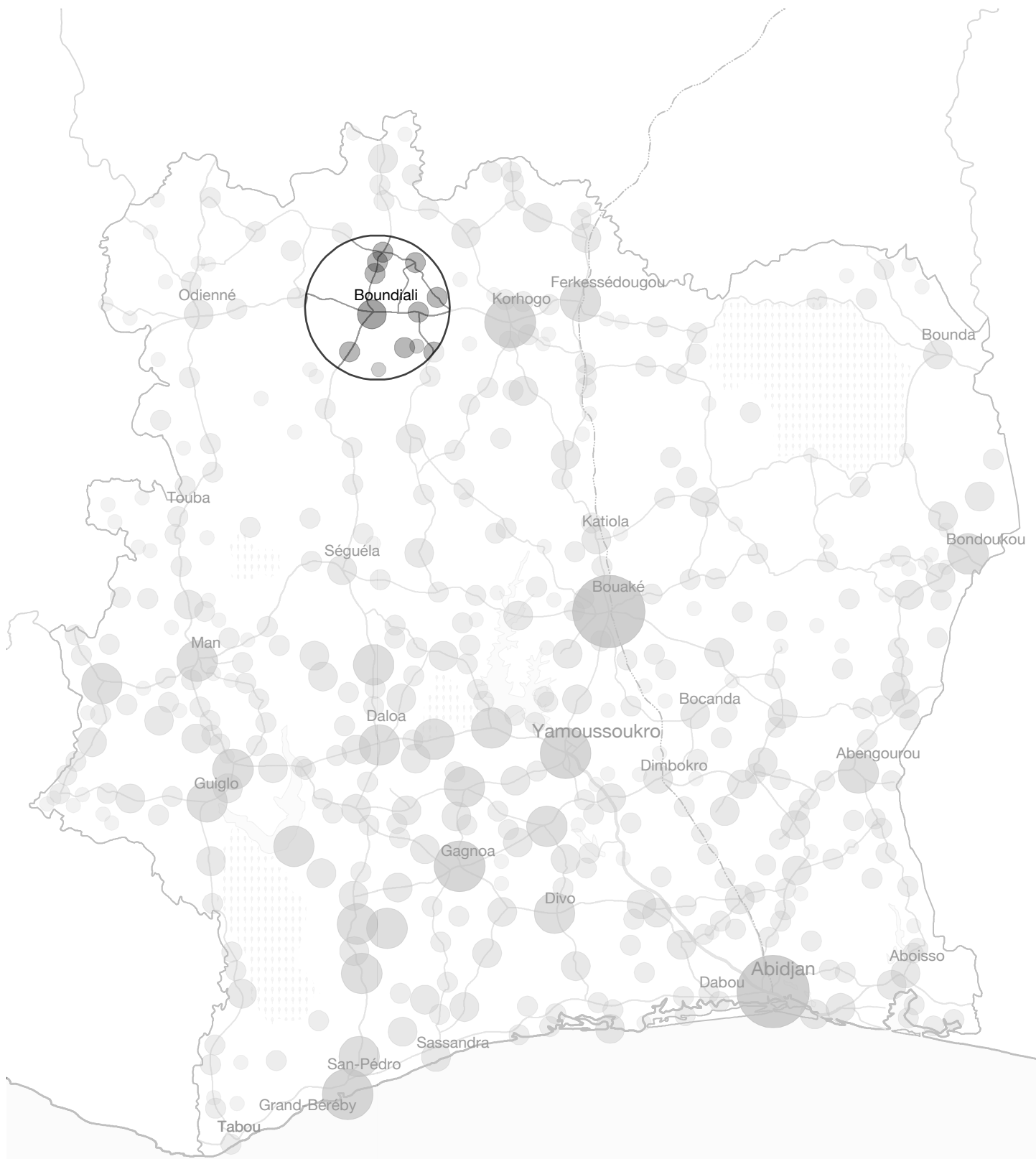
+

+

+

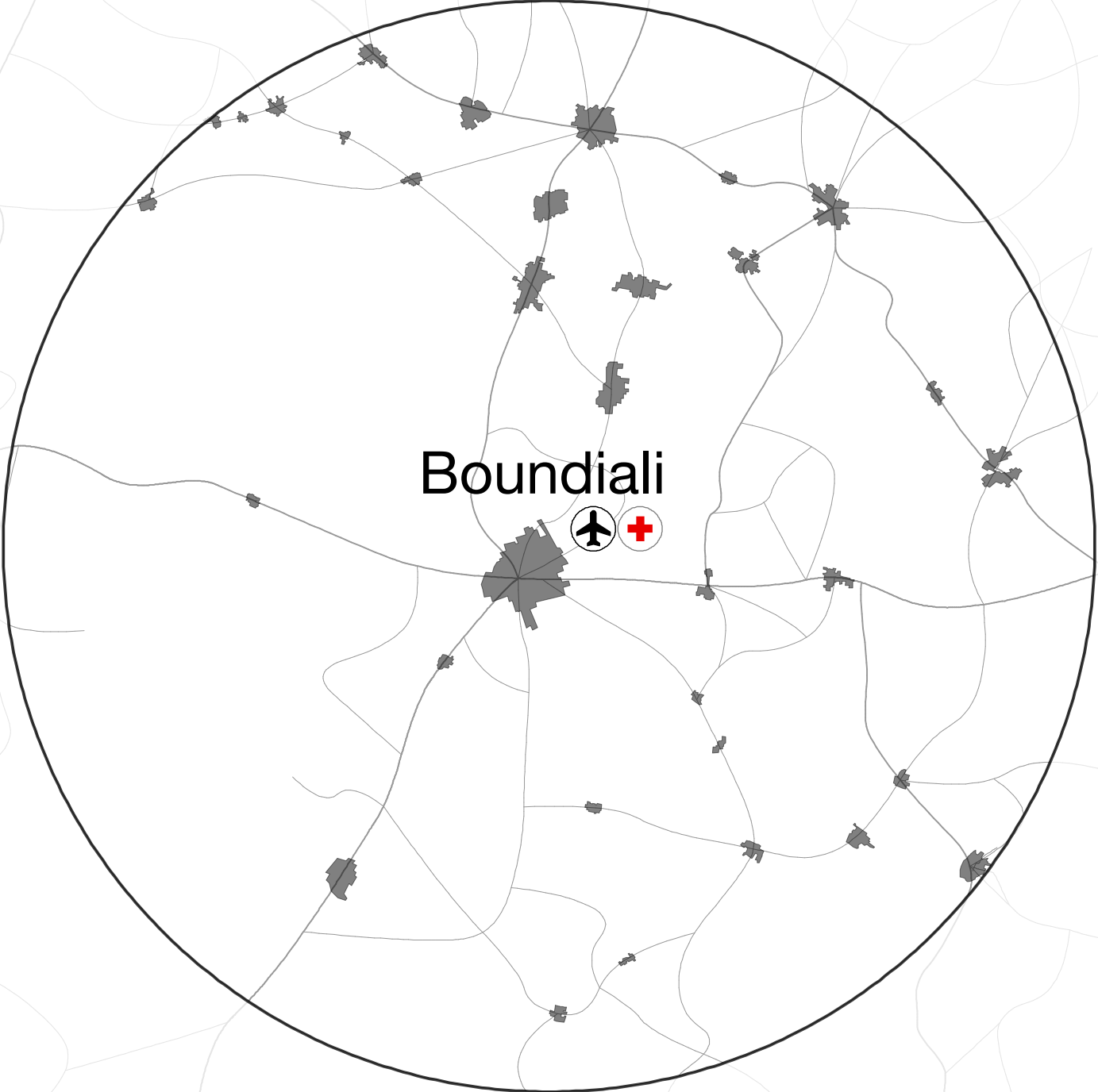
+

+



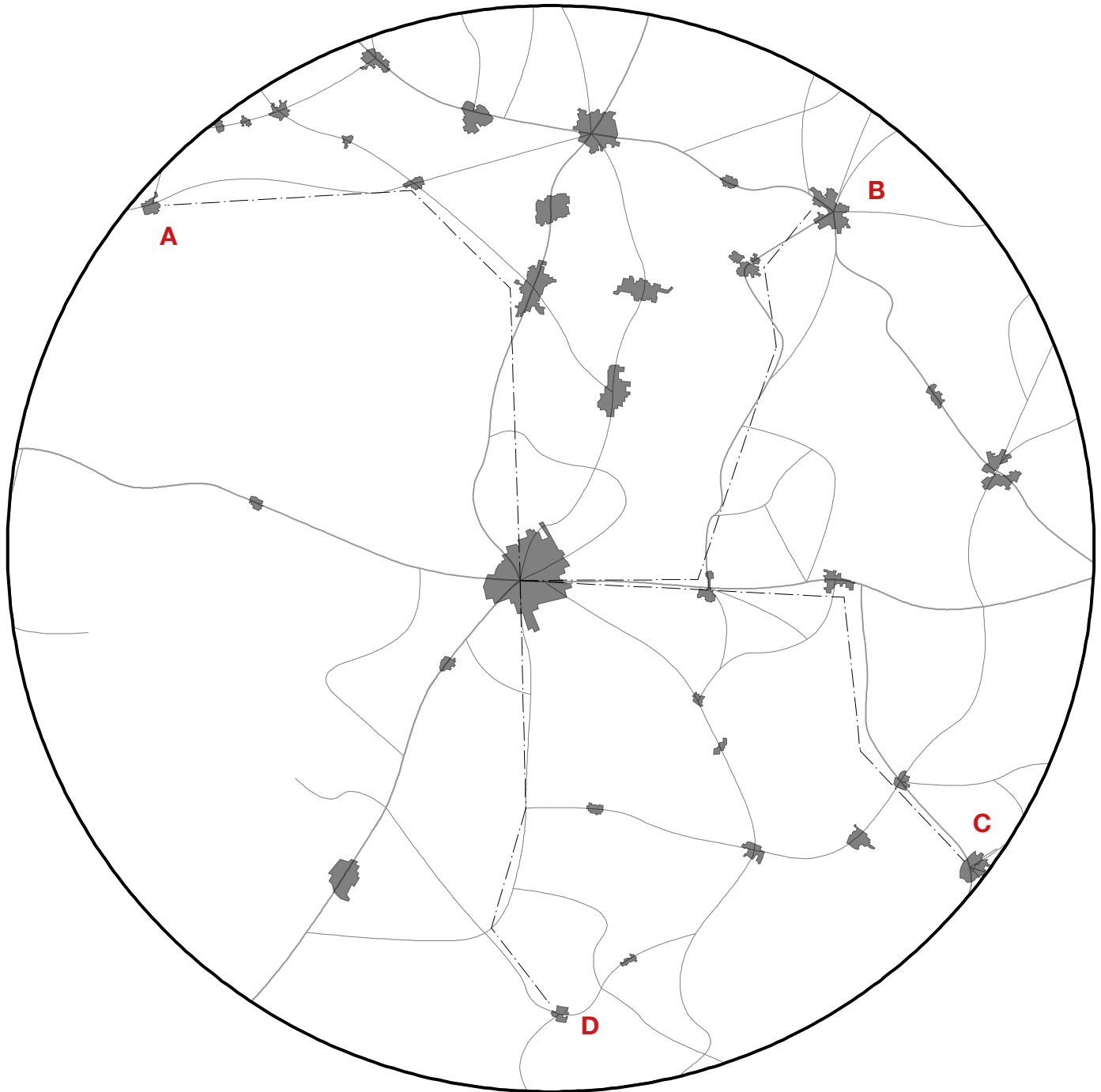
+
+
+
+
+
+
+
+
+
+
+
+

+
+
+
+
+
+
+
+
+
+
+



2 5 10 25 km





A

B

C

D

2 5 10 25 km



+
+
+
+
+
+
+
+
+
+
+

CARTE DISTANCE-TEMPS: VOITURE ET MARCHÉ

Ci-gauche, une carte schématique de la ville de Boundiali et ses environs. La tâche est ici de comprendre de quelle façon le réseau routier peut être un véritable problème et pour cause: lorsque les routes sont bitumées, la question de l'entretien s'annonce complexe:

“Les nids-de-poule qui jonchent le tronçon contraignent les véhicules à rouler au ralenti, en file indienne. Impossible de dépasser les 30 km/h.”³³

Sur les données de cartes et une évaluation du km/h moyen sur les types de routes - en terre ou bitumée - nous avons estimé le temps de parcours nécessaire pour se rendre en quatre points depuis le Boundiali. Le temps est estimé à 25 km/h en moyenne - intempéries et état général - pour les routes secondaires en terre, à 45 km/h pour les routes principales - terre et bitume confondus - et à 5 km/h pour un voyageur à pied.

Nous verrons par la suite l'avantage notoire que présente le drone, indépendant de l'état routier, pour desservir un territoire donné. Nous verrons que bien que la distance à vol d'oiseau ne présente pas toujours une différence majeure avec la distance routière, le temps de parcours s'en trouve excessivement amélioré.

33. Côte d'Ivoire : en attendant la réhabilitation de la route commerciale vers le Burkina Faso et le Mali; <http://www.lemonde.fr/afrique/>

PARCOURS A

Distance: 61 kilomètres
trajet effectué en voiture:
trajet effectué à pied:

01 heure 59 minutes
11 heures 35 minutes

PARCOURS B

Distance: 52 kilomètres
trajet effectué en voiture:
trajet effectué à pied:

01 heure 47 minutes
09 heures 35 minutes

PARCOURS C

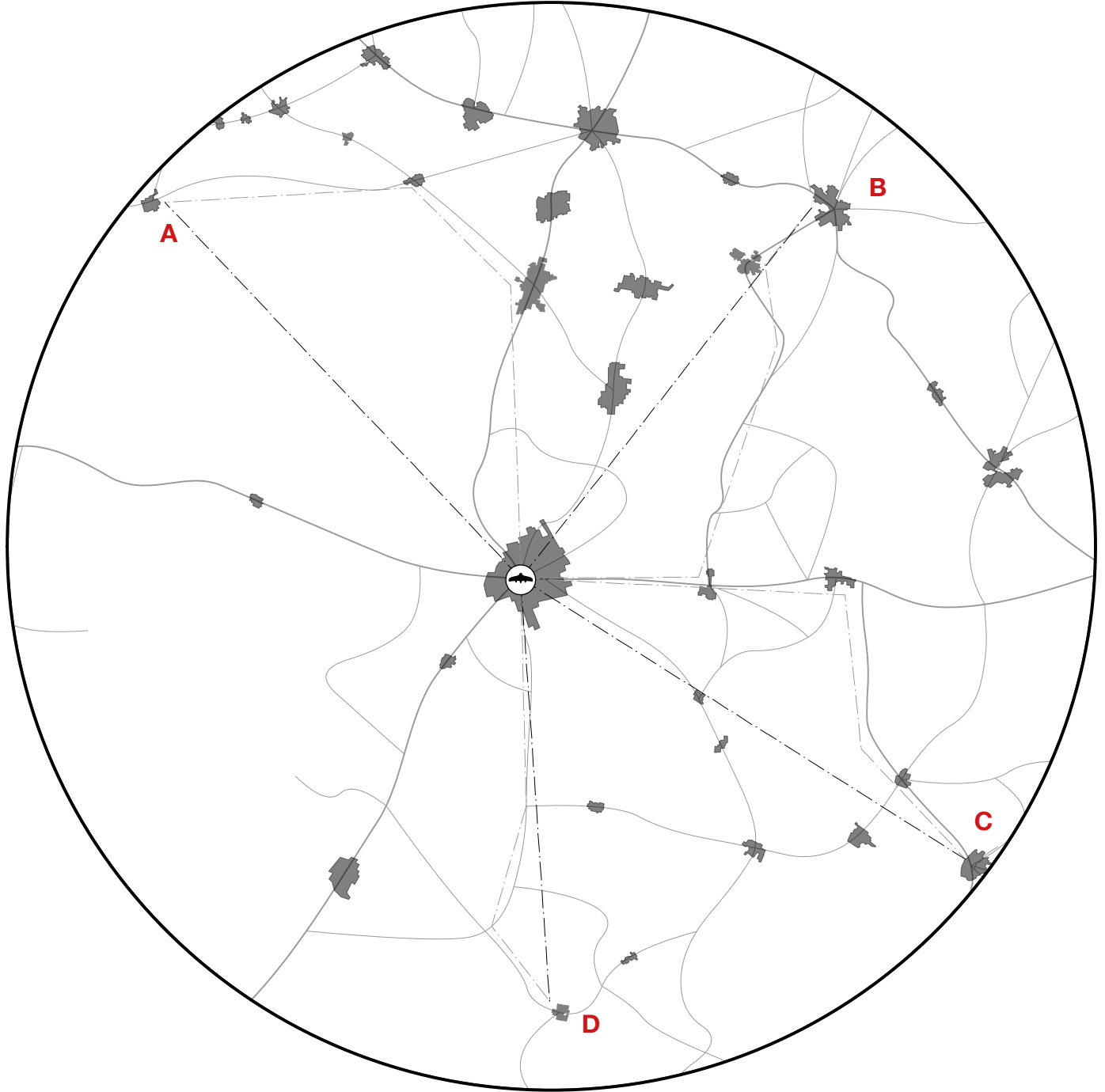
Distance: 57 kilomètres
trajet effectué en voiture:
trajet effectué à pied:

01 heure 46 minutes
10 heures 50 minutes

PARCOURS D

Distance: 41 kilomètres
trajet effectué en voiture:
trajet effectué à pied:

01 heure 34 minutes
08 heures 00 minutes



2 5 10 25 km

+
+
+
+
+
+
+
+
+
+

CARTE DISTANCE-TEMPS: DRONE

UN GAIN DE TEMPS IMPORTANT

PARCOURS A

Distance: 47 kilomètres
trajet effectué en drone:

00 heure 30 minutes
75% de gain de temps

PARCOURS A

Distance: 61 kilomètres
trajet effectué en voiture:
trajet effectué à pied:

01 heure 59 minutes
11 heures 35 minutes

PARCOURS B

Distance: 38 kilomètres
trajet effectué en drone:

00 heure 24 minutes
77% de gain de temps

PARCOURS B

Distance: 52 kilomètres
trajet effectué en voiture:
trajet effectué à pied:

01 heure 47 minutes
09 heures 35 minutes

PARCOURS C

Distance: 46 kilomètres
trajet effectué en drone:

00 heure 31 minutes
70% de gain de temps

PARCOURS C

Distance: 57 kilomètres
trajet effectué en voiture:
trajet effectué à pied:

01 heure 46 minutes
10 heures 50 minutes

PARCOURS D

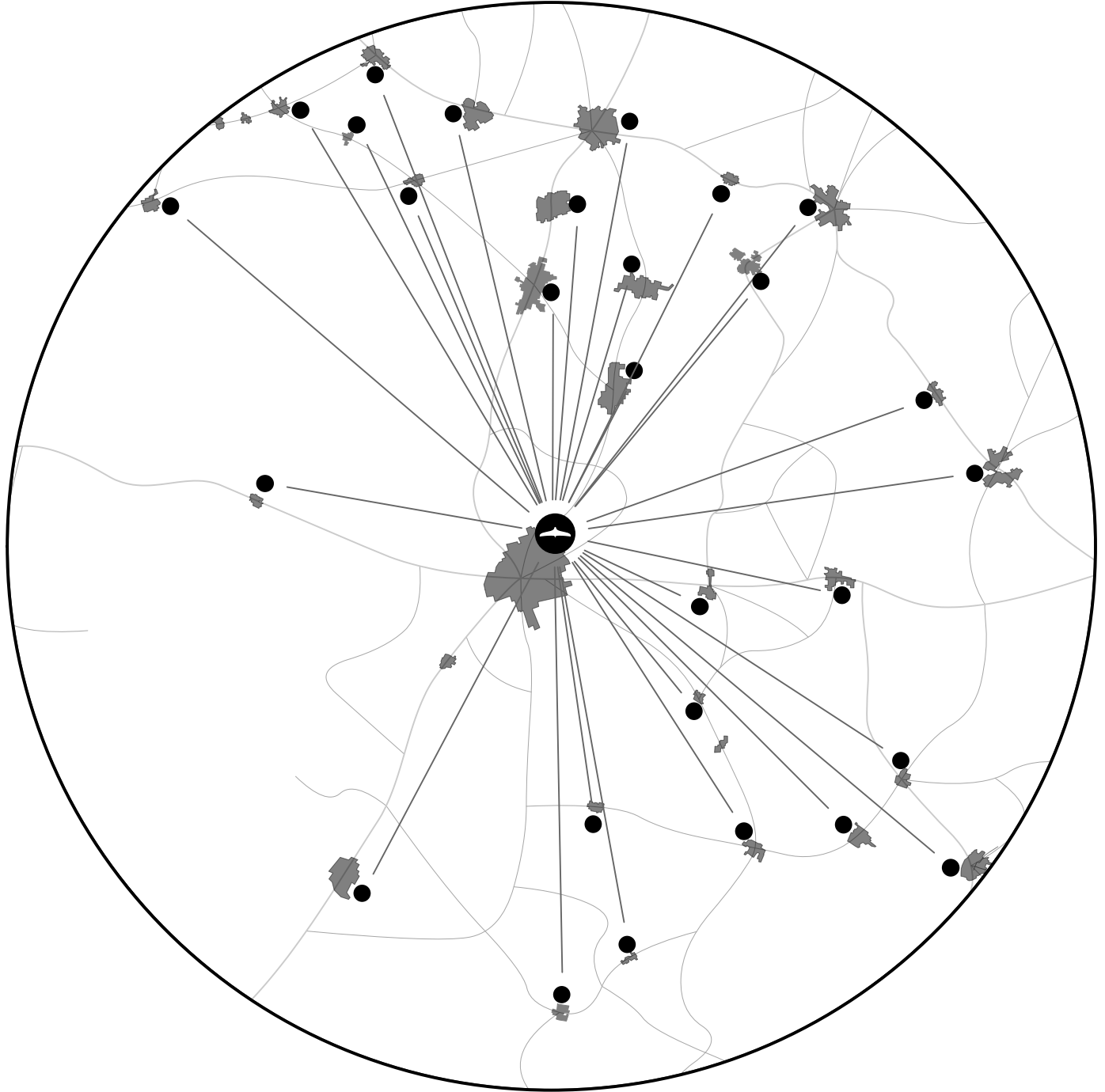
Distance: 38 kilomètres
trajet effectué en drone:

00 heure 27 minutes
71% de gain de temps

PARCOURS D

Distance: 41 kilomètres
trajet effectué en voiture:
trajet effectué à pied:

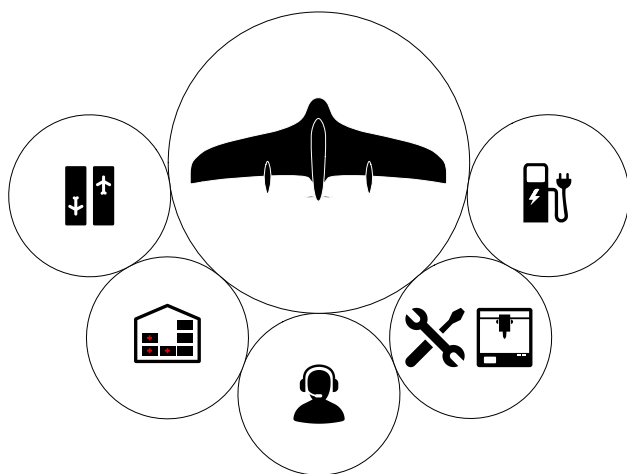
01 heure 34 minutes
08 heures 00 minutes



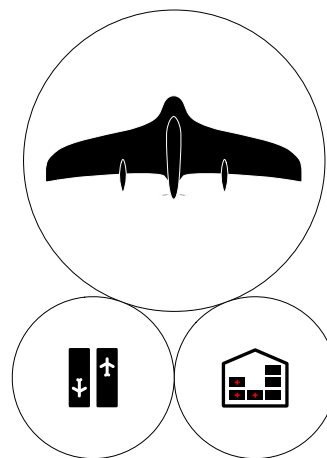
2 5 10 25 km

+
+
+
+
+
+
+
+
+
+
+
+

STRATÉGIE LOCALE DE DESSERTE



STATION MÈRE



STATION SECONDAIRE

Une station “mère” à Boundiali marque le premier échelon dans la réalisation du réseau. La stratégie est ensuite d’acheminer une série de stations secondaires situées dans le rayon d’action de 50 km. Disséminée dans ce territoire se trouve une population équivalente au double de celle de la ville recevant la station mère, il est donc important d’y réparer ces stations secondaires.

En amont, nous sommes arrivés à la conclusion qu’il n’était pas nécessaire pour cette dernière catégorie de droneport de disposer de tous les éléments du programme. Un espace de manipulation, une rampe de lancement et un petit espace de stockage sont amplement suffisants pour permettre de connecter les villes environnantes à une station mère.

De plus, les stations secondaires ne sont pas dépendantes d’énergie électrique: les contraintes d’une génératrice, d’une imprimante et d’un centre de contrôle s’estompent. L’ensemble à acheminer sera beaucoup plus léger et compact. Il pourra donc être chargé depuis l’aéroport, ici celui de Boundiali, sur un véhicule de transport léger, puis conduit à destination par les routes à fin d’y être installé.

La typologie de ces stations secondaires découlant d’une station principale peut se voir agrandie dans le cas d’une expansion démographique importante ou si la permanence de la structure temporaire venait à s’étaler.

ESTIMATIF DE DIMENSIONNEMENT D’UN HANGAR:

On considère un total de 3 drones pour 5 zones de dessertes - stations secondaires - et dans le cas ci-contre:

nombre de stations secondaires:	27
nombre de drones nécessaire:	9
dimension d’un drone:	
largeur:	120 cm
longueur:	300 cm
hauteur:	30 cm
dimension de rangement des drones:	
hauteur:	120 cm
longueur:	9 x 30 = 270 cm
largeur:	300 cm
surface au sol sans circulation:	8.1 m ²

Le hagar doit alors assurer le contenu les dimensions citées au-dessus. On considère que les drones peuvent être entreposés à la verticale, les uns contre les autres.



Orthophoto de la ville de Boundiali₃₅

BOUNDIALI-LA VILLE

Suite à l'analyse des cartes, nous nous sommes posés la question suivante: où allons nous effectuer une étude sur un champs de possibilités en vue d'un déploiement d'un droneport? Le boundiali nous a d'abord marqués parce qu'il se situe dans le Nord - hémisphère le moins développé du pays - et qu'il recense à la fois un hôpital et un aéroport. Le point qui semblait stratégique est devenu une évidence lorsque nous sommes tombés sur un appel au financement pour la mise en fonction de l'aéroport.

La ville de Boundiali est le chef-lieu du département du même nom. Cette ville connaît un nouveau départ sur le plan des infrastructures depuis 2007 après avoir souffert comme le reste du pays du conflit politico-militaire depuis 2002. En pleine restructuration, aménageant de nouveaux plans de relancements socio-économiques, il est difficile de recenser précisément les infrastructures à disposition. Sur google map, par exemple, seul le Grand Marché est répertorié.

Nous le disons, la commune est également munie d'un hôpital depuis 2005 et d'une pharmacie appelée officine de pharmacie. Il faut savoir que cette dernière est la seule à fournir tous les médicaments, l'hôpital n'administrant rien.

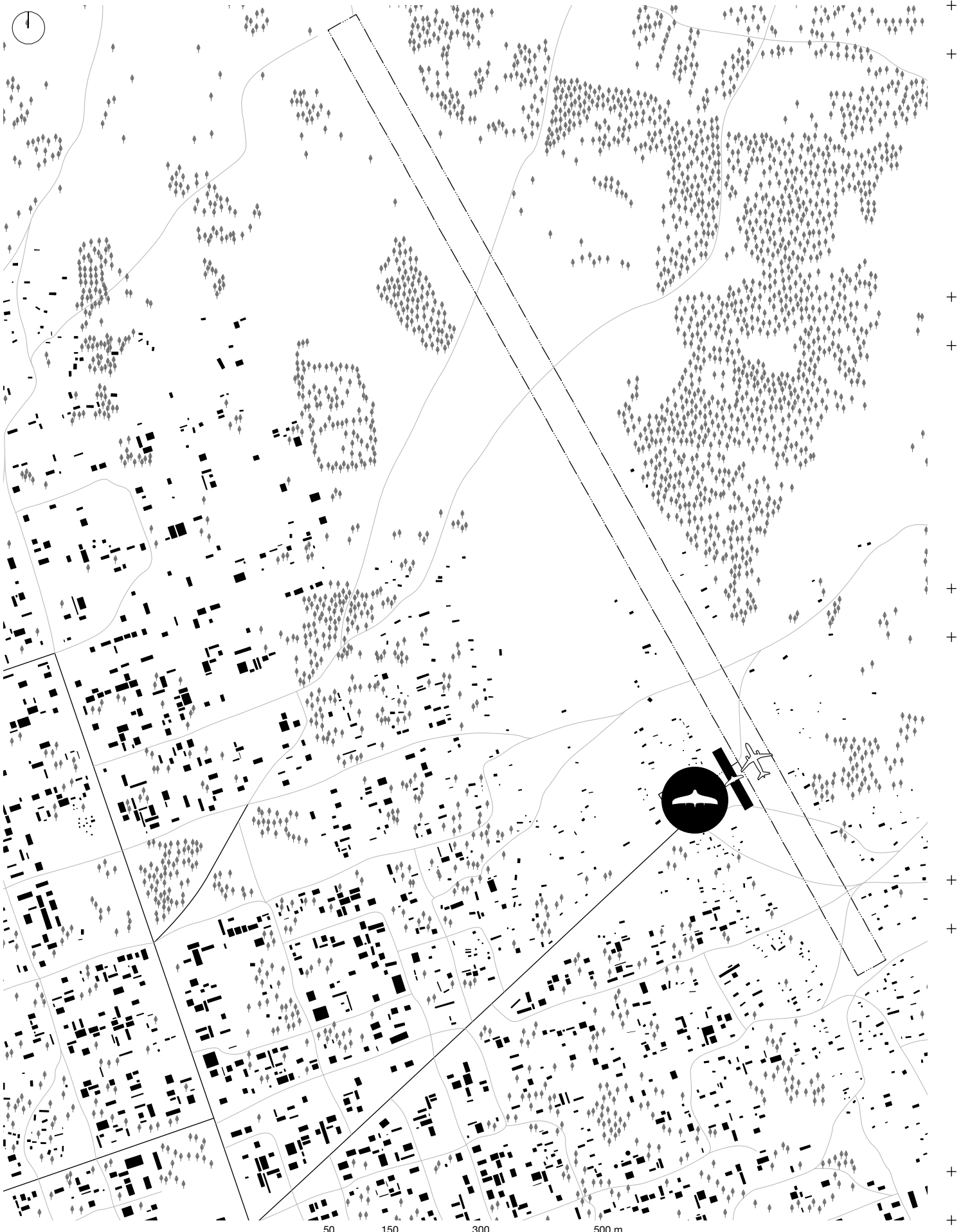
Il faut donc se rendre à la pharmacie avant d'aller à l'hôpital, système récurrent sur l'ensemble du pays. L'hôpital officiel pour le département qui compte une population s'élevant à environ 40'000 habitants.

Sur la carte ci-contre, on observe que l'aéroport est en réalité une piste en terre, sans barrière ni protection, les chemins piétonniers le traverse en plusieurs points. Pour cause, il est inactif. Mais le gouvernement veut en changer:

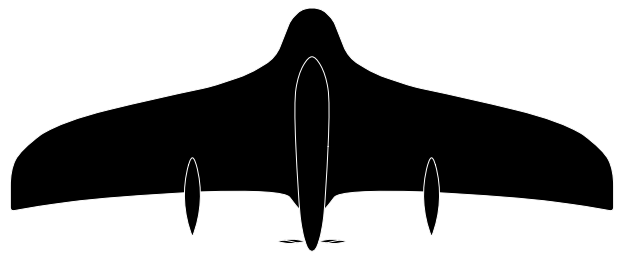
*"L'aéroport, il faut nous aider à le restaurer. Nous souhaitons vraiment reprendre les activités, car la population du boundiali est dans le besoin."*³⁷ dit Kone Tehena, Chef du département de Boundiali. L'infrastructure est certes rudimentaire, mais elle est là et exploitable.

Il semble donc sensé de profiter d'une structure déjà trop importante pour son contexte immédiat, mais stratégique pour y déployer un droneport.

34. Kone Tehena; interview par RTI; <https://www.youtube.com/>
35. Otrhophoto: GoogleMaps; <https://www.google.ch/maps>



VARIANTE D'EXPLOITATION DE LA PISTE



Lancement d'un F15 depuis un porte-avion₃₆



Catapulte à drone₃₇

À l'image de la majorité des pistes d'aéroports du pays, celle de Boundiali se trouve en périphérie de la ville. Néanmoins elle se trouve reliée à cette dernière par un axe principal qui la met en relation directe avec le centre et par conséquent le Grand Marché et l'hôpital.

Ci-gauche, l'idée est une piste déployable se développant entre le droneport et la piste principale en passe d'être réhabilitée. Inspirée de la technique de lancement d'avions et de drones depuis un porte-avion, la piste sera dotée d'une catapulte de lancement qui propulsera les appareils dans les airs permettant ainsi d'économiser une grande masse d'énergie qui est réinvestie dans une autonomie de vol augmentée.

En plus d'être bénéfique à l'autonomie de vol des drones, cette catapulte permet également de diminuer largement l'espace requis au décollage. Cet aspect a l'avantage d'ouvrir la possibilité à de plus petits droneports et donc à une exploitation spatiale minimale, idéal lorsque l'espace de déploiement est réduit.

36. Photo: <http://archive.defense.gov/>

37. Photo: Defence Review: <http://www.defensereview.com/>

+

+

+

+

+

+

+

+

+

+

CONCLUSION

DEUXIÈME

Pour conclure ce chapitre, nous observons des résultats de deux points de vue particuliers:

Le premier relève de l'étude de cas effectuée en Côte d'Ivoire et plus particulièrement au Boundiali. Les lacunes infrastructurelles se révèlent problématiques dans la capacité de mobilité sur l'ensemble du territoire et considérablement dans tout le Nord. Le rythme de vie en est bien différent puisque n'importe quel trajet sur les routes en terre peut devenir un véritable voyage en cas de pluie.

Le second révèle le potentiel d'un projet de droneport comme système emprunté à la "Redline". Grâce aux cartes distance-temps et aux stratégies de répartitions des ressources sur le territoire et en répertoriant les hôpitaux disponibles dans tout le pays, nous pouvons affirmer que les drones sont véritablement un potentiel d'émergence d'un réseau nouveau, notamment pour le transport médicamenteux.

Ensuite nous avons considéré les besoins d'un droneport, puisqu'il est nécessaire que le système soit autonome sur place. En conséquence, le projet doit contenir les fonctions suivantes:

hangar:	dépôt des drones inactifs
génératrice:	fournit la station en électricité
imprimante 3D:	réparation de pièces de drones
salle de contrôle:	ordinateurs de pilotage
stock et rangements:	pour les médicaments ou le sang congelé
piste ou catapulte:	pour le décollage des drones

D'un point de vue technologique, le type de drone - "Redline" ou "VAYU" - a une véritable influence sur le rayon d'action et donc les stratégies de placement dans le territoire. Le drone "Redline" est avantageux en terme de poids et donc en autonomie, économie d'énergie et rayon d'action, en revanche il implique deux conditions: un drone port contenant une catapulte ou une piste propre et que le système de ré-

seau général se présente en stations secondaires fonctionnant autour d'une station mère directement implantée sur les réseaux majeurs de transports comme le train ou l'avion.

De ce fait, nous avons également remarqué que dans le cas de la Côte d'Ivoire, la mise à profit des aéroports est la stratégie permettant de couvrir la plus grande surface du pays. Nous en avons déduit les restrictions de dimensionnement - inhérentes au moyen de transport utilisé - que devrait avoir le droneport dans la forme pliée ou compactée et dans le cas de l'aéroport, la soute d'un avion cargo:

largeur:	306 cm
hauteur:	274 cm
longueur:	1707 cm

Si la structure devait être livrée dans un cas autre que la Côte d'Ivoire et que le scénario mer/rail/terre se montrait plus performant, alors ces restrictions seraient celle d'une benne iso 20':

largeur:	240 cm
hauteur:	235 cm
longueur:	590 cm

Dans tous les cas, c'est la benne qui reste le moyen d'acheminement le plus contraignant par ses dimensions.

Le dernier point qui est le lien de tous les éléments cités plus haut est la couverture, l'architecture de la station. C'est dans la recherche du troisième et dernier chapitre que nous allons développer un champs d'architectures sinon structures possibles pour réagir à l'urgence et aux restrictions découlant de ce deuxième chapitre.

BIBLIOGRAPHIE

INTERNET

Wikipedia; *Liste des aéroports en Côte d'Ivoire*; www.fr.wikipedia.org; Wikipedia; 6 décembre 2015; Octobre 2015

Patrice Allegbe; *Côte d'Ivoire: 6 aéroports de l'intérieur du pays*; www.connectionivoirienne.net; Connection ivoirienne; 7 janvier 2014; Décembre 2015

RSCP™; *Residential Shipping Container Primer*; ISO Shipping Container 2D Drawings and 3D Models; RSCP; 2013; Novembre 2015

Safair; *Safair Fleet, Hercules L100-30*; www.safari.co.za; Safair; 11 octobre 2012; Décembre 2015

Groupe RTI; *Infrastructure/Boundiali : l'aéroport un atout pour la région*; www.youtube.com; RTI ChaîneTV; 29 décembre 2014; Décembre 2015

Wikipedia; *Boundiali (ville)*; www.fr.wikipedia.org; Wikipedia; 18 décembre 2015; Novembre 2015.

Wikipedia; *Boundiali (département)*; www.fr.wikipedia.org; Wikipedia; 24 décembre 2015; Décembre 2015.

Natacha Kone; *Routes dégradées: à quand la solution?*; Abidjan.net; @bidj@n.net; 29 juillet 2013; Novembre 2015

AFRIKAPRESSE; *Côte d'Ivoire - 70% des routes sont dégradées, selon le ministre des Infrastructures*; www.afrikapresse.fr; AFRIKAPRESSE; 29 novembre 2014; Décembre 2015

Ooreka; *Calcul puissance électrique*; www.installation-electrique.comprendrechoisir.com; Fine Media SAS; 2015; Décembre 2015

Maisonbrico; *La puissance nécessaire pour votre consommation*; www.maisonbrico.com; DIY PROD SAS; 2015; Décembre 2015

re:3D; *Gigabot 3D Printer*; www.shop.re3d.org; re:3D Inc.®; 2015; Décembre 2015

JCB; *The JCB G20QS to G45QS generator: High performance in a compact package*; www.jcbpowerproducts.com; J C Bamford Excavators Ltd; 2014; Décembre 2015

L'INSTITUT NATIONAL DE LA STATISTIQUE DE LA CÔTE D'IVOIRE; *RGPH-2014 Résultats Globaux*; www.ins.ci/n/; 18 août 2015; Octobre 2015

Gouvernement de la Côte d'Ivoire; *Plan National de Développement 2012-2015*; www.ci.undp.org; le Fond Monétaire International; 28 mars 2012; Octobre 2015

Daniel Dalet; *Côte d'Ivoire: Cartes géographiques gratuites*; www.d-maps.com; d-maps.com; 2007-2016; Septembre 2015

Ministère des Infrastructures Économiques, Agence de Gestion des Routes; *Étendue du Réseau Routier Ivoirien*; www.ageroute.ci; AGEROUTE.CI; 2011; Octobre 2015

Swiss Fang Team; *UAV Outback Challenge – Team Swiss Fang*; www.swissfang.ch; WordPress; 2014; Décembre 2015

Team VAYU; *Courier UAV™A leap forward in drones*; www.vayuaircraft.com; Team VAYU; 2015-2016; Décembre 2015

Google; *Google Maps*; www.maps.google.ch; Map data 2015 Google; Septembre-décembre 2015

Go Africa; *les hôpitaux de Côte d'Ivoire*; www.goafricaonline.com; Société Go Africa Online; 2015; Novembre 2015

PUBLICATIONS

Afrotech-EPFL; *REDLINE: Nile-Congo; INFORMATION MEMORANDUM*; Octobre 2015; Novembre 2015