

# Etude expérimentale de la couverture d'un réseau LoRaWAN

Application au réseau de Tetaneutral.net

Adrien van den Bossche, Réjane Dalcé,  
Nicolas Gonzalez, Rémi Boulle, Thierry Val

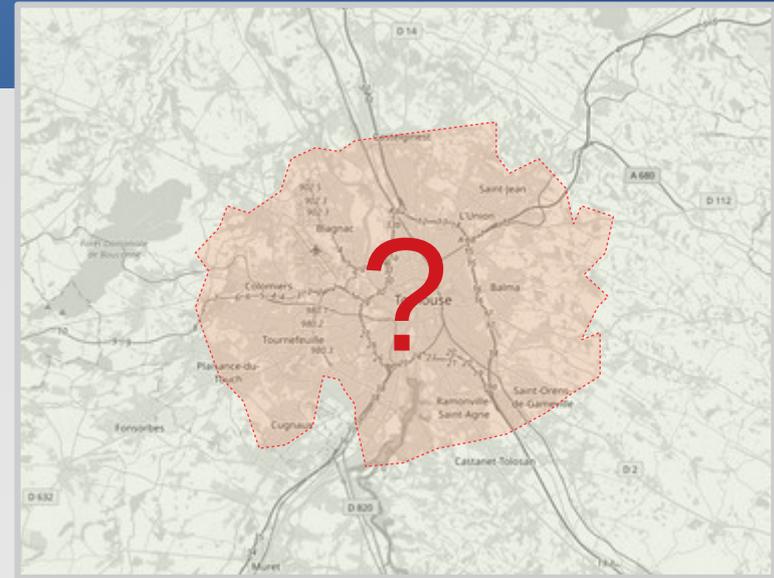
[vandenbo@univ-tlse2.fr](mailto:vandenbo@univ-tlse2.fr)

9 juillet 2021

- Contexte des travaux
- Métriques retenues
- Expérimentation mise en place
- Premiers résultats

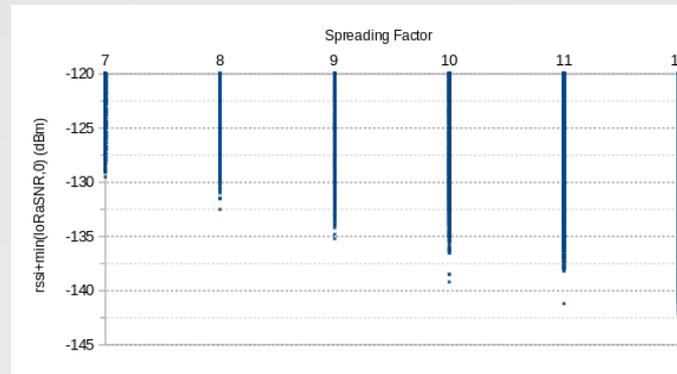
- Déploiement d'un réseau LoRaWAN avec TTN
  - Lien historique avec les activités sur site IUT de Blagnac
    - Testbeds
    - Travaux de thèse de Nicolas Gonzalez
    - Enseignements LoRa
  - Autres établissements
- Réflexions sur un réseau LoRa/LoRaWAN ouvert pour la recherche
- Mutualisation d'infrastructures, fédération de réseaux LoRaWAN « FedeLoRa »

- Étudier la couverture d'un réseau LoRaWAN
- « Couverture »
  - Zone géographique
    - dans laquelle le réseau est considéré comme fiable,
    - où les échanges entre les nœuds sont assurés avec un niveau de fiabilité attendu
    - confiance pour les utilisateurs
- Connaissance stratégiquement utile pour le déploiement du réseau
  - Portée concrète d'une gateway ?
  - Où faut-il installer prioritairement des équipements gateways ?
  - Où faut-il renforcer ?
  - Quelles sont les gateways qui ne servent à rien ? Peuvent-elles être déplacées ?



- Plusieurs métriques sont envisageables
- Trois métriques retenues :

- Plusieurs métriques sont envisageables
- Trois métriques retenues :
  - RXSF : « la force du signal reçu » par les passerelles du réseau, pour tout objet mobile rattaché au réseau
    - Message reçu par récepteur si  $RXSF > S_{th}$  avec  $S_{th} = f_{(SF)}$
    - En LoRa,  $RXSF = RSSI + \min(0, \text{LoRaSNR})$



SF	$S_{th}$
7	-125
8	-127,5
9	-130
10	-132,5
11	-135
12	-137,5

- Plusieurs métriques sont envisageables
- Trois métriques retenues :
  - RXSF : « la force du signal reçu » par les passerelles du réseau, pour tout objet mobile rattaché au réseau
  - FDR : « le taux de livraison des trames » émises par les objets
    - $FDR = nb\_recv/nb\_sent$ 
      - pour chaque gateway (individuellement)
      - pour l'ensemble des gateways (globalement)

- Plusieurs métriques sont envisageables
- Trois métriques retenues :
  - RXSF : « la force du signal reçu » par les passerelles du réseau, pour tout objet mobile rattaché au réseau
  - FDR : « le taux de livraison des trames » émises par les objets
  - GwCnt : « le nombre de gateways ayant reçu le message »

	+	-
<b>RXSF</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mise en œuvre très simple</li><li>• Un point par message émis</li><li>• Comparaison aux modèles</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Métrique très optimiste si utilisée seule</li><li>• Éloignée de l'usage</li></ul>
<b>FDR</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Très réaliste d'un point de vue usage</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• RawLoRa, pas d'ACK, au dessus de la PHY</li><li>• Grand nombre de messages nécessaire</li></ul>
<b>GwCnt</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mise en œuvre simple</li><li>• Assez réaliste d'un point de vue usage</li><li>• Très intéressante pour l'opérateur</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Moins « fine »</li></ul>

- Mise en place d'une expérimentation pour
  - Idée de la couverture du réseau
  - Mesurer RXSF, FDR et GwCnt
  - Comparer RXSF aux modèles de la littérature
  - Créer et partager un jeu de données ouvert
    - Opérateurs, projets Smart Cities, etc.

- Neutralité de l'Internet → structure d'opérateur
  - Activités
    - Hébergement
      - 121 machines physiques
      - 214 machines virtuelles
    - FAI
      - 255 abonnements radio (wifi)
      - 58 abonnements fibre optique
    - → 716 IPv4 routées (et 716 /56 IPv6 associés)
    - Cluster de stockage ceph de 165 TiB
- ouverture d'une branche IoT en 2017

# Expérimentation : description du système

- Un nœud mobile émetteur
  - Récepteur GNSS, connexion 4G
  - Protocoles :
    - PHY LoRa : SF10, Ptx = 14dBm, antenne fixe sur voiture (1.5m)
    - APL : Locapack → numéro de séquence, coordonnées GNSS de l'émetteur  
→ Pas de MAC, pas de LoRaWAN (RawLoRa)
  - Remontée des positions où messages émis (4G)



# Expérimentation



# Expérimentation : description du système

- Un nœud mobile émetteur
- Des nœuds fixes récepteurs
  - Gateways tetaneutral
  - Remontée des messages reçus : payload Locapack, RSSI, LoRaSNR
  - Ajout de quelques infos
    - localisation des gateways,
    - distance émetteur – récepteur,
    - timestamp unix de réception à la ms

```
08/09/2020 à 11:41:30 node: a4d2f20f.82d218
location/gateway/315000000000003/event/up : msg.payload : Object
  ▾ object
    phyPayload: "QYgB/sr//2iRMTAcEgAAAAAAAAAAJENoPVtLkKdj70/AAAWQw=="
    txInfo: object
    rxInfo: object
      gatewayID: "MVAAAAAAAAAM="
      time: null
      timeSinceGPSEpoch: null
      rssi: -98
      loRaSNR: 10
      channel: 6
      rfChain: 0
      board: 0
      antenna: 0
    location: object
      latitude: 43.60567774636338
      longitude: 1.463228166711397
      altitude: 225
      source: "UNKNOWN"
      accuracy: 0
      distance: 5395.503289154885
      fineTimestampType: "NONE"
      context: "VVwR5A=="
      uplinkID: "qN/3vRKCT6GSopXAusCQWw=="
      crcStatus: "CRC_OK"
      gateway: "315000000000003"
      millisSinceUnixEpoch: 1599558090777
    phyPayloadAsBuffer: buffer[37]
    SimpleWiNo: object
    LocaPack: object
      header: object
        sequence_number: 0
        timestamp: 0
        movement_id: 0
        device_id: 37224
      payload: buffer[13]
    universalGnssPacket: object
      header: object
        latitude: 43.60737991333008
        longitude: 1.4106327295303345
        altitude: 150
```

# Expérimentation : description du système

- Un nœud mobile émetteur
- Des nœuds fixes récepteurs
- Une base de données
  - Deux tables : messages **émis** et messages **reçus**

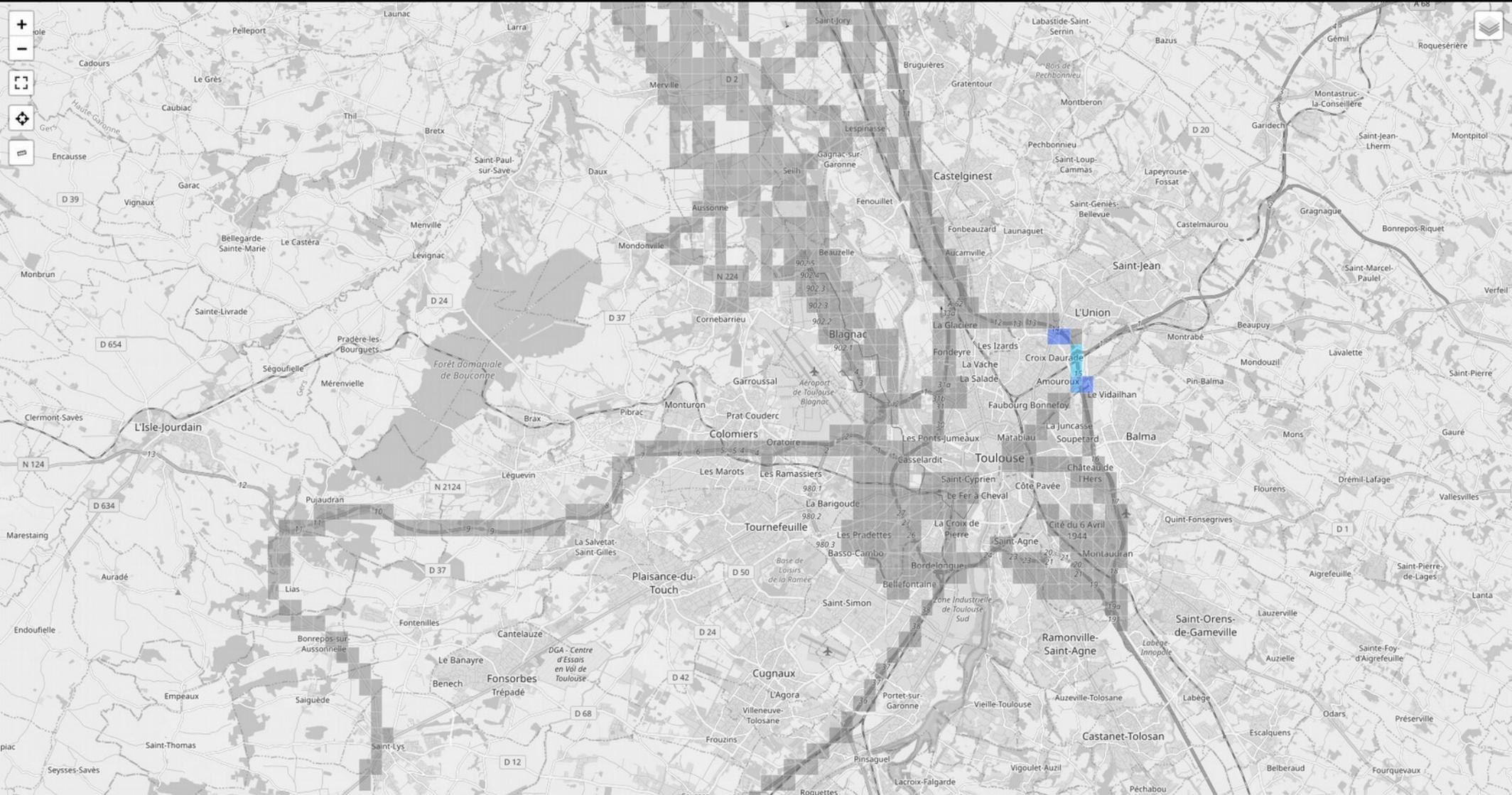
# Expérimentation : description du système

- Un nœud mobile émetteur
- Des nœuds fixes récepteurs
- Une base de données
- Un algorithme de traitement
  - Rattachement des messages reçus aux messages émis
  - Calcul du RXSF
    - En individuel
    - En « best-gateway »
  - Calcul du FDR
    - Tenir compte des gateways éteintes
  - Calcul du GC

# Expérimentation : description du système

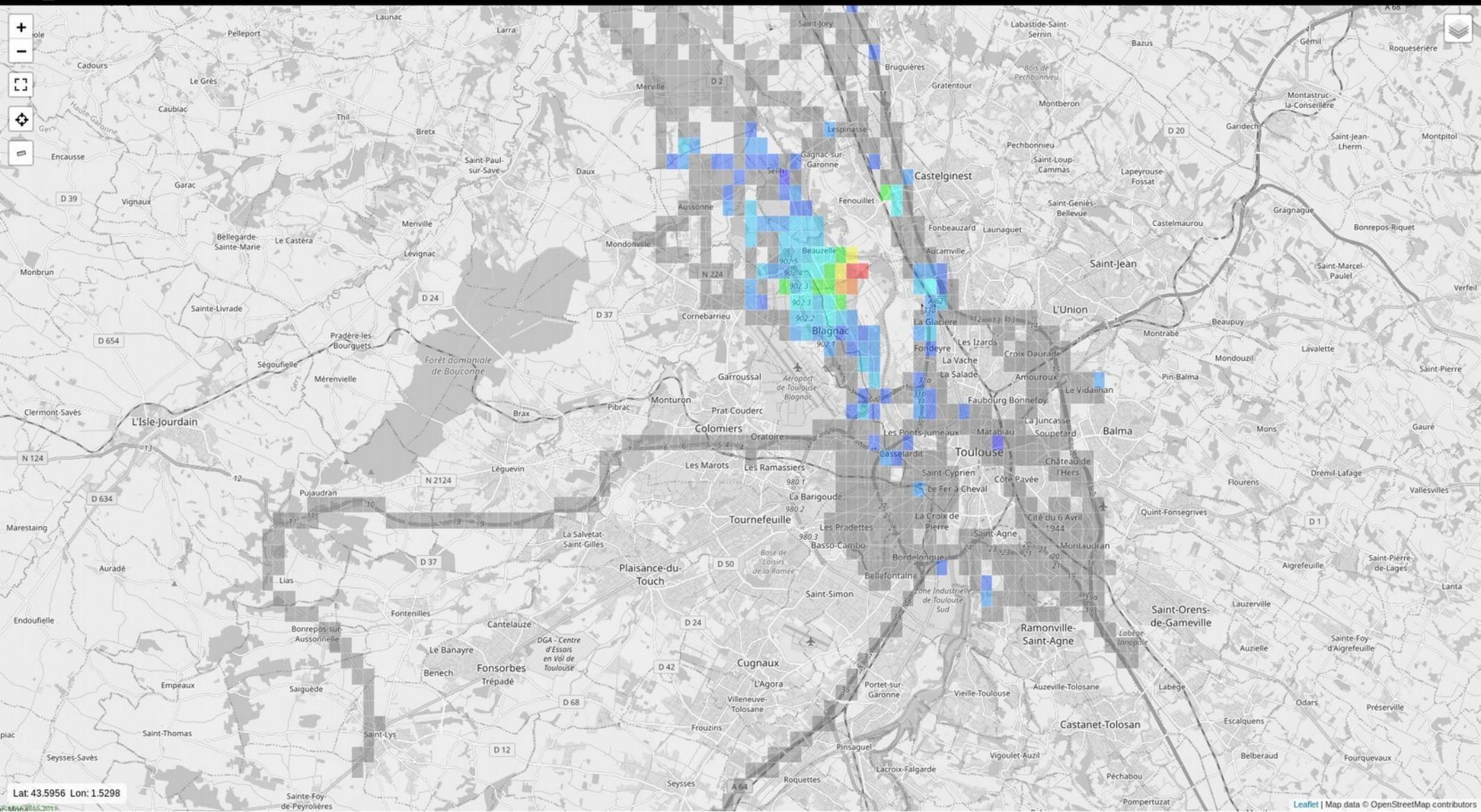
- Un nœud mobile émetteur
- Des nœuds fixes récepteurs
- Une base de données
- Un algorithme de traitement
- Une IHM
  - En direct, pendant la mobilité
    - Tableau des récepteurs, RXSF, distance, etc.
  - En post mobilité
    - Représentation des métriques par secteur avec coloration
    - Informations détaillées dans bulles
  - Autres informations : Fresnel terrain, stats, etc.

- 15 gateways dont 10 sur la métropole
- 30k messages enregistrés
- 3200 secteurs géographiques (~300x400m)
- Exploitation de 2 des 3 métriques proposées
  - Représentation sous forme de cartes





Lat: 43.6197 Lon: 1.5542

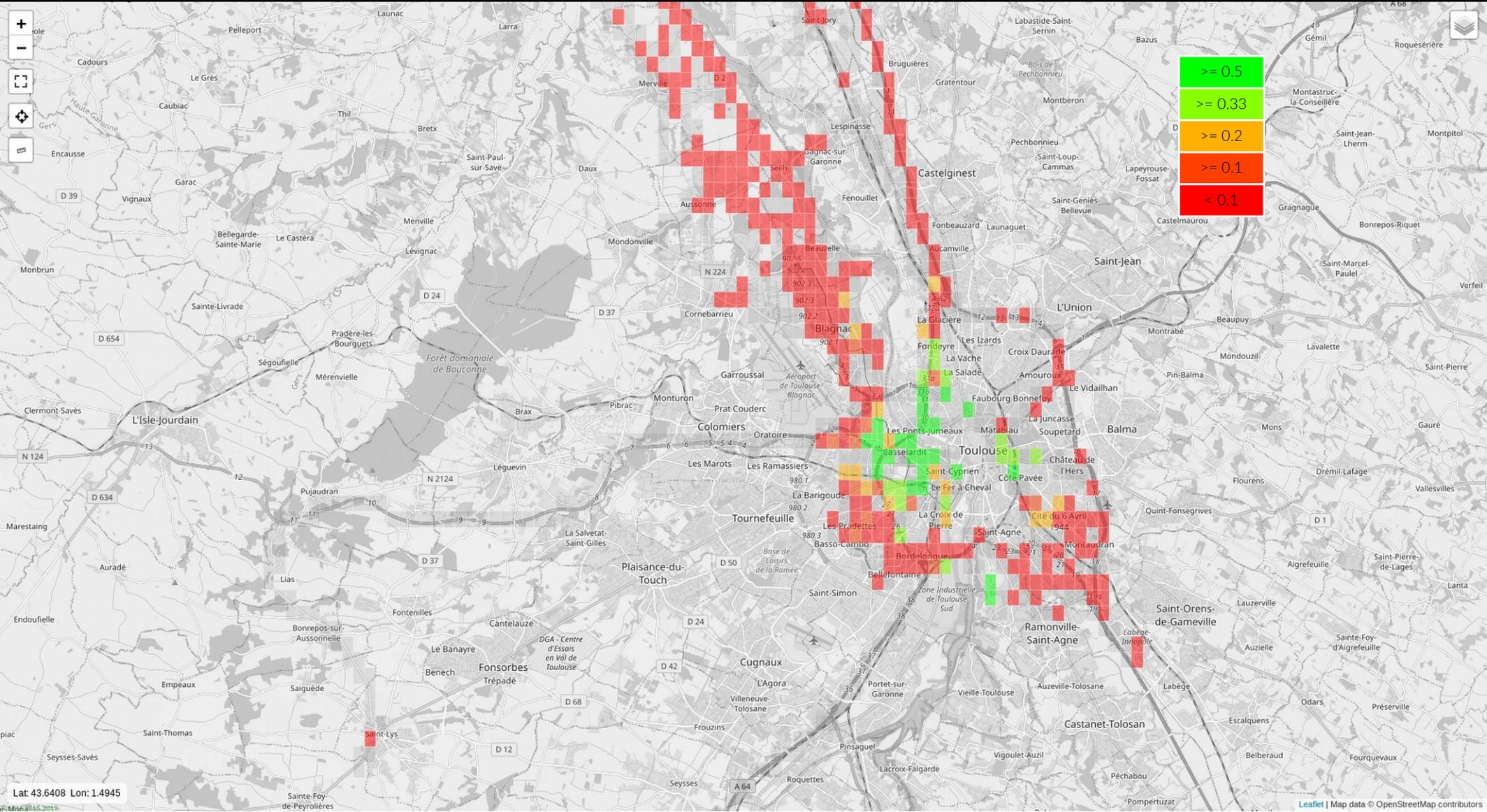


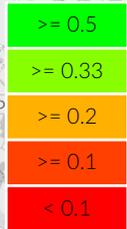
Lat: 43.5956 Lon: 1.5298



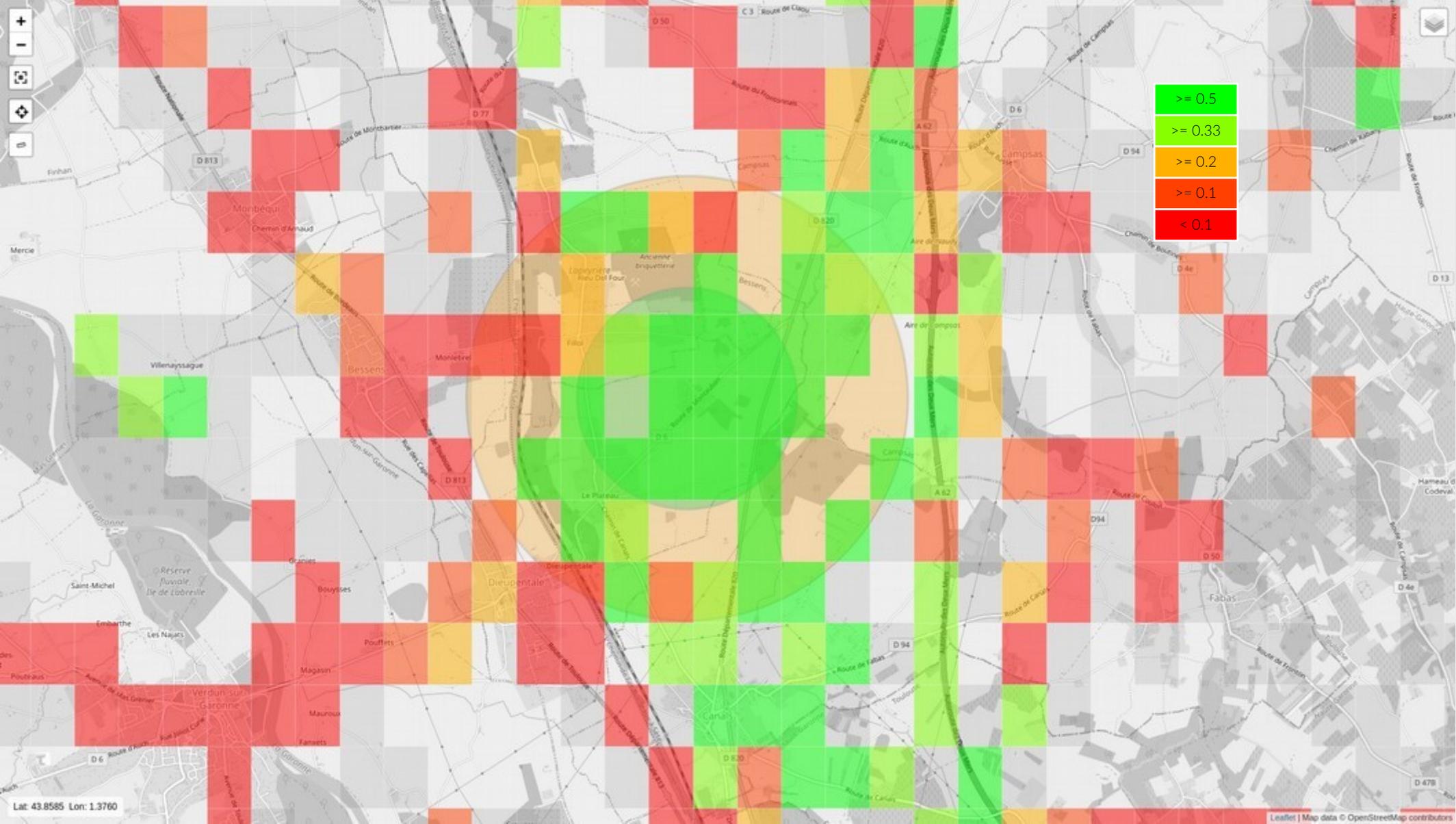












- Premiers résultats
  - Impact certain de la hauteur de l'antenne
  - Mobile optimiste = beaucoup de points :-)
- À venir
  - Diversité des nœuds mobiles
    - Nœuds moins exposés
    - Nœuds fixes « abandonnés » dans la ville
    - Autres nœuds mobiles avec carte SD
  - Finalisation de l'étude
    - Publication papier & jeu de données