

# Le réseau mobile actuel suffit-il au déploiement de robots agricoles ?

Pierre LA ROCCA

[pierre.la-rocca@u-bordeaux.fr](mailto:pierre.la-rocca@u-bordeaux.fr)

Encadrement : A. Bugeau, G. Guennebaud

LaBRI, Université de Bordeaux

Green Days Rennes

25 Mars 2025

# Contexte : robots agricoles plein champ

- Machine électrique autonome
  - désherbage & semis
- Promesses associées :
  -  pénibilité du travail
  -  usage d'intrants
  -  production (quantité & qualité)
- Transfert de volumes de données hétérogènes
  - Variation de 1 à 1000

Quelles seraient les *conséquences* d'un *déploiement* à grande échelle de robots sur *l'utilisation du réseau mobile* ?

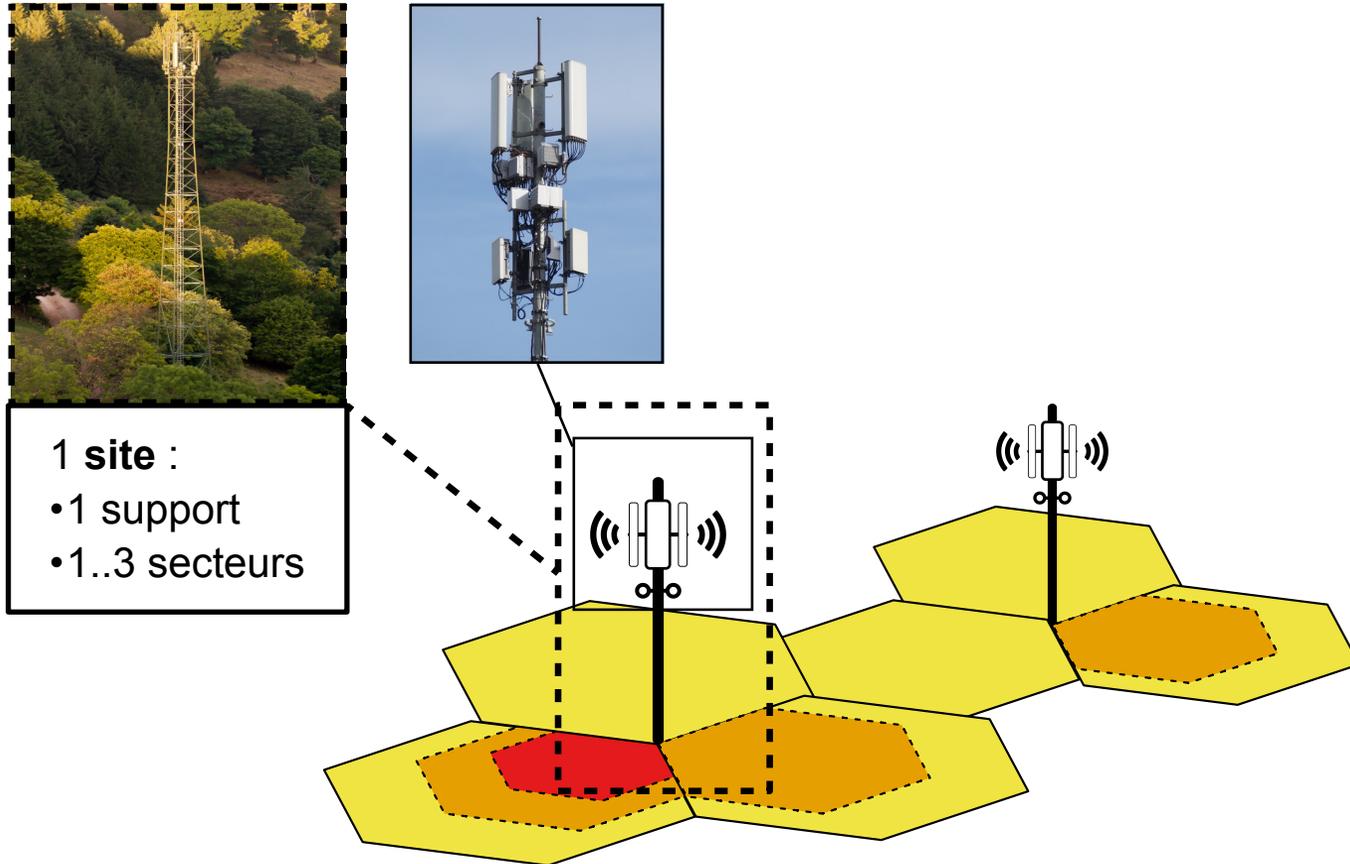


FarmDroid FD20



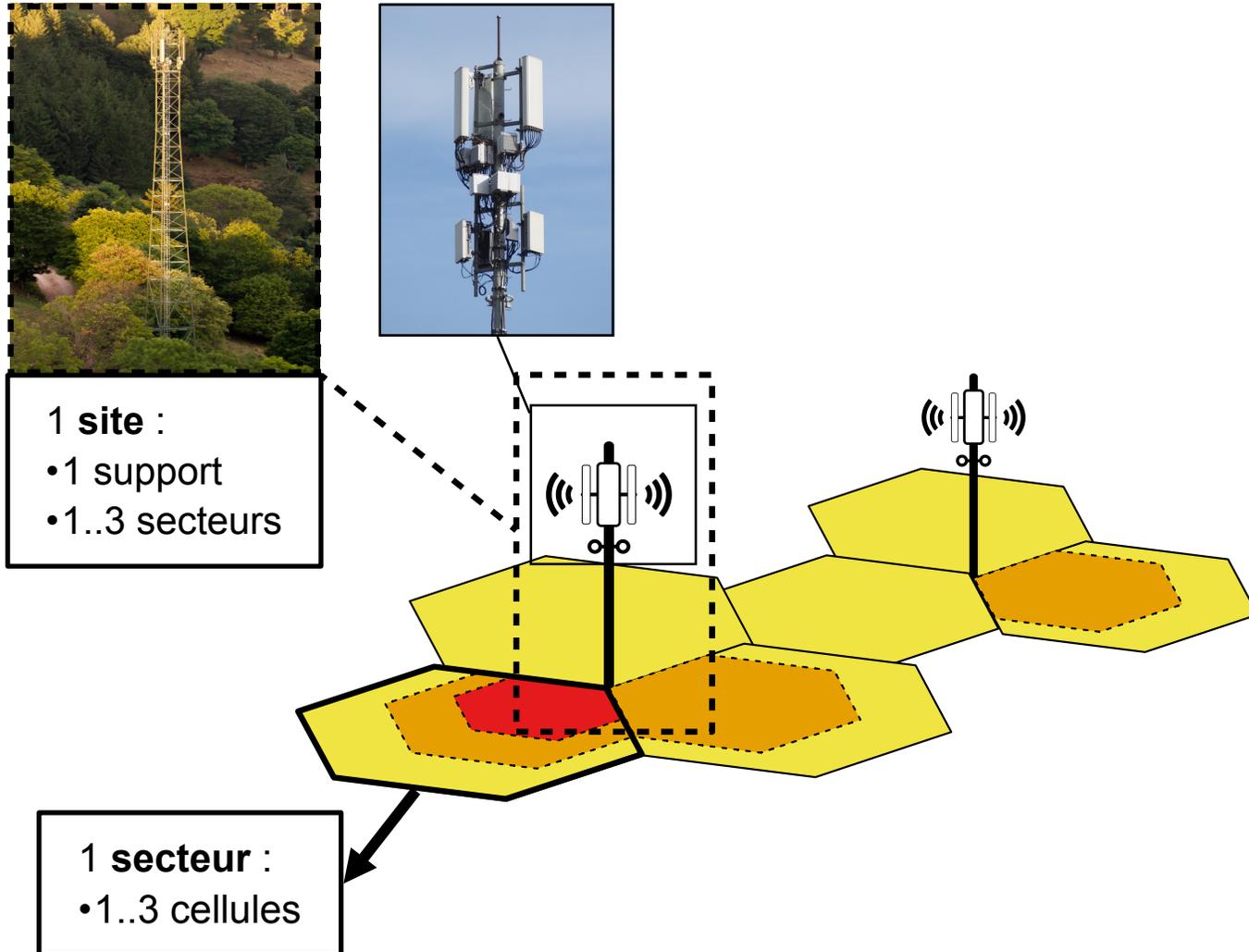
PixelFarming Robot One

# Modéliser un réseau mobile



- Réseau mobile : ensemble de sites répartis sur le territoire.

# Modéliser un réseau mobile



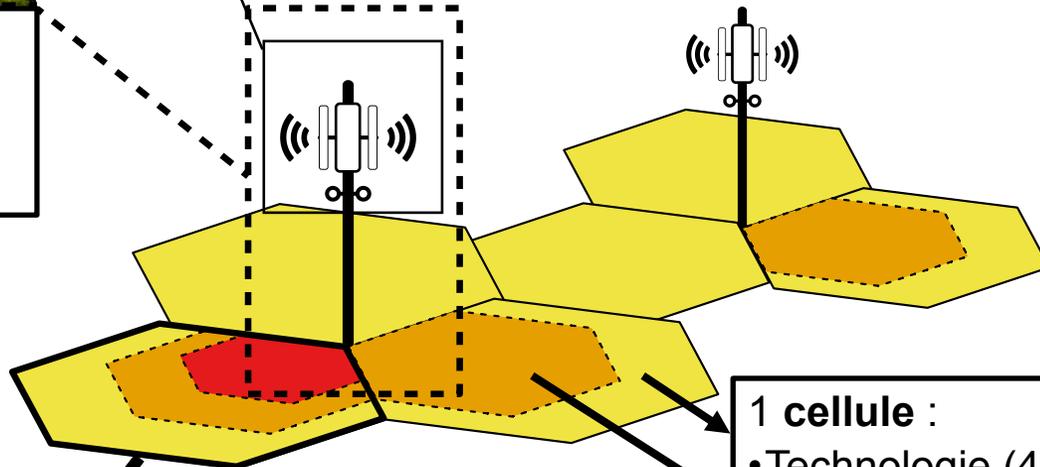
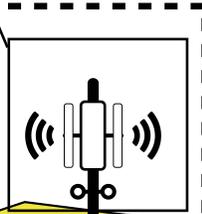
- Réseau mobile : ensemble de sites répartis sur le territoire.

# Modéliser un réseau mobile



## 1 site :

- 1 support
- 1..3 secteurs



## 1 secteur :

- 1..3 cellules

## 1 cellule :

- Technologie (4G, 5G)
- Bande de fréquence
  - Efficacité Spectrale (Mbps/MHz)
  - Rayon de portée (km)
- Largeur de bande (MHz)

- Réseau mobile : ensemble de sites répartis sur le territoire.

# Modéliser un réseau mobile



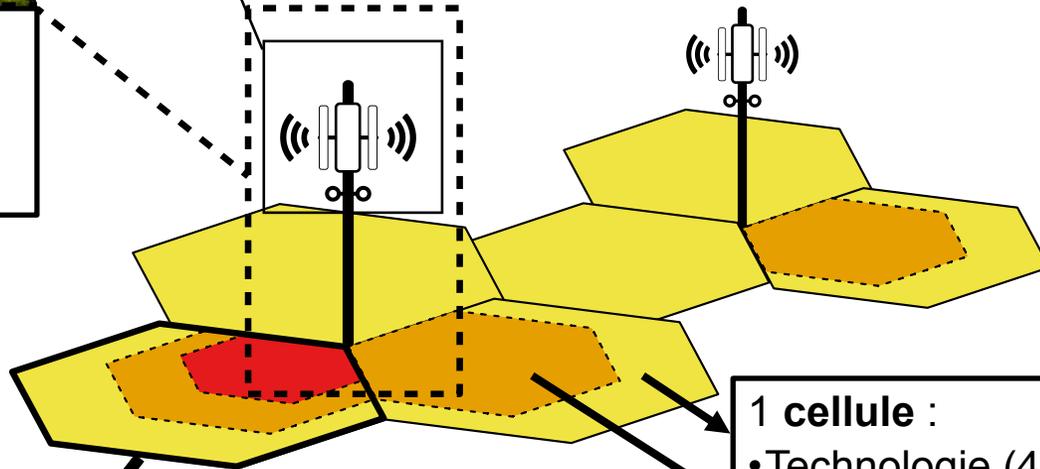
**1 site :**  
• 1 support  
• 1..3 secteurs



Bandes de fréquences :

-  LOW, 4G [700, 800] MHz
-  LOWER MID, 4G [1.8, 2.1, 2.6] GHz
-  UPPER MID, 5G [3.5] GHz

- Réseau mobile : ensemble de sites répartis sur le territoire.



**1 secteur :**  
• 1..3 cellules

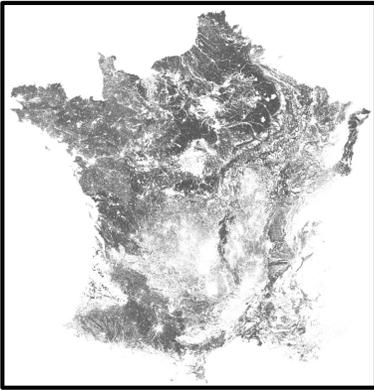
**1 cellule :**

- Technologie (4G, 5G)
- Bande de fréquence
  - Efficacité Spectrale (Mbps/MHz)
  - Rayon de portée (km)
- Largeur de bande (MHz)

# Méthode

Étape 1 : Quelle surface agricole est couverte par le réseau mobile ?

## Surface Agricole



### Hypothèses

- Contexte français
- Parcelles céréalières et légumières

## Réseau Existant



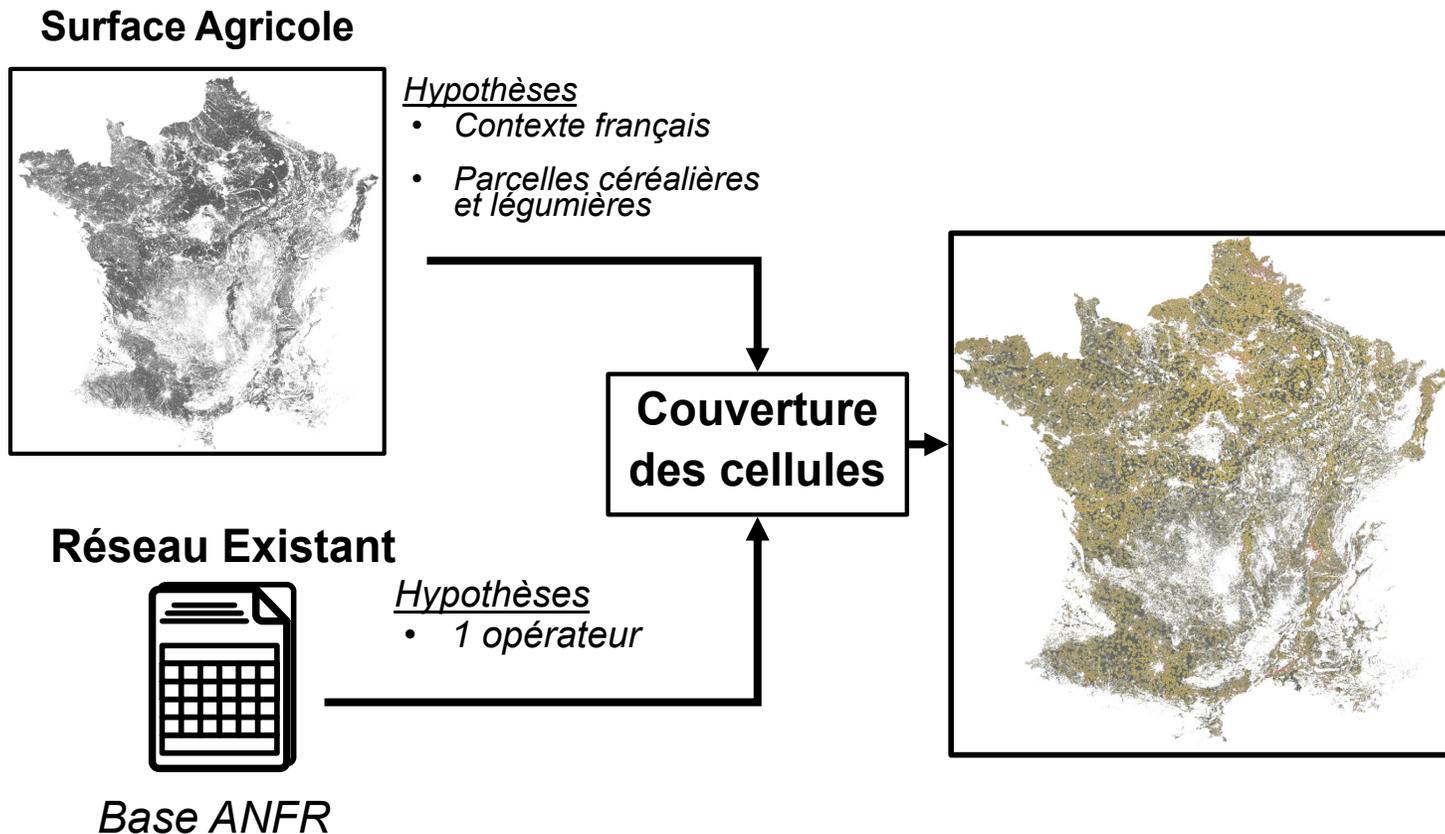
### Hypothèses

- 1 opérateur

*Base ANFR*

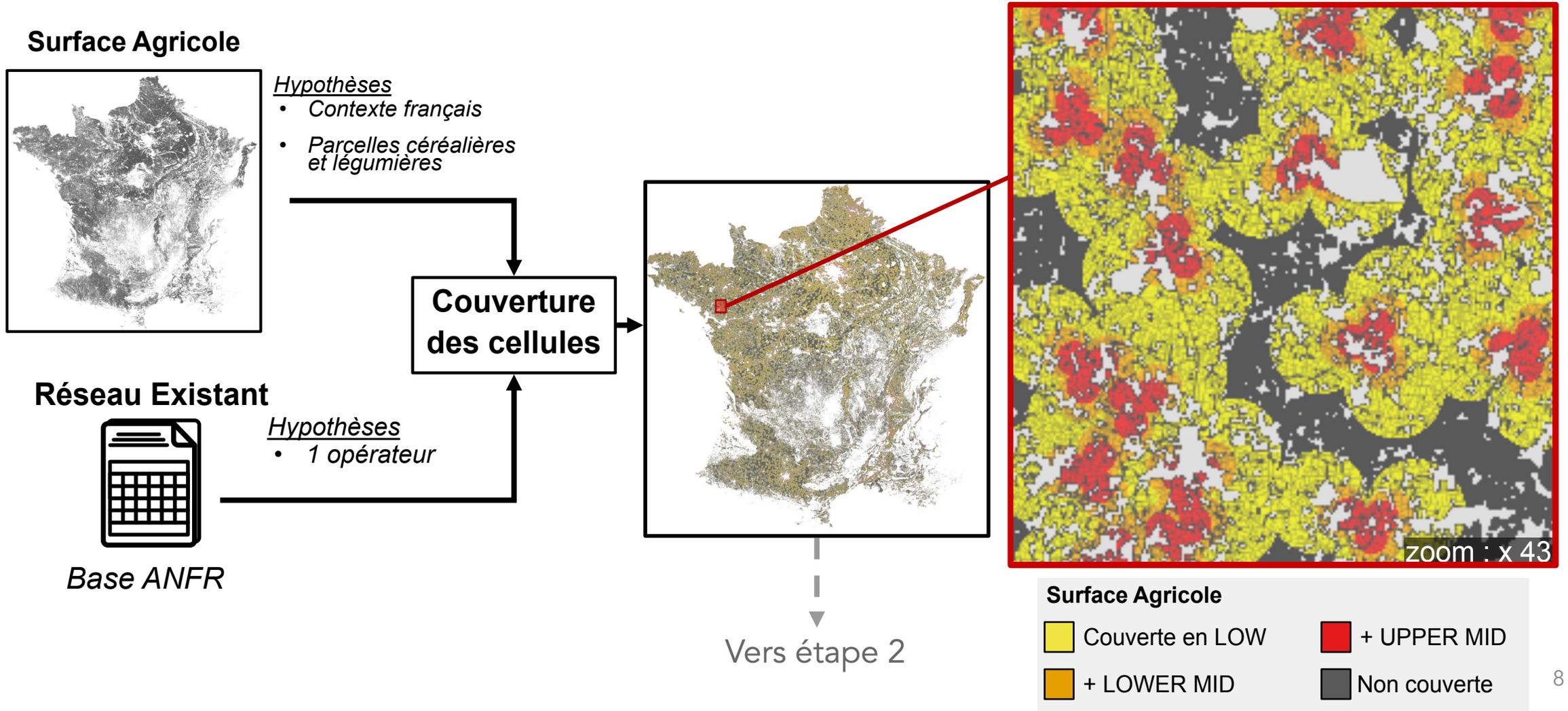
# Méthode

Étape 1 : Quelle surface agricole est couverte par le réseau mobile ?



# Méthode

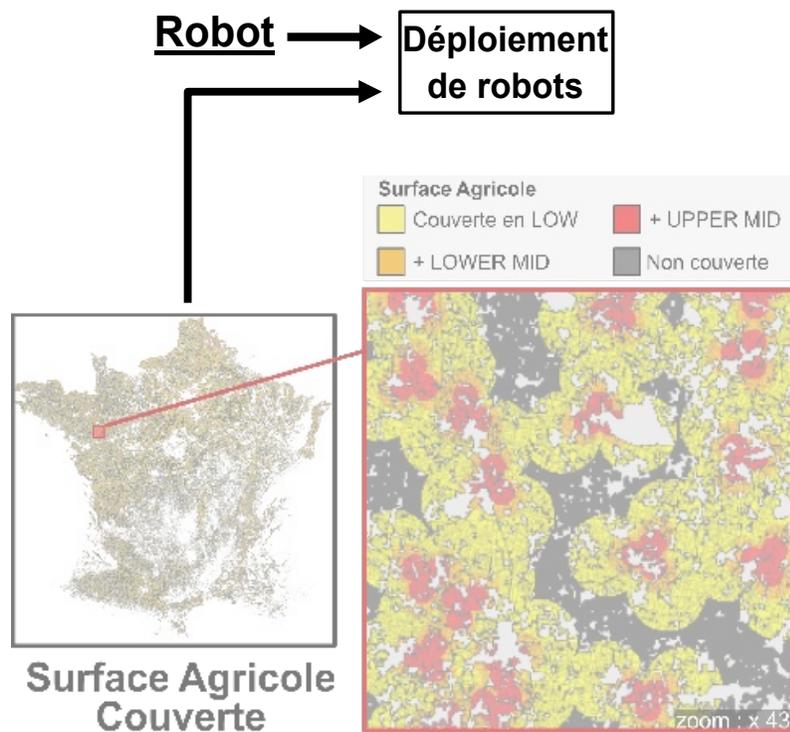
Étape 1 : Quelle surface agricole est couverte par le réseau mobile ?



# Méthode

Étape 2 : Quel % de la surface agricole est *gérable* par des robots ?

1. sur le réseau existant ?
2. en ajoutant des cellules aux **sites existants** ?

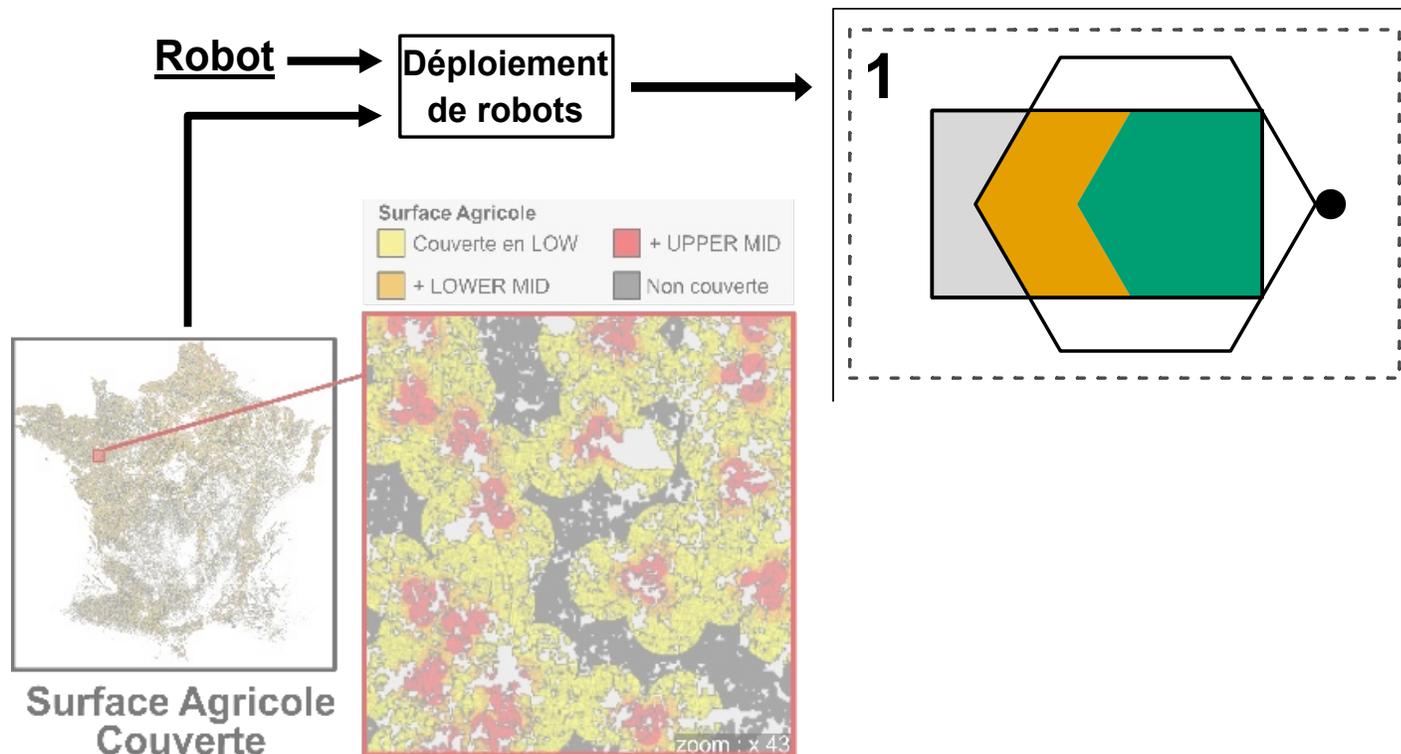


- Les capacités de transfert limitent localement le déploiement

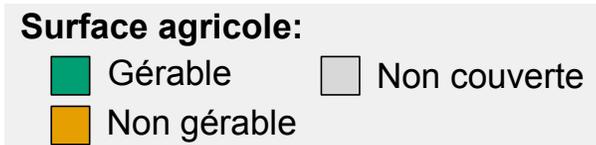
# Méthode

Étape 2 : Quel % de la surface agricole est *gérable* par des robots ?

1. sur le réseau existant ?
2. en ajoutant des cellules aux **sites existants** ?



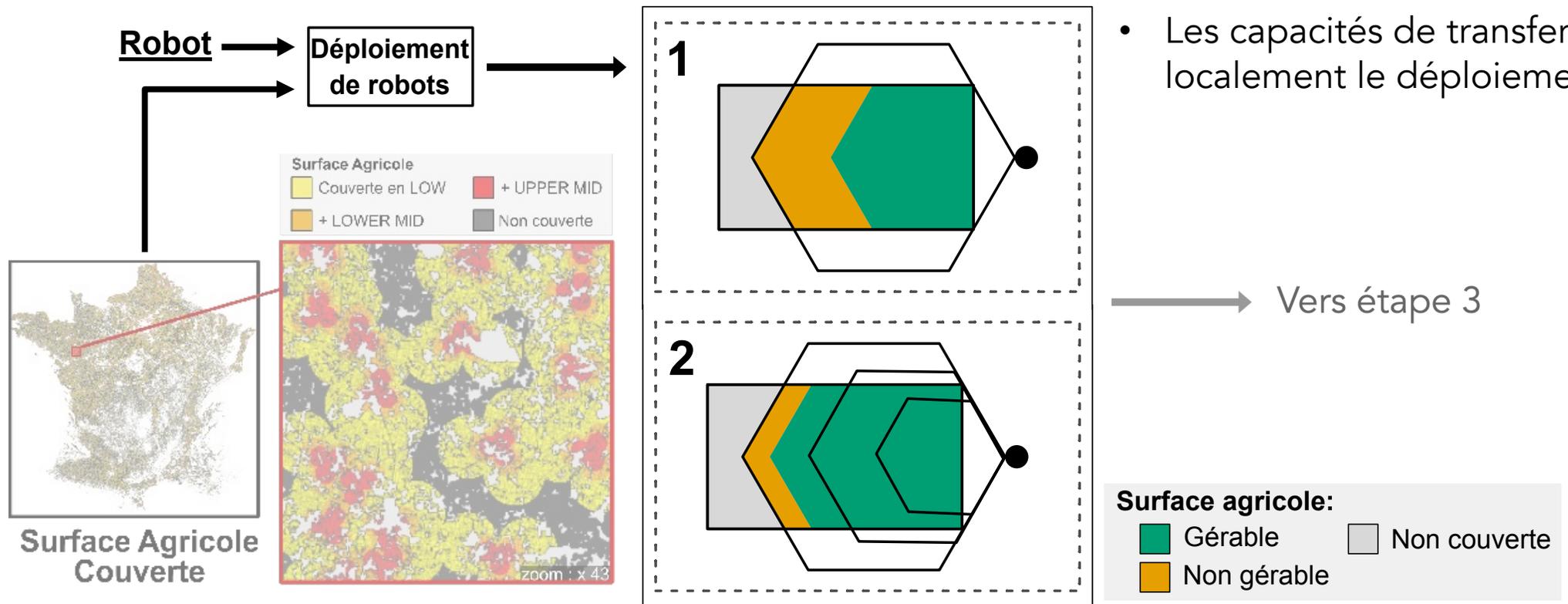
- Les capacités de transfert limitent localement le déploiement



# Méthode

Étape 2 : Quel % de la surface agricole est *gérable* par des robots ?

1. sur le réseau existant ?
2. en ajoutant des cellules aux **sites existants** ?



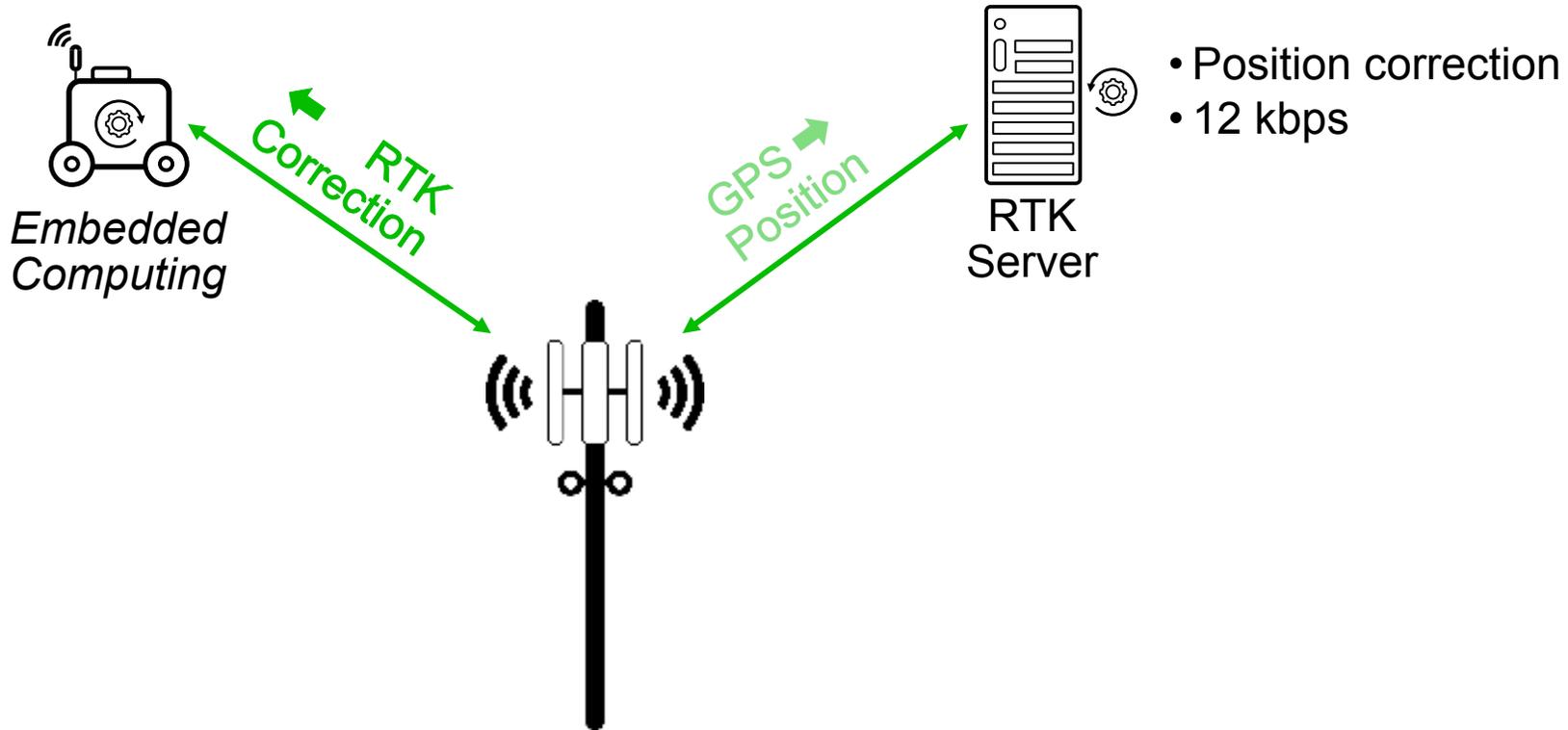
# Méthode

## Étape 3 : Estimation des conséquences environnementales

- Inventaire des équipements réseau utilisés [Shift Project, 2024]
- Quelles sont les émissions GES ? (kgCO<sub>2</sub>e)
- Quelles sont les consommations énergétiques ? (GWh)
  - Statique : fonctionnement de base (24/7)
  - Dynamique : transfert de données
- *Hypothèse simplificatrice : efficacité énergétique de 2024*

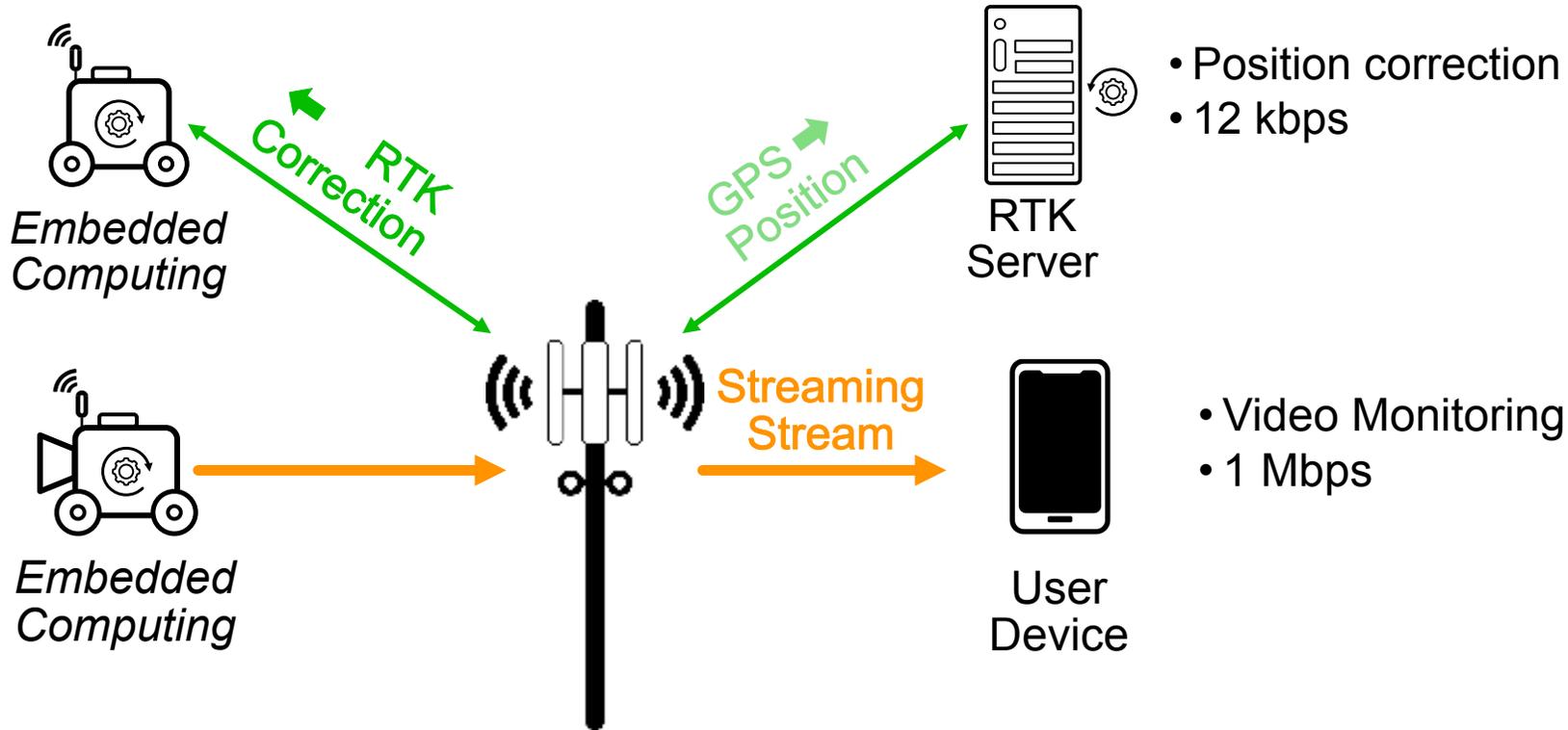
# Scénarios considérés

Un même modèle de robot, ≠ fonctionnalités de contrôle



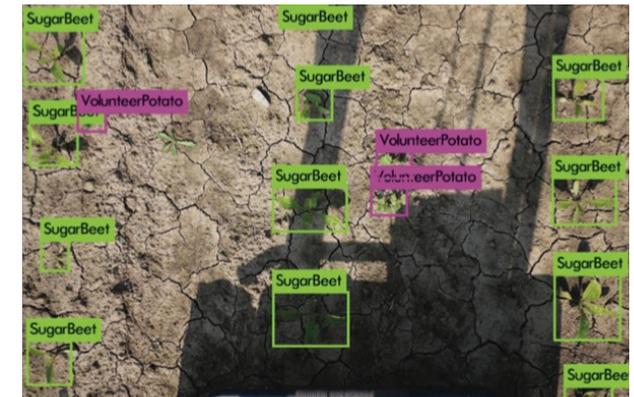
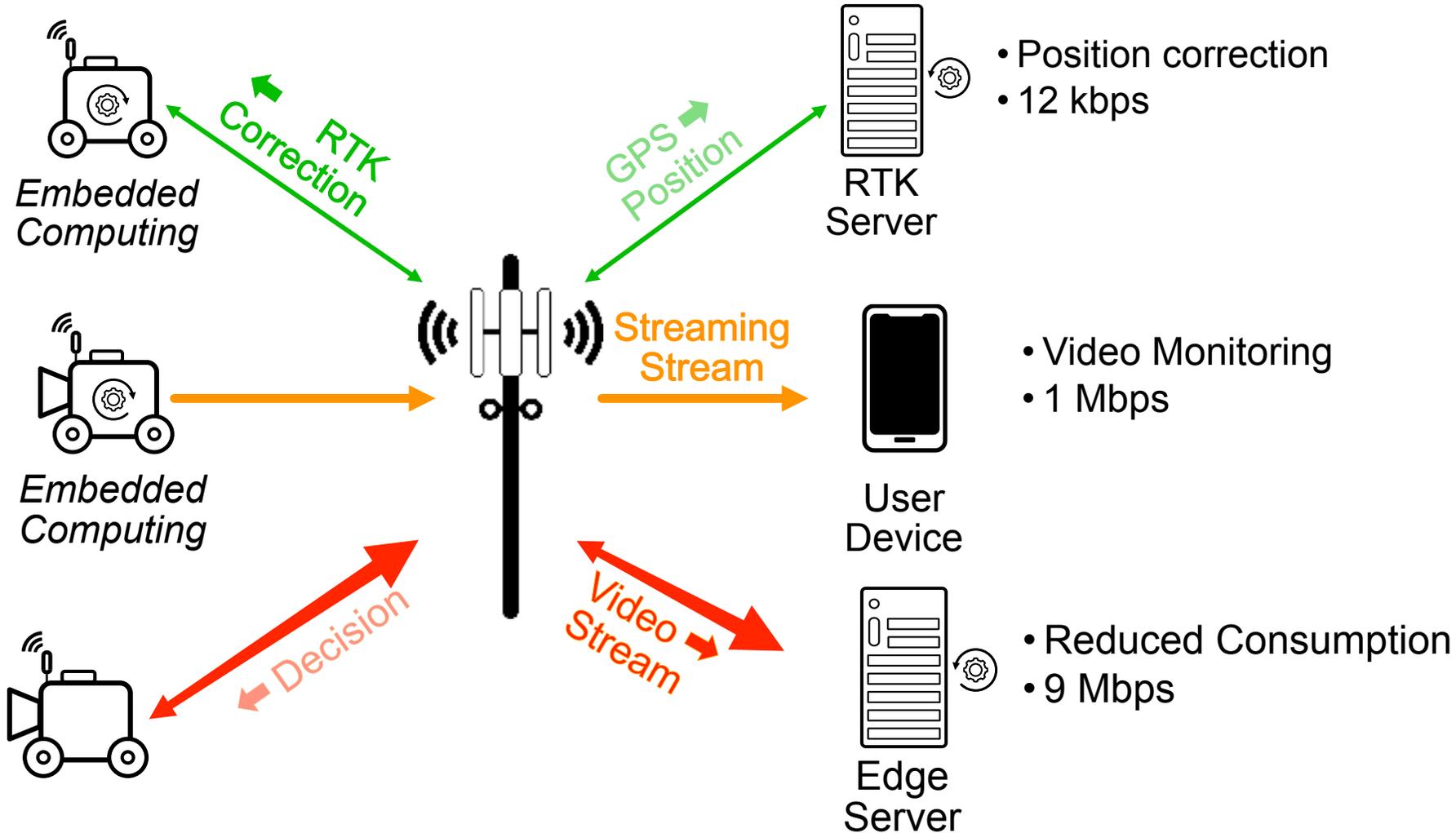
# Scénarios considérés

Un même modèle de robot, ≠ fonctionnalités de contrôle



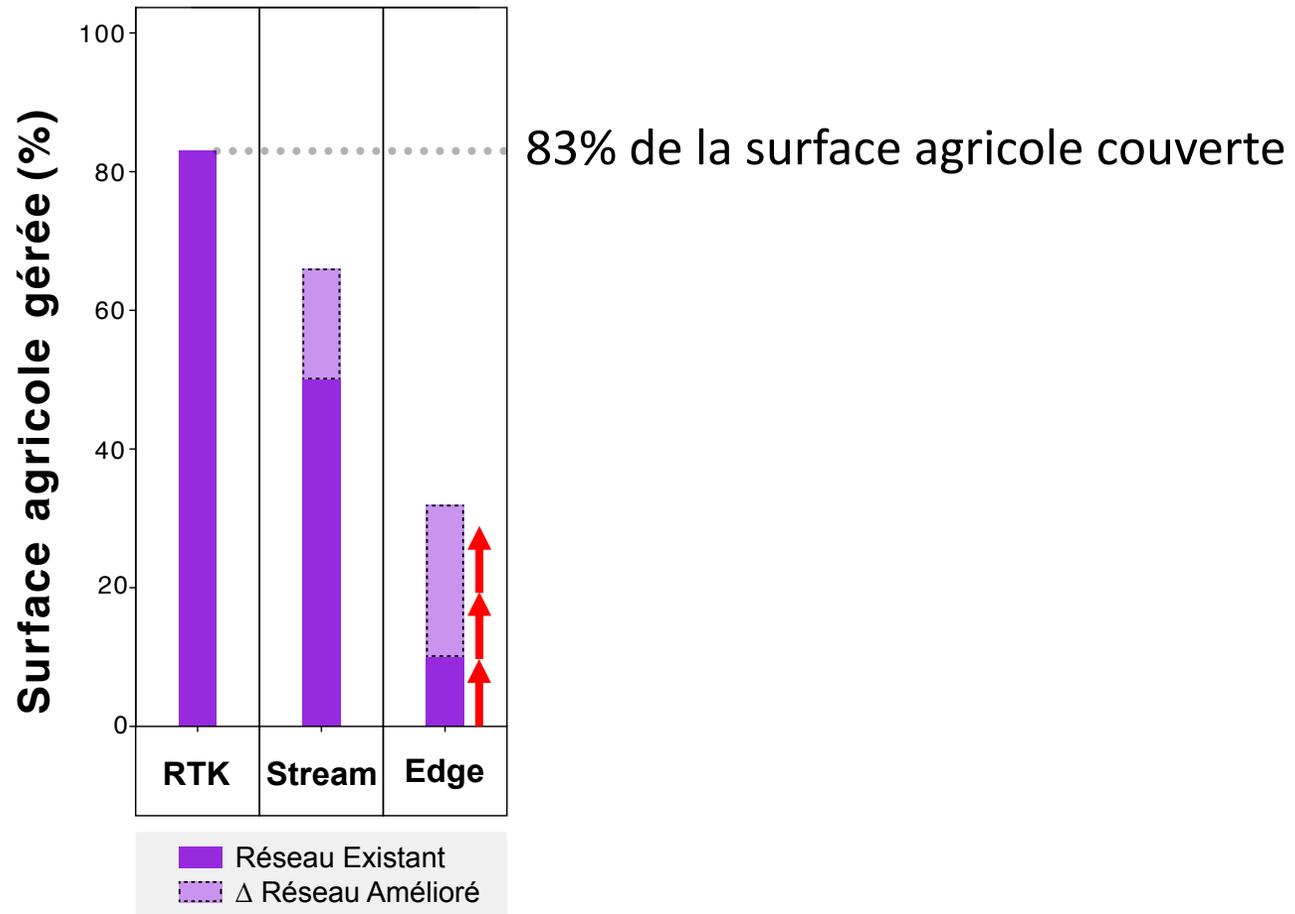
# Scénarios considérés

Un même modèle de robot, ≠ fonctionnalités de contrôle

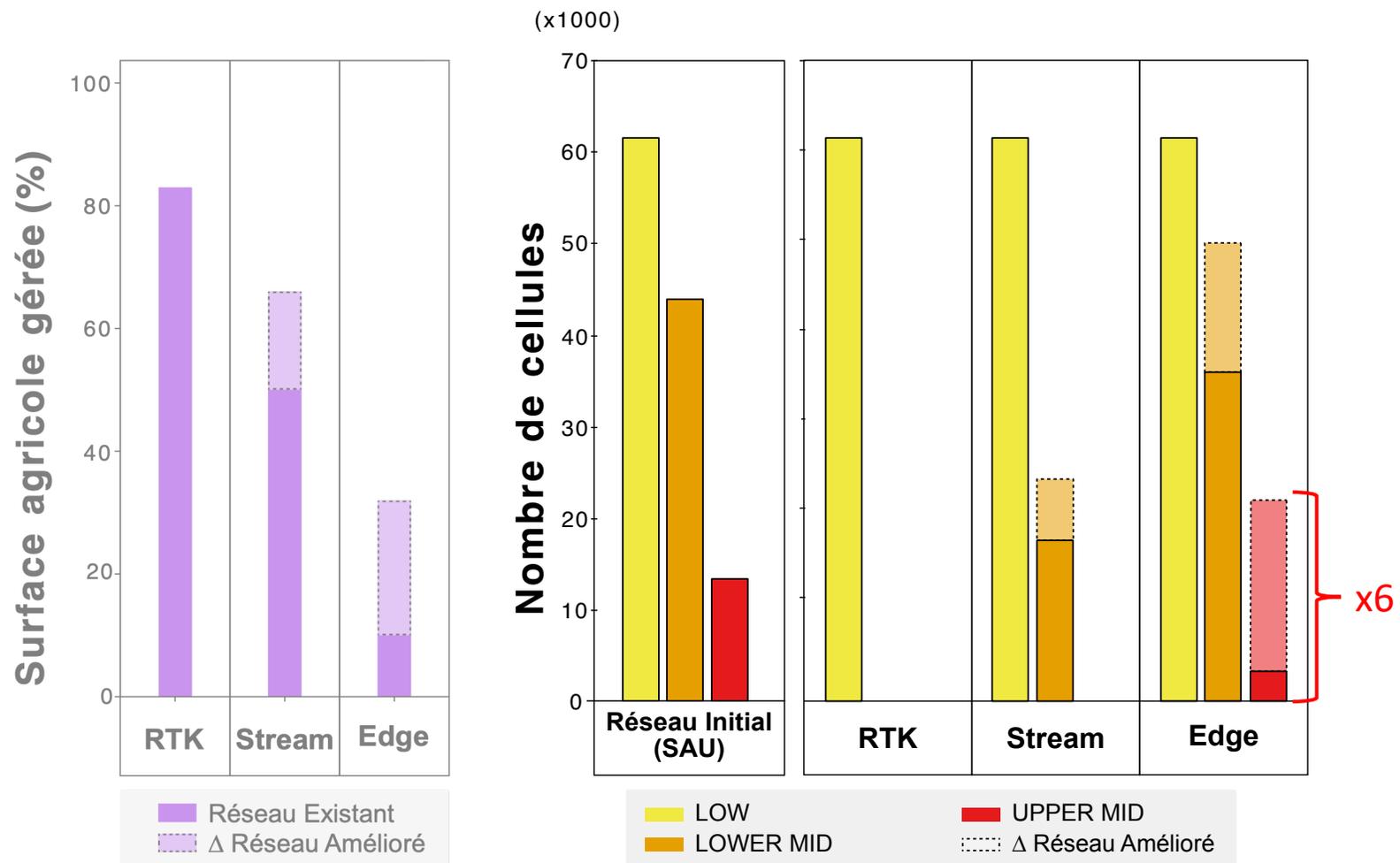


(GSMA, 2020)

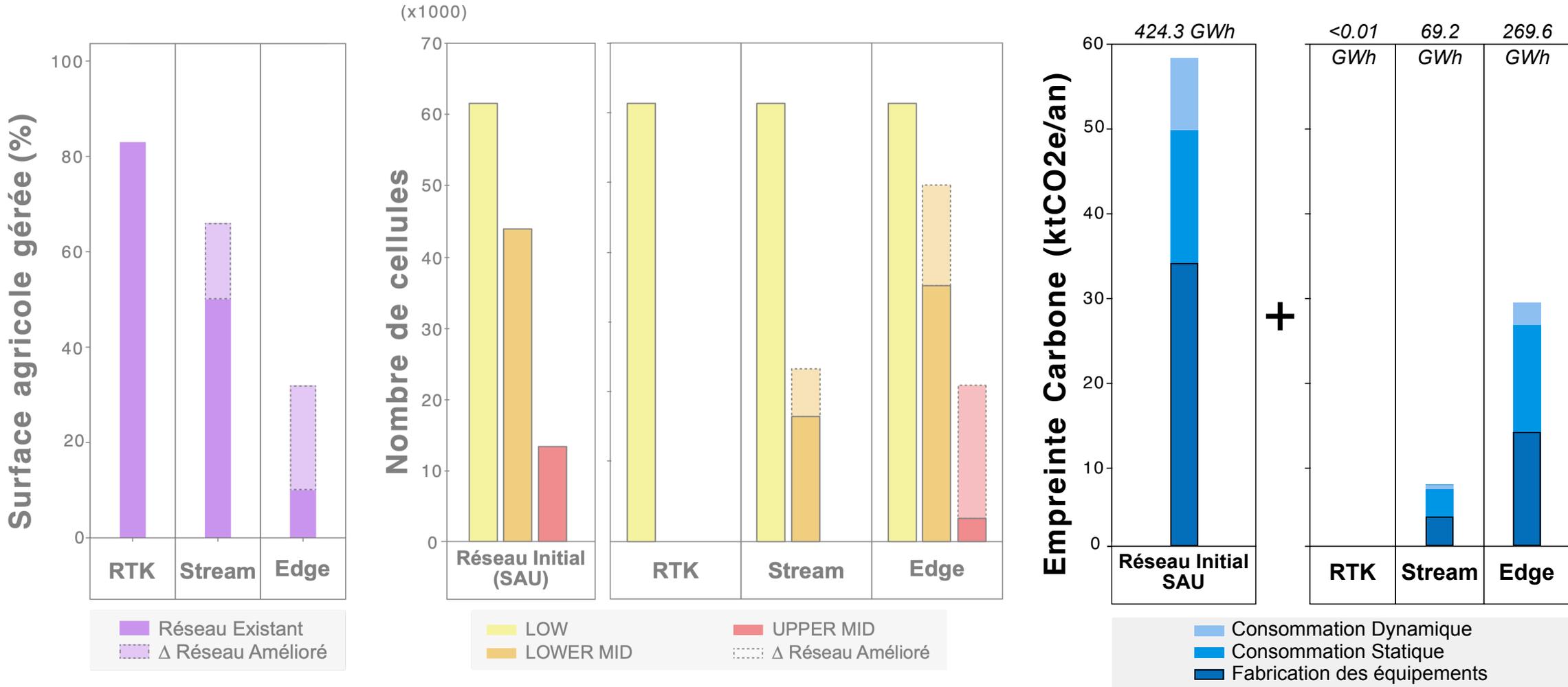
# Surfaces agricoles gérées



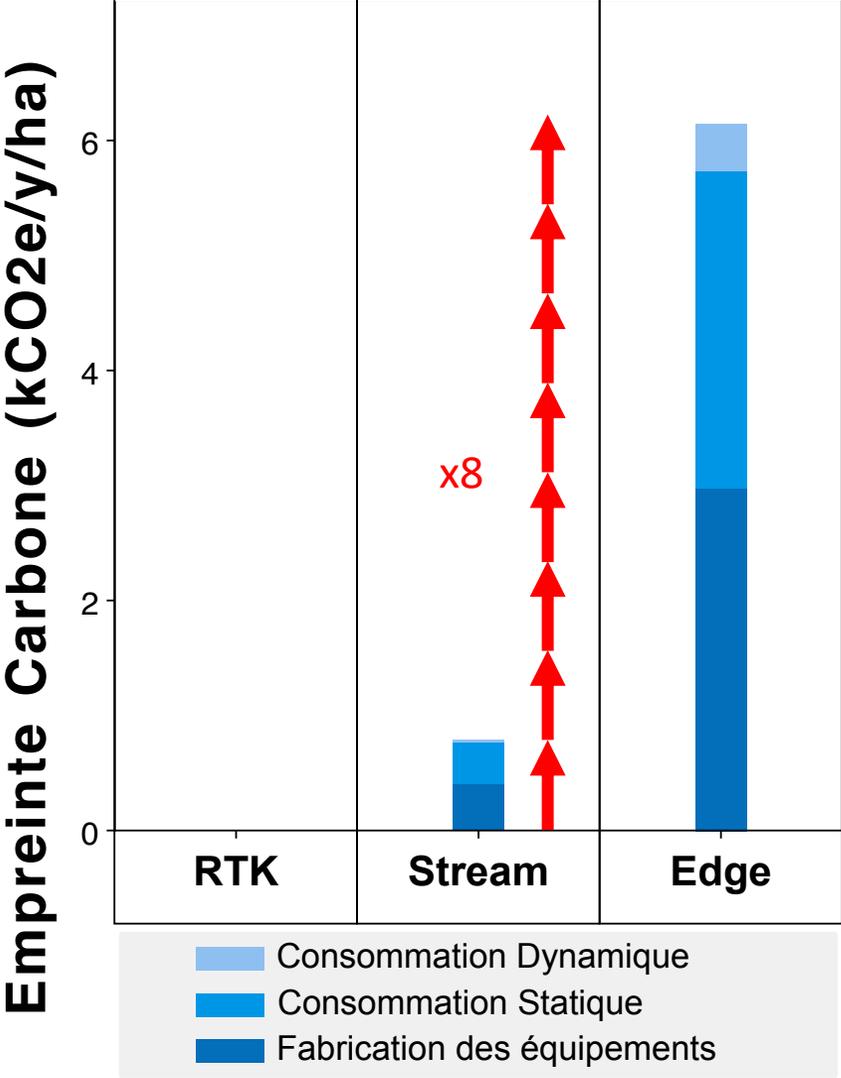
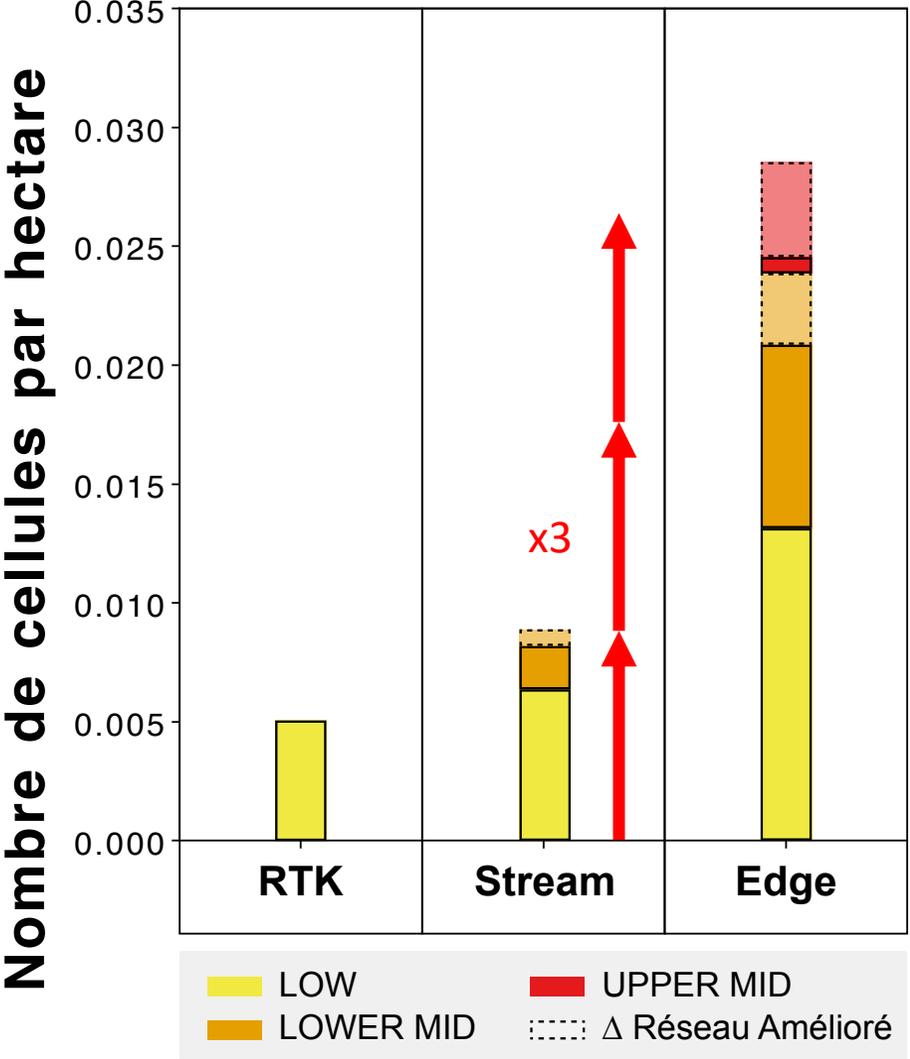
# Équipements utilisés



# Δ Emissions GES et énergie



# Comparaison à l'hectare



# Conclusions et perspectives

- Modélisation conséquentielle
  - pression d'un déploiement de robots sur le réseau mobile
- Scénarios « intensifs » :  surface agricole gérée et  impacts additionnels
  - Faisabilité territoriale ? Pertinence environnementale ?
- Modèle simplifié
  - tâches réduites, envoi de données simultané, pas de reliefs...
- Passer d'un réseau fixe à une surface gérable fixe
  - *Combien de sites supplémentaires faut-il déployer pour gérer l'intégralité de la surface agricole ? Pour quels impacts ?*

Merci.

# Bibliographie

- The Shift Project. (2024). *Energie, climat : Des réseaux sobres pour des usages connectés résilients*. The Shift Project.
- GSMA. (2020). *Smart Farming : Weed Elimination with 5G Autonomous Robots*.

# Annexes

# Détails robots

<b><u>Scenario</u></b>	<b>RTK</b>	<b>Stream</b>	<b>Edge</b>
<i>Working Width (m)</i>	2		
<i>Working Speed (m/s)</i>	1.25		1
<i>Workload (ha/h)</i>	0.9		0.72
<i>Required bitrate (Mbps)</i>	0.012	1	9

# Estimation Consommation d'Énergie

$$E_{tot} = \frac{8760}{1 - \sigma} \sum_{x=1}^{N_{site}} \left( P_{site} + \underbrace{\sum_{b \in B_x} (P_b + \sum_{s \in S_x} P_{static}^{(b)})}_{\text{Puissance Statique}} + \underbrace{\frac{P_{dyn}^{(b)} \cdot v_{(s,b)}}{\eta_b^{(up)}}}_{\text{Puissance Dynamique}} \right)$$

- Un site  $x$ , un nombre de sites  $N_{site}$
- Une bande  $b \in B_x$ , ensemble des bandes de  $x$ , efficacité spectrale montante  $\eta_b^{(up)}$  (Mbps/MHz)
- Un secteur  $s \in S_x$ , ensemble des secteurs de  $x$
- $P_{site}, P_b, P_{static}^{(b)}$  : puissance constante des équipements actifs d'un site, de  $b$ , d'une cellule de  $b$  (W)
- $P_{dyn}^{(b)}$  puissance dynamique (W/MHz) du trafic annuel moyen  $v_{(s,b)}$  (Mbps) d'une cellule
  - $N_{R(s,b)}$  nombre de robot  $R$  déployés sur une cellule
  - $\lambda_R, N_p, N_h$  données transférées (Mbps), nombre de passes, heures de travail par passe
- $\sigma$  pertes (puissance, conversion...)

$$v_{(s,b)} = \frac{N_{R(s,b)} \lambda_R N_p N_h}{8760}$$