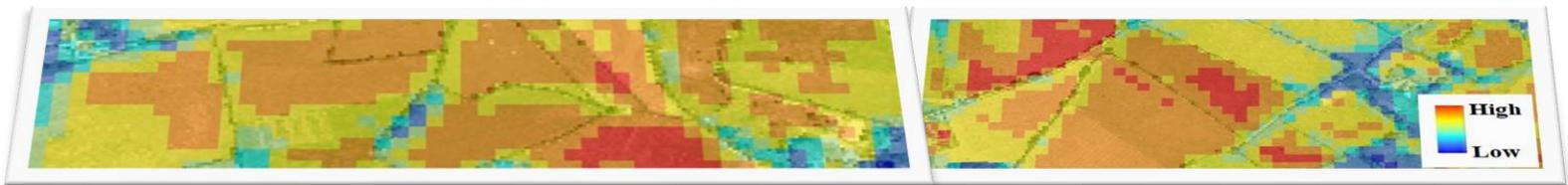


# Journées de Printemps 2021 : Fourrages et prairies 2.0

Utilisation des données satellites Sentinel-2 pour quantifier la production d'herbe et de biomasse



Dusseux P., Michel E.

Airiaud A., Guyet T., Nicolas H., Pattier P.



MINISTÈRE  
DE L'AGRICULTURE  
DE L'AGROALIMENTAIRE  
ET DE LA FORÊT

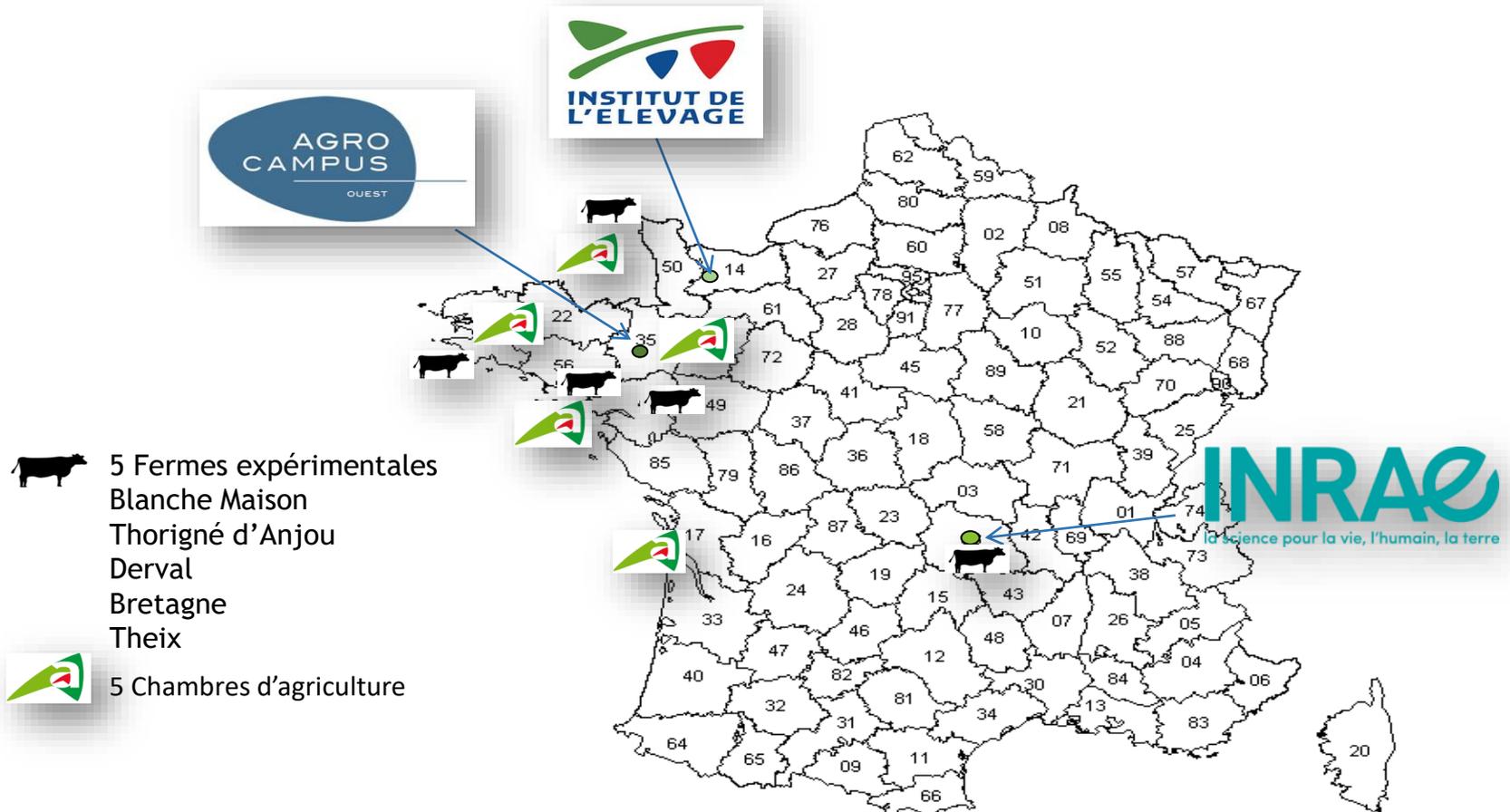
avec la contribution financière du  
compte d'affectation spéciale  
«Développement agricole et rural»



# Le projet Herdect



# Le projet Herdect – Les partenaires



## Le projet Herdect

- ACTION 1 : Elaboration d'un modèle de détermination de la biomasse prairie par télédétection
- ACTION 2 : Test des solutions innovantes dans les fermes issues du réseau pousse de l'herbe en Pays de la Loire, Normandie, Poitou-Charentes, Auvergne
- ACTION 3 : Analyse de l'appropriation par la profession d'une information régulière de la biomasse d'herbe sur leur exploitation
- ACTION 4 : Communication des résultats, des références et des outils acquis

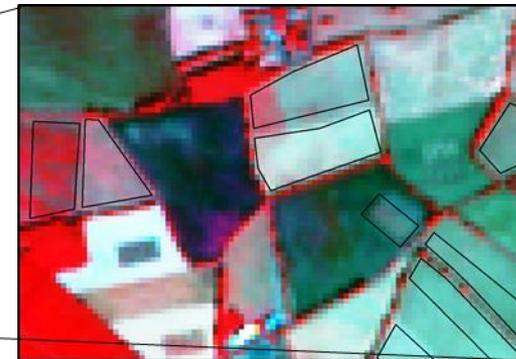
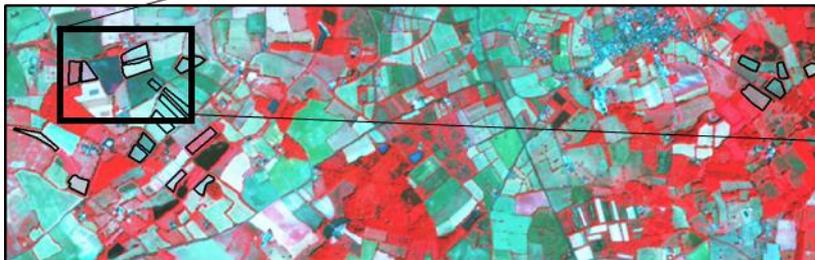
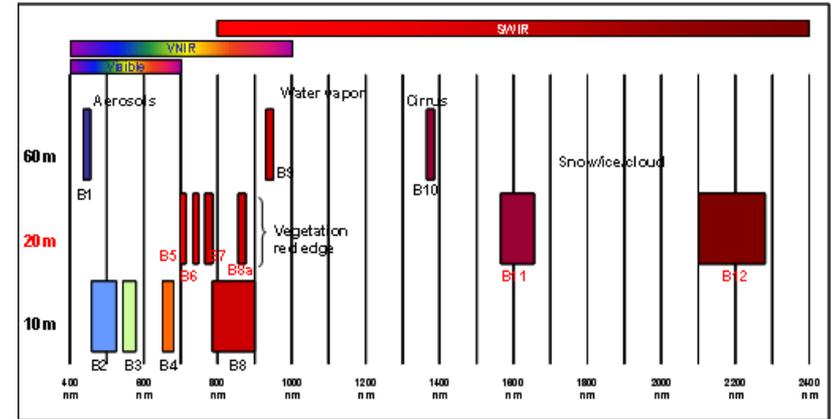
# Les données de télédétection

## Images Satellites Sentinel-2

ESA (European Spatial Agency)

➤ Haute résolution spatiale,  
temporelle et spectrale

- 10m x 10m
- 5 jours
- 13 bandes spectrales



# Les mesures au sol

## Des mesures de la hauteur d'herbe

Utilisation du Grasshopper/JenQuip  $\approx$  50 mesures/ ha

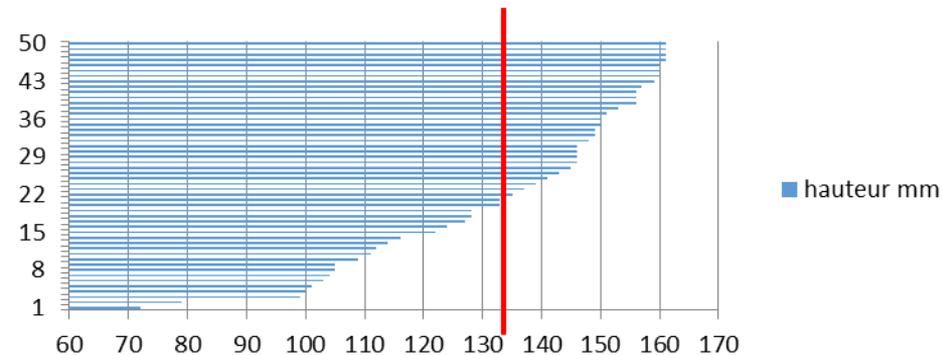
Variabilité intra-parcellaire potentiellement forte



## Des mesures de biomasse

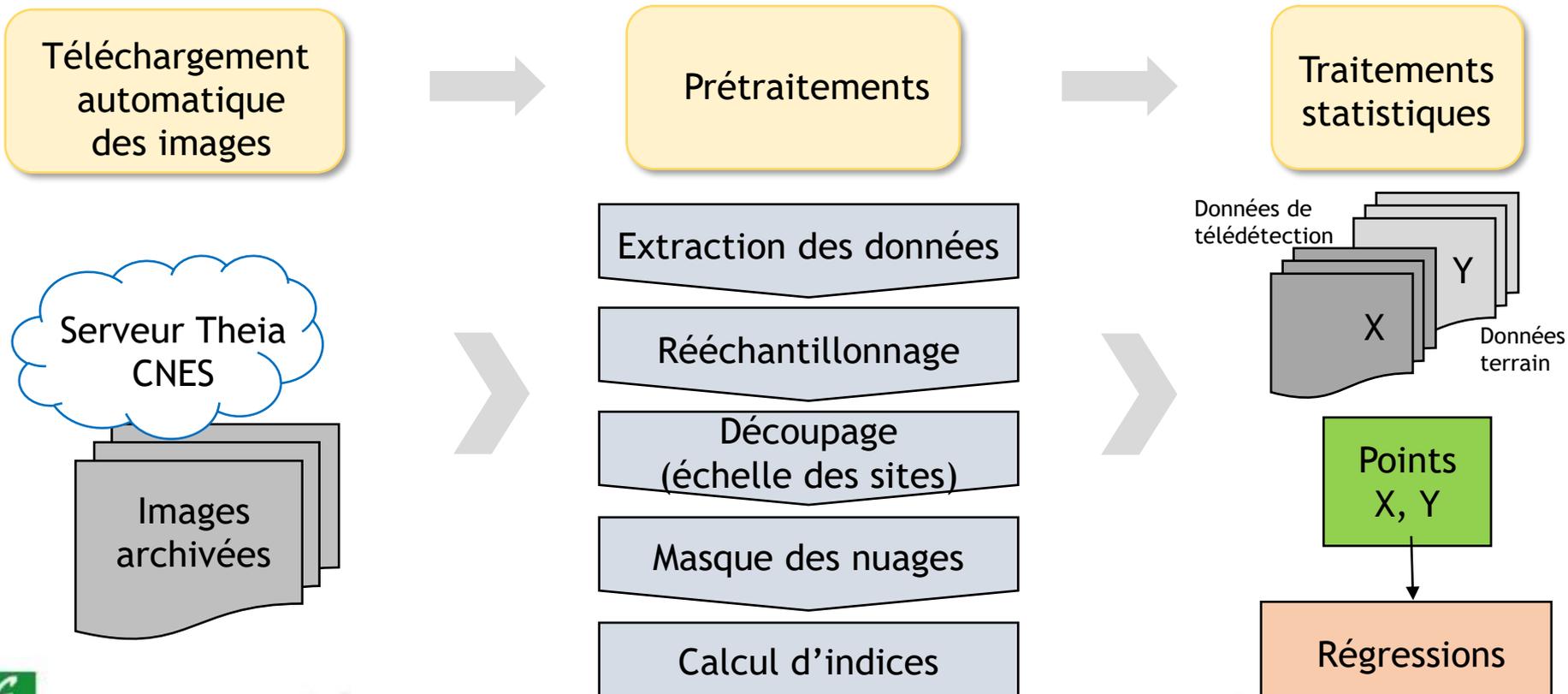
Récolte localisée ou récolte complète de parcelle

### Distribution des mesures Herbometre sur une parcelle (hauteur en mm)



# Méthodologie générale

## De l'acquisition des images satellites à la mise en place du modèle



# Méthodologie générale

## De l'acquisition des images satellites à la mise en place du modèle

Téléchargement  
automatique  
des images



Prétraitements



Traitements  
statistiques

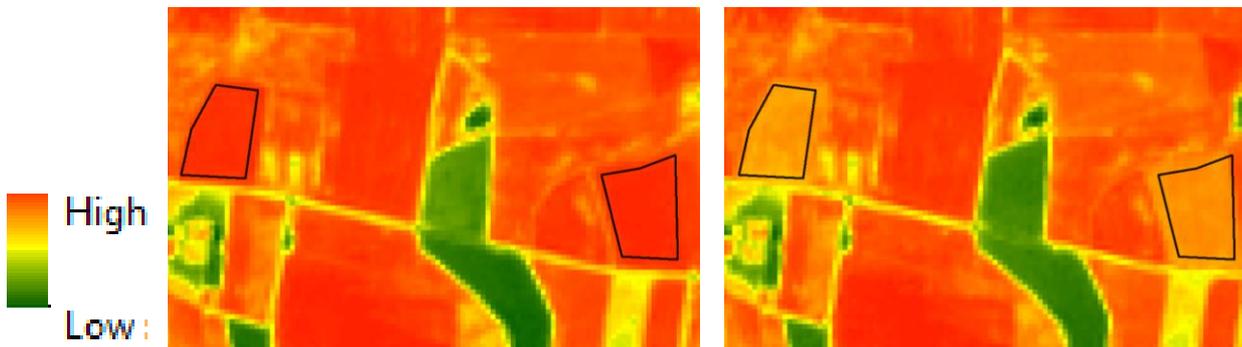
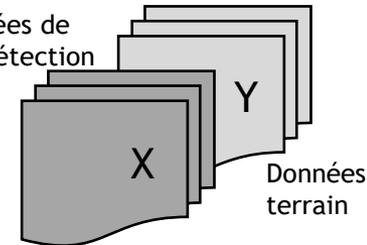


Image du 0904

Coupe au  
1104

Image du 1204

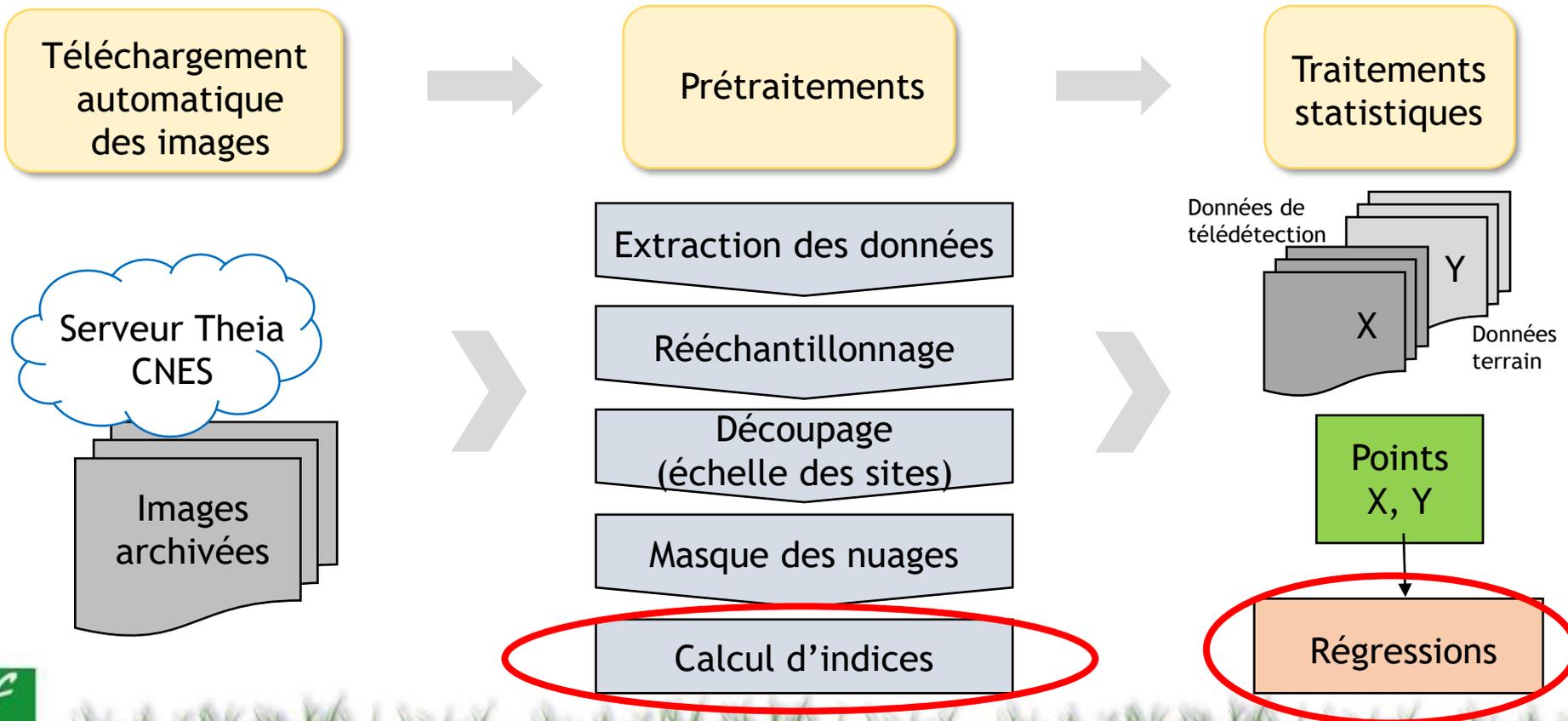
Données de  
télédétection



Points  
X, Y

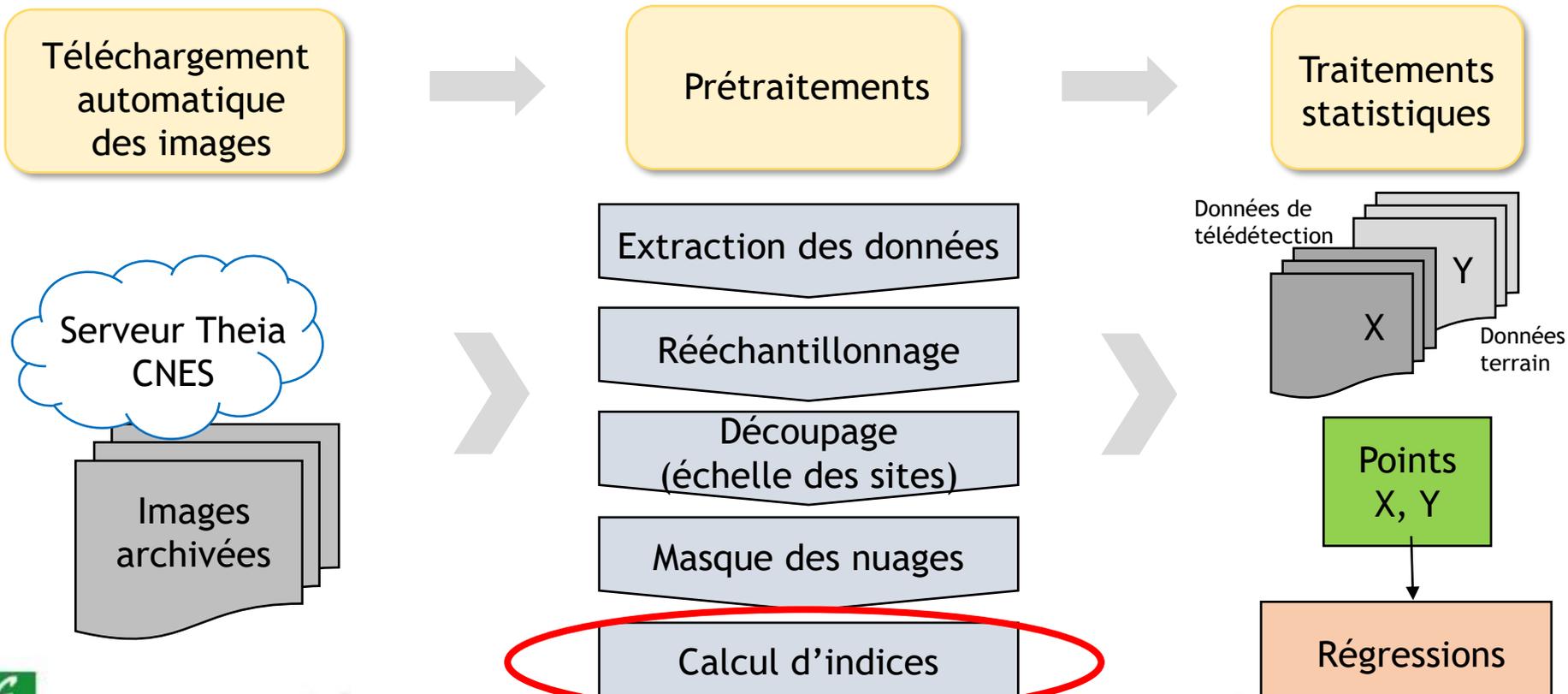
# Méthodologie générale

## De l'acquisition des images satellites à la mise en place du modèle



# Méthodologie générale

## De l'acquisition des images satellites à la mise en place du modèle



# Méthodologie générale

- ❑ Calcul d'indices et choix des indices - Evaluation des bandes spectrales

Indices normalisés = NDVI

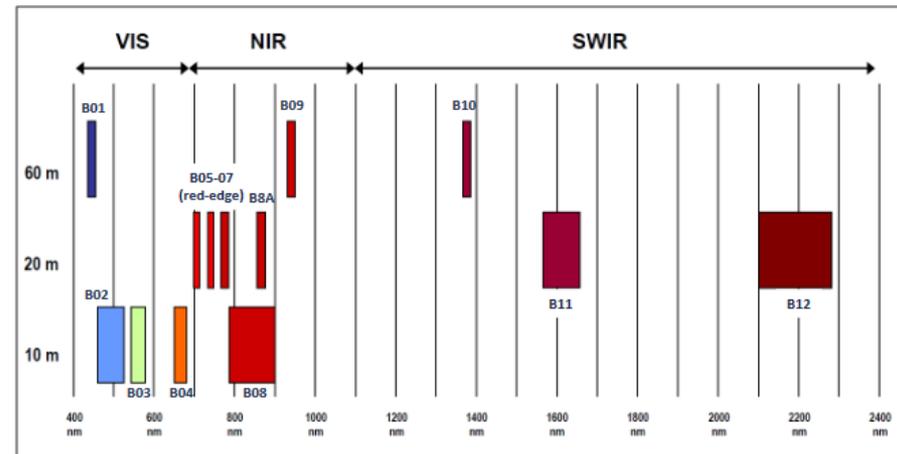
Ratio simple

Ratio à trois bandes

Indices normalisés à trois bandes

Indices de chlorophylle

Indices classiquement utilisés avec les bandes « Vert, Rouge et PIR »



# Méthodologie générale

- ❑ Calcul d'indices et choix des indices - Evaluation des bandes spectrales

Indices normalisés = NDVI

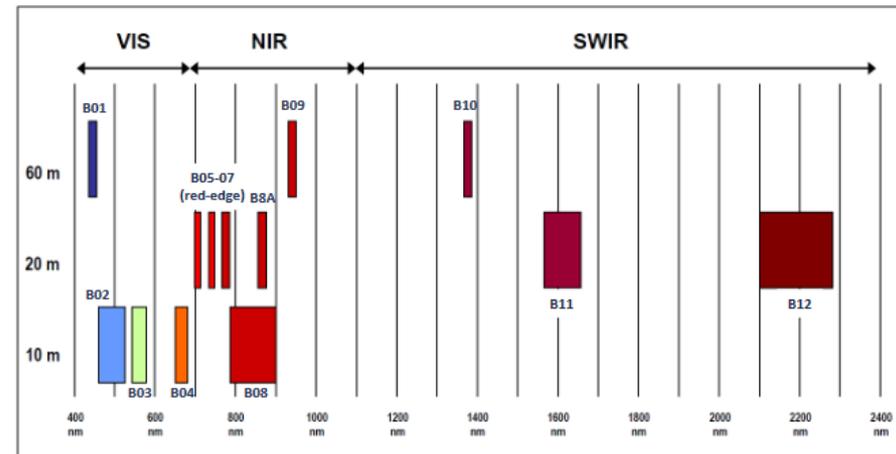
$$\frac{(PIR - R)}{(PIR + R)} = \frac{(b8 - b4)}{(b8 + b4)}$$

$$\frac{(MIR - RedEdge1)}{(MIR + RedEdge1)} = \frac{(b11 - b6)}{(b11 + b6)}$$

$$\frac{(b7 - b5)}{(b7 + b5)}$$

...

Indices classiquement utilisés avec les bandes « Vert, Rouge et PIR »

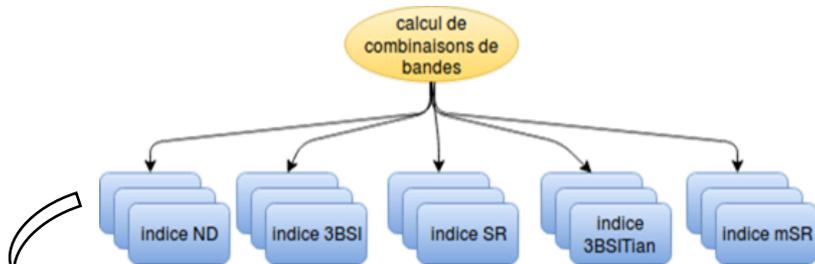


# Méthodologie générale

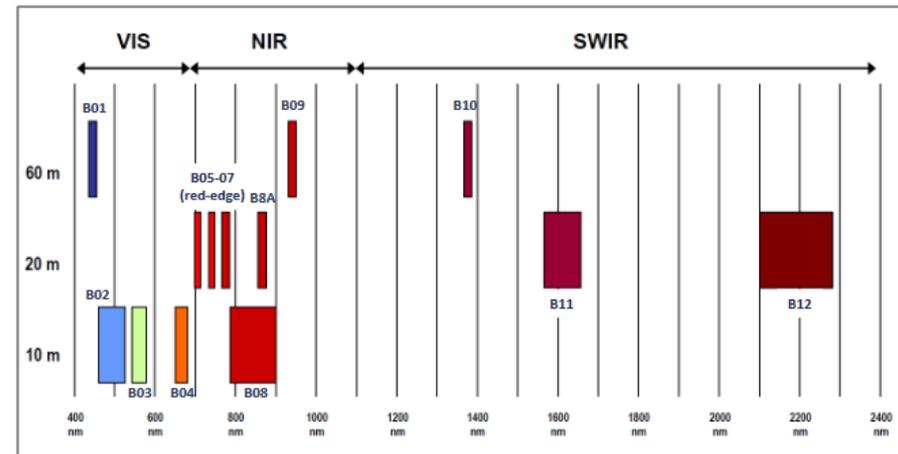
- ❑ Calcul d'indices et choix des indices - Evaluation des bandes spectrales

Indices normalisés = NDVI  
 Ratio simple  
 Ratio à trois bandes  
 Indices normalisés à trois bandes  
 Indices de chlorophylle

Indices classiquement utilisés avec les bandes « Vert, Rouge et PIR »

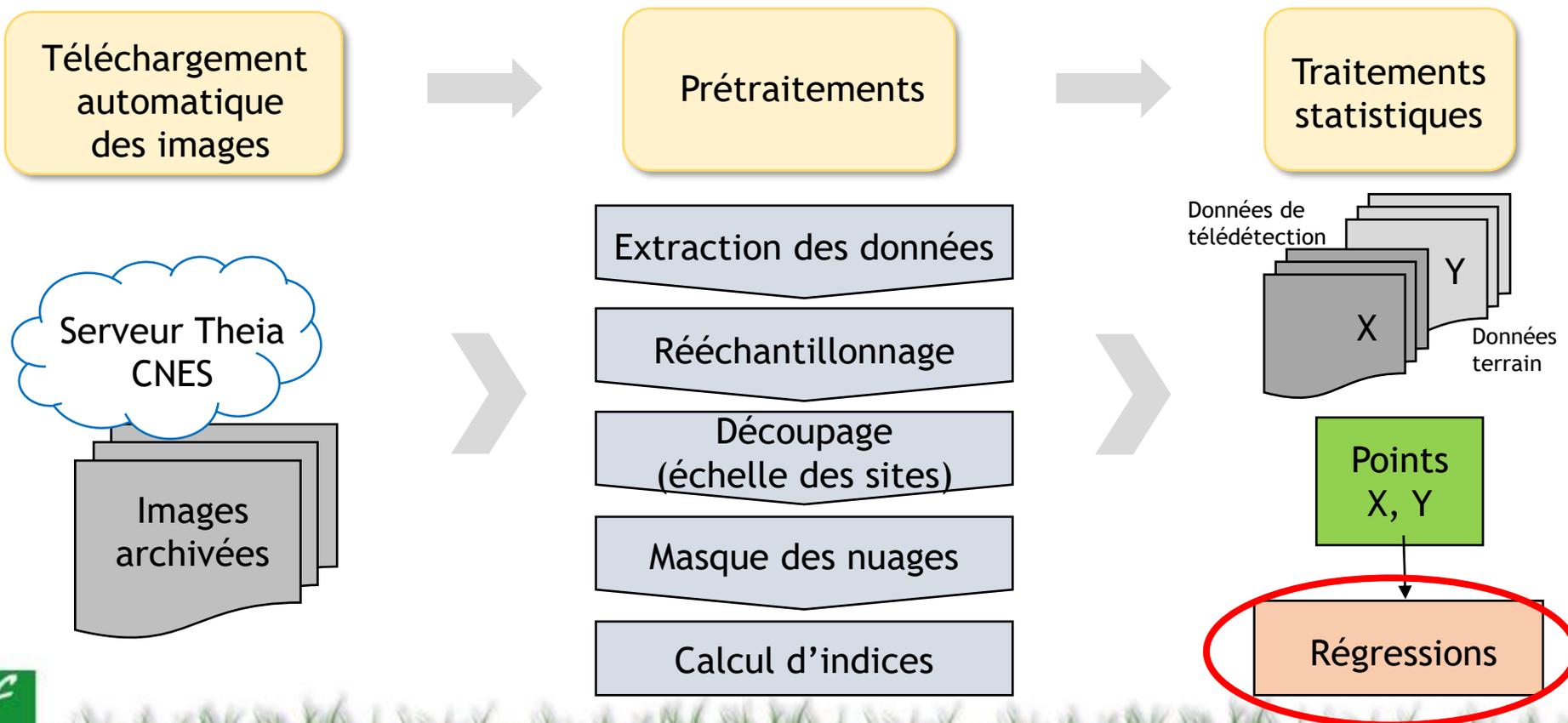


~2000 indices pour le satellite



# Méthodologie générale

## De l'acquisition des images satellites à la mise en place du modèle

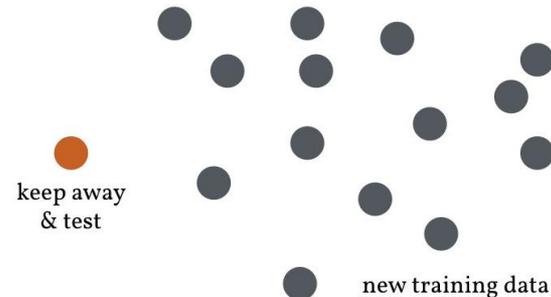
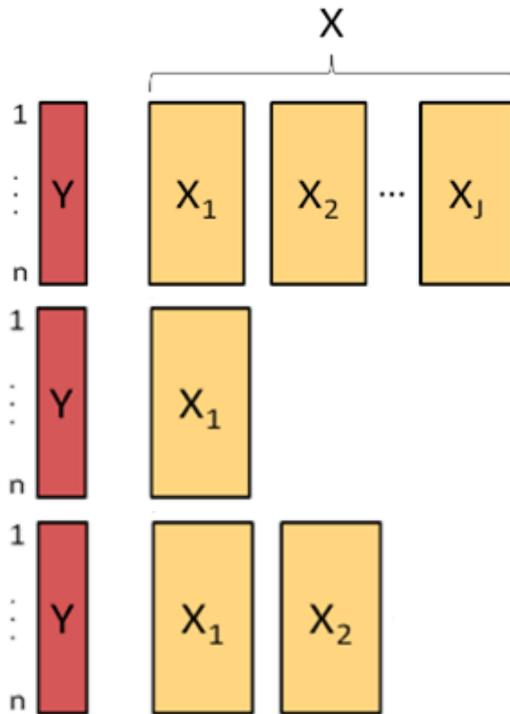


# Méthodologie générale

## ☐ Régressions

Evaluation de méthodes de régression linéaire et de machine learning

Méthode du Leave-One-Out cross validation

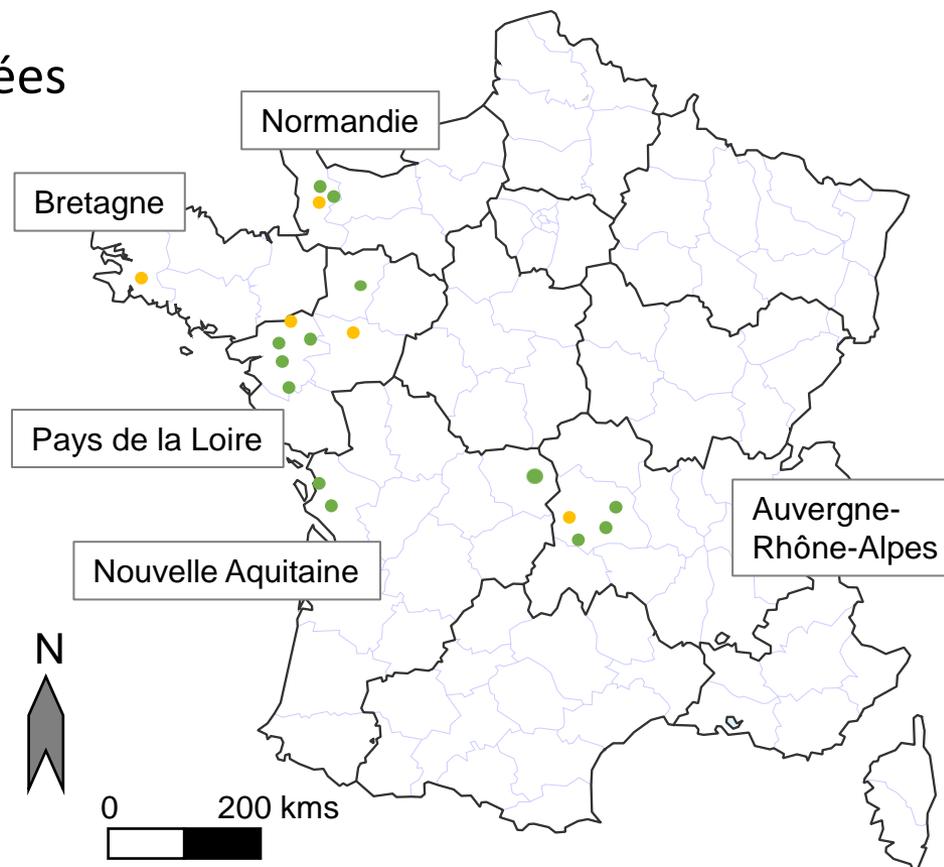


→ Erreur moyenne d'estimation / modèle testé  
(1 modèle = une méthode de régression et une sélection d'indices (et 1 jeu de données))

# Résultats

## Synthèse des données utilisées

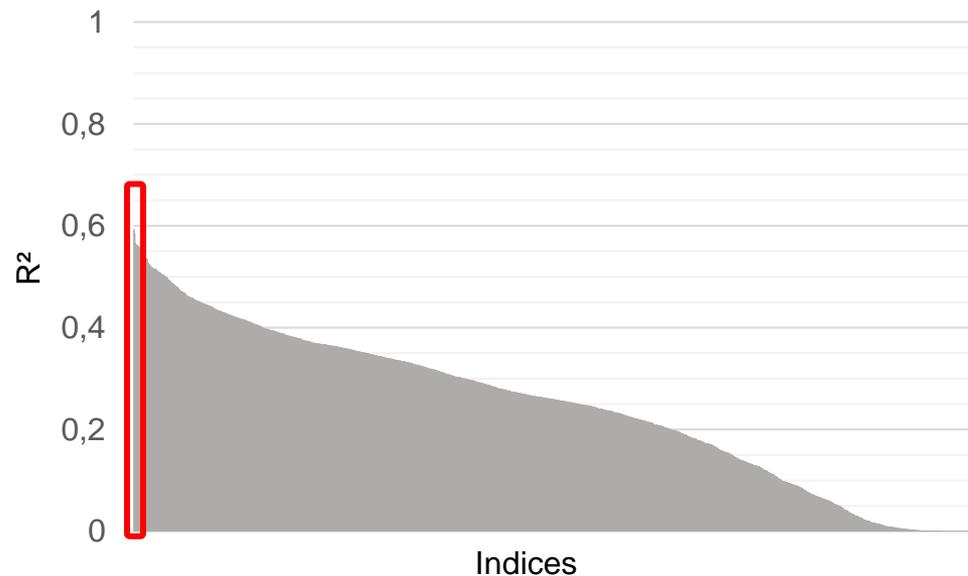
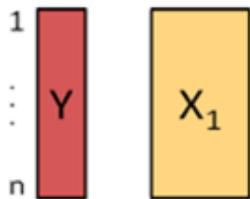
- Fermes expérimentales
- Fermes commerciales



# Résultats

Expérimentation avec les **mesures de hauteur d'herbe**

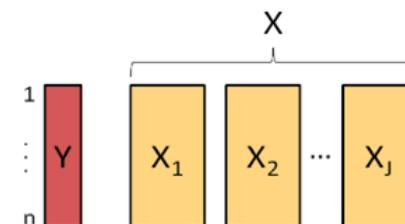
Corrélation entre la hauteur d'herbe et chaque indice



# Résultats

Expérimentation avec les **mesures de hauteur d'herbe**

☐ Modélisation à partir de plusieurs indices

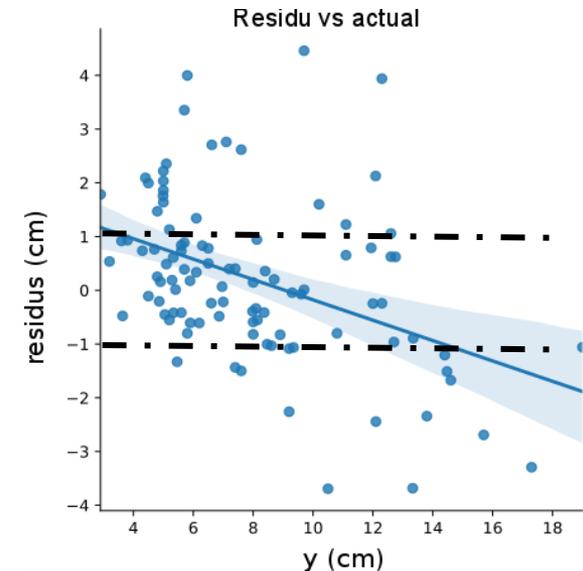
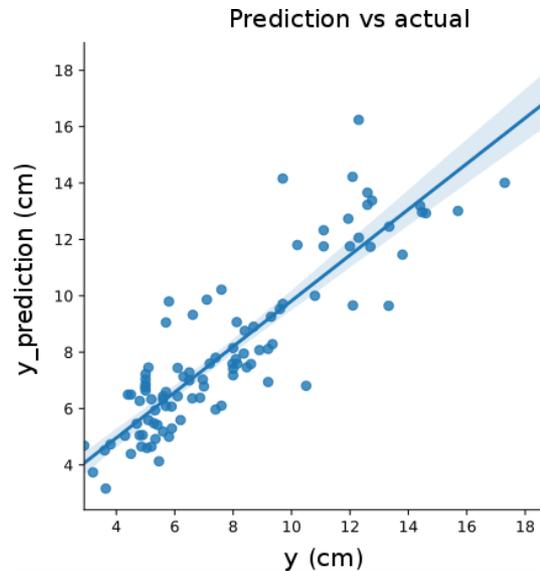
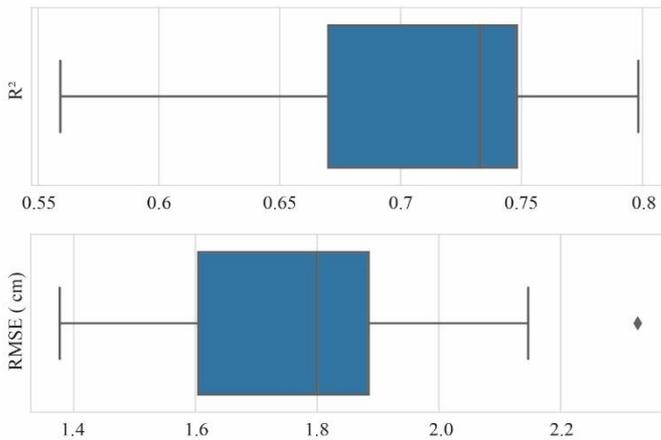
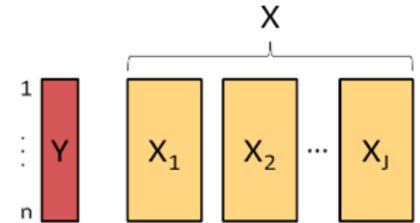


	NB indices	Erreur moyenne (cm)	Ecart-type (cm)	R <sup>2</sup>
Modèle 1	56	1,62	2,3	0,76
Modèle 1 – saison 1	50	0,94	1,05	0,83
Modèle 1 – saison 2	41	1,76	2,49	0,71
Modèle 2	65	1,56	2,28	0,75
Modèle 2 – saison 1	13	0,95	1	0,85
Modèle 2 – saison 2	36	1,69	2,55	0,72

# Résultats

Expérimentation avec les **mesures de hauteur d'herbe**

☐ Modélisation à partir de plusieurs indices

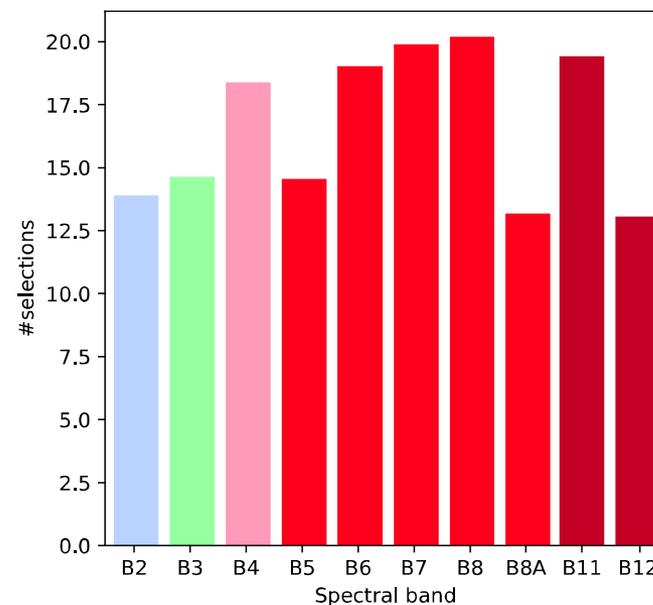
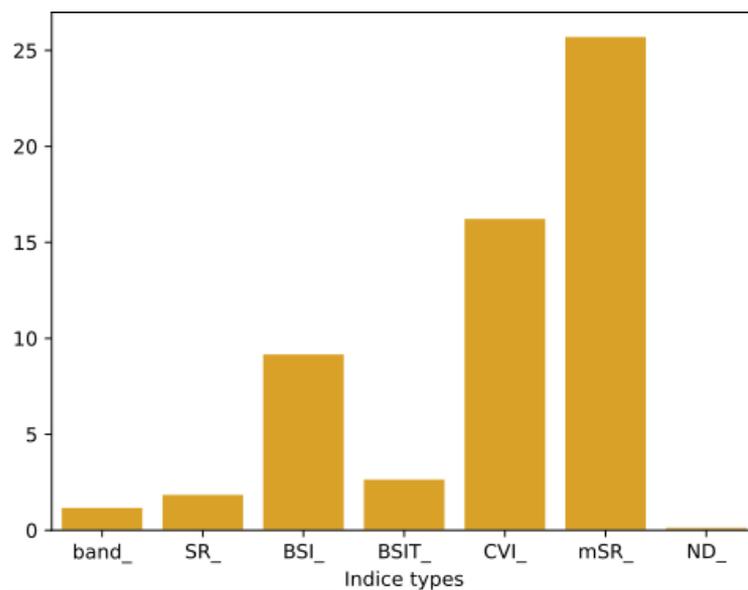
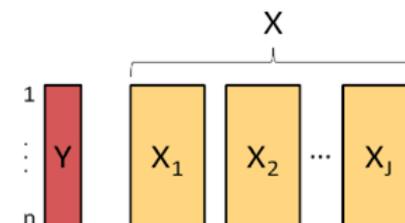


$E(y, x_1, x_2, \dots, x_k) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k \rightarrow 56$  indices pris en compte dans le modèle

# Résultats

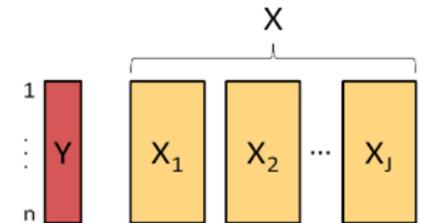
Expérimentation avec les **mesures de hauteur d'herbe**

☐ Modélisation à partir de plusieurs indices



# Résultats

## Expérimentation avec les **mesures de biomasse**

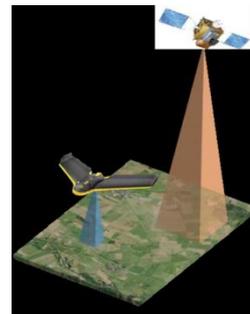


	NB indices	Erreur moyenne (kg)	Ecart-type (kg)	R <sup>2</sup>
Modèle 1	18	636,7	1125,4	0,6
Modèle 2	23	652	1084,7	0,59

# Résultats

## Test des **solutions innovantes** dans les fermes

- ❑ Comparaison des hauteurs estimées par le satellite et les hauteurs mesurées sur le terrain



Les Fermes :
Ahun (23)
Etablières (85)
Thorigné (49)
Derval (44)
Haut Mesley (53)
Gaec Bois Guillaume (44)
Trévarez (29)
Banche Maison (50)

- Fermes expérimentales et réseau pousse de l'herbe
- Parcelles du circuit de pâturage (ovin et bovin)
- Contexte pédoclimatique varié
- Mesures herbomètre toutes les semaines : mars - juin

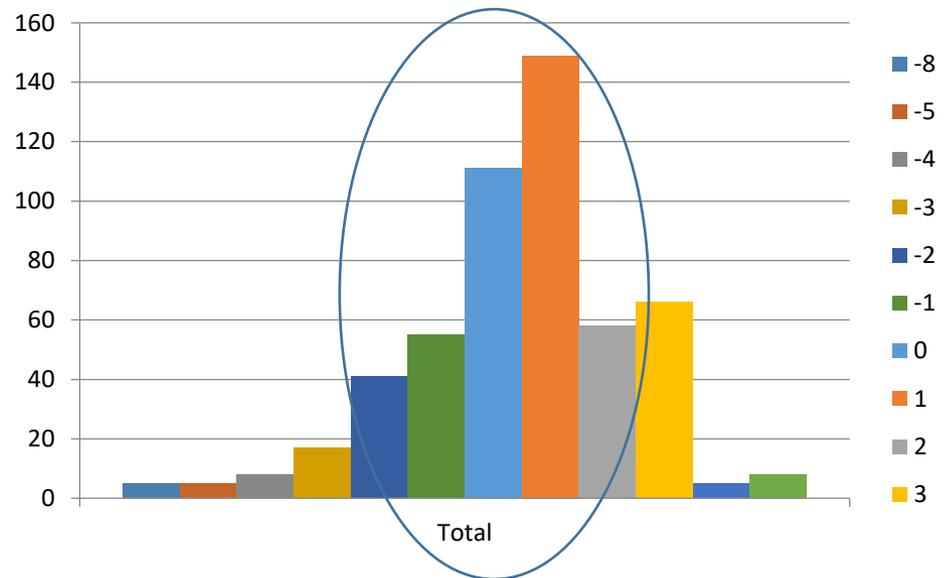
# Résultats

## Test des **solutions innovantes** dans les fermes

### ☐ Le jeu de données (1)

- 529 couples données sol/satellite
- Distribution entre la date de la mesure et la date de la valeur estimée : - 8 jours à + 9 jours
- Proposition pour la suite de l'analyse : retenir uniquement les données avec un delta temporel de + 2 jours et - 2 jours, soit 414 données.

Distribution des données selon l'écart entre la date de la mesure et l'estimation



# Résultats

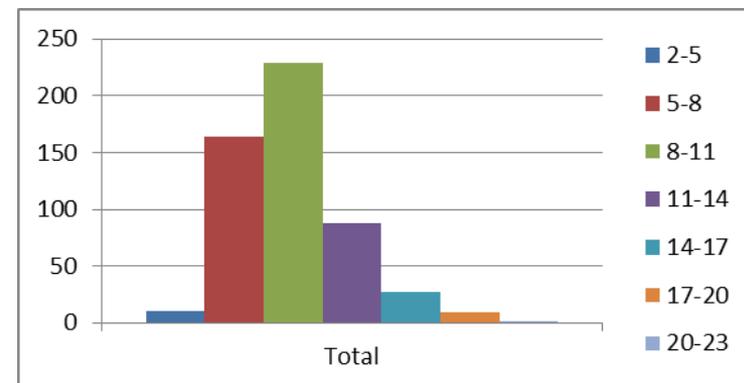
## Test des **solutions innovantes** dans les fermes

### ☐ Le jeu de données (2)

#### Nombre de Différence hauteur (terrain - satellite)

	MARS	AVRIL	MAI	TOTAL GENERAL
AHUN		17	10	27
BLANCHE_MAISSON		52	70	122
BOIS_GUILLAUME	8	15	27	50
DERVAL		14	33	47
ETABLIERES	15	10	58	83
HAUT_MESLEY			37	37
THORIGNE	9	5	16	30
TREVAREZ			18	18
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>32</b>	<b>113</b>	<b>269</b>	<b>414</b>

Une répartition selon la période qui est très liée aux images disponibles, avec une faible représentation sur mars-avril pour 2020.

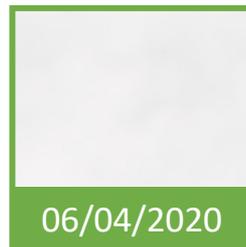
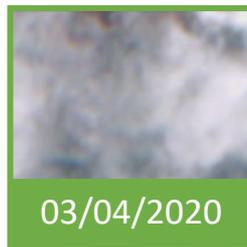


La diversité des mesures au sol est satisfaisante, avec une part importante de la tranche 5-11 cm.

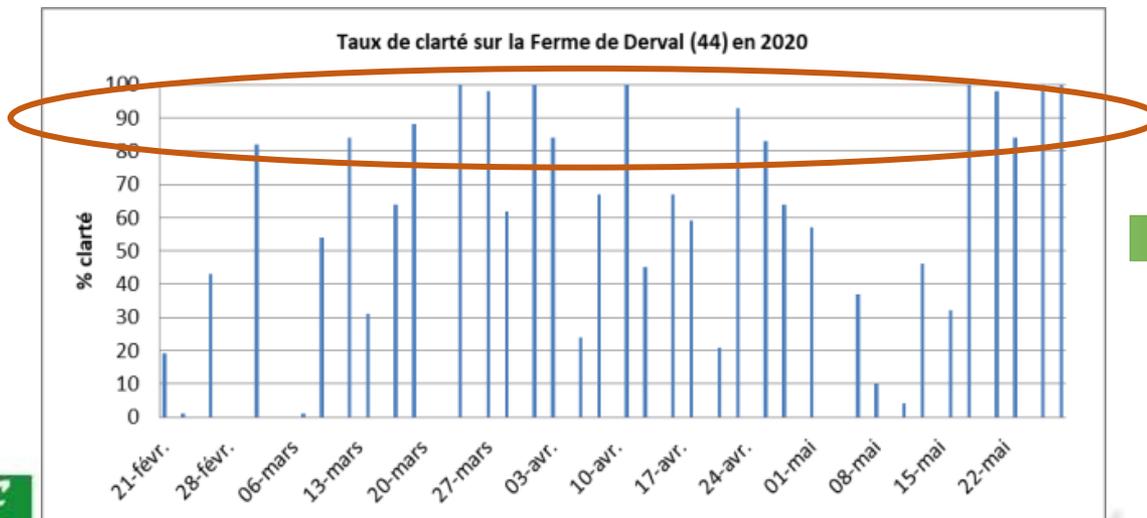
# Résultats

Focus sur la ferme expérimentale de Derval (44)

→ Des estimations peu régulières et peu fréquentes



Des nuages qui perturbent le traitement des images satellites

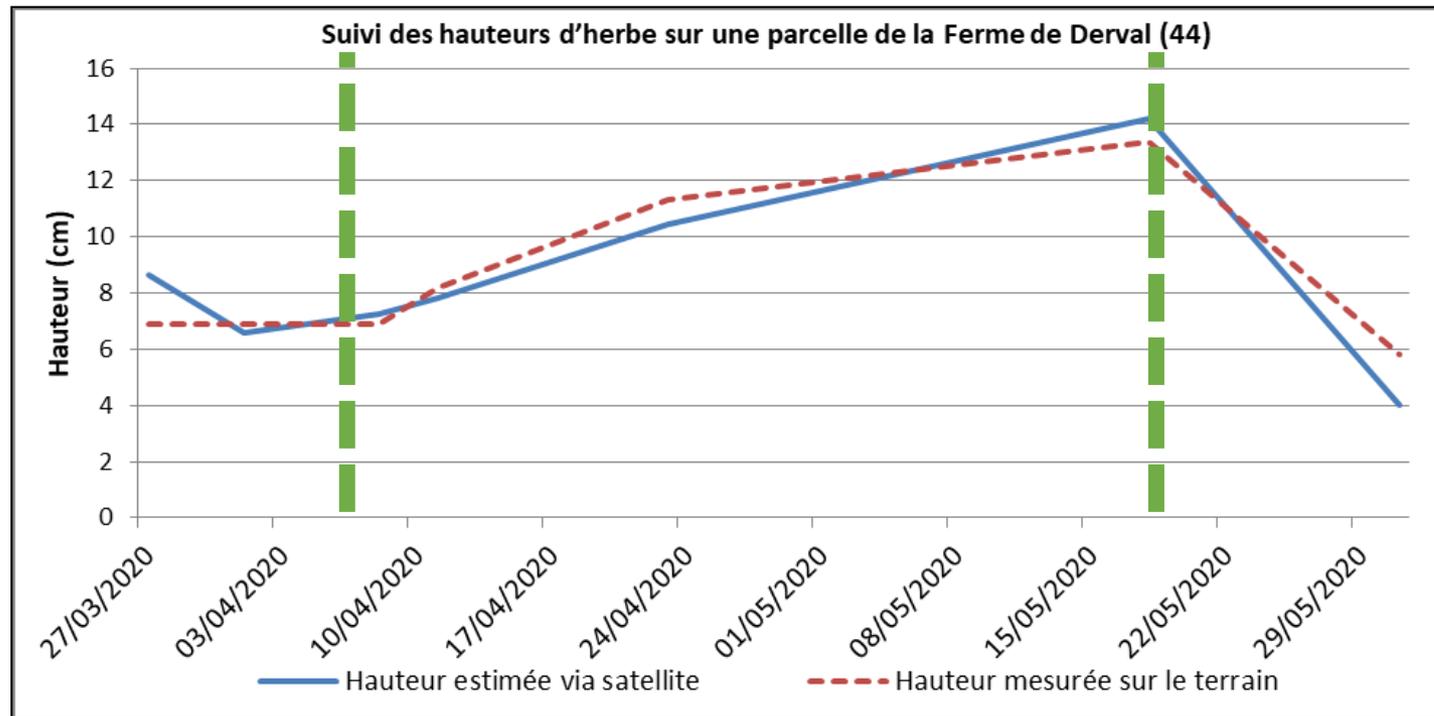


Seulement 10 images exploitables

# Résultats

Focus sur la ferme expérimentale de Derval (44)

→ Une fiabilité du modèle encourageante



# Résultats

## Analyse du biais des résultats

- Le biais sur les 414 mesures : 0,94 cm.
- Cette valeur qui est proche de zéro, nous donne une première indication de sous-estimation par le satellite de la hauteur

- Il y a une variabilité selon les sites, la ferme des Etablières sort du lot avec un biais à + de 2 cm.

SITE	BIAIS : MOYENNE DE DIFFERENCE HAUTEUR (TERRAIN - SATELLTE)	NOMBRE DE DONNEES /SITE
AHUN	-0.085206021	27
BLANCHE_MAISSON	0.293127549	122
BOIS_GUILLAUME	1.105024928	50
DERVAL	1.378341406	47
ETABLIERES	2.024755254	83
HAUT_MESLEY	1.574674587	37
THORIGNE	0.404883722	30
TREVAREZ	-0.027061838	18
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>0.945582935</b>	<b>414</b>

# Résultats

## Analyse du RMSE

- La valeur du RMSE initiale du modèle sur les jeux tests est de 1,76 cm. Le calcul sur les 414 mesures nous donne une valeur de 2,31 cm.

Site	RMSE
AHUN	2.23
BLANCHE_MAISSON	2.17
BOIS_GUILLAUME	2.17
DERVAL	1.87
ETABLIERES	2.98
HAUT_MESLEY	2.19
THORIGNE	2.23
TREVAREZ	1.83
Total général	2.31

- Situation particulière des Etablières avec un RMSE à 2,98. On va trouver des explications dans la nature des compositions.

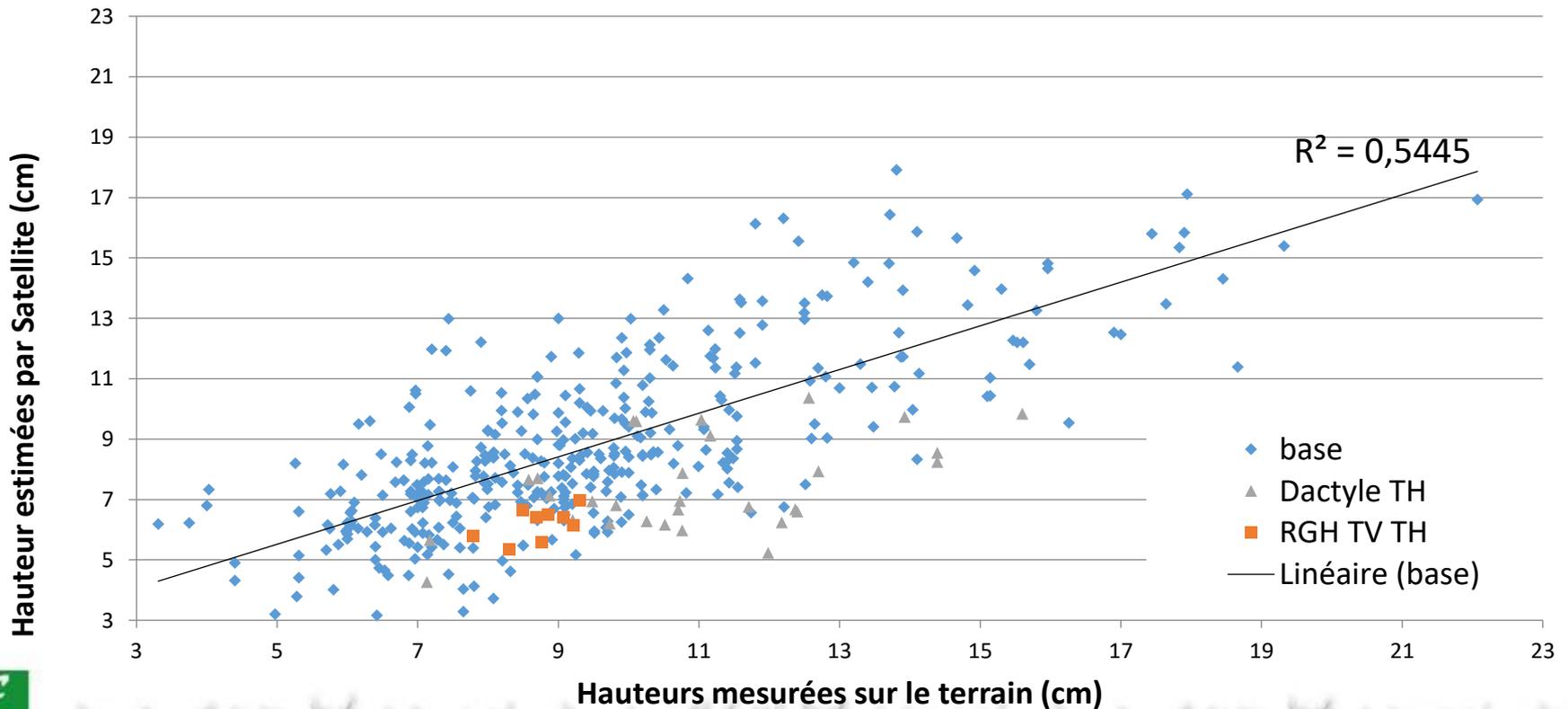
Classe Hauteur	RMSE
5-8 cm	2.25
8-12 cm	2.10
12-15 cm	2.66

- Pas de différenciation selon la hauteur. Le RMSE reste stable.

# Résultats

Une fiabilité du modèle encourageante

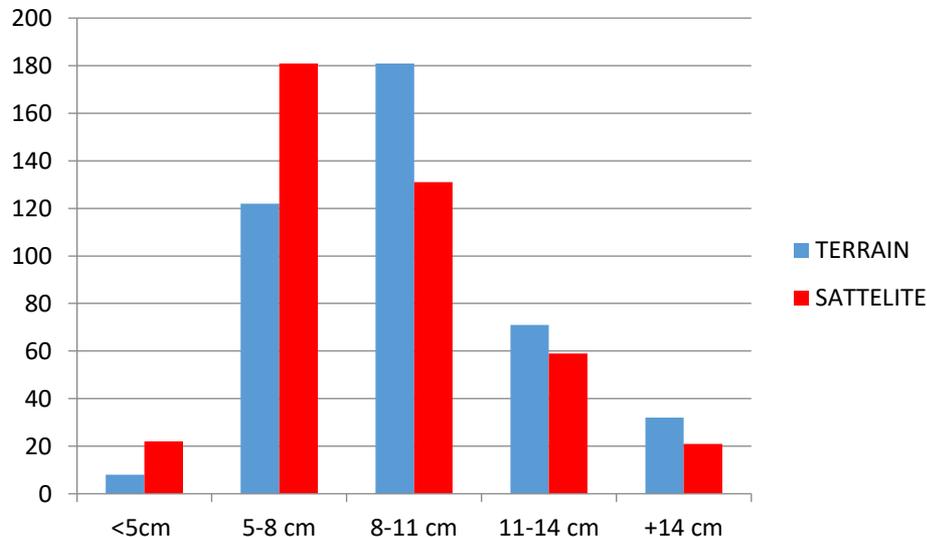
## Des hauteurs corrélées



# Résultats

## L'approche par classe

→ Dans le projet, les agriculteurs ont exprimé que leurs besoins relevaient plus d'une notion de classe de hauteurs que d'une hauteur stricte.



- Le visuel confirme le fait que le satellite a tendance à sous-estimer la mesure.
- L'erreur de classe représente 30 % des cas sur le 5-11 cm.

# Perspectives

Valorisation du modèle dans un outil éleveur d'aide à la gestion du pâturage

➤ Plusieurs scénarios possibles

- Intégration du modèle dans un outil déjà existant
- Création d'un nouvel outil d'aide à la gestion du pâturage

