

Projet ArtiSols

3 – Suivi de l'artificialisation

Kenji Ose, Rémi Cresson, Alexia Cornic, Eric Barbe,
TETIS, Univ Montpellier, AgroParisTech, CIRAD, CNRS, **INRAE**, Montpellier, France

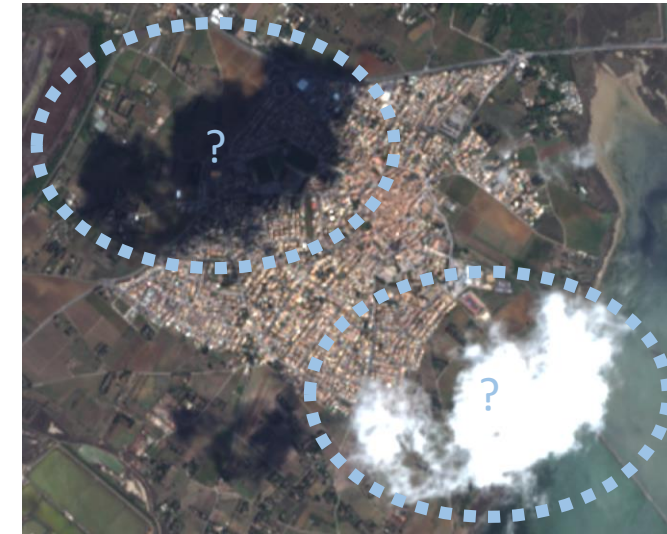


1. Contexte et objectifs

- Suivi de l'**artificialisation** à partir de l'**imagerie satellitaire** :
 - Régional : l'Occitanie (72 000 km²)
 - Diachronique : mise à jour annuelle
 - Précis : échelle du bâti
 - Etude qui s'inscrit dans la continuité de travaux réalisés en 2009
 - Région Languedoc-Roussillon (27 000 km²)
 - Cartographie de l'artificialisation en 1997 et 2009
 - Méthode de classification orientée objet + contrôle/correction visuels
- Privilégier une **méthode automatisée** pour assurer la **reproductibilité**
- **Compromis** « coût-précision-temps »

• 2.A. Images satellitaires

- Avantages :
 - Une « photographie » du territoire
 - Résolution spatiale adaptée à la (quasi-) détection du bâti
 - Accès **gratuit** pour les acteurs publics français
 - 1 couverture nationale par an, depuis 2015 sur la Métropole
- Inconvénients :
 - La couverture annuelle est un « patchwork » d'images acquises sur plusieurs mois
 - Différents angles illuminations (position du soleil)
 - Rotation culturale, etc.
 - Présence de nuages et ombres portées
= absence d'information sur les états de surface



2. Choix méthodologiques

• 2.A. Images satellitaires

- Contexte favorable :
 - Mutualisation via le Programme **Data-Terra DINAMIS** (suite Equipex GEOSUD)
- Acquisition en pied d'antenne :
 - **SPOT 6/7** Airbus
 - Très Haute Résolution Spatiale (THRS) : entre 1,5 m et 6 m
 - Fauchée : 60 km
 - Visible et proche Infrarouge
- Dispositif Data-Terra DINAMIS pérenne avec perspective de nouvelles missions satellitaires qui assureront la continuité



Spot 6/7 - mode multi-spectral à 6 m

2. Choix méthodologiques

• 2.A. Images satellitaires

- Contexte favorable :
 - Mutualisation via le Programme **Data-Terra DINAMIS** (suite Equipex GEOSUD)
- Acquisition en pied d'antenne :
 - **SPOT 6/7** Airbus
 - Très Haute Résolution Spatiale (THRS) : entre 1,5 m et 6 m
 - Fauchée : 60 km
 - Visible et proche Infrarouge
- Dispositif Data-Terra DINAMIS pérenne avec perspective de nouvelles missions satellitaires qui assureront la continuité



Spot 6/7 - mode panchromatique à 1,5 m

2. Choix méthodologiques

• 2.B. Extraction d'information par Intelligence Artificielle

- Constitution d'un jeu d'apprentissage
 - Besoin d'une « vérité terrain » pour entraîner les algorithmes de classification
 - Construction d'une **base de données de référence**
 - Sources : OSM, BD IGN, ASP, BRGM
 - Définition d'une **nomenclature adaptée** à la problématique et aux images
 - Occupation/utilisation du sol
 - Composantes de l'artificialisation, pour une définition modulable
 - Ajustement temporel
 - Une BD 2016 pour classer les images de 2015 à 2017
 - Une BD 2018 pour classer les images 2018 et 2019
 - Division en 2 jeux indépendants : un pour l'apprentissage, un autre pour l'évaluation

Nomenclature

Bâti activité

Bâti résidentiel

Cimetière

Carrière

Serre

Artificialisation autre

Forêt

Végétation autre

Vigne

Verger

Culture autre

Sable

Eau

2. Choix méthodologiques

• 2.B. Extraction d'information par Intelligence Artificielle

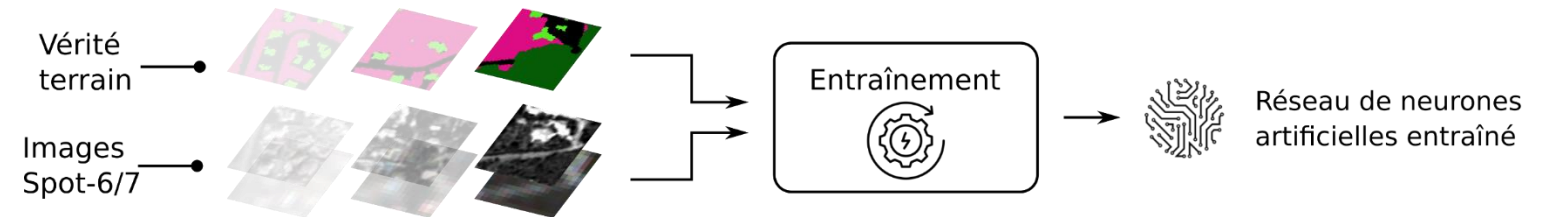
- Echantillonnage
 - 3,3 % de la vérité terrain pour l'apprentissage
 - 3,3 % de la vérité terrain pour la validation (pixel)
- Vérité découpée en « patches »
 - distribués uniformément dans l'espace
 - Pour tenir compte au mieux des différents contextes en région
- Utilisation des images GEOSUD
 - Environ 150 scènes Spot 6/7 (PAN +MS) de 2015 à 2019



2. Choix méthodologiques

• 2.B. Extraction d'information par Intelligence Artificielle

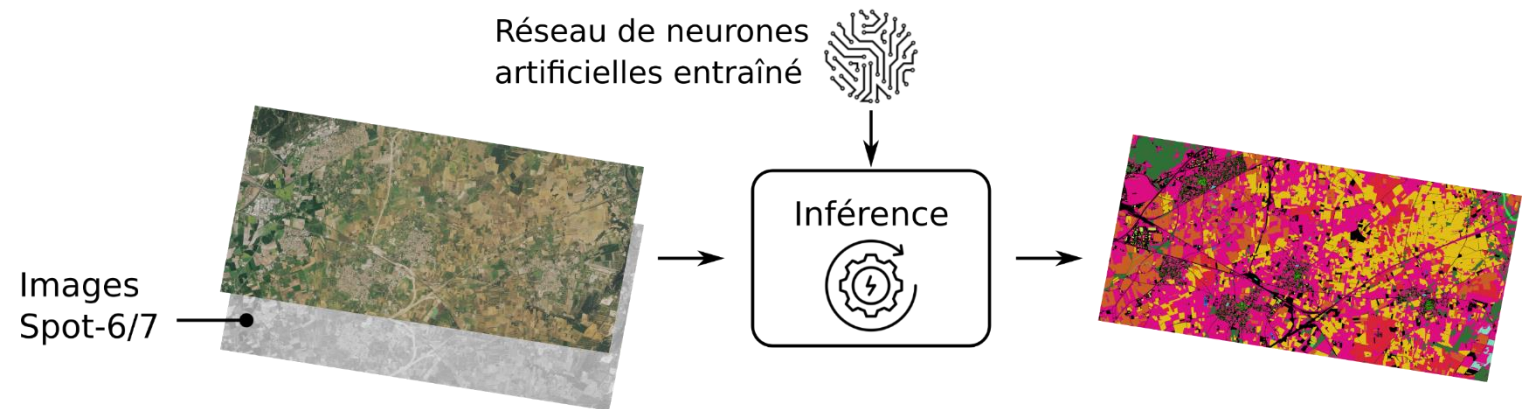
• Phase d'apprentissage



Durée : environ 4 jours sur la machine de calcul « Jean-Zay », située à l'IDRIS (Institut du développement et des ressources en informatique scientifique)



• Phase de classification



Durée : quelques heures pour l'ensemble des images (sur la machine « Jean-Zay »)

- **3.A. Cartographie du bâti sur l'Occitanie**

- **Produit « brut »**

- Détection automatisée du bâti sur 5 années, de 2015 à 2019
- Distinction du bâti en fonction de l'usage (résidentiel ou activité)



ZA Boirargues/Pérols



Ecusson, Montpellier

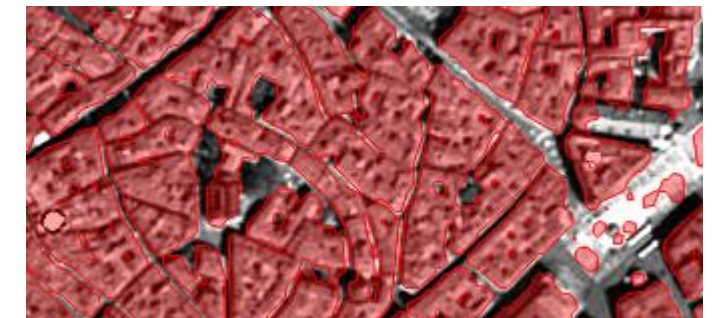
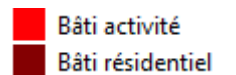
- 3.A. Cartographie du bâti sur l'Occitanie

- **Produit « brut »**

- Détection automatisée du bâti sur 5 années, de 2015 à 2019
- Distinction du bâti en fonction de l'usage (résidentiel ou activité)



ZA Boirargues/Pérols



Ecusson, Montpellier

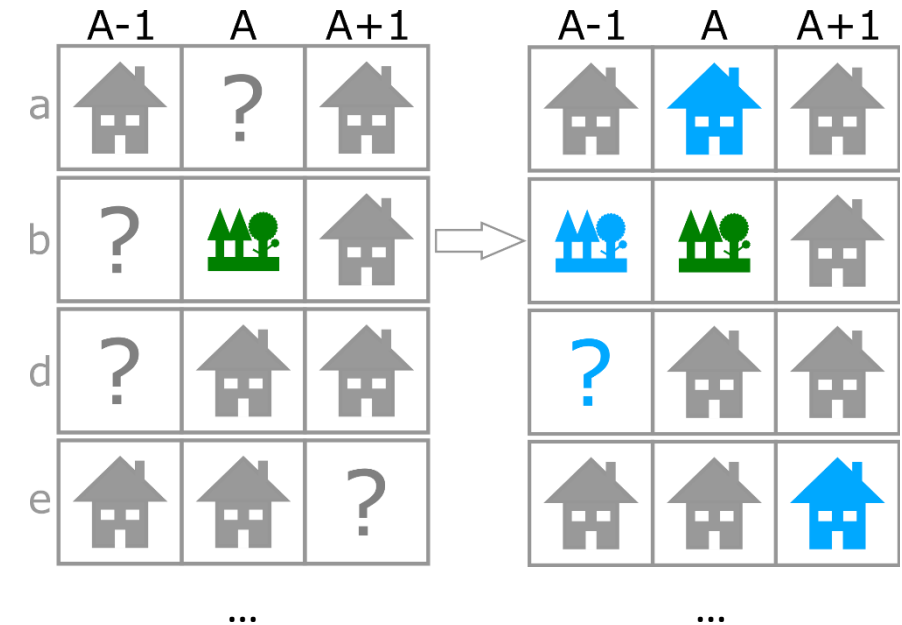
• 3.A. Cartographie du bâti sur l'Occitanie

• Produit « brut »

- Détection automatisée du bâti sur 5 années, de 2015 à 2019
- Distinction du bâti en fonction de l'usage (résidentiel ou activité)

• Produit régularisé

- Extraction du bâti non exhaustive à cause de :
 - Présence de nuages/ombres
 - Erreurs du classifieur→ Présence de « no data »
- Possibilité de régularisation sur prédicat inter-date
 - Réduction du « no data »
 - Amélioration des cartographies du bâti



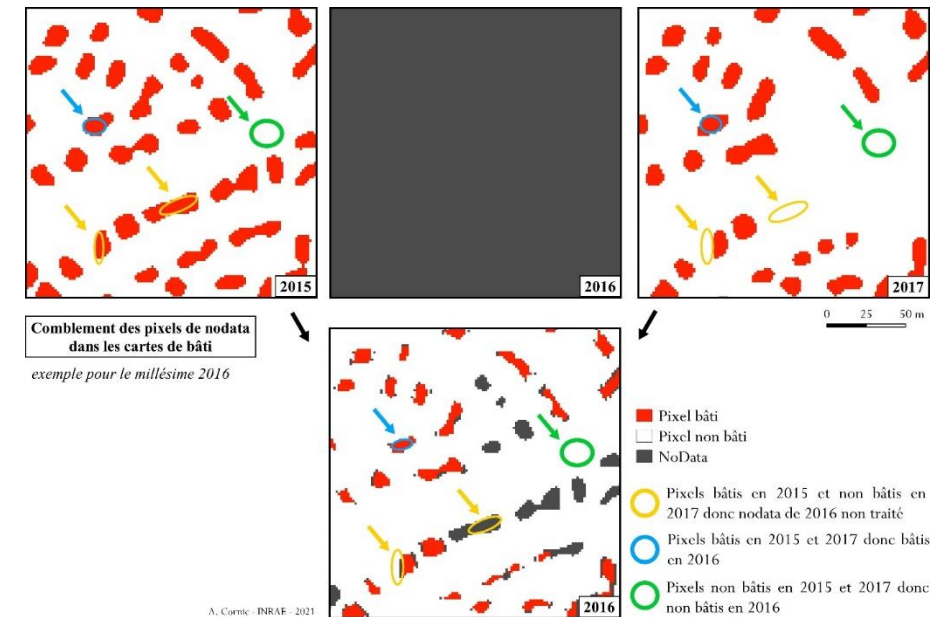
• 3.A. Cartographie du bâti sur l'Occitanie

• Produit « brut »

- Détection automatisée du bâti sur 5 années, de 2015 à 2019
- Distinction du bâti en fonction de l'usage (résidentiel ou activité)

• Produit régularisé

- Extraction du bâti non exhaustive à cause de :
 - Présence de nuages/ombres
 - Erreurs du classifieur
 → Présence de « no data »
- Possibilité de régularisation sur prédicat inter-date
 - Réduction du « no data »
 - Amélioration des cartographies du bâti



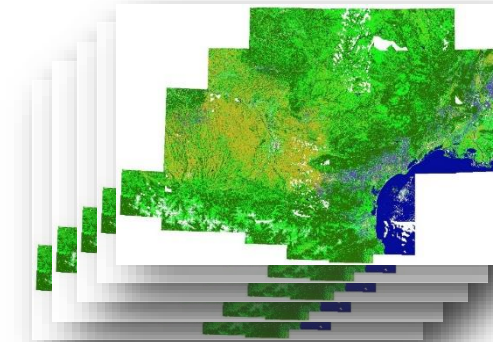
• 3.B. Cartographie de l'occupation du sol

• Produit « brut »

- Vise avant tout à décrire les composantes de l'artificialisation
- Occupation du sol sur 5 années, de 2015 à 2019
- Produit à utiliser en connaissance de ses limites (cf. confusions possibles)

• Post-classification

- Révision de la nomenclature (dissociation, agrégation) sur la partie urbaine
- Ajout des réseaux routiers (données OCS-GE, BD Topo® IGN)



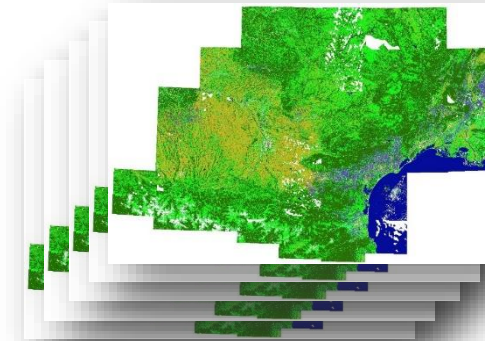
Nomenclature v1	Nomenclature v2
Bâti activité	Bâti activité
Bâti résidentiel	Bâti résidentiel
Cimetière	Artificialisation autre
Artificialisation autre	
Forêt *	Végétation urbaine
Végétation autre *	
	Route

* Si contenu dans la tâche urbaine

• 3.B. Cartographie de l'occupation du sol

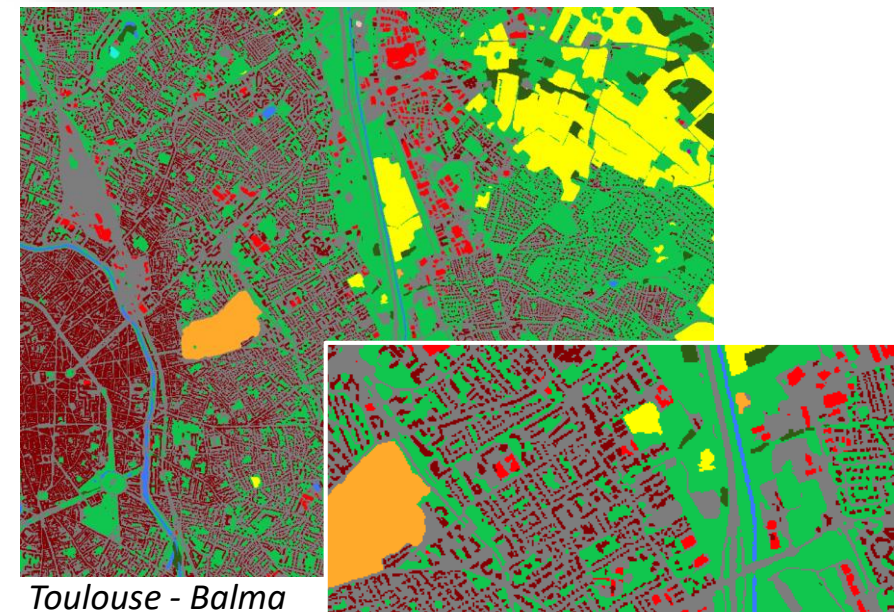
• Produit « brut »

- Vise avant tout à décrire les composantes de l'artificialisation
- Occupation du sol sur 5 années, de 2015 à 2019
- Produit utile mais à **manier avec prudence** (cf. confusions possibles)



• Post-classification

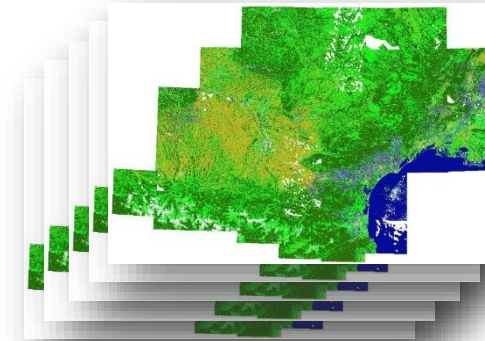
- Révision de la nomenclature (dissociation, agrégation) sur la partie urbaine
 - Ajout des réseaux routiers (données OCS-GE, BD Topo® IGN)
- Toute végétation dans la tache artificialisée devient végétation urbaine
- Surimposition du réseau routier OSC GE
- Reclassification d'« artificialisation autre » en « route » si intersection avec la BD Topo



• 3.B. Cartographie de l'occupation du sol

• Produit « brut »

- Vise avant tout à décrire les composantes de l'artificialisation
- Occupation du sol sur 5 années, de 2015 à 2019
- Produit utile mais à **manier avec prudence** (cf. confusions possibles)



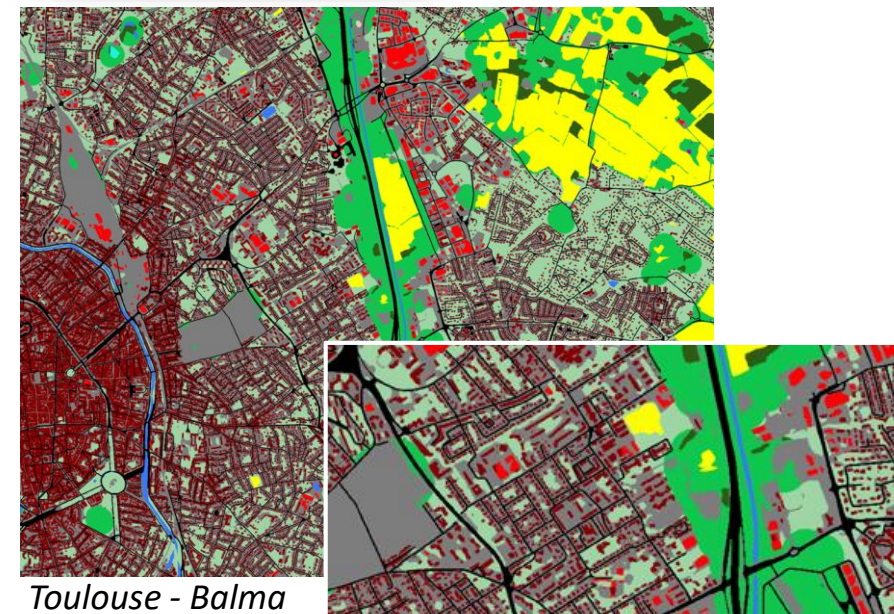
• Post-classification

- Révision de la nomenclature (dissociation, agrégation) sur la partie urbaine
- Ajout des réseaux routiers (données OCS-GE, BD Topo® IGN)

→ Toute végétation dans la tache artificialisée devient végétation urbaine

→ Surimposition du réseau routier OSC GE

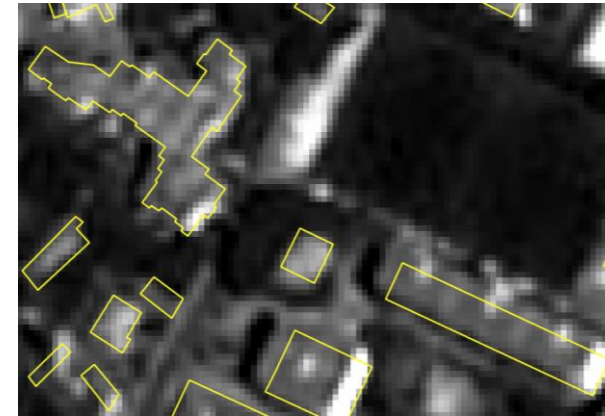
→ Reclassification d'« artificialisation autre » en « route » si intersection avec la BD Topo



4. Evaluation de la qualité

• 4.A. Besoin de qualifier ?

- Absence de qualification
 - frein à la diffusion : peur d'exposer une donnée non maîtrisée
 - Frein à la (ré)utilisation
- Etude approfondie sur 2 des 5 critères de la qualité :
 - Exhaustivité : Estimation des vrais/faux positifs/négatifs
 - Précision thématique : Justesse de l'étiquetage
 - *Cohérence logique, précision de position, qualité temporelle*
- D'où vient l'erreur ?
 - Du classifieur !
 - Confusions avec d'autres classes
 - Mais pas seulement ! D'autres facteurs entrent en jeu...
 - Géométrie des images (angles d'acquisition)
 - Précisions spatiales
 - BD Ortho à 50 cm VS classification à 1,5 – 6 m
 - Décalage temporel entre la classification et la « vérité terrain »
 - Evolutions possibles des états de surface
 - La prise de vue n'est pas une carte...

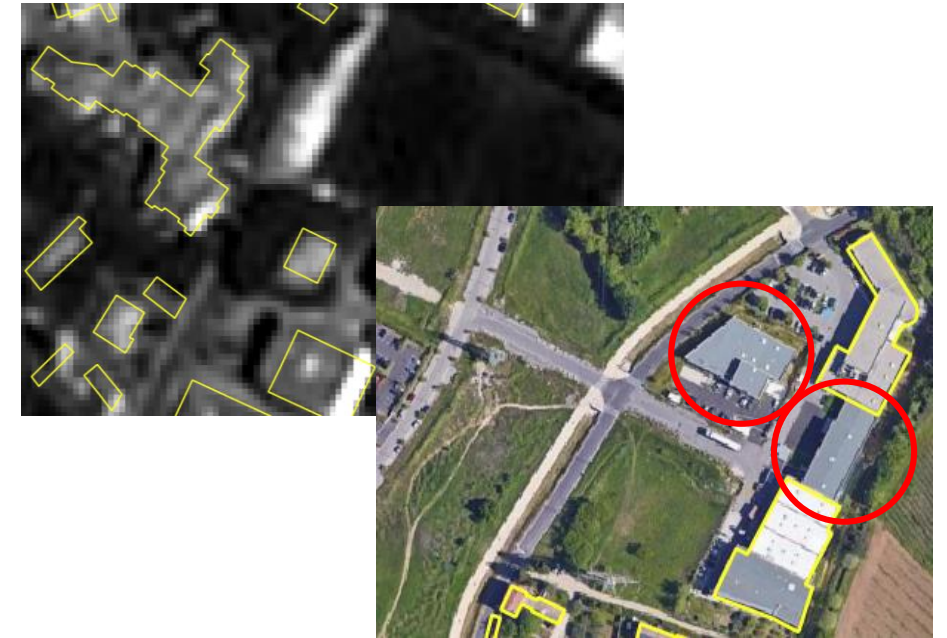


□ Bati (BD Topo® 2019)

4. Evaluation de la qualité

• 4.A. Besoin de qualifier ?

- Absence de qualification
 - frein à la diffusion : peur d'exposer une donnée non maîtrisée
 - Frein à la (ré)utilisation
- Etude approfondie sur 2 des 5 critères de la qualité :
 - Exhaustivité : Estimation des vrais/faux positifs/négatifs
 - Précision thématique : Justesse de l'étiquetage
 - *Cohérence logique, précision de position, qualité temporelle*
- D'où vient l'erreur ?
 - Du classifieur !
 - Confusions avec d'autres classes
 - Mais pas seulement ! D'autres facteurs entrent en jeu...
 - Géométrie des images (angles d'acquisition)
 - Précisions spatiales
 - BD Ortho à 50 cm VS classification à 1,5 – 6 m
 - Décalage temporel entre la classification et la « vérité terrain »
 - Evolutions possibles des états de surface
 - La prise de vue n'est pas une carte...

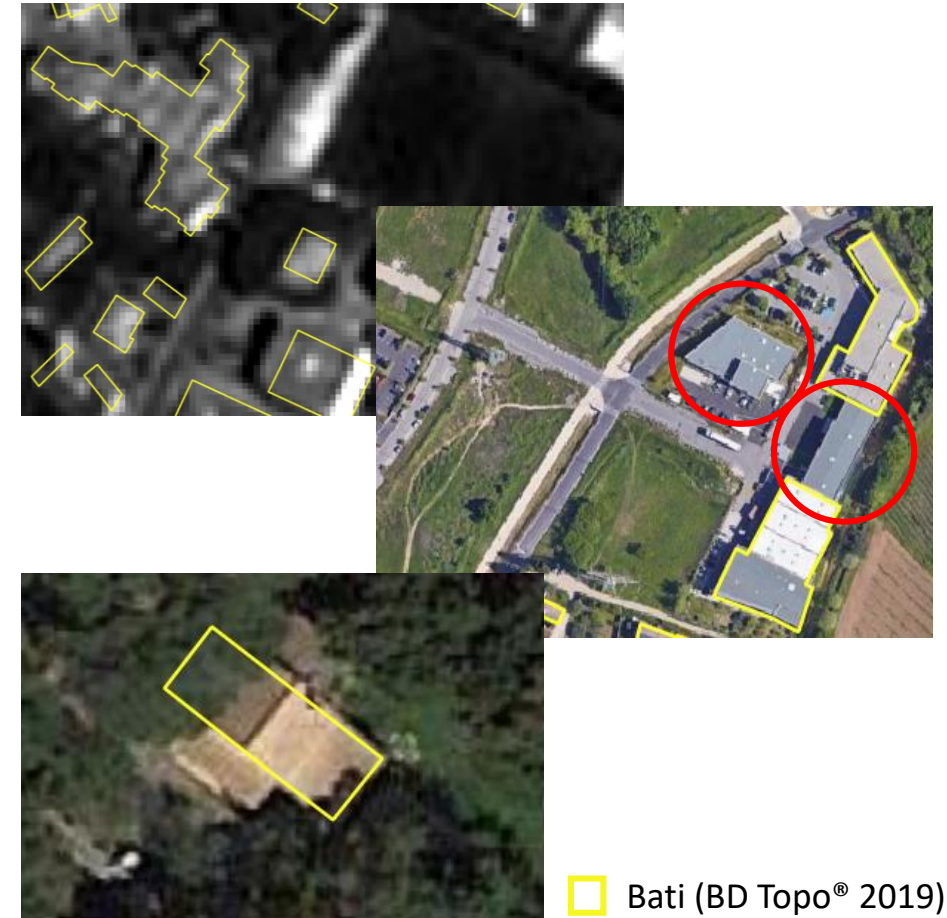


□ Bati (BD Topo® 2019)

4. Evaluation de la qualité

• 4.A. Besoin de qualifier ?

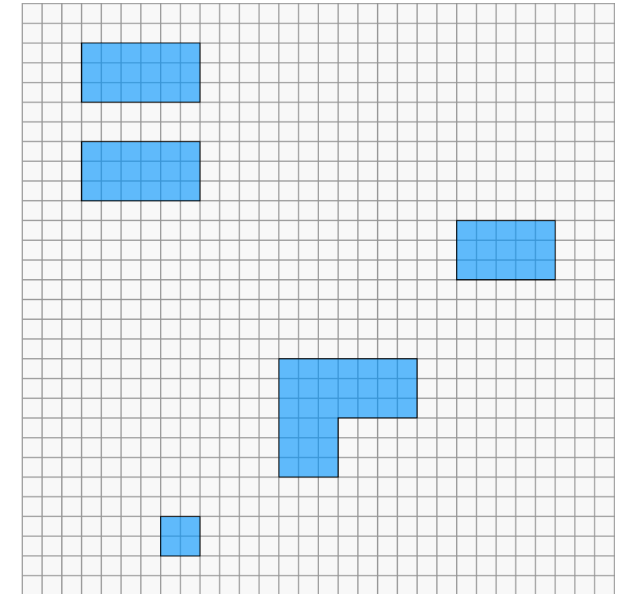
- Absence de qualification
 - frein à la diffusion : peur d'exposer une donnée non maîtrisée
 - Frein à la (ré)utilisation
- Etude approfondie sur 2 des 5 critères de la qualité :
 - Exhaustivité : Estimation des vrais/faux positifs/négatifs
 - Précision thématique : Justesse de l'étiquetage
 - *Cohérence logique, précision de position, qualité temporelle*
- D'où vient l'erreur ?
 - Du classifieur !
 - Confusions avec d'autres classes
 - Mais pas seulement ! D'autres facteurs entrent en jeu...
 - Géométrie des images (angles d'acquisition)
 - Précisions spatiales
 - BD Ortho à 50 cm VS classification à 1,5 – 6 m
 - Décalage temporel entre la classification et la « vérité terrain »
 - Evolutions possibles des états de surface
 - La prise de vue n'est pas une carte...



• 4.B. Méthodes d'évaluation

- Approche pixel
 - **Comptage de pixels** bien/mal classés
 - Evaluation globale des produits de classification
 - Calcul rapide mais ...
 - ... Ne répond pas forcément au besoin de l'utilisateur...
- Approche objet
 - **Comptage des objets** prédits
 - Evaluation de la qualité de détection par objet
 - Plusieurs métriques possibles pour évaluer, par ex.
 - Adéquation forme et positionnement (indice de Jaccard)
 - Qualité en fonction de la surface de l'objet
 - Expertise réalisée uniquement sur la classe bâti

Bâti
■ référence
■ production

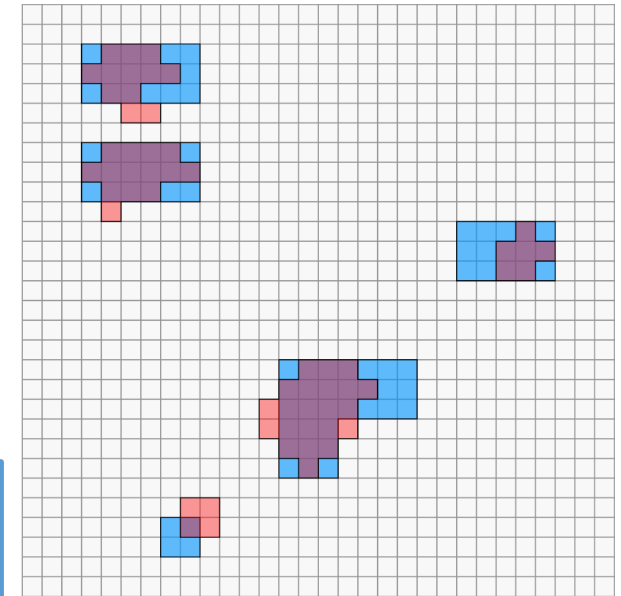


4. Evaluation de la qualité

• 4.B. Méthodes d'évaluation

- Approche pixel
 - **Comptage de pixels** bien/mal classés
 - Evaluation globale des produits de classification
 - Calcul rapide mais ...
 - ... Ne répond pas forcément au besoin de l'utilisateur...
- Approche objet
 - **Comptage des objets** prédits
 - Evaluation de la qualité de détection par objet
 - Plusieurs métriques possibles pour évaluer, par ex.
 - Adéquation forme et positionnement (indice de Jaccard)
 - Qualité en fonction de la surface de l'objet
 - Expertise réalisée uniquement sur la classe bâti

Bâti
■ référence
■ production



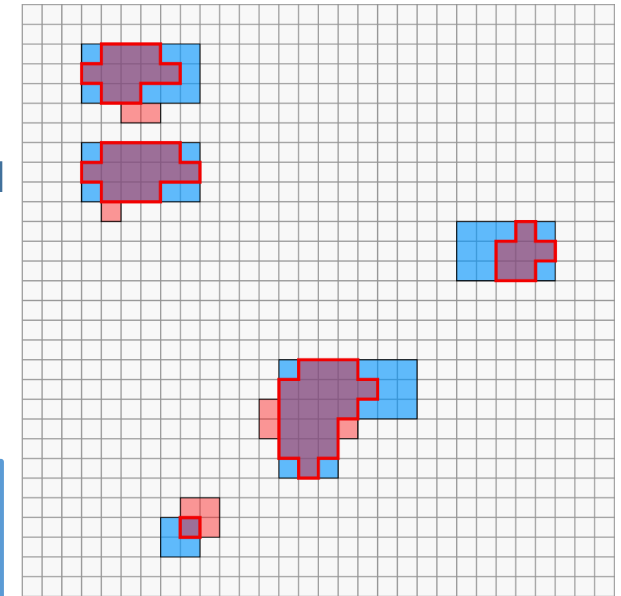
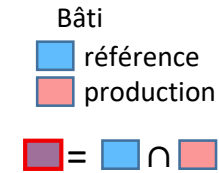
Précision – bâti = 84%
 Rappel – bâti = 58%
 F-Score – bâti = 68%

		PRODUCTION		TOTAL	EO	RAPPEL
		BATI	AUTRE			
REEL	BATI	49	36	85	0,42	0,58
	AUTRE	9	806	815	0,01	0,99
	TOTAL	58	842	900		
EC		0,16	0,04			
PRECISION		0,84	0,96			

4. Evaluation de la qualité

• 4.B. Méthodes d'évaluation

- Approche pixel
 - **Comptage de pixels** bien/mal classés
 - Evaluation globale des produits de classification
 - Calcul rapide mais ...
 - ... Ne répond pas forcément au besoin de l'utilisateur...
- Approche objet
 - **Comptage des objets** prédits
 - Evaluation de la qualité de détection par objet
 - Plusieurs métriques possibles pour évaluer, par ex.
 - Adéquation forme et positionnement (indice de Jaccard)
 - Qualité en fonction de la surface de l'objet
 - Expertise réalisée uniquement sur la classe bâti



Précision – bâti = 100%
Rappel – bâti = 100%
F-Score – bâti = 100%

		PRODUCTION			EO	RAPPEL
		BATI	AUTRE	TOTAL		
REEL	BATI	5	0	5	0,00	1,00
	AUTRE	0	?	?	?	?
	TOTAL	5	?	?		
		EC	0,00	?		
		PRECISION	1,00	?		

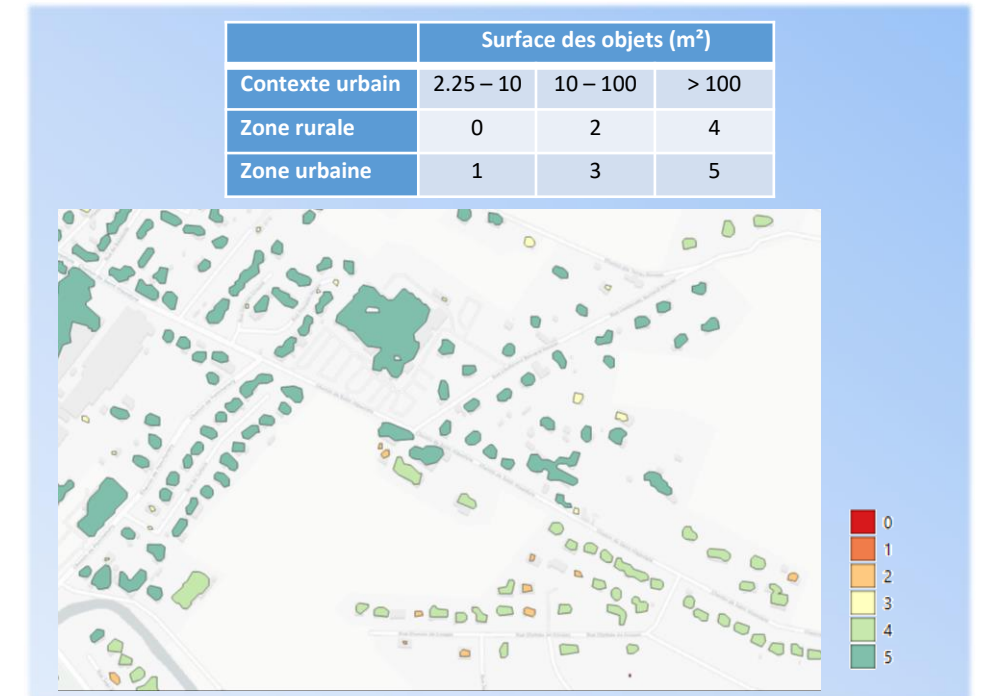
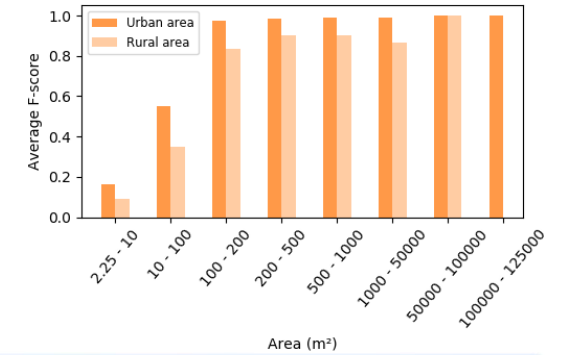
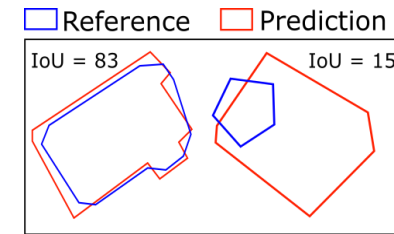
4. Evaluation de la qualité

4.B. Méthodes d'évaluation

Quelques exemples d'évaluation

- L'indice de Jaccard (ou IoU POUR Intersection over Union)
- Qualité en fonction de l'IoU
- Qualité en fonction de la surface des objets
 - Détermination de l'UMC pour le bâti, soit 100 m²
 - Proposition d'un indice de confiance par objet (hors omissions)
- Qualité en fonction de la densité du bâti (réf. Corine Land Cover)

+ Spatialisation de l'erreur

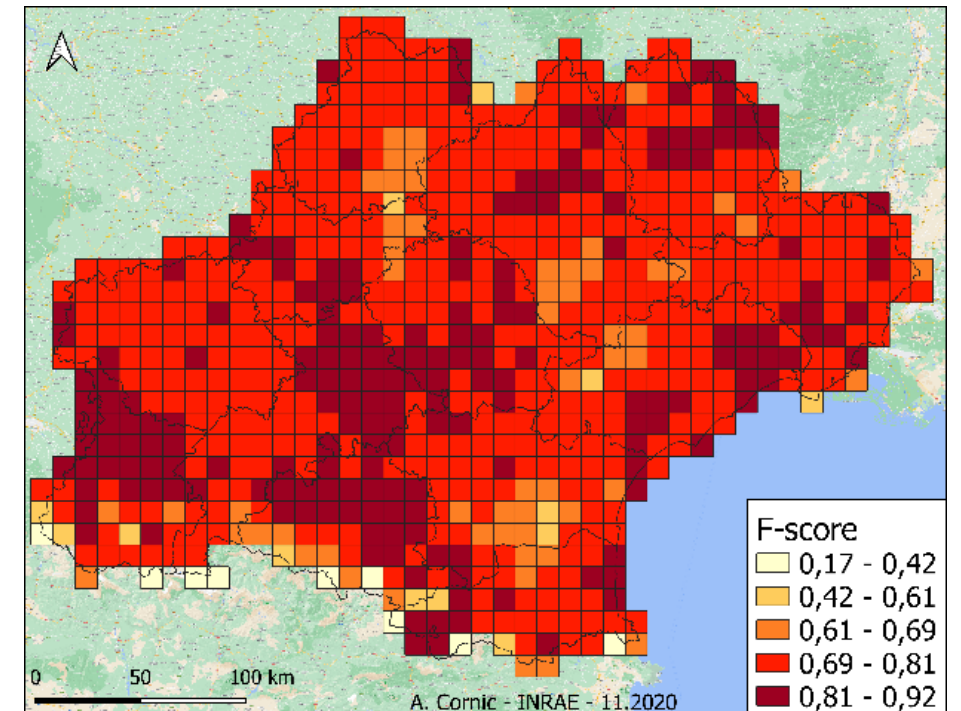


4. Evaluation de la qualité

• 4.B. Méthodes d'évaluation

- Quelques exemples d'évaluation
 - L'indice de Jaccard (ou IoU POUR Intersection over Union)
 - Qualité en fonction de l'IoU
 - Qualité en fonction de la surface des objets
 - Détermination de l'UMC pour le bâti, soit 100 m²
 - Proposition d'un indice de confiance par objet (hors omissions)
 - Qualité en fonction de la densité du bâti (réf. Corine Land Cover)

+ Spatialisation de l'erreur



- **Une méthode opérationnelle fondée sur l'imagerie satellitaire**

- Coût réduit
 - Temps homme
 - Images satellitaires annuelles à disposition « gratuite » (DINAMIS)
- Processus automatisé et facilement reproductible
 - quelques jours de traitement sur une machine de calcul
- Détection du bâti fiable avec une UMC = 100 m²

Type d'évaluation	F-score (%)
Global – pixel	68
Global – objet	78
Bâti – UMC 100 m ²	91
Bâti – tissu urbain continu	97

- **Mais avec des limites...**

- Nécessite des ressources en calcul conséquentes
- Produits non exhaustifs (omissions et commissions)
- Des erreurs surtout localisées en espaces peu artificialisés (habitat dispersé voire isolé)
- L'absence d'information par endroit (présence de nuages/ombres)
 - ne pas viser à quantifier avec précision des évolutions (par ex. nombre d'hectares artificialisés)
 - identifier et caractériser des tendances

Merci !

Des questions ? (10 minutes)

L'équipe ARTISOLS-TETIS

17 juin 2021

