



INRAE
au sia
les rencontres

Les satellites au service du suivi de l'agriculture à l'échelle régionale

O.Hagolle (CNES/CESBIO), E. Ceschia (INRAE/CESBIO), J. Amsallem (INRAE/TETIS)

26/02/2020

INRAE | SIA2020





Acquisitions à la demande, acquisitions systématiques

- **Systèmes d'Acquisition à la Demande (SAD)**
 - Le satellite se tourne vers la scène à observer
 - Seule possibilité pour observer à haute résolution ($\leq 10m$) => 2015
 - Utilisateurs en concurrence => données payantes
 - Pas d'assurance d'avoir l'image nécessaire au bon moment

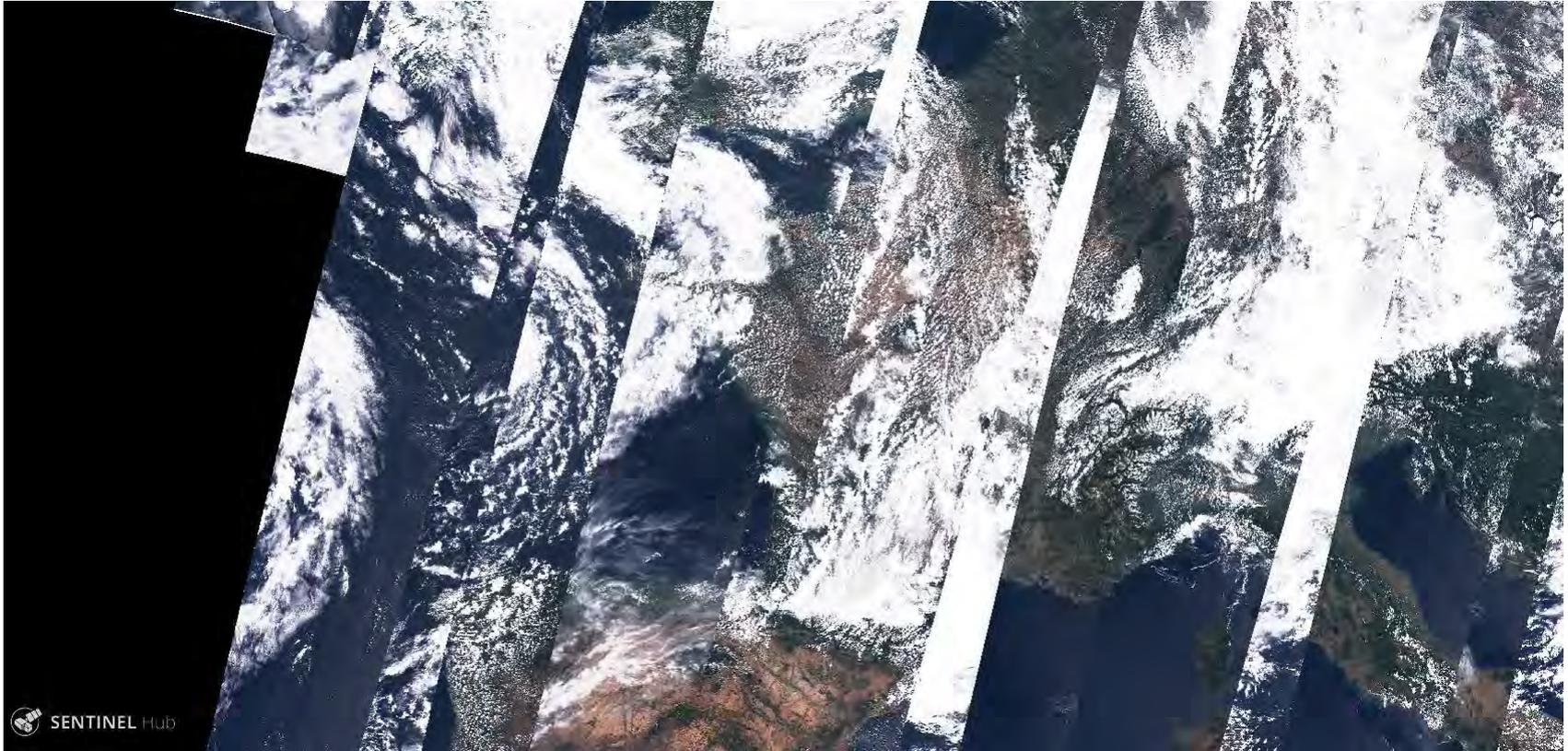


- **Systèmes d'Acquisition Systématique (SAS)**
 - Le satellite observe toutes les terres en dessous de lui
 - Possible depuis 2015
 - Sentinel-1 (Radar), tous les 6 jours en Europe
 - Sentinel-2 (Optique), tous les 5 jours, partout
 - Observations systématiques
 - Données gratuites





Acquisitions de Sentinel-2 en juillet 2019 (par groupes de 5 jours)





Après traitement des données sur un mois

Traitement effectué au CNES (projet Theia)

- Méthode mise au point au CESBIO
- Détection des nuages
- Correction des effets atmosphérique
- Correction des angles de vue
- Moyenne des observations non nuageuses sur un mois
- Téléchargement (Sentinel-2, Niveau 3A)
 - <https://theia.cnes.fr>





Zoom sur
l'Allier

Juillet 2019



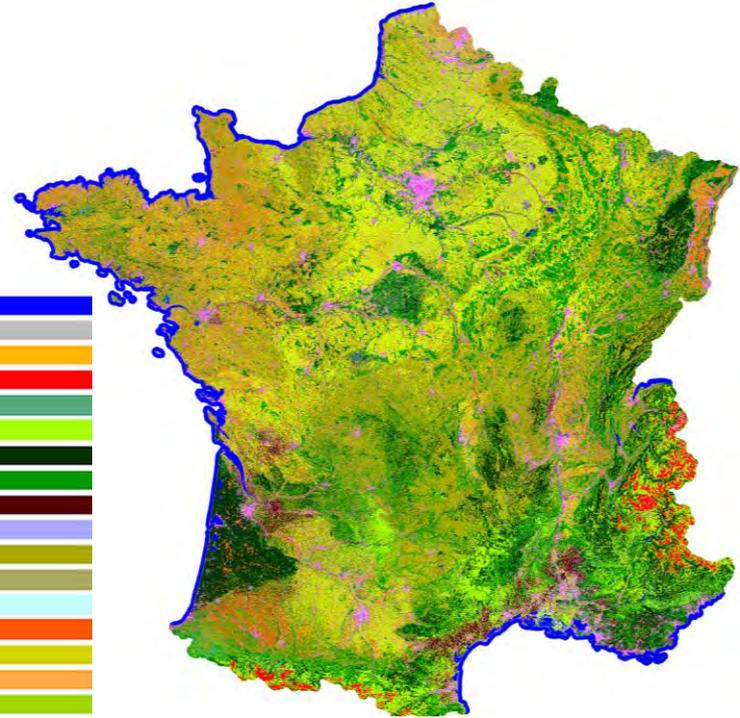
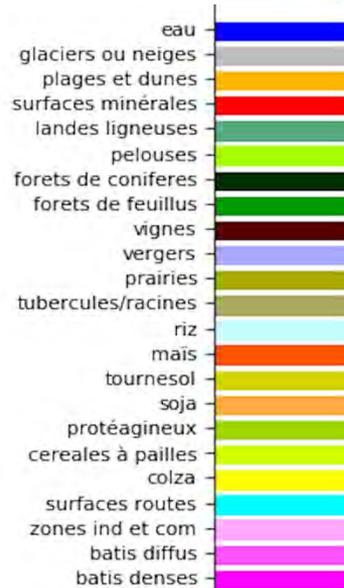


Applications

Occupation des sols

- Production au CNES par THEIA à partir de Sentinel-2
- A partir des observations de l'année entière
- Résolution: 20m
- Méthode mise au point au CESBIO
- Millésimes 2016, 2017 et 2018 disponible
- Parution de la carte 2019, fin mars
- Téléchargement :

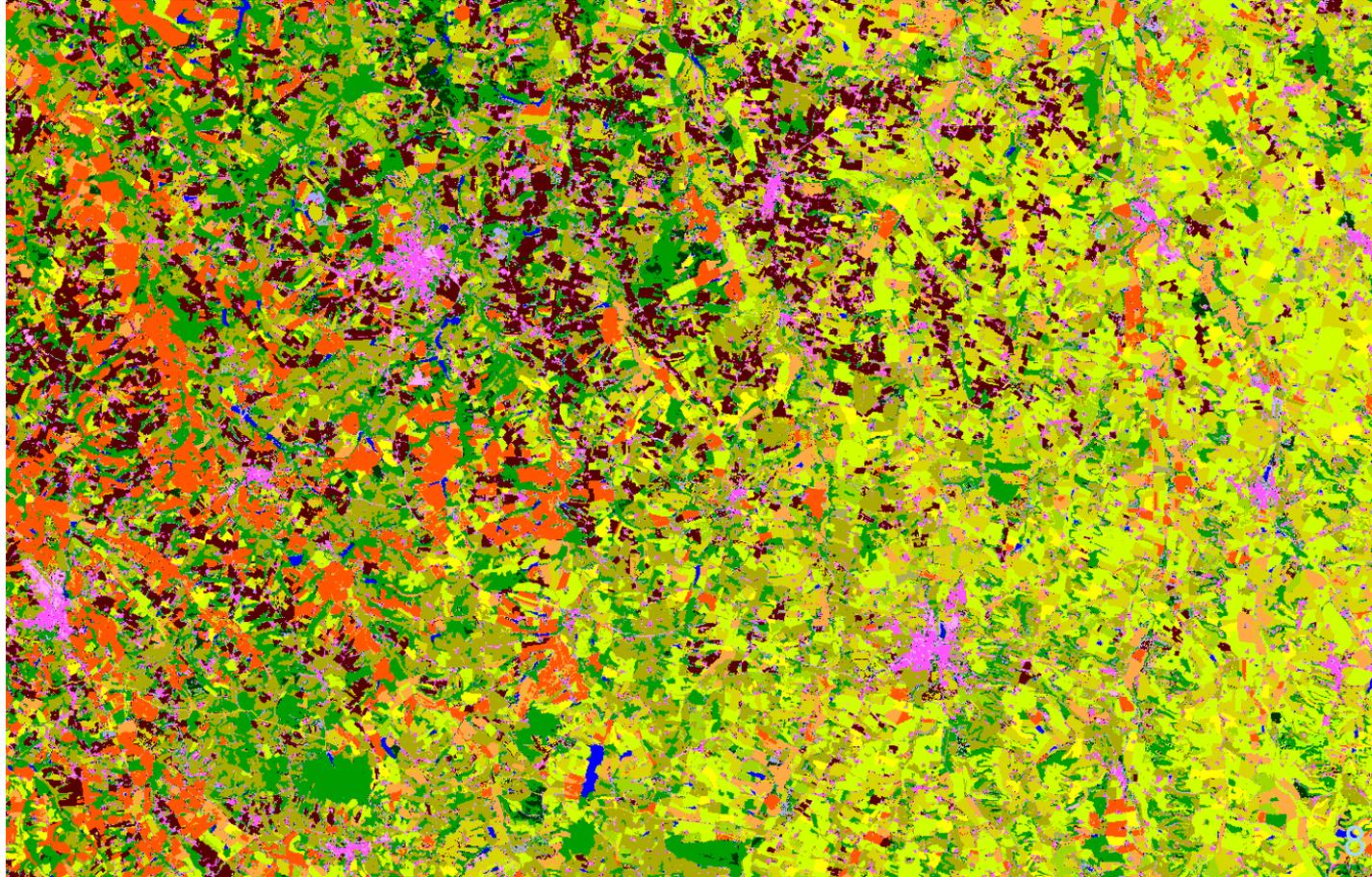
<https://theia.cnes.fr>

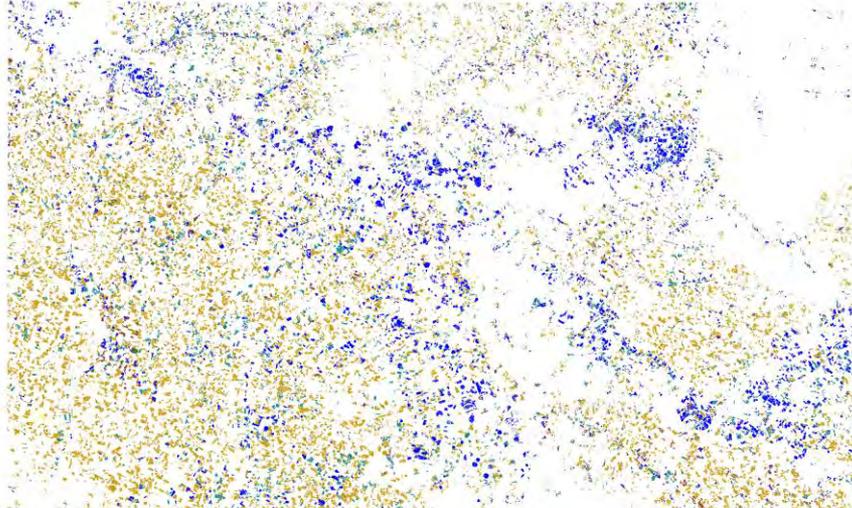




Applications

eau	
glaciers ou neiges	
plages et dunes	
surfaces minérales	
landes ligneuses	
pelouses	
forets de conifères	
forets de feuillus	
vignes	
vergers	
prairies	
tubercules/racines	
riz	
maïs	
tournesol	
soja	
protéagineux	
cereales à pailles	
colza	
surfaces routes	
zones ind et com	
batis diffus	
batis denses	



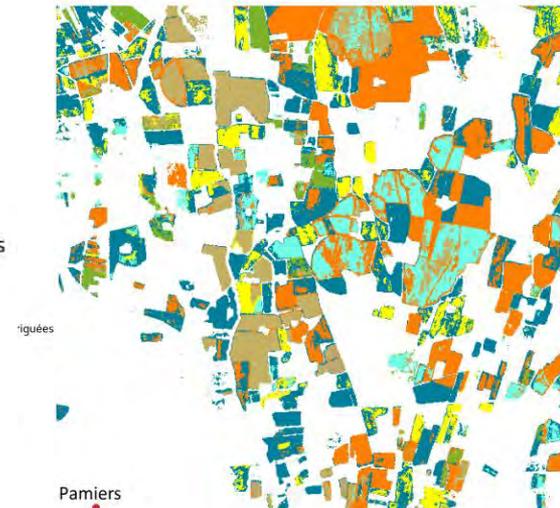


Applications

Occupation des sols

Détection de certaines pratiques agricoles. Ex. parcelles irriguées et cultures intermédiaires

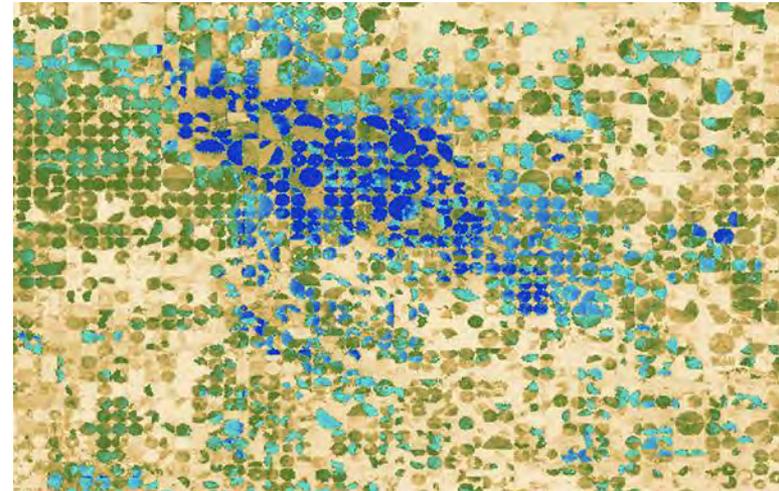
- Utilisation de Sentinel-1 et Sentinel-2
- Méthodes mises au point au CESBIO





Prochains satellites à acquisition systématique (SAS)

- Les missions Sentinel-1 et Sentinel-2 se poursuivent jusqu'en 2030
 - L'Europe prépare une nouvelle génération améliorée
- Le CNES prépare le satellite Trishna avec Agence Spatiale Indienne
 - Infra-rouge thermique à 50m de résolution
 - Revisite tous les 3 jours
 - Lancement en 2024 ou 2025
 - Information sur l'eau dans les plantes
 - Estimation de l'évapo-transpiration,
 - Détection de l'irrigation,
 - Détection du manque d'eau
- Forte demande d'un SAS à haute résolution
 - 2m, tous les 20 jours : Sentinel-HR
 - À l'étude au CNES





Conclusions (partielles)

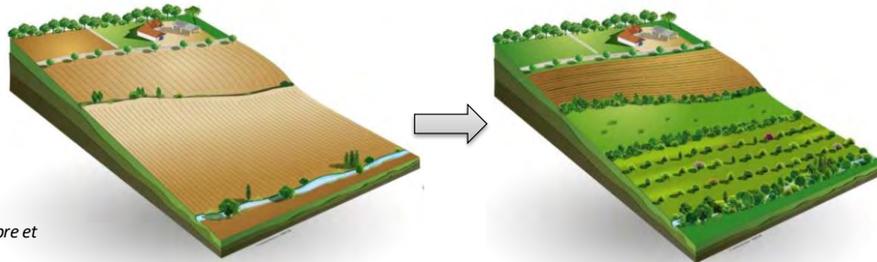
Message pour les applications locales à régionales

- Les données d'observation de la terre sont disponibles,
 - Fréquemment, régulièrement et pour longtemps, avec une grande qualité
- De nouveaux satellites apparaîtront dans les prochaines années pour compléter
- Les traitements avancés facilitent l'utilisation des données
- De plus en plus de produits finis
 - Occupation des sols France et Europe (THEIA, Copernicus)
 - Humidité des sols (Theia), irrigation (Theia)
 - EEA (Copernicus): Variables biophysiques, dates de début et fin de cycle, certaines pratiques agricoles
 - Avec Trishna, évapo-transpiration et besoin en irrigation

Les Sentinel au service de l'évaluation agri-environnementale

Contexte

- Urgence à être plus économe vis-à-vis des ressources (eau, N, P...) et plus respectueux de l'environnement (biodiversité, qualité de l'eau...),
- Lutter/être plus résilients face aux changements globaux,
 - Réduction des émissions de GES
 - Préserver/Stockier + de C dans les sols (4/1000, Label bas Carbone, marcher du C)
- Evolution de la PAC : vers un « verdissement » ?



Illustrations: Arbre et
Paysage 32



Projet



➤ INRAE (CESBIO, Dynafor, LAE) a proposé 11 indicateurs Agri-Environnementaux couvrant 3 objectifs de la future PAC et 5 problématiques environnementales

- **Atténuation du Changement climatique** **Bilan C** réduction des intrants N
- **Qualité de l'eau** : **nitrates**, pesticides, herbicides, fongicides
- **Biodiversité** : **conservation** contrôle biologique, pollinisation
- **Sols**: qualité/compaction, érosion
- **Paysages**: qualité esthétique

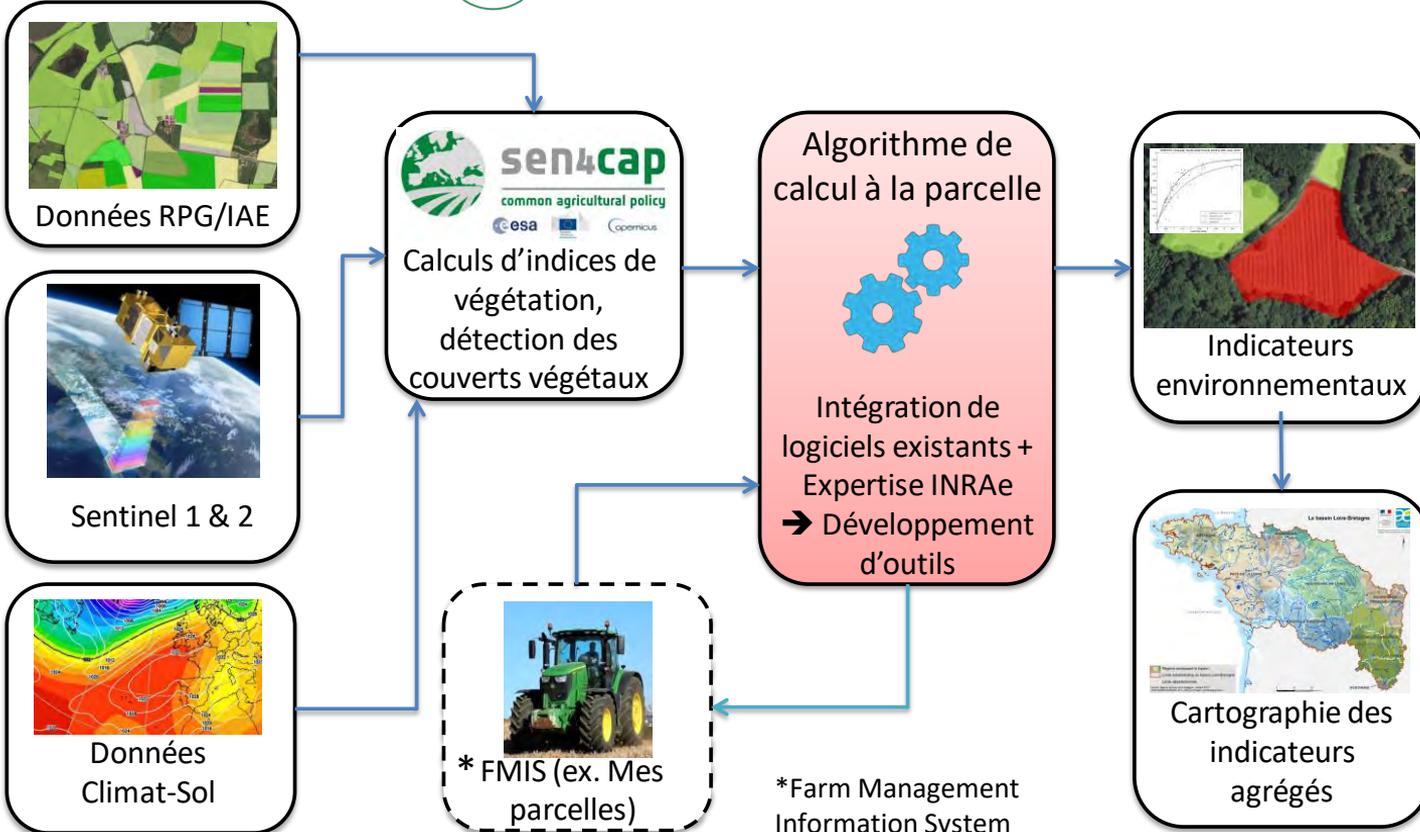


➤ Pour chaque type d'indicateur nous avons proposé de 1 à 4 méthodes de calculs : TIER 1 à 4. La plupart sont publiées ou en voie de l'être, plusieurs ont été adaptées à partir du projet H2020  (système de scores de 0 à 1),

➤ 3 indicateurs jugés prioritaires vont être mis en oeuvre en 2020/2021 à une échelle nationale (Danemark, Espagne, France, Pays Bas).



Approche méthodologique





Bilans C en grandes cultures : approches empiriques

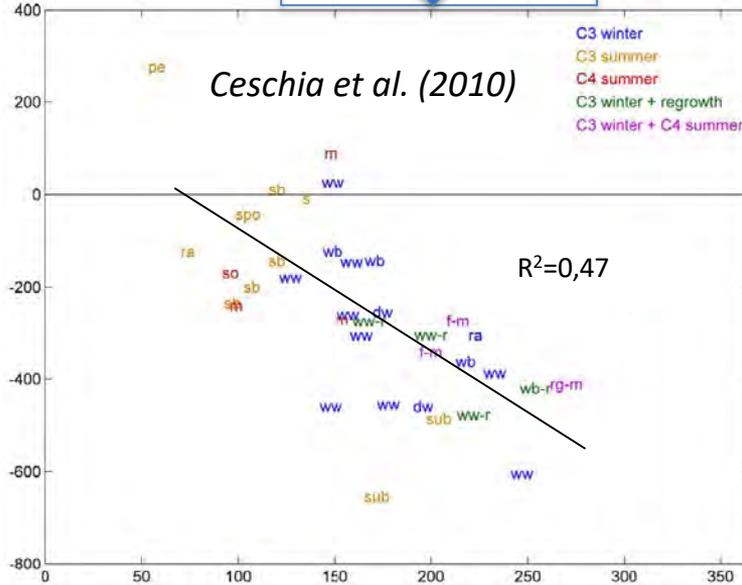
Bilan C = **Flux Net de CO₂** - C récolté + Fertilisation organique

TIER 1
↓

Pertes de CO₂



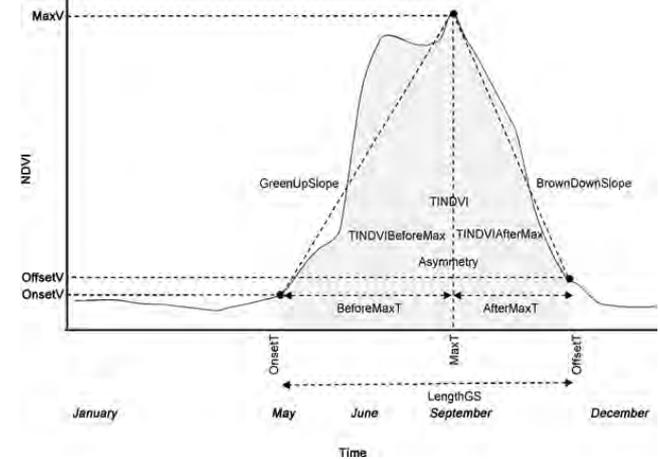
Fixation de CO₂



Nombre de jours de végétation active/an



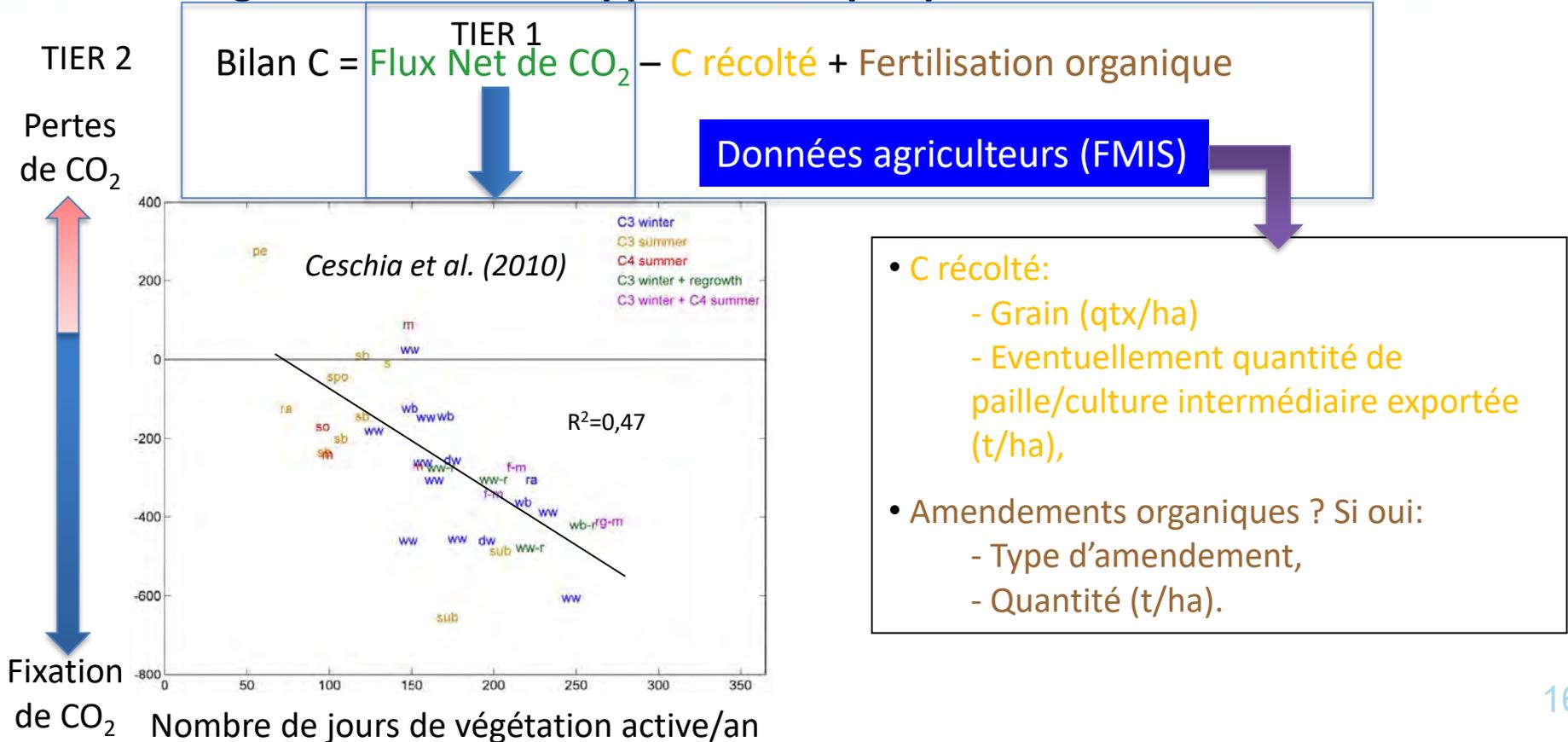
Araya et al. (2017)



Directement estimé à partir de Sentinel 2 (dynamiques de NDVI → service Copernicus Phenology)

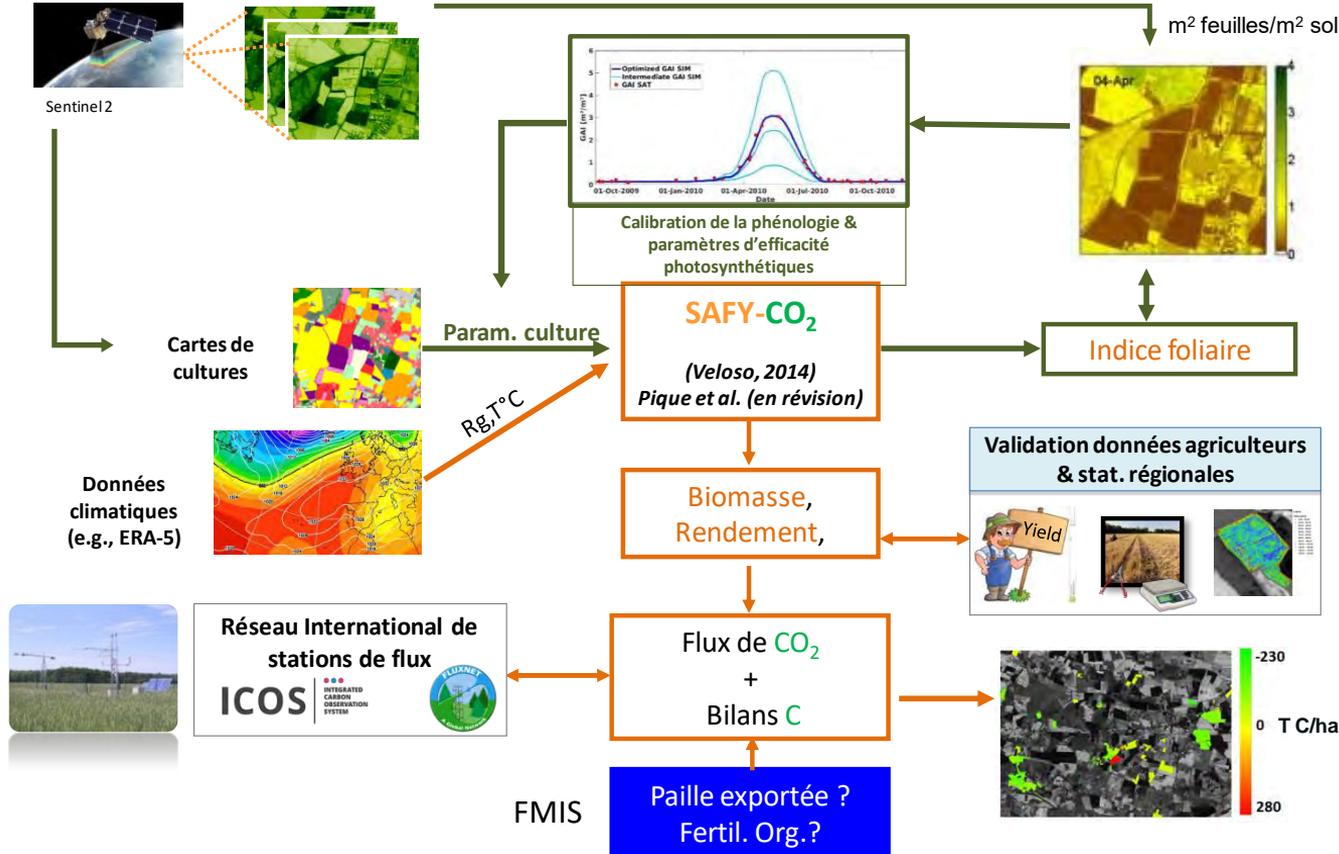


Bilans C en grandes cultures : approches empiriques





Bilans C en grandes cultures : approche modélisation



Le modèle est contraint à reproduire la dynamique de la végétation observée par Sentinel 2,

Adapté à la prise en compte de l'effet des cultures intermédiaires sur les bilans C,

Besoin de peu de données d'itinéraire technique,

Limité à quelques cultures pour le moment.



Indicateur risque de lixiviation des nitrates

- **2 méthodes** : basés sur Beaudoin et al. 2005 et Bockstaller et al. 2015

- TIER 1:

- Calcul d'un score entre 0 et 1

- TIER 2:

- Facteur de pondération (entre 0 et 1)

Rotation de culture

Culture précédente



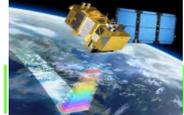
Données RPG

Mineralisation

Résidus de culture

État du sol après culture

Culture intermédiaire



Sentinel 1 & 2

Culture De l'année



Données RPG

Absorption d'N

Culture

Couvert intermédiaire

Présence de C.I.
Intensité de développement
F factor

Type de culture
Intermédiaire (FMIS)

Sol & climat



Données exogènes

Données requises

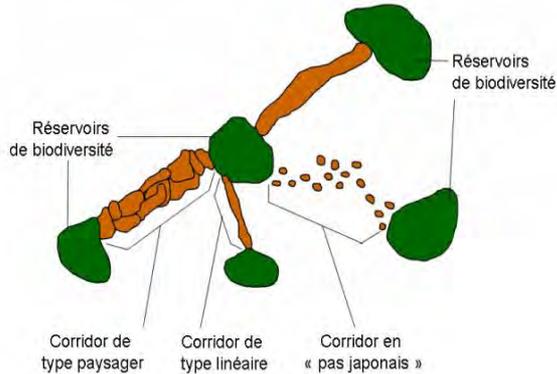


Conclusion relative aux indicateurs agri-environnementaux

- Grace aux données Sentinel, nous entrons dans une nouvelle ère → possibilité d'évaluation agri-environnementale à la parcelle sur de larges territoires dans un objectif d'évolution de la PAC vers un « verdissement »,
- Nous avons proposé 11 indicateurs relatifs à 3 objectifs prioritaires de la future PAC et 5 catégories d'indicateurs agri- environnementaux/services écosystémiques → demande de la DG agri pour produire un indicateur N₂O supplémentaire,
- Ils pourraient être calculés à court terme de manière opérationnelle (au moins pour TIER 1) aux échelles parcelle/exploitation/paysages sur toute l'Europe grâce aux nouveaux services Copernicus (Phenology, Cropland),
- Les approches TIERs 2 à 4 et paysage (biodiversité) sont plus complexes/lourdes à mettre en oeuvre (accès aux données FMIS et/ou données exogènes) mais sont plus précises/fiables/pertinentes (sous réserve que les données de pratiques soient correctes),
- Cette approche pourrait/devrait être étendue aux écosystème prairiaux (hors demande initiale).

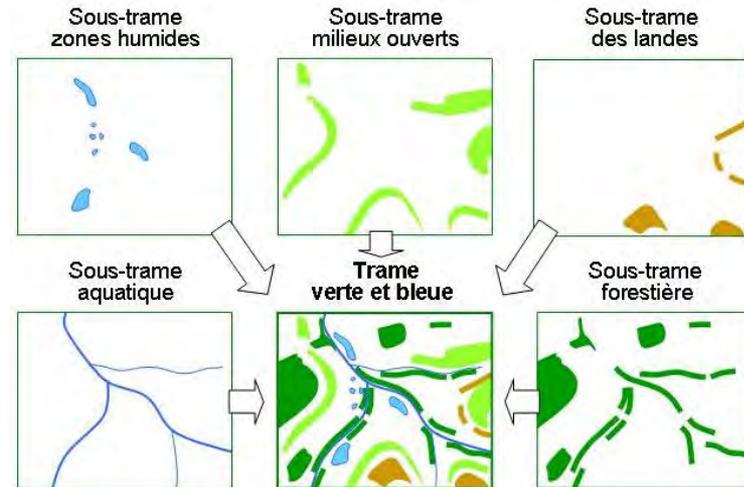
La télédétection au service du maintien de la biodiversité : l'exemple de la Trame verte et bleue

- Un outil d'aménagement du territoire
- Préserver et remettre en bon état les continuités écologiques → enjeu biodiversité
- Politique territorialisée, spatialisée = cartographie



Réservoirs de biodiversité et corridors écologiques composant la Trame verte et bleue

Source : INRAE



Exemple de sous-trames constituant la Trame verte et bleue

Source : INRAE

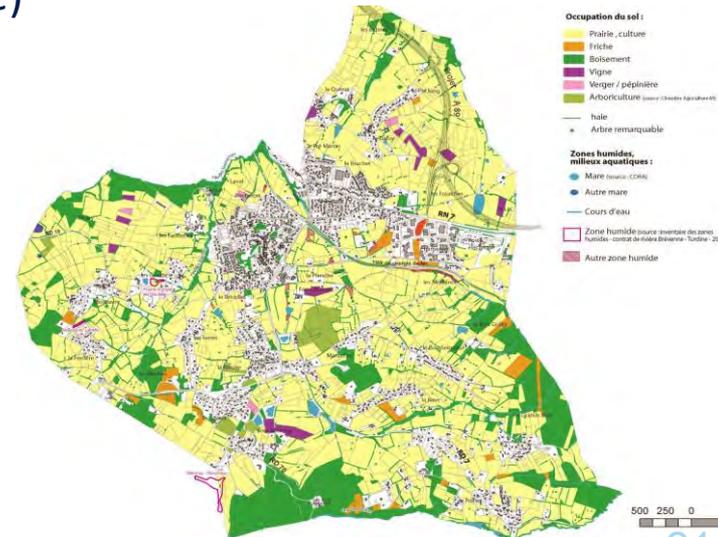


Besoins en télédétection

- Cartographie des milieux naturels : forêts, bocage / réseaux de haies, prairies permanentes, garrigues, zones humides, ...
- Cartographie des éléments qui fragmentent ces milieux : espaces urbanisés, artificialisés (à forte empreinte humaine)
- Modéliser les déplacements des espèces

→ Besoin d'images récentes pour photointerprétation
+ produits déjà disponibles issus
de l'imagerie satellitaire :

- Occupation des sols, à toutes les échelles
→ Corine Land Cover, OSO...





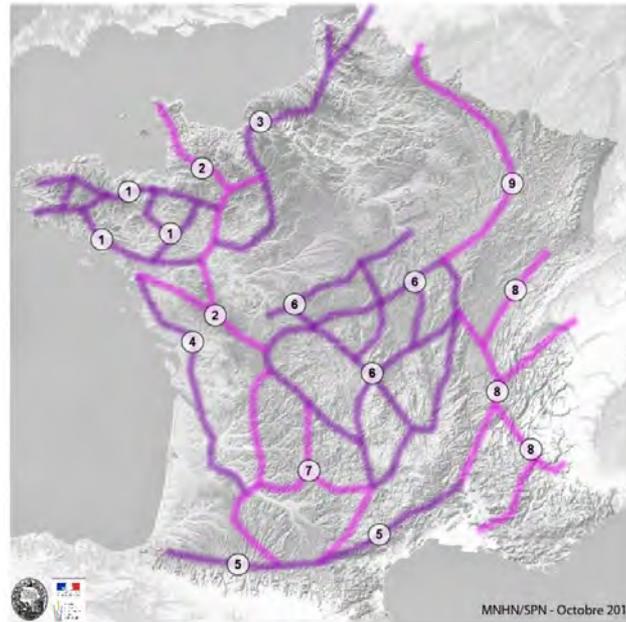
Cartographies des Trames vertes et bleues du national au local

Continuités nationales dans le décret du Conseil d'Etat adoptant les Orientations Nationales TVB

Figure 1 : Illustration des continuités écologiques d'importance nationale de milieux boisés pour la cohérence nationale de la Trame verte et bleue

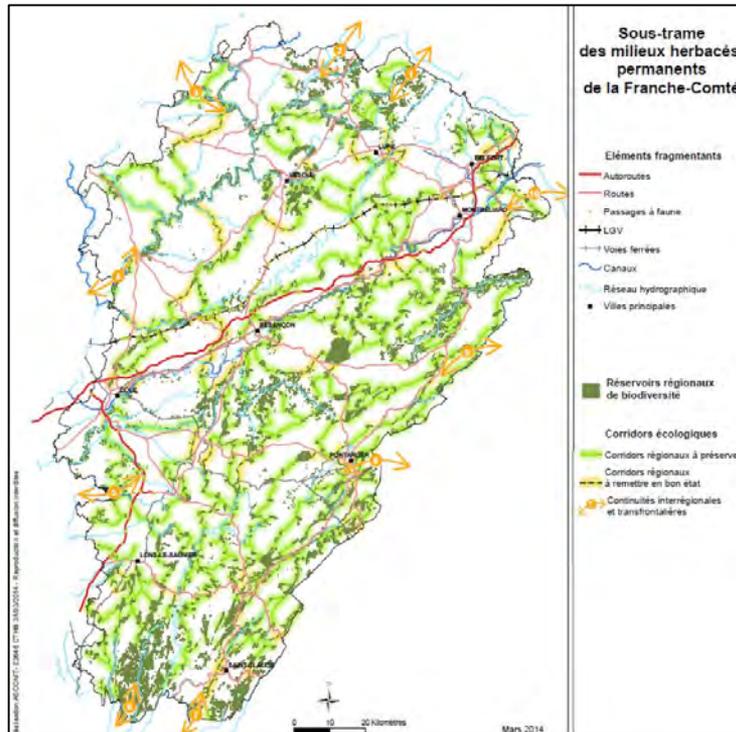


Figure 4 : Illustration des continuités écologiques bocagères d'importance nationale pour la cohérence nationale de la Trame verte et bleue



Cartographies des Trames vertes et bleues du national au local

Cartes régionales dans les SRCE* et SRADDET**



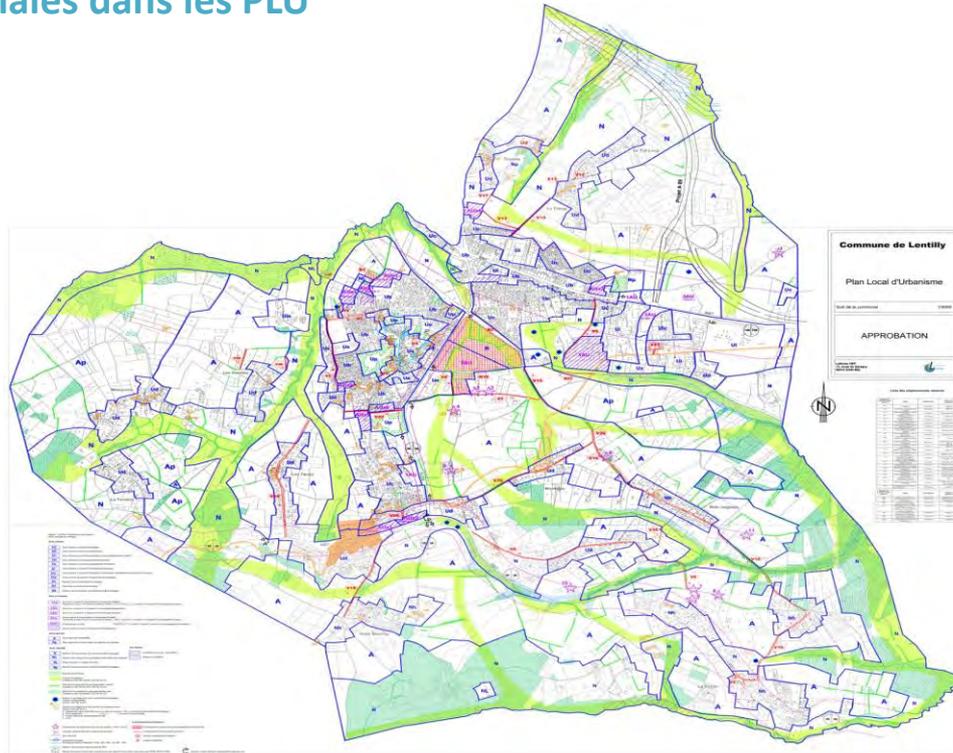
* SRCE : Schémas régionaux de cohérence écologique

** SRADDET : Schémas régionaux d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires



Cartographies des Trames vertes et bleues du national au local

Cartes communales dans les PLU



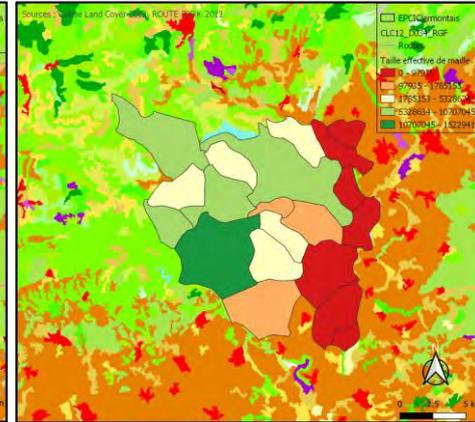
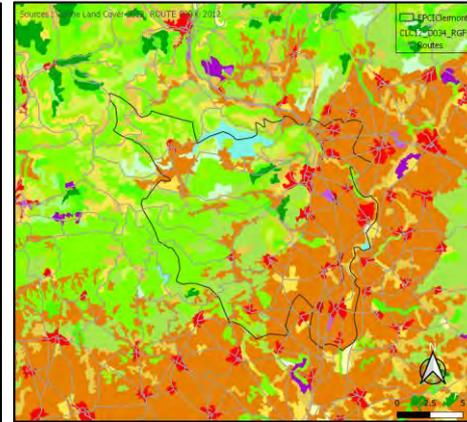
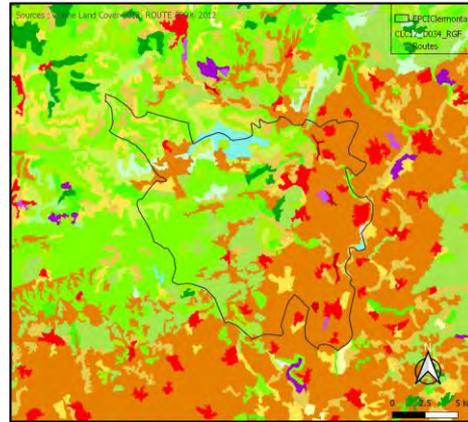
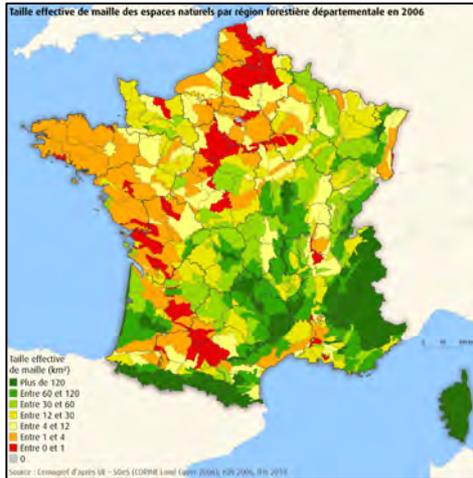


Besoins en télédétection

Pour des cartes de diagnostic mais pas que...

- Suivi et évaluation

→ Mise en place d'indicateurs de suivi du territoire : ex. Fragmentation – Taille effective de maille



Indicateur de fragmentation d'un territoire à partir d'occupation du sol et du réseau routier (Source : INRAE)



Besoins en télédétection

Exemples d'applications dans d'autres politiques sectorielles au sein de l'UMR TETIS - INRAE

- Agriculture
 - Suivi de l'artificialisation des sols : évolution du « grignotage » des surfaces agricoles par détection automatique du bâti - pour le Ministère de l'agriculture
- Forêt
 - Contrôle par les services de l'Etat de l'évolution des coupes rases : suivi mis en place par détection automatique des coupes rases



Conclusion

- Les images satellites et plus globalement la télédétection est un outil indispensable pour la préservation de la biodiversité
 - Peut couvrir France entière à toutes les échelles
 - Permet de réduire le temps de terrain
- ... mais elle nécessite des compétences pour l'acquisition et le traitement de ces images pour les rendre utilisables par les acteurs opérationnels
 - phase de « transfert » indispensable



Conclusion générale concernant les applications locales à nationales

- Des données d'observation de la terre fréquentes et pour longtemps,
- Des produits cartographiques libres d'accès, prêts à l'emploi et faciles à utiliser via THEIA et les services Copernicus ,

Possibilité d'établir des diagnostics territoriaux multi-critères grâce à la télédétection

- Des indicateurs directement issus de la télédétection : diversité culturelle, état du sol et de la végétation, certaines pratiques de gestion, biodiversité, continuités écologiques (trames),
 - D'autres plus élaborés obtenus par l'utilisation couplée modèles/données exogènes/données de télédétection multi-temporelles à haute résolution : besoins en irrigation, bilans C & potentiel d'atténuation par les grandes cultures,
- Indicateurs à la parcelle et possibilité de les agréger aux échelles pertinentes

Outils essentiel pour guider/objectiver nos choix de changements de pratiques et les compromis à réaliser selon les enjeux locaux

- Vers une agro-écologie territoriale plus éclairée



Merci
pour votre attention

INRAE \ SIA2020

