

UTCATF

Modèle de suivi des terres haute résolution

Edition 2026

Descriptif des méthodologies du modèle de
suivi des terres en UTCATF pour la France
hexagonale

RÉDACTION		
	Nom	
Rédacteur principal	Mélanie JUILLARD	13/03/2026
Contributeurs	Quentin BEDRUNE, Etienne DELORT	13/03/2026

VÉRIFICATION		
	Nom	Date
	Etienne MATHIAS	13/03/2026

Pour citer ce document :

Citepa, 2026. Modèle de suivi des terres haute résolution

© Citepa 2026 |

Citepa 42, rue de Paradis | 75010 Paris | +33 1 44 83 68 83 | citepa.org



Sommaire

Présentation du modèle	5
Volet « SURFACES » Création des séries temporelles	8
1. Eléments généraux.....	9
1.1 Nomenclature	9
1.2 Données et prétraitements.....	10
1.3 Outil de visualisation.....	12
2. Module basé sur les produits européens (« modèle général »)	13
2.1 Descriptif général.....	13
2.2 Etapes de traitement.....	14
2.3 Analyses et limites	16
3. Articulation des modules et obtention des séries finales	16
4. Module boisement-déboisement	18
4.1 Descriptif général.....	18
4.2 Etapes de traitement : déboisement	20
4.3 Etapes de traitement : boisement	22
4.4 Analyses et limites	23
5. Module artificialisation	24
5.1 Descriptif général.....	24
5.2 Etapes de traitement : module bâtiments	25
5.3 Etapes de traitement : module infrastructures de transport	26
6. Module zones en eau.....	26
6.1 Descriptif général.....	27
6.2 Etapes de traitement.....	27
7. Module de rotations agricoles.....	27
7.1 Descriptif général.....	27
7.2 Etapes de traitement.....	30
7.3 Analyses et limites	32
8. Module sols organiques.....	32
8.1 Descriptif général.....	33
9. Extrapolation et constructions des matrices	33
9.1 Choix des usages initiaux et finaux lors de la détection de dynamiques par les modules	33
9.2 Modes d'extrapolation et matrices 20 ans	36
Volet « carbone » : Modèle de variation de stock à la maille	40
1. Méthode générale du modèle par maille.....	41



1.1	Compartiments carbone considérés	41
1.2	Principe de la variation de stock à la maille	42
2.	Stocks de carbone de référence par compartiment et types d'usage	44
2.1	Biomasse vivante	44
2.2	Bois mort	47
2.3	Litière	47
2.4	Sols minéraux	49
3.	Vitesse de conversions et flux de carbone associés	60
3.1	Biomasse vivante	60
3.2	Bois mort	61
3.3	Litière	62
3.4	Sols minéraux	62
	Table des figures	63
	Table des tableaux	64
	Annexes	66
	Annexe I : Prises de vue BDF forêt V1 et V2	67
	Annexe II : Tables de correspondance de nomenclatures	70
	Annexe III Références bibliographiques	90

Présentation du modèle

Pour le secteur UTCATF (Utilisation des Terres, Changements d'Affectation des Terres et Forêt) de l'inventaire national d'émission de gaz à effet de serre (GES), réalisé par le Citepa, utiliser une approche spatialement explicite est devenu obligatoire dans le cadre du règlement européen 2018/841 et du règlement d'application 2018/1999. Par ailleurs, cette approche est plus cohérente pour améliorer la fiabilité des estimations, répondre à un cahier des charges de plus en plus exigeant, ne pas être dépendant d'un seul jeu de données, et régler des problèmes méthodologiques identifiés depuis longtemps concernant l'UTCATF.

Cette méthodologie est intégrée aux inventaires officiels depuis l'édition diffusée en 2023. Le modèle continue à évoluer au fil des éditions, ce document vise à décrire la dernière méthodologie utilisée dans l'inventaire national.

Elle se décline en deux phases, premièrement, la constitution de séries temporelles d'utilisation du sol pour l'ensemble du territoire découpé en mailles de 0,25 ha (section SURFACES de ce document). Chaque maille se voit attribuer ainsi une succession d'usages à partir des produits satellitaires, et ce pour tous les ans de 1990 à la dernière année inventoriée. Puis, la deuxième partie est l'estimation des stocks et flux de carbone associés à ces changements d'usage, à partir d'informations carbone spatialisées elles aussi (section CARBONE de ce document).

Le schéma ci-dessous présente les grandes étapes de la méthode.

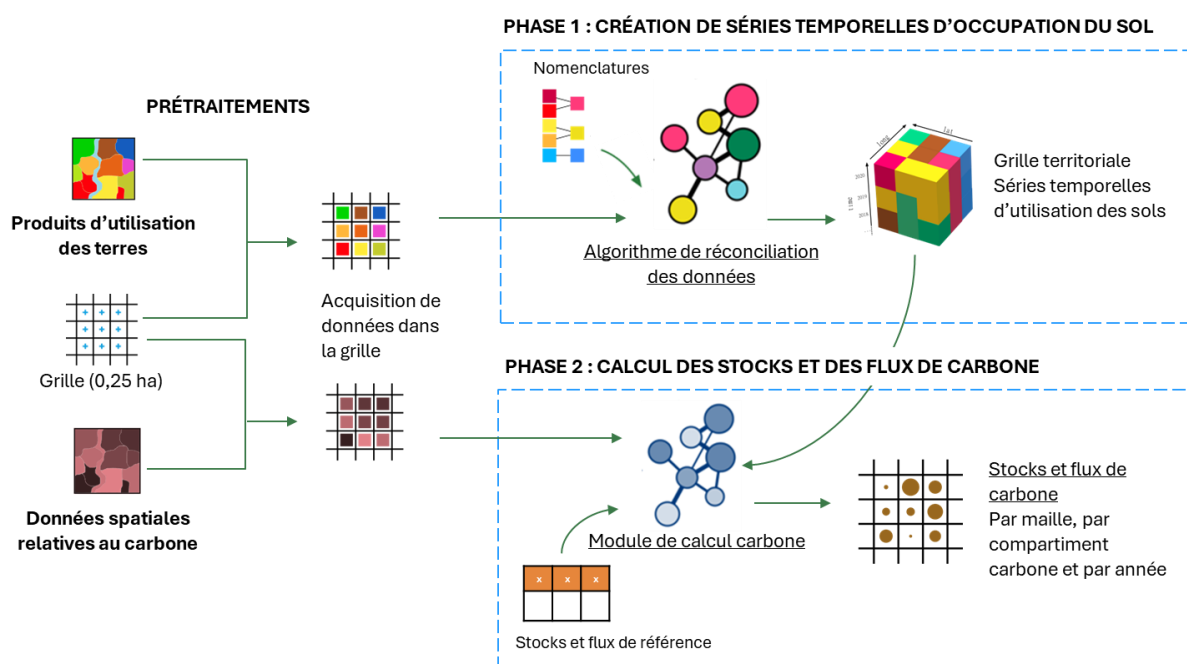


Figure 1 : Principe général du suivi des terres et du modèle de calcul carbone associé (modèle de variation de stock à la maille)

Une grille régulière, couvrant tout le territoire, a été créée. Elle est composée de mailles de 50m de côté. Les données cartographiques sur l'utilisation des terres et les changements d'utilisation des terres ont été intersectées avec les centroïdes de ces mailles. Les classes d'utilisation des terres issues des nomenclatures d'origine de chaque donnée sont mis en correspondance avec une nomenclature de catégories d'utilisation des terres adaptée aux besoins de l'inventaire. Un algorithme sélectionne, parmi les données sources disponibles pour chaque centroïde, les données les plus fiables pour fixer la catégorie

d'utilisation des terres d'une année récente, et les éventuels changements d'utilisation sur différentes périodes, en conservant la cohérence temporelle. Cette première estimation des changements d'utilisation, basée sur les produits renseignant spécifiquement des polygones de changements, sous-estime certaines dynamiques. Des modules supplémentaires du modèle viennent compléter ces surfaces de changements, à l'aide de données spécifiques, pour trois dynamiques : les boisements et déboisements, l'artificialisation, et les rotations culturales des terres agricoles. Enfin, ces estimations de surfaces annuelles sont extrapolées et complétées pour produire des matrices d'utilisation des terres complètes, cohérentes et répondant aux besoins de rapportage. Ces évolutions sont enfin traduites en variations de stocks de carbone.

Grille systématique

La grille régulière a été créée sous SIG pour couvrir le territoire de la France hexagonale dans son ensemble (Corse et autres îles incluses). Cette grille a été construite sur la base de [la grille européenne de référence de l'EEA](#). A partir de ce référentiel de mailles de 1 km × 1 km, un maillage densifié de 50 m × 50 m a été construit, en décalant horizontalement et verticalement la grille de 25 m pour que les centroïdes des mailles de 50 m coïncident avec les intersections des mailles EEA.

La grille est constituée de mailles régulières carrées de 50 m de côté, soit d'une surface de 0,25 ha chacune. Cette surface a été choisie pour deux raisons principales. La première est qu'elle est compatible avec le seuil de surface minimale de définition officielle de la forêt en France (0,5 ha). La seconde est qu'elle correspond généralement à l'échelle spatiale des grands ensembles d'utilisation du sol (aires urbaines et lotissements, parcelles agricoles, surfaces boisées), et est raisonnable compte tenu de la résolution spatiale des produits cartographiques disponibles et des contraintes de calcul.

Le point central de chaque maille, ou « centroïde », sert de base à l'ensemble des opérations d'intersection entre les données cartographiques et la grille. Dans les cas où une maille se trouve à cheval entre plusieurs polygones d'utilisation des terres pour une donnée source, cela permet de ne récupérer qu'une seule information par maille, et de privilégier la représentativité statistique des centroïdes plutôt que de favoriser les surfaces majoritaires au sein de chaque maille. Toutes les catégories, mêmes celles représentées par des petits polygones, ont la même chance d'être retenues.

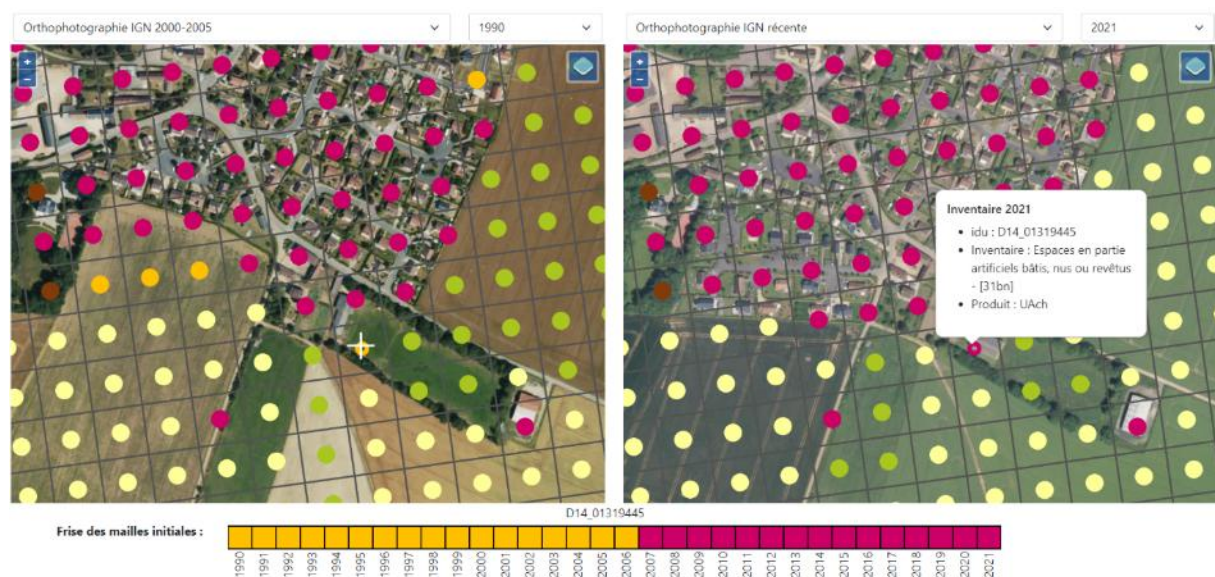


Figure 2 : Aperçu de la grille (mailles de 50 m*50 m soit 0,25 ha)

Chaque maille est identifiable grâce à un identifiant unique et conserve l'information de la catégorie d'usage du sol pour chaque année (voir frise chronologique sous la figure ci-dessus), ainsi que le produit qui a été retenu pour en définir l'usage.



Volet « SURFACES »

Création des séries temporelles

1. Eléments généraux

1.1 Nomenclature

Les classes d'utilisation des terres issues des nomenclatures d'origine de chaque donnée sont mises en correspondance avec une nomenclature commune de catégories d'utilisation des terres adaptée aux besoins de l'inventaire. Une nomenclature détaillée en plusieurs niveaux a ainsi été construite de manière à faciliter les calculs des flux de carbone en tirant parti de la précision disponible dans les données sources, et à être compatible avec les catégories finales définies par les lignes directrices du Giec (2006). A noter que ces données ont pour la plupart une approche « occupation du sol » ou une approche mixte « occupation du sol - usage du sol ».

Tableau 1 : Nomenclature détaillée utilisée

Niveau 1 (usage général)		Niveau 2 (usage précis)		Niveau 3 (occupation) - utile pour le calcul		Correspondance catégorie Giec
1	Agricole	10	Agricole à définir	100	Agricole indéfini	Terres cultivées
		11	Cultures annuelles, légumes et fleurs	110	Cultures annuelles, légumes et fleurs indéfinies	
				11bh	Blé tendre d'hiver	
				11bp	Blé tendre de printemps	
				11dh	Blé dur d'hiver	
				11dp	Blé dur de printemps	
				11cz	Colza	
				11ah	Avoine d'hiver	
				11ap	Avoine de printemps	
				11lf	Légumes ou fleurs	
				11be	Betterave industrielle	
				11cf	Choux, racines et tubercules fourragers	
				11ci	Autres cultures industrielles	
				11ls	Légumes secs	
				11mf	Maïs fourrage	
				11mg	Maïs grain	
				11oh	Orge d'hiver	
				11op	Orge de printemps	
				11xc	Autres céréales	
				11pf	Plantes à fibres	
				11pg	Pois protéagineux	
				11pm	Pomme de terre	
				11sh	Seigle d'hiver	
				11so	Sorgho	
				11sp	Seigle de printemps	
				11th	Triticale d'hiver	
				11to	Tournesol	
				11tp	Triticale de printemps	
				11xf	Autres fourrages annuels	
				11xo	Autres oléagineux	
				11xp	Autres protéagineux	
		12	Cultures permanentes	120	Cultures permanentes indéfinies	
				12vi	Vignes	
				12ol	Oliveraies	
				12cq	Fruits à coque	
				12af	Autres arbres fruitiers	
				12cp	Autres cultures permanentes	



2	Végétation naturelle et semi-naturelle	13	Prairies temporales et jachères	130	Prairies temporaires et jachères indéfinies	
				13pa	Prairies artificielles	
				13pt	Prairies temporaires	
				13jh	Jachères	
		14	Prairies permanentes	14pp	Prairies permanentes	Prairies
		21	Forêt	200	Végétation naturelle et semi-naturelle indéfinie	Terres forestières
				210	Forêt indéfinie	
				21ff	Forêt feuillus	
				21fc	Forêt conifères	
				21fm	Forêt mixte	
				21fp	Peupleraies	
				21mg	Mangroves	
		22	Végétation naturelle hors forêt	220	Végétation naturelle hors forêt indéfinie	Prairies
				22bq	Bosquet	
				22la	Landes, clairières, broussailles	
				22mq	Maquis, garrigues	
				22pe	Alpages, pelouses naturelles	
3	Artificiel	30	Artificiel à définir	300	Artificiel indéfini	Zones artificialisées
		31	Artificiel principalement bâti/revêtu	310	Artificiel principalement bâti/revêtu indéfini	
				31ba	Espaces entièrement artificiels (bâti, nus ou revêtus)	
				31bn	Espaces en partie artificiels bâtis, nus ou revêtus -	
		32	Artificiel principalement végétalisé	320	Artificiel principalement végétalisé indéfini	
				32vh	Espaces végétalisés artificiels - herbe et buissonnant	
				32va	Espaces végétalisés artificiels - arborés	
4	Autres	40	Autres à définir	400	Autres indéfini	Autres terres
		41	Zones humides et en eau	410	Zones humides et en eau indéfinies	Terres humides
				41ea	Zone en eau naturelle (mer, océan, lac, rivière...)	
				41in	Zone inondée (artificiellement) - bassins, aquaculture, étang de pisciculture, zones de stockage de l'eau	
				41tb	Tourbières	
				41ms	Marais salants	
				41zh	Autres zones humides (roselières...)	
		42	Sols nus, et minéraux	420	Sols nus, minéraux indéfinis	Autres terres
				42sn	Sols nus, sables, rochers	
				42gl	Glaciers et neiges	

1.2 Données et prétraitements

Les données cartographiques suivantes ont été sélectionnées pour être intégrées au modèle de reconstitution de l'historique de l'utilisation des terres et des changements d'utilisation des terres. Ces données ont été sélectionnées parmi un ensemble de données disponibles avec les critères suivants :

- Les données doivent être de type vectorielles (type « wall-to-wall ») ou raster (les données statistiques comme LUCAS ou TerUti ont donc été écartées) ;

- Les données peuvent couvrir toutes les catégories d’usage ou non ;
- Les données doivent couvrir tout le territoire afin d’avoir une approche comparable entre régions (les données régionales ont été écartées) ;
- Les données couvrant plusieurs années et détectant de manière pertinente les changements d’usage sont privilégiés (les données produites avec une approche plus automatisée comme par exemple les *High Resolution Layers* ou OSO sont, pour le moment, écartées).

Tableau 2 : Caractéristiques des différents produits cartographiques utilisés pour le modèle multisource (France hexagonale)

Nom	Producteur	Millésimes utilisés	Source données (satellite ou autre) ¹	Résolution spatiale (seuil de détection minimale)	Pertinence thématique/couverture	Site Web
Urban Atlas (changements) (UAch)	Produit Européen EEA/Copernicus	2012-2018, 2006-2012	VHR (Worldview 1, 2 et 3, GeoEYE 01, Quickbird 02, Ikonos) et SPOT, Sentinel-2	~0.25 ha (urbain), 1 ha (rural)	Changements d’usage uniquement, couvre seulement certaines zones urbaines, focus thématique sur l’artificialisation	https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/
Corine Land Cover (CLCch) (changements)		2012-2018, 2006-2012, 2000-2006, 1990-2000	Landsat, SPOT puis Sentinel-2	~5 ha	Changements d’usages uniquement, produit généraliste	
Natura 2000 (changements) (N2Kch)		2012-2018, 2006-2012	SPOT, RapidEye, Formosat-2	~0.5 ha	Changements d’usage uniquement, couvre seulement les zones Natura2000, focus thématique sur les zones naturelles	
OCS GE (changements)	Produit national IGN-CEREMA	1 carte de différentiel entre les 2 millésimes (selon département, autour de 2016-2023)	Sentinel 2/Pleiades/ SPOT6-7	~0.01 ha	Changements d’usages uniquement, produit généraliste	https://geoservices.ign.fr/ocsge
Base de données forêt (BDF)	Produits nationaux	2 millésimes pour chaque département (prises de vue décrites en annexe)	Pleiades / SPOT6/7	Unités >5000m ² pour la V2, 22500m ² pour la V1	Zones forestières uniquement (Définition FAO : largeur au moins 20m, taux couvert >=10%)	https://geoservices.ign.fr/documentation/donnees/vecteur/bdforet
Registre parcellaire graphique (RPG)		2010 à 2024	Base administrative (non satellite)	Surface minimale déclarable 0.01 ha	Zones agricoles uniquement	https://geoservices.ign.fr/documentation/donnees/vecteur/rpg

¹ Cette information n’est pas toujours disponible de façon claire dans les documentations des produits, une proposition d’analyse est faite ici, mais une réserve est à adopter sur les informations obtenues.



Nom	Producteur	Millésimes utilisés	Source données (satellite ou autre) ¹	Résolution spatiale (seuil de détection minimale)	Pertinence thématique/couverture	Site Web
BDtopo (couche bâti et transport)		2024	Ortho photos, levés terrain et sources administrative. LidarHD	20m ² pour les bâtiments ²	Bâtiments et infrastructures de transports	https://geo-services.ign.fr/documentation/donnees/vecteur/bdtopo
BDtopage	Produit national IGN-OFB	2024	BD TOPO® + BD CARTHAGE® + orthophoto aériennes + contributions métiers	Pas de MMU défini, précision métrique	Zones humides / en eau uniquement	https://www.sandre.eaufrance.fr/atlas/srv/fr/catalog/search#/metadata/82752235-2ddf-4b62-a82f-6ea276671f18
OCS GE	Produit national IGN-CEREMA	2 millésimes pour chaque département, entre 2016 et 2023	Landsat, Spot, Pléiades (dépend de BDtopo)	500 m2 en zone construite, 2500 m2 en zone non construite	Produit généraliste, couverture nationale	https://geo-services.ign.fr/ocsge
BDcarto – occupation du sol	IGN	2018	Basée sur Corine Land Cover	25 ha	Produit généraliste, couverture nationale	https://geo-services.ign.fr/bdcarto

Ces données cartographiques ont été intersectées avec les centroïdes de l'ensemble des mailles, afin de collecter et simplifier l'information vectorielle.

1.3 Outil de visualisation

Un outil en ligne permet de visualiser, pour chaque maille et son centroïde, la catégorie d'usage retenue pour chaque année, et la donnée source ayant permis de faire ce choix. Il permet d'afficher côte à côte la même zone à deux dates différentes, ainsi que de faire des sélections de mailles par type de dynamique. Cet outil n'est pour l'instant pas diffusé.

² La BD TOPO® est une base topographique vectorielle sans MMU unique. Les bâtiments sont cartographiés de manière quasi exhaustive (y compris petites constructions), tandis que les infrastructures de transport sont représentées principalement sous forme linéaire (tronçons routiers/ferroviaires) selon une logique de sélection par typologie d'objet plutôt que par seuil minimal de surface.

Les fonds de carte peuvent être modifiés pour étudier des changements sur des périodes spécifiques, et les mailles peuvent être filtrées par type de changement.

2. Module basé sur les produits européens (« modèle général »)

2.1 Descriptif général

Le **module général** vise à donner une première description complète du territoire et de ses changements. Il avait été initialement pensé pour constituer un suivi de l'ensemble des dynamiques, mais les sections suivantes présenteront les modules complémentaires qui ont été pensés pour pallier aux détections trop faibles de ce premier modèle. Il se base sur les données cartographiques décrites à la section 1.2 (OCS GE, UAch, N2Kch, CLCch, RPG et BD Forêt...).

Le concept général du protocole est d'intégrer, au sein d'un maillage des données hétérogènes d'utilisation des terres. L'objectif est de reconstituer de manière cohérente une série temporelle de l'évolution des terres, tout en évitant au maximum de présenter des faux changements, ou faux positifs, et en essayant autant que possible de limiter les faux négatifs, c'est-à-dire les conversions manquées. Cela est possible grâce à l'utilisation de produits cartographiques de changements. Les produits cartographiques de changements communiquent directement une information spatialisée sur un changement pour une période donnée (un polygone, avec un usage de départ et un usage d'arrivée). Leur utilisation limite le risque d'intégrer de faux changements.

Le module général vise à identifier pour chaque centroïde un usage de référence à partir de l'ensemble des données disponibles pour ce point. L'usage de référence est alors soit étendu à toute la période temporelle (centroïde statique, cas n°2 de la figure ci-dessous) soit modifié par des signaux indiqués par les produits de changement (cas n°1). Si de multiples changements sont détectés, des tests de cohérence temporelle sont appliqués.

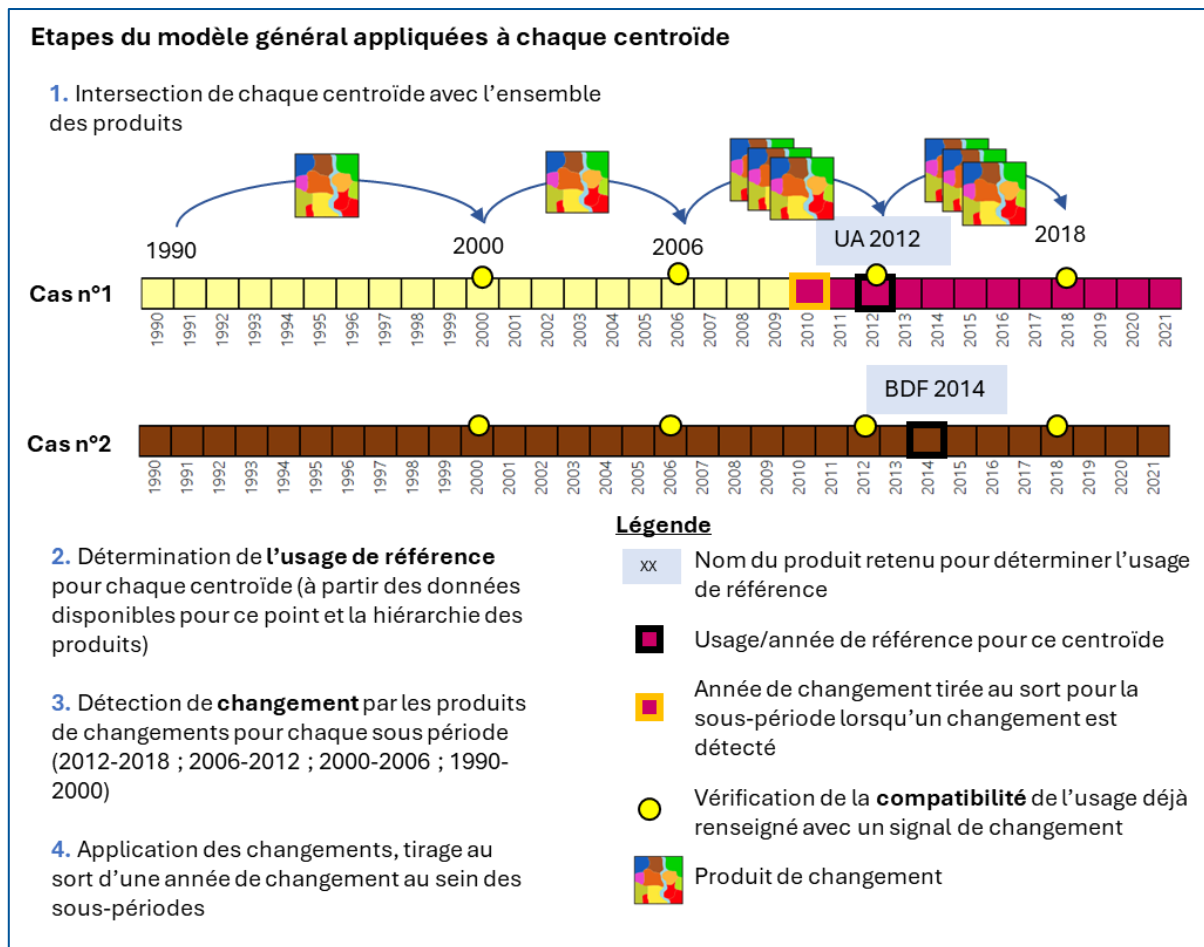


Figure 3 : Schéma récapitulatif du protocole de création d'une série temporelle d'utilisation des terres (module général)

2.2 Etapes de traitement

Etape 1 : Choix de l'usage de référence parmi différents produits

Le protocole agrège différents produits jugés pertinents pour déterminer l'usage de référence (BDF, RPG, OCS GE). L'objectif est d'utiliser le produit thématique le plus efficace pour chaque situation (l'usage de référence est donné par le RPG quand l'usage est agricole, par la BD forêt quand l'usage est forestier, etc.). Pour attribuer l'usage de référence, une hiérarchie des produits a été établie afin de choisir l'usage le plus juste pour chaque centroïde. La hiérarchie ordonne les produits par ordre de préférence, sachant que pour chaque produit si plusieurs années sont disponibles l'année la plus récente est préférée.

Hiérarchie des produits utilisée : OCSGEch* > UAch* > N2Kch* > CLCch* > BDF > RPG > OCSGE >

**lorsqu'ils donnent un signal de changement*

Les produits de changements sont placés en priorité dans la hiérarchie pour limiter les incompatibilités entre usage de référence et usages finaux et initiaux des signaux de changements.

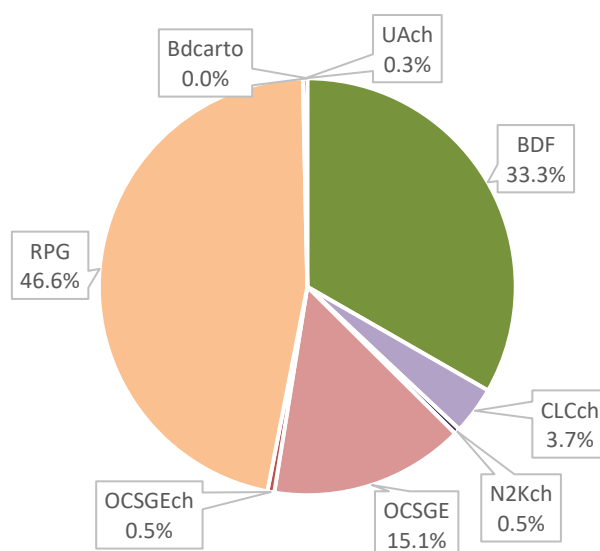


Figure 4 : Part des produits utilisés pour déterminer l'usage de référence des centroïdes après intersection et application de la hiérarchie des produits

La BD CARTO n'intervient que pour les zones non couvertes par l'OCS GE. Son usage dépend donc principalement de la définition des limites du territoire. En principe, l'OCS GE étant un produit généraliste à grande échelle, il devrait suffire à lui seul et ne pas nécessiter le recours à d'autres produits complémentaires après sa mobilisation dans la hiérarchie.

Etape 2 : Détection et application des changements d'usage

Le protocole introduit ensuite un système de vérification de la compatibilité des occupations du sol, afin de maximiser la cohérence et la vraisemblance des séries temporelles construites par l'outil. Lorsqu'un produit de changement donne un signal pour un centroïde en 2006-2012 (c'est-à-dire quand un centroïde intersecte un polygone de changement pour la période), le changement est appliqué s'il est compatible avec l'usage déjà renseigné en 2012. Cela signifie que l'utilisation finale donnée par le polygone de changement doit être dans la même catégorie GIEC que l'usage déjà renseigné. Lorsque le changement est jugé compatible, l'usage de 2006 est alors rempli dans la série temporelle avec l'usage d'origine du polygone de changement. Puis, une année de changement est choisie au hasard entre 2006 et 2012, et les années intermédiaires sont remplies en conséquence. Le même processus est répété pour chaque période de changement. Avec cette méthodologie, seules les zones avec une probabilité forte d'avoir subi un changement d'usage réel sont comptabilisées en tant que changement.

Il arrive que plusieurs produits de changement donnent simultanément un signal, alors un arbre de décision est créé pour adopter ou non les changements et choisir lequel appliquer, suivant une hiérarchie générale des produits de changement (OCS GE prévaut sur Urban Atlas, qui prévaut sur Natura2000, qui prévaut sur Corine Land Cover). Cette hiérarchie a été construite à partir de l'étude des résolutions spatiales et thématiques des différents produits. Le produit OCS GE étant en haut de la hiérarchie, s'il est disponible et qu'il détecte un changement, celui-ci sera directement appliqué. Pour les autres cas, des règles additionnelles ont été créées. Lorsqu'OCS GE ne détecte pas de changement, alors la présence d'un changement est évaluée successivement dans Urban Atlas, Natura 2000 et Corine Land Cover, en respectant l'ordre hiérarchique des produits de changement mentionné plus haut. Le changement du produit le plus haut dans la hiérarchie prévaut. Etant donné qu'Urban Atlas détecte de manière fiable les changements concernant les zones artificielles, et qu'il est utilisé en premier, seuls des changements autres qu'artificiels sont retenus de Natura2000 et Corine Land Cover si Urban Atlas était disponible dans la zone. En revanche, si Urban Atlas n'est pas disponible, cette règle ne tient plus et on s'autorise l'utilisation de N2K ou CLC pour détecter des flux, d'artificialisation ou autre.



Une condition de comptabilité temporelle est systématiquement appliquée, concernant la succession des usages. Un changement doit toujours être compatible avec ceux des périodes temporelles postérieures, les informations les plus récentes étant considérées comme les plus fiables. Par exemple, si un changement prairie vers terre artificielle a été détecté sur la période 2012-2018, un changement antérieur doit avoir pour état final prairie.

2.3 Analyses et limites

Cette première estimation des changements d'utilisation, basée sur les produits renseignant spécifiquement des polygones de changements, sous-estime certaines dynamiques.

Des modules supplémentaires du modèle viennent compléter ces surfaces de changements, à l'aide de données spécifiques, pour plusieurs dynamiques : les boisements et déboisements, l'apparition de zones humides artificielles, l'artificialisation, et l'évolution des terres agricoles. Ils sont décrits dans les sections suivantes.

3. Articulation des modules et obtention des séries finales

Des modules supplémentaires du modèle viennent compléter ces surfaces de changements, à l'aide de données spécifiques, pour trois dynamiques : les boisements et déboisements, l'artificialisation, et l'évolution des terres agricoles.



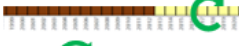






Articulation des modules :

Dans cet ordre, (également illustré par les premières colonnes du tableau ci-dessous), les modules sont mobilisés et chaque maille est qualifiée par l'un des modules, en fonction des possibles détections de signaux de changement :

1. Le **modèle général** renseigne un usage de référence pour tous les centroïdes, puis propose des changements d'usage pour certains centroïdes couverts par les produits de changement européens Copernicus.
2. Le module basé sur la **BDtopage** permet de requalifier des centroïdes en zones en eau, pour toute leur série temporelle ou en créant une dynamique de changement d'usage, seulement si le modèle général ne détecte pas de changement.
3. Le **module forêt** propose de nouveaux changements forestiers parmi les centroïdes stables restants.
4. Le **module artificialisation** propose de nouveaux changements artificialisation parmi les centroïdes stables restants, et pour lesquels les usages de référence du modèle général ne sont pas la BDF ou le RPG (jugés plus robustes). Il requalifie également des mailles sur toute la série temporelle (requalification de certaines zones, sans introduction de changements d'usage).
5. Le **module rotation agricole** propose pour tous les centroïdes dont l'usage est au moins une fois agricole une requalification des usages agricoles pour ajouter des rotations.

Cette articulation peut aussi être illustrée par le tableau ci-dessous :

Tableau 3 : Règles de décision pour l'application des modules de changement, illustration des possibles dynamiques et part du territoire qualifié par chaque module

Signal changement modèle général	Usage de référence BDF ou RPG	Signal module dynamiques forestières	Signal module artificialisation	Résultante	Part des mailles
Oui	/	/	/	Détection changement Modèle général (avec possible rotation agricole)	 4,7%
Non	/	/	/	Requalification ou changement Module Zones en eau	 1,1%
	/	Oui	/	Détection changement Module boisement déboisement (avec possible rotation agricole)	 8,5%
	Non	Non	Oui	Requalification ou changement Module Artificialisation	 0,7%
			Non	Requalification Module sols organiques	 5,5%
				Mailles statiques modèle général : usages hors BDF, hors RPG, sans changement	 0,2%
					 3,7%
			Oui	/	Mailles statiques modèle général : usages BDF
	Mailles RPG modèle général : avec ou sans rotations	 25,1%			
	Mailles RPG modèle général : avec ou sans rotations	 5,6%			
			/	Mailles RPG modèle général : avec ou sans rotations	44,9%

Les frises représentent des séries temporelles avec de potentiels changements d'usage (rouge = artificiel, jaune = agricole, marron = forêt, bleu = zone en eau, gris = autres terres). La flèche verte signifie que des changements d'usage intra-agricoles sont introduits par le module rotation agricoles.

Figure 5 : Illustration de l'articulation des différents modules

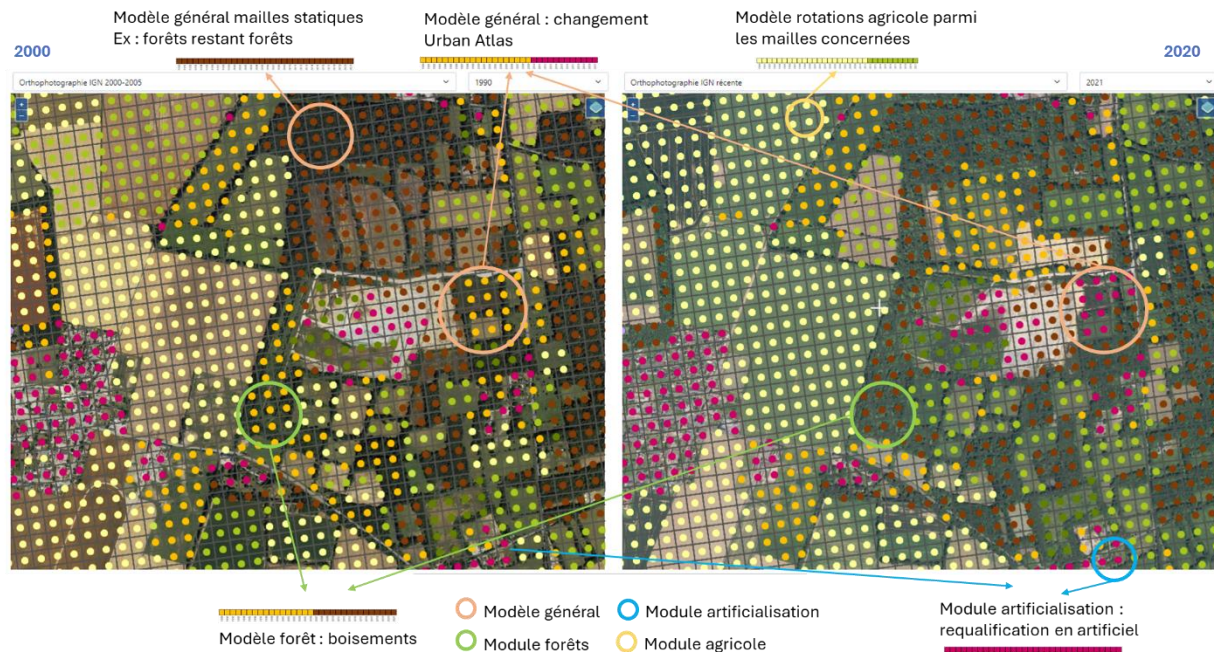


Figure 6 : Visualisation cartographique de mailles issues des divers modules

4. Module boisement-déboisement

4.1 Descriptif général

Un **module sur les boisements et déboisements** a été développé en complément au module général. Il part du constat que les résultats issus du module général donnaient des taux de boisement et déboisement, et notamment un taux de boisement net, inférieurs aux niveaux attendus lorsqu'on considère les résultats de TerUti (ancienne méthode statistique [1024]), mais aussi de l'IGN. Ce module se base sur la comparaison des deux éditions de la BD Forêt (voir plus bas), en ajoutant des traitements pour limiter les faux changements.

Le module boisements-déboisements fonctionne de la manière suivante :

- Ce module compare les polygones forestiers des 2 éditions de la BDF disponibles pour chaque département, et produit des signaux de potentiels boisements (lorsqu'une zone est boisée dans la V2 et non boisée dans la V1) et de potentiels déboisements (lorsqu'une zone est non boisée dans la V2 et boisée dans la V1).
- Il s'accompagne ensuite d'une série de traitement pour filtrer ces signaux potentiels et conserver les plus vraisemblables, car une partie de ces signaux ne reflètent pas de véritables changements dans le paysage mais plutôt les différences de résolution entre V1 et V2. Pour les boisements, un premier traitement est effectué pour empêcher la détection de faux boisements de faible surface qui sont dus à la différence de résolution spatiale entre les deux éditions. En effet, la BDFv2 détecte des plus petits polygones forestiers (inférieurs à 2,5 ha), qui ne doivent donc pas apparaître comme un réel

boisement, car ils étaient certainement déjà existants mais non détectés par la version 1. Un autre traitement corrige les effets de bords dus aux différences de tracés des polygones. Pour ce qui est des déboisements, les faux déboisements liés à la meilleure détection des chemins et routes au sein des zones forestières par la V2 sont corrigés, ainsi que des effets de bord comme décrits plus tôt.

Produits sources

Ce nouveau module se base exclusivement sur les produits de l'IGN : BDF version 1 et version 2. Chaque département du territoire hexagonal est couvert par plusieurs versions de la BDF, basées sur différentes années de prises de vue. L'annexe 1 liste pour chaque département l'année de prise de vue pour la BDF V13 et la BDF V2 4, dont un extrait est présenté ci-dessous :

Tableau 4 : extrait du tableau de l'annexe 1 (années de prise de vues par département)

Code Département	Code Région	Code Ancienne région	Nom	Année prise de vue BDF V1	Année prise de vue BDF V2
D21	BFC	BOU	Côte-d'Or	2000	2014
D25	BFC	FCO	Doubs	2000	2010
D39	BFC	FCO	Jura	2000	2010
D58	BFC	BOU	Nièvre	1994	2007
D70	BFC	FCO	Haute-Saône	2003	2011
D71	BFC	BOU	Saône-et-Loire	1999	2014
D89	BFC	BOU	Yonne	1996	2007
D90	BFC	FCO	Territoire de Belfort	2002	2013

Les couches départementales de la BDFV1 et V2 sont intersectées avec les centroïdes du modèle général. Les codes indiquant l'utilisation des terres des deux millésimes sont convertis en nomenclature du modèle, à partir des tables de correspondance. Les différents cas de figure rencontrés pour chaque centroïde sont les suivants :

Tableau 5 : Classification des cas de figures rencontrés lors de l'intersection des 2 millésimes

		Information BD Forêt V2		
		Zone non couverte	Zone couverte : catégorie Forêt	Zone couverte : catégorie Prairie
Information BD Forêt V1	Zone non couverte	-	Boisement	-
	Zone couverte, catégorie Forêt	Déboisement	-	Déboisement
	Zone couverte, catégorie Prairie	-	Boisement	-



Figure 7 : Visualisation de la BDF version 1 (zones forestières en vert et prairies en orange) à gauche et BDF version 2 à droite (zones forestières en vert, peupliers en bleu, et prairies en orange)

4.2 Etapes de traitement : déboisement

Les centroïdes retenus pour le module déboisement sont les centroïdes qui se trouvent dans les cas de figure « déboisement » du Tableau 6. Ce sont les points qui sont couverts par la BDFV1, spécifiquement par un usage forestier, et qui deviennent soit couvert mais non forestier en V2, soit qui ne sont plus couverts du tout.



Figure 8 : Aperçu des points classés en déboisement pour l'étape 0 d'une zone d'étude

Parmi les centroïdes retenus, un traitement est réalisé pour éviter les faux changements détectés dans des cas de figure particuliers.

Filtre 1 : correction du détournage des routes au sein des polygones BDFv2

La BDFV1 ne délimitait pas au sein de ses polygones les structures linéaires type routes ou chemins d'exploitation. Afin de ne pas créer de faux changements le plus souvent liés à la détection en V2 d'une route déjà existante à l'année de la version 1 (selon des études de cas et avec vérifications cartographiques), les points en situation de déforestation à l'étape 0 qui se trouveraient sur un tracé d'infrastructure linéaire (donc non détecté en V1) sont exclus.

Pour cela, des zones tampons (buffer) de 25 m sont créés autour des polygones BDFV2. Si le point déforesté est dans une zone non couverte par la BDFV2 mais qu'il recoupe des zones tampons de deux

polygones BDFV2 différents, il est exclu à cette étape. Les points situés sur des infrastructures linéaires détournées par la BDFV2 peuvent être mis en évidence par cette méthode, il n'est pas exclu que certains points déforestés n'étant pas dans ce cas de figure exact soient également soustraits. Un cas est illustré ci-dessous, les points en jaunes sont les points avec un signal de déboisement qui a été filtré, les points en bleu étant ceux retenus.



Figure 9 : Zoom sur un cas de figure d'infrastructure linéaire à exclure (les points en jaunes ne seront pas retenus lors de l'étape 1)

Filtre 2 : Effets de bords

Les polygones de la BDFV2 sont généralement dessinés un peu plus larges que ceux de la V1 (voir figure ci-dessous), mais quelques fois l'inverse est vrai, et un polygone V1 dépassant légèrement de la bordure du polygone V2 similaire fait apparaître un signal de déforestation. Pour neutraliser ces faux changements liés aux effets de frontières, les points indiquant un signal de déforestation à l'étape 1 situés à moins de 12 m de la bordure d'un polygone V2 sont exclus à cette étape.

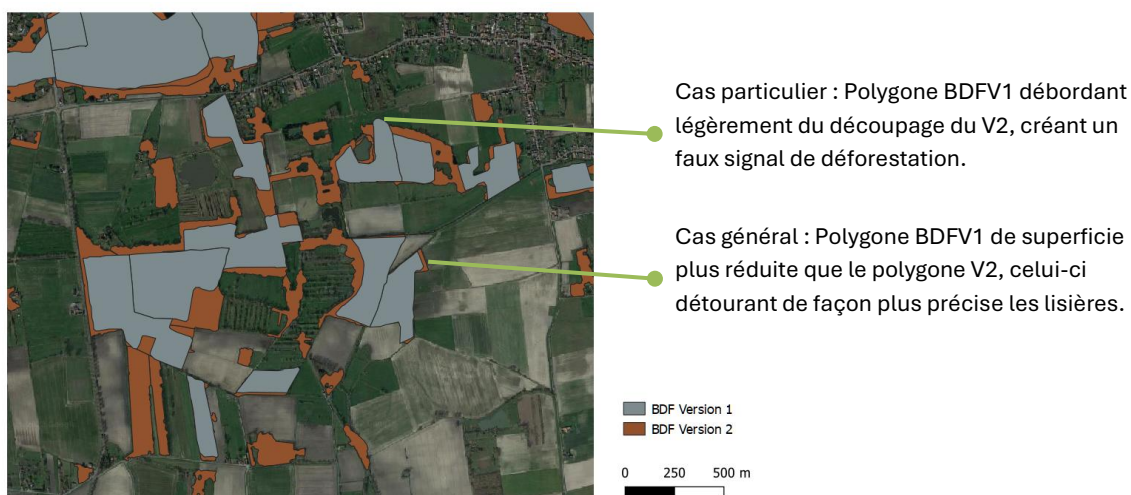


Figure 10 : Présentation de la superposition classique de polygones V2 et V1

Le tableau ci-dessous présente pour deux départements le nombre de centroïdes retenus à chaque étape du protocole.

Tableau 6: Synthèse des traitements liés aux déboisements

	Centroïdes filtrés par chaque étape (en nombre et % par rapport à l'étape initiale)
Étape 0 : Comparaison brute	4 562 743



Étape 1 : Traitement des infrastructures linéaires	1 127 730 (-25%)
Étape 2 : Traitement des contours des polygones	2 035 951 (-45%)

4.3 Etapes de traitement : boisement

Les centroïdes retenus pour le module boisement sont les centroïdes qui se trouvent dans les cas de figure « boisement » du Tableau 6. Ce sont les points qui sont soit non couverts par la BDFV1, soit couvert mais en prairie, et qui deviennent couverts et forestiers en V2.

Filtre 1 : différence de résolution spatiale

Parmi les centroïdes retenus, un traitement est réalisé pour éviter les faux changements détectés dans des cas de figure particuliers. La BDFV1 n'a pas la même résolution spatiale que la BDFV2 selon les métadonnées. La version 1 ne peut pas détecter les polygones inférieurs à 2,25 ha. Le traitement consiste alors à supprimer tous les points en boisements qui appartiennent à des polygones V2 inférieurs à 2,25 ha. En effet, dans de nombreux cas, le polygone apparu en V2 était déjà boisé mais seulement trop petit pour être détecté par la première version. La version 1 détecte également mal les polygones longilignes, un filtre est réalisé sur les polygones V2 très longilignes, potentiellement déjà boisés en V1 mais non détectés.

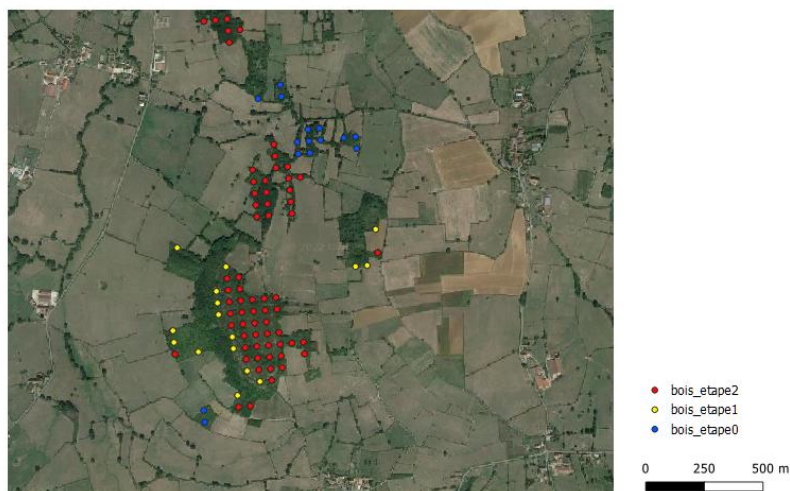
Filtre 2 : effets de bords

Les polygones de la BDFV1 sont de façon générale dessinés un peu plus étroits que ceux de la V2. Sans traitement, cela classe quasi systématiquement des centroïdes en boisement sur le contour des polygones V2. Pour neutraliser ces faux changements liés aux effets de frontières, les points indiquant un signal de boisement à l'étape 1 situés à moins de 35 m de la bordure d'un polygone V2 sont exclus. Cette distance a été fixée en mesurant l'écart entre les frontières des polygones V1 et V2 fréquemment observé.

Le tableau ci-dessous présente pour deux départements le nombre de centroïdes retenus à chaque étape du module boisement.

Tableau 7: Synthèse des traitements liés aux boisements

	Nombre de centroïdes restants à chaque étape et % perdu par rapport à l'étape précédente
Étape 0 : Comparaison brute	11 212 611
Étape 1 : Traitement des infrastructures routiers et ferroviaires	910 325 (-8%)
Étape 2 : Traitement des ajustements de tracés des polygones	666 385 (-6%)



Les points apparaissant en bleu mettent en évidence les points exclus à l'étape 1, les points jaunes ceux exclus à l'étape 2 et les points rouges sont les points retenus en boisement.

Figure 11 : Présentation des centroïdes du protocole boisement de la zone d'étude

4.4 Analyses et limites

La méthode permet de se rapprocher des données de cadrage en termes de niveau de boisement et de déboisement par rapport aux faibles détections du modèle général. De plus, on obtient une localisation des surfaces de conversion, vérifiable cartographiquement. Or, il est reconnu que les paramètres de filtre des différentes étapes sont tellement sensibles que la construction du modèle a poussé à les fixer pour se rapprocher de données de cadrage (évolution nette des surfaces du Memento de l'IGN).

Il n'est pas possible d'obtenir avec cette méthode une année de changement. L'évolution interannuelle des taux de boisements et déboisements entre 1990 et 2020 ne peut donc être réalisée avec cette méthode.

Autres traitements envisageables

D'autres situations semblant présenter des faux boisements ont été relevées, mais aucune étape de traitement pour les exclure n'a été appliquée à ce stade.

Ce sont tout d'abord les polygones non détectés par la V1 car certainement trop fins, mais supérieurs à 2,5ha ; et forestiers en V2. C'est le cas de nombreux polygones de ripisylves, qui étant donné leurs caractéristiques géométriques n'étaient pas détectés en V1 (voir figure ci-dessous).



Figure 12 : Visualisation de zones de faux boisements liés à la géométrie des polygones (les points en rouge étant les boisements conservés à l'issue du protocole)

Le deuxième cas de figure à noter concerne les polygones forestiers en ville. En effet, la BDFV2 semble mieux détourner des polygones d'espaces forestiers urbains ou périurbains, pouvant créer de faux boisements dans ces zones. Il pourrait être question de retraiter les polygones forestiers avec d'autres produits pour vérifier si la couverture forestière est bien associée à un usage des terres forestier, et non pas un espace à classer en terres artificielles boisées.

5. Module artificialisation

5.1 Descriptif général

Un **module sur l'artificialisation** a été développé en complément au module général. Il part du constat, lui aussi, que les résultats issus du module général donnaient des taux d'artificialisation inférieurs à l'ancienne méthode et ceux de TerUti mais aussi à ceux d'autres données de référence tels que l'observatoire de l'artificialisation du Cerema (qui repart des fichiers fonciers). Ce module se base sur la cartographie des bâtiments et des infrastructures de transport et de leur date d'apparition dans la BD Topo de l'IGN (voir plus bas).

Le module artificialisation fonctionne de la manière suivante :

- A partir de la couche bâtiment de la BD topo de l'IGN, des aires urbaines (ou « tâches urbaines ») sont créées. Elles permettent de mieux détecter les petites zones construites qui n'étaient pas détectées par le modèle général, par exemple des zones rurales qui étaient principalement couvertes par la BD Carto. Des corrections sont alors effectuées dans les séries temporelles en remplaçant l'usage par un usage bâti. La création des aires urbaines s'effectue sur PostgreSQL avec l'application de buffers (ou tampons spatiaux) autour des bâtiments puis d'érosion.
- De plus, à partir du champ « date d'apparition » de la couche bâtiment utilisée, les polygones reconstitués par le protocole se voient attribuer une date d'artificialisation potentielle. Cela permet d'affecter un usage dynamique à un centroïde, en lui appliquant avant cette date l'usage du modèle général s'il n'est pas artificiel (l'usage Corine Land Cover 1990 sinon), et d'appliquer un usage artificiel après cette date.

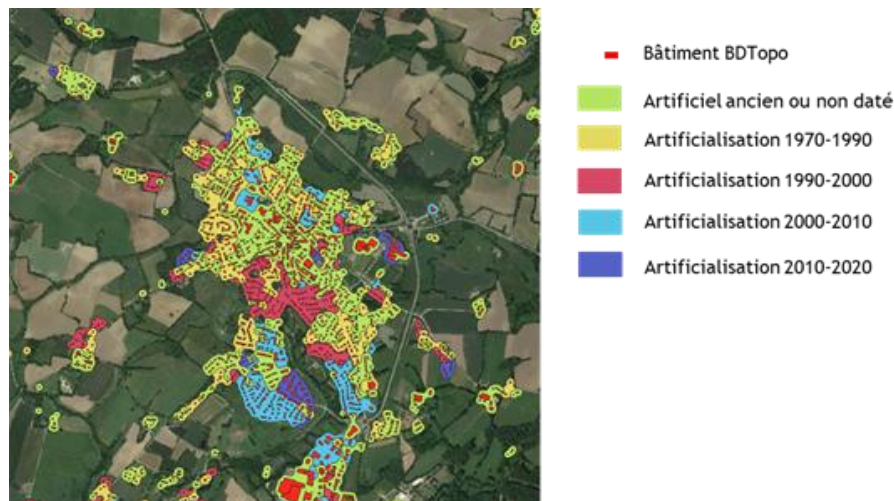


Figure 13 : Exemple de zone urbaine créée par le module artificialisation, et divisée en polygones par date d'artificialisation

Un process similaire est appliqué pour les infrastructures de transports. Les éléments linéaires de la BDtopo sont convertis en polygones avec l'utilisation de buffer dont la largeur dépend du type d'infrastructure. Puis, les centroïdes qui intersectent ces zones tampons sont reconvertis en usage artificiel sur toute leur série temporelle, ou à partir de leur date de construction.

Produits sources

Dans un premier temps, les couches bâtiments et transports sont téléchargées pour l'ensemble de la France hexagonale. Les couches transports sont les couches « Tronçon de route » et « Tronçon de voie ferrée ».

5.2 Etapes de traitement : module bâtiments

Le module procède région par région pour les bâtiments. Un premier filtre est réalisé pour ne conserver que les bâtiments supérieurs à 20 m² d'emprise. L'objectif est de créer des tâches urbaines à partir des géométries des bâtiments, en distinguant au sein des zones urbanisées des périodes de construction, afin de dater l'artificialisation.

Différentes couches de bâtiments sont créées, avec des filtres sur les classes de date d'apparition par décennies. La première couche réunit les bâtiments apparus avant 1970, puis avant 1990, 2000, 2010, et 2020.

Pour chacune de ces couches, une série d'opérations géométriques est réalisée :

- Les bâtiments conjoints sont réunis en une seule entité ;
- Des tampons de 40 m de large sont appliqués autour de chaque entité ;
- Les polygones se recouvrant ou se touchant sont réunis après l'application des tampons, cela crée les premières tâches urbaines ;
- Les entités sont traitées distinctement dans la couche de données lorsqu'elles sont disjointes ;



- Des érosions (tampon « négatifs ») de -20 m sont appliqués à toutes les entités. L'objectif est de remplir les tâches urbaines, mais leurs contours ne doivent pas dépasser sur les autres usages autour de la tâche.

Chaque couche représente alors une série de tâches urbaines ou d'artificialisation, antérieure à une certaine date. La prochaine étape consiste à comparer entre elles ces différentes couches, afin de distinguer des périodes d'artificialisation. A partir de la différence géographique entre ces couches, des couches d'artificialisation par période sont créées. Les entités obtenues inférieures à 1500 m² pour les tâches urbaines sont filtrées pour simplifier les géométries. Chaque entité conserve comme date d'artificialisation la date d'apparition la plus ancienne disponible parmi les bâtiments de son entité.

Ces couches sont intersectées avec les centroïdes. Les informations sont conservées seulement pour les centroïdes pour lesquels l'usage de référence du modèle principal n'est pas RPG ou BDF. Ces produits sont jugés plus exacts que le module, et on laisse leurs usages prévaloir sur les détections des usages artificiels.

5.3 Etapes de traitement : module infrastructures de transport

Les couches de la BD topo liées aux infrastructures de transports (routes et voies ferrées) sont composées d'éléments linéaires, ce ne sont pas des polygones d'emprise au sol.

Pour transformer ces lignes en polygones, une largeur est attribuée à chaque type de réseau de transport. Le champ LARGEUR de la chaussée de la BD Topo n'est pas jugé utilisable directement car certaines largeurs ne sont pas renseignées, ou sont aberrantes, des valeurs ont donc été utilisées par type de route.

Tableau 8: Largeur appliquées aux linéaires de la BDtopo pour créer des emprises de routes

Type de route	Largeur du tampon (buffer)
Autoroute	6 m
Route à une chaussée	3,25 m
Route à deux chaussées	4 m
Bretelle	4,5 m si moins de 2 voies strictement, 6 m sinon
Voie ferrée, normale	Nombre de voies * 1,435 * 3 / 2
Voie ferrée, étroite	Nombre de voies * 0,6 * 3 / 2
Voie ferrée, large	Nombre de voies * 1,6 * 3 / 2

Si le nombre de voies est indiqué nul, on prend une voie par défaut

Puis, la date de création de l'entité dans la couche « tronçon de route » ou « tronçon voie ferrée » de la BD topo est utilisée pour estimer la date d'artificialisation. Cette date semble pertinente si elle est postérieure à 2008 (compris). Les créations de toutes les entités en 2006 et 2007 ne correspondent pas forcément à leur réelle création mais seulement la création de l'entité dans la base de données.

6. Module zones en eau

6.1 Descriptif général

Un module similaire au module artificialisation est créé pour requalifier des zones en eau ou zones humides non détectées par le modèle général, sur la base du produit BDtopage de l'IGN.

Les centroïdes qui intersectent les polygones BDtopage supérieurs à 500 m², et qui sont indiqués en eau de façon permanente, sont reconvertis en usage zone humide sur toute leur série temporelle, ou à partir de leur date de construction.

Afin de corriger certains signaux interprétés comme des artefacts liés à la méthode de mise à jour du produit BDtopage et non à la réalité observée sur le terrain, certains traitements sont appliqués.

6.2 Etapes de traitement

Des analyses ont permis d'identifier certaines limites dans l'utilisation du champ date de création de BD topage. Pour certains types de zones en eau, la date d'apparition renseignée semble directement liée à la date d'ajout dans la base de données et non à une réelle création de zone en eau. Cela génère dans la série des pics d'apparition anormaux. Par conséquent, les traitements suivants sont réalisés :

- Les polygones dont la date d'apparition est antérieure à 2008 ne sont pas considérés comme de réelles apparitions. On conserve néanmoins l'information pour requalifier l'usage du centroïde sur l'ensemble de la série temporelle.
- Les polygones dont le champ nature est de type « Écoulement naturel », « PE – glaciers, névés », « Plan d'eau – estuaire » ou « Plan d'eau – lagune » prennent également l'usage du polygone pour l'ensemble de la série temporelle afin de ne pas introduire un taux de changement biaisé lié à leur intégration ponctuelle dans la série temporelle.
- Un traitement spécifique à l'année 2021 est réalisé sur les polygones dont le champ nature correspond à « Plan d'eau – Lac » en raison d'un pic d'apparition important de 57 kha interprété comme une mise à jour ponctuelle de la base de données et non comme de nouvelles apparitions.

7. Module de rotations agricoles

7.1 Descriptif général

Un **module sur les terres agricoles** a été développé en complément au module général. Il se justifie par la difficulté à distinguer prairies (temporaires, permanentes) et cultures – difficulté rencontrée avec TerUti dans l'inventaire pré 2022, ainsi qu'avec l'approche spatialement explicite basée sur des données mêlant *utilisation* et *occupation* du sol. L'idée est d'abord de considérer les terres agricoles comme un grand ensemble, afin de venir en deuxième temps estimer les cycles culturaux et notamment les alternances, la présence plus ou moins temporaires des prairies, plutôt que de distinguer d'emblée cultures et prairies comme deux usages différents, et ainsi détecter de trop nombreuses surfaces variant de l'un à l'autre. Ce module se base sur les données du RPG.

Les données du RPG 2.0 (2015-2020) étant déjà spatialement explicites, celles-ci sont mobilisées directement. Puis, l'objectif de l'exercice de modélisation a été d'effectuer une rétopolation des données



pour établir une évolution spatialement explicite des successions culturales cohérente avec les données statistiques entre 1970 et 2014, période pour laquelle les données spatiales ne sont pas disponibles avec une précision suffisante (1970-2006) ou n'ont pas pu être intégrées dans le modèle (RPG 1.0 ; 2007-2014).

Cette rétopolation est effectuée sur la base d'un modèle probabiliste de rotation des cultures (chaîne de Markov de rang 1) dont la matrice de transition est recalibrée chaque année sur la base des données des recensements agricoles à l'échelle de la petite région agricole (PRA). Le modèle est entraîné sur les données déclaratives du Registre Parcellaire Graphique (RPG) entre 2015 et 2020.

Produits sources

Registre Parcellaire Graphique (RPG)

Le Registre Parcellaire Graphique (RPG) est une base de données géographique permettant l'identification des parcelles agricole administré par l'Agence de Services et de Paiements (ASP) depuis 2002. Cette base de données sert de référence à l'instruction des aides de la Politique Agricole Commune (PAC). Les données déclarées par les exploitants agricoles sont disponibles de façon anonymisées depuis 2007. Si le RPG permet de connaître précisément et de façon homogène à l'échelle de la France la localisation d'îlots et de parcelles agricoles ainsi que certaines caractéristiques d'occupation du sol et de structures foncières, il convient de souligner quelques précautions d'usage :

- Certaines surfaces agricoles sont manquantes (notamment les surfaces agricoles non aidées) ;
- Le périmètre des surfaces manquantes change d'une année sur l'autre (évolution des aides, déclarations changeantes...) ;
- Le dessin d'un îlot donné peut être modifié par l'exploitant même en l'absence de changement sur le terrain.

Le RPG représente toutefois une source intéressante de données et regroupe en 2020 des informations pour 9,8 millions de parcelles agricoles pour une surface de 28,1 millions d'hectares soit 98 % de la surface recensée dans la statistique agricole annuelle pour la même année (28,6 Mha).

Les caractéristiques de la base de données sont différentes pour la période 2007-2014 (RPG 1.0) et pour la période 2015-2020 (RPG 2.0). Pour l'usage qui en est fait au sein du modèle de changement d'occupation des sol agricoles, la principale différence concerne la distinction entre parcelle graphique et îlot. Dans le RPG 1.0 les données d'occupation des sols sont disponibles uniquement au niveau de l'îlot culture qui correspond à un groupe de parcelles contiguës, cultivées par le même agriculteur. Aussi plusieurs parcelles peuvent être déclarées au sein d'un îlot avec une occupation des sols différente ce qui rend plus complexe leur mobilisation. Pour cette raison, nous avons écarté les données du RPG1.0 dans le modèle. Le RPG 2.0 fournit quant à lui une identification de la parcelle agricole avec le nom de la culture principale pour une année donnée. A chaque parcelle est associée un identifiant unique, le nom la culture principale, le nom des cultures dérobées et la surface en hectares.

Afin d'intégrer ces éléments dans le modèle une correspondance entre les codes RPG et la nomenclature Citepa a été réalisée et disponible en annexe I.

Le recensement agricole

Le recensement agricole est une opération décennale européenne et obligatoire, qui a pour objectif d'actualiser les données sur l'agriculture française. Les données de production, de superficies cultivées, de cheptels ainsi que des principaux facteurs de production sont recensées. Dans le cadre du modèle les statistiques de superficie cultivée ont été collectées à l'échelle de la petite région agricole pour les

recensements 1970, 1979, 1988, 2000 et 2010. Si des statistiques sont disponibles annuellement dans le cadre de la statistique agricole annuelle, elles ne sont pas toujours disponibles à l'échelle de la petite région agricole ou depuis 1970. Comme il est expliqué dans la section suivante, le choix de s'appuyer sur les petites régions agricoles permet de calibrer la matrice de transition du modèle, qui gère les successions culturales, au sein d'une unité spatiale supposée homogène en termes de pratiques agricoles. Les données de superficie sont interpolées linéairement entre deux années du recensement agricole pour obtenir des valeurs annuelles. L'objectif du modèle étant de décrire des évolutions de stock de carbone sur le long terme, qui sont notables notamment pour des successions cultures annuelles / prairies ou cultures annuelles / cultures pérennes, la perte de précision sur les variations interannuelles a été considérée comme acceptable.

Les données du recensement agricole 2020 n'étant pas disponible au moment de la mise en place du modèle, nous nous sommes appuyés sur les statistiques du RPG entre 2015 et 2020. Ainsi pour chaque petite région agricole nous obtenons une évolution des surfaces cultivées entre 1970 et 2020 (voir figures ci-dessous).

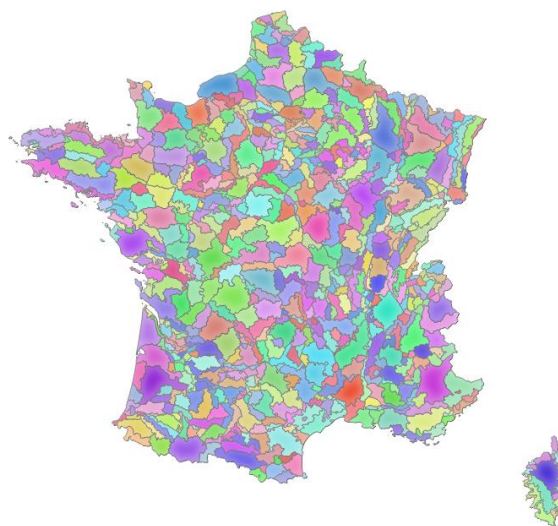


Figure 14 : Contours des petites régions agricoles en France

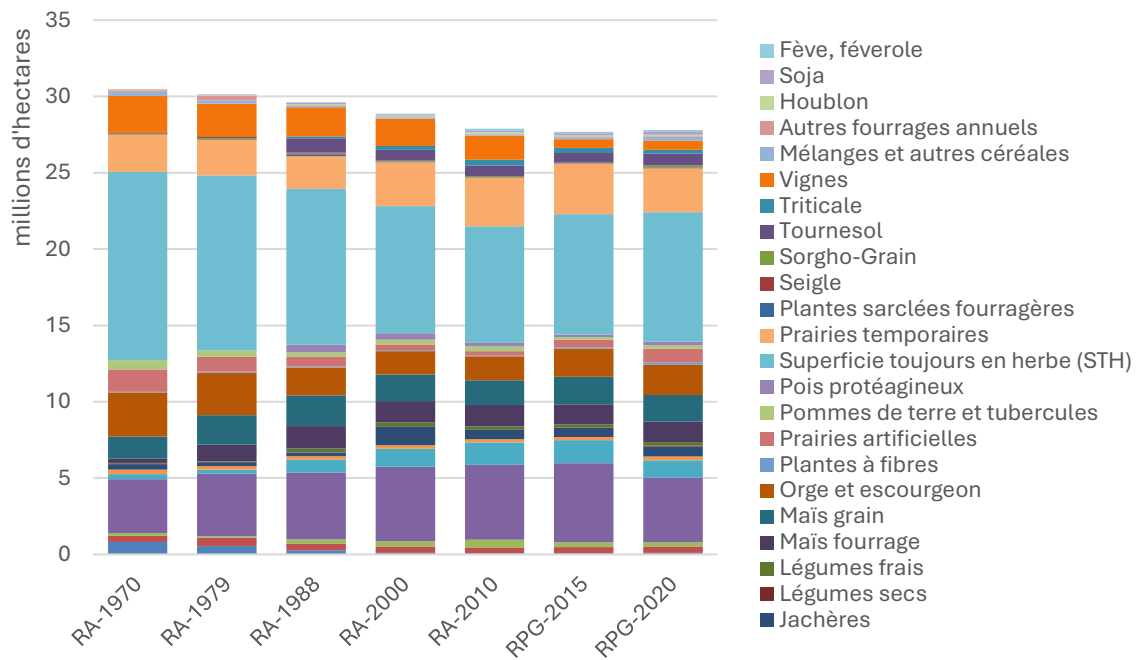


Figure 15 : Evolution des surfaces agricoles selon les données du recensement agricole (1970-2010) et du registre parcellaire graphique (2015-2020)

7.2 Etapes de traitement

Construction des séries pré 2015

Afin de modéliser les successions d'occupation des sols entre 1970 et 2014, nous nous appuyons sur une chaîne de Markov de premier ordre. Nous reprenons les définitions utilisées dans Mari et al. (2018) [1412].

Soit un ensemble T , engendré par l'indice t , et une variable aléatoire X_t , on appelle processus stochastique l'ensemble des variables aléatoires $(X_t, t \in T)$. Dans le cadre du modèle t est un nombre entier représentant les années.

Soit E un ensemble fini possédant N états, $E = \{e_1, e_2 \dots e_N\}$. Au sein du modèle on dénombre 40 états représentant un usage des sols (blé, maïs, colza, prairie temporaire...).

On définit ainsi une matrice de transition M dont les termes m_{ij} sont les probabilités de transition de l'état e_i (occupation du sol au temps t) à l'état e_j (occupation des sols au temps $t - 1$). On a ainsi une chaîne de Markov de premier ordre telle que :

$$m_{ij} = P(X_{t-1} = e_j / X_t = e_i); \quad \sum_j m_{ij} = 1_i; \quad 0 \leq m_{ij} \leq 1$$

Ainsi une première matrice de transition, décrivant les probabilités d'alternance d'un état à l'autre, est calibrée pour chaque petite région agricole (PRA) sur la base des données déclarées de succession parcellaires issues du RPG entre 2015 et 2020.

Soit un ensemble d'observations $O = \{o_1, o_2 \dots o_N\}$ décrivant une occupation du sol issue du RPG entre 2015 et 2020, et o_{ij} la succession culturale $i \rightarrow j$ observée entre t et $t - 1$ on calibre pour chaque PRA une matrice de transition initiale m_{ij}^0 telle que :

$$m_{ij}^0 = \frac{o_{ij}}{\sum_j o_{ij}}$$

On peut interpréter cette matrice m_{ij}^0 comme une description du comportement moyen des agriculteurs entre 2015 et 2020 au sein d'une PRA vis-à-vis des successions culturales. A titre d'exemple une matrice de transition simplifiée est présentée dans le tableau ci-dessous pour la France hexagonale.

Tableau 9: Exemple de matrice de transition pour la création de rotations agricoles

	Céréales et oléagineux	Protéagineux	Prairie temporaire	Culture industrielle	Prairie permanente	Maraîchage, fleurs	Cultures permanentes	Autres usages
Céréales et oléagineux	85%	2%	5%	2%	3%	1%	0%	2%
Protéagineux	84%	4%	4%	0%	5%	0%	0%	2%
Prairie temporaire	3%	0%	96%	0%	0%	0%	0%	1%
Culture industrielle	84%	0%	2%	9%	0%	3%	0%	1%
Prairie permanente	15%	0%	9%	0%	74%	0%	0%	1%
Maraîchage, fleurs	24%	0%	2%	4%	0%	66%	1%	3%
Cultures permanentes	0%	0%	1%	0%	0%	0%	98%	1%
Autres usages	5%	0%	4%	0%	0%	0%	1%	90%

Par exemple, une parcelle en céréales et oléagineux a ici 85% de probabilité de conserver la même occupation et 5% de probabilité de devenir une prairie temporaire.

Sur longue période (ici entre 1970 et 2015), les probabilités de transition d'un état à l'autre peuvent toutefois évoluer fortement en fonction de plusieurs déterminants tels que les politiques agricoles, la réglementation, les changements d'orientation de l'exploitation (cessions, agrandissements...), le progrès technique, etc. Pour intégrer cette dimension, nous mobilisons les statistiques d'assolement à partir des recensements agricoles entre 1970 et 2010.

On pose ainsi S_i^t la surface en culture i pour l'année t . Et S_j^{t-1} , la surface en culture j pour l'année précédente ($t - 1$). Avec x_{ij} une variable aux mêmes propriétés que m_{ij} , on résout le programme d'optimisation ci-dessous :

$$\begin{aligned} &\text{Min } \sum_i \sum_j (x_{ij} - m_{ij}^0)^2 \\ &\text{s.c. } \left\{ \begin{array}{l} \sum_i (S_i^t \cdot x_{ij}) = S_j^{t-1} \\ \sum_j x_{ij} = \mathbf{1}_i \\ 0 \leq x_{ij} \leq 1 \end{array} \right. \end{aligned}$$

On obtient ainsi la nouvelle matrice $m_{ij}^t = x_{ij}^*$ décrivant les probabilités de transition d'un état e_i à un état e_j entre t et $t - 1$ intégrant les évolutions de surfaces décrites par la statistique agricole sur la même période.



Utilisation des données bottom-up RPG en post 2015

Afin éviter les ruptures entre pré 2015 et post 2015 en termes de rythme de changements, les informations bottom-up post 2015 sont prises en compte seulement pour les centroïdes qui intersectent une parcelle RPG en 2015. En effet, seules celles-ci peuvent avoir une information de rotation avec le modèle pré 2015. En fixant cela, il y aura donc soit des séries temporelles avec des rotations sur toute la série 1990-2014 puis 2015-2023, ou alors aucun changement pris en compte.

Le mode de prise en compte des informations bottom-up est le suivant :

- Pour chaque année à partir de 2016, soit une information RPG est disponible car le centroïde intersecte une parcelle RPG de ce millésime, soit l'information de l'année précédente est reportée.

7.3 Analyses et limites

Hypothèses et limites de l'approche

Le contour des parcelles est considéré comme stable ce qui n'est pas observé en pratique. Notamment, l'agrandissement des exploitations s'est vraisemblablement accompagné d'un agrandissement des parcelles sur la période considérée.

Par ailleurs, chaque parcelle est considérée comme homogène dans le modèle et son usage est considéré comme indépendant de sa superficie. A titre d'exemple, une parcelle de superficie importante (ex. prairie permanente) n'a pas moins de probabilité de changement vers une culture annuelle qu'une plus petite dans le modèle. Le choix de calibrer les probabilités de transition à la petite région agricole a été fait dans le but de réduire l'hétérogénéité associée.

Le positionnement d'une parcelle par rapport à une autre n'a pas d'effet sur les probabilités de changement. Aussi le modèle n'interdit pas une production d'un hectare de maïs entouré de cent hectares de prairies permanentes

En s'éloignant de l'année d'initialisation (2015), un effet morcellement est induit alors que les catégories d'usage pluriannuelles (prairies, cultures pérennes...) pourraient avoir un comportement de « front de changement ».

Enfin le trajet individuel d'une parcelle entre 1970 et 2015 peut être incohérent au regard des pratiques agricoles, car le modèle ne garde pas en mémoire la succession culturelle générée. A chaque temps t , une probabilité de changement s'applique à la parcelle pour en déduire l'usage en $t - 1$ sachant son usage en t .

Aussi, bien que les simulations soient réalisées à la parcelle pour pouvoir permettre l'intégration au modèle haute résolution général, le périmètre d'intérêt pour l'interprétation des résultats d'évolution des stocks de carbone des sols cultivés reste la petite région agricole.

8. Module sols organiques

Actuellement dans l'inventaire, l'ensemble du territoire est considéré par défaut comme reposant sur des sols minéraux. L'estimation des émissions associées sols organiques est réalisée en parallèle du module général. Ainsi, une fois identifiés, les centroïdes caractérisés en sol organiques le sont sur l'ensemble de la série, un sol organique ne pouvant pas devenir sol minéral. L'estimation des flux de carbone des centroïdes caractérisés en sol organiques est réalisée au sein du module général comme pour les sols minéraux sauf pour le compartiment carbone « sol » géré dans un module distinct.

8.1 Descriptif général

Les sols organiques sont identifiés à l'aide d'un produit cartographique (Atlas des tourbières de l'université de Franche Comté) [1202]. Cette carte est intersectée avec la grille spatialement explicite de l'inventaire français et ses usages issus du module général (via les centroïdes).

L'identification du caractère drainé ou non drainé d'un sol organique se fait par déduction en fonction des usages identifiés pour chaque centroïde. Par exemple, un usage en culture est interprété comme une pratique de drainage très probable. Ainsi, à chaque catégorie d'usage des terres est associé un mode de gestion drainé ou non drainé. Le tableau ci-dessous rassemble les codes d'usages de l'inventaire considérés par défaut comme drainés. L'ensemble des centroïdes qualifiés en sol organique et associés à des usages ne faisant pas partie de cette liste sont considérés comme des sols minéraux dans l'inventaire.

Tableau 10 : Codes d'usage des terres de l'inventaire associés à une pratique de drainage pour les centroïdes en sol organique

Code_inv	Libellé
10	Agricole à définir
11	Cultures annuelles, légumes et fleurs
12	Cultures permanentes
13	Prairies temporelles et jachères
14	Prairies permanentes

L'introduction de la notion de drainage pour d'autres types d'usages (forêt, zones artificielles) est en discussion, et sera lié à la disponibilité de facteurs d'émission nationaux.

9. Extrapolation et constructions des matrices

9.1 Choix des usages initiaux et finaux lors de la détection de dynamiques par les modules



Quand les changements d'usage ne s'appuient pas sur des polygones de changement (avec usages initiaux et finaux disponibles), mais sur une apparition ou une disparition d'usage sans plus d'information (comme pour les modules boisement-déboisement, zones en eau, et artificialisation), il faut pouvoir proposer un usage initial ou final pour compléter la conversion détectée. Les approches adoptées pour renseigner ces usages pour les différents modules sont décrits au sein de cette section.

Module forêt – boisement

Le module décrit à la section 4 permet de détecter des zones de boisement ou déboisement potentielles, puis d'appliquer un certain nombre de filtres pour exclure au maximum les faux signaux. Il permet d'obtenir une série de maille en boisements, et une série de mailles en déboisement.

La dernière étape nécessaire pour l'intégration de cette information au protocole général est la définition de l'usage initial de la maille dans le cas de la détection d'un boisement ; et l'usage final de la maille dans le cas de la détection d'un déboisement.

Pour les boisements, la première option retenue est l'utilisation de l'usage détecté par la BDF version 1 s'il n'est pas forestier pour l'attribution de l'usage initial pré boisement. Sinon, en l'absence d'information BDF1, on va chercher une information Corine Land Cover 1990. Si l'usage est aussi forestier pour Corine Land Cover, on utilise un usage non forestier par défaut pour caractériser le boisement (usage végétation naturelle hors forêt).

Tableau 11 : Processus d'attribution de l'usage initial d'un centroïde lors du module boisement

Cas de figure	Usage initial choisi pour la maille	Incertitude associée	Part des centroïdes (indicatif) département 71
Cas n°1 : La maille est couverte par BDFv1, et l'usage est classé « P ».	Usage BDFv1	Faible	12% des détections du module pour le département étudié
Cas n°2 : La maille n'est pas dans le cas n°1 et son usage CLC1990 est non forestier.	Usage CLC1990	Moyenne	70% des détections du module pour le département étudié
Cas n°3 : Mailles restantes	Par défaut, on classe les mailles en prairies (végétation naturelle hors forêt), sans avoir de produit pouvant le confirmer.	Très élevée	14% des détections du module pour le département étudié

Module forêt – déboisement

Pour les déboisements, la première option retenue est l'utilisation de l'usage détecté par la BDF version 2 s'il n'est pas forestier pour l'attribution de l'usage finale post déboisement. Sinon, on va chercher l'usage de référence attribué lors du modèle général, si ce dernier n'est pas forestier. Si l'usage est aussi forestier, l'usage de la BDcarto pour ce point est utilisé s'il n'est pas forestier. Si après l'ensemble de ces filtres tous les usages étaient forestiers, le signal de déboisement est finalement ignoré pour ce point.

Le fait de ne pas réussir à trouver un usage initial non forestier pour les points boisés semble normal pour le cas des boisements, car les cartes précises dans le passé sont rares et il est donc difficile de renseigner l'usage de départ ; il semble plus problématique de ne pas parvenir à renseigner l'usage final boisé après détection d'un déboisement. Il est possible que les points déboisés soient des faux signaux ou des artefacts dus à la géométrie de la BDF2 par rapport à la BDF1, qui n'ont pas été exclu par le module. Par exemple les petites clairières intra forestières qui sont délimitées seulement par la V2 ne parviennent pas

à être vues par un autre produit que BDF2, on ne peut alors savoir si elles correspondent en effet à un récent déboisement, ou si la clairière a toujours existé mais n'était pas vue auparavant. Le choix conservé est donc l'exclusion du signal de déboisement dans ce cas.

Tableau 12 : Processus d'attribution de l'usage final d'un centroïde lors du module déboisement

Cas de figure	Usage final choisi pour la maille	Incertitude associée	Part des centroïdes (indicatif) département 71
Cas n°1 : La maille est couverte par BDFv2, et l'usage est classé « P ».	Usage BDFv2	Faible	9% des détections du module
Cas n°2 : La maille n'est pas dans le cas n°1 et son usage de référence est non forestier.	Usage de référence	Moyenne	72% des détections du module
Cas n°4 : La maille n'est pas dans les cas précédents, et son usage BDcarto est non forestier.	Usage BDcarto	Moyenne	1% des détections du module
Cas n°5 : Mailles restantes	Le changement est exclu.	Très élevée	11% des détections du module

Module zones en eau

Le modèle détecte la présence de zones humides ou zones en eau, et permet de proposer une date d'apparition de l'élément considéré. Il faut ensuite proposer renseigner l'usage initial. Le premier cas de figure est l'utilisation du produit de référence du modèle général, si l'usage détecté n'est pas déjà une sous-catégorie de zones humides, ou autres terres. Sinon, on renseigne l'usage de la BDtopage pour toute la série temporelle, qui sera donc le même que son usage final.

Tableau 13 : Processus d'attribution de l'usage final d'un centroïde lors du module topage

Cas de figure	Usage final choisi pour la maille	Incertitude associée
Usage de référence du modèle général différent de zones humides/autres	Usage de référence	Faible
Si les conditions précédentes ne sont pas remplies	Usage détecté par la BDtopage maintenu par défaut	Moyenne

Module artificialisation

Le modèle détecte la présence de tâche urbaine, et permet de proposer une période d'artificialisation. Il faut ensuite proposer une méthode pour renseigner l'usage pré artificialisation. Le premier cas de figure est l'utilisation du produit de référence du modèle général, si l'usage détecté n'est pas déjà artificiel. Sinon, le module recourt à Corine Land Cover 1990. Si l'usage de ce dernier produit est aussi déjà artificiel, on renseigne un usage artificiel pour toute la série temporelle (bâti nu), qui sera donc le même que son usage final. Le choix n'est pas fait de forcer une dynamique de détection d'artificialisation en mettant un usage par défaut non artificiel, mais plutôt de limiter les potentielles fausses dynamiques en renseignant ici juste un usage statique artificiel.

**Tableau 14 : Processus d'attribution de l'usage final d'un centroïde lors du module artificialisation**

Cas de figure	Usage final choisi pour la maille	Incertitude associée
Date d'artificialisation post 1990, usage de référence du modèle général non artificiel	Usage de référence	Faible
Date d'artificialisation post 1990, usage de référence du modèle général artificiel, usage Corine Land Cover 1990 non artificiel	Usage Corine Land Cover 1990	Moyenne
Si les conditions précédentes ne sont pas remplies	Usage artificiel par défaut (bâti nu)	Moyenne

9.2 Modes d'extrapolation et matrices 20 ans

Les produits cartographiques utilisés ne couvrent pas l'ensemble de la série temporelle. Notamment pour les usages pré 1990, il est nécessaire d'extrapoler certaines tendances pour obtenir des matrices 20 ans.

Enfin, ces estimations de surfaces annuelles sont extrapolées et complétées pour produire des matrices d'utilisation des terres complètes, cohérentes et répondant aux besoins de rapportage. Pour extrapoler et compléter les surfaces de changement d'usage, le calcul prend en compte, pour chaque département, les années non couvertes par les données de changement utilisées dans les modules d'intégration de données d'usage des terres, de manière à reconstituer les surfaces de changement manquées. Les surfaces sans changement sont estimées en cohérence avec ces surfaces de changement extrapolées et complétées. Cette étape est réalisée à un niveau agrégé, non spatialement explicite, de manière à couvrir toute la série temporelle en remontant à 1990 et aux changements entre 1970 et 1990. En effet, pour les périodes passées, les données cartographiques sont insuffisantes et il est nécessaire de recourir à une approche statistique pour reconstituer une série historique cohérente et éviter les effets de marche liés à une prise en compte différenciée des changements selon la période couverte.

Les modes d'extrapolation des changements annuels des différents modules sont décrits ci-dessous :

Dynamiques du module général

La capacité de détection de ce module est corrélée à la couverture ou non de la période par les millésimes OCSGE en fin de période. Sans traitement spécifique, comme certaines années sont davantage couvertes que d'autres parmi les départements, le taux de changement annuel brut détecté a un profil en cloche autour de l'année 2020. Afin de corriger ce biais et pouvoir valoriser la donnée, des changements sont extrapolés au sein du modèle spatialement explicite pour les années non couvertes. Cela signifie que des points ont été tirés au sort par département pour leurs années non couvertes par OCSGE. Puis, ils se voient attribuer un changement d'usage théorique, reflétant les taux de détection de la période couverte. Cela permet alors d'avoir un taux de détection constant pour la période récente par département, et ne pas introduire de biais.

Boisements/déboisements

La capacité de détection des boisements et déboisements est fortement corrélée à la couverture ou non de la période par la BD forêt. Ainsi, par département (car la période couverte par les BD forêt varie d'un

département à l'autre) les changements sur les périodes de fin et de début de série ont été estimées à partir du taux de boisement ou déboisement moyen sur la période centrale couverte par BD forêt. Depuis l'édition de 2025, les changements sont extrapolés au sein du modèle spatialement explicite pour le module boisement déboisement. Cela signifie que des points ont été tirés au sort par département pour avoir un niveau de détection annuel égal au niveau de la période couverte pour le département, depuis 1990 jusqu'à la dernière année inventoriée. L'extrapolation des taux de changements avant 1990 n'est pas spatialisée.

Artificialisation

Seule l'année 1990 est extrapolée, puis les changements pré 1990. Le taux moyen de changement 1991 - 1994 est utilisé.

Dynamiques agricoles

Pour les changements au sein des terres agricoles, le système est hybride, entre les rotations dictées par le RPG et les surfaces totales issues du recensement agricole. Les informations statistiques remontent bien jusqu'en 1970, et il n'y a pas d'extrapolation spécifique.

Matrices 20 ans

Les matrices 20 ans, nécessaires au rapportage, sont ensuite construites à partir des séries temporelles annuelles. L'intégralité des matrices 1 an et 20 ans utilisées dans l'inventaire sont disponibles par région et par année dans l'annexe LULUCF_Background.xlsx

Les données retraitées permettent d'élaborer des matrices 1 an et 20 ans, depuis 1970 jusqu'à l'année d'inventaire.

Règles du Giec : « matrices »

Deux types de matrices de changements sont nécessaires pour le calcul et le rapportage des émissions/absorptions du secteur UTCATF :
des matrices annuelles de changements pour évaluer les variations de surfaces mettant en jeu des phénomènes à cinétique rapide (déforestation),

des matrices couvrant une période de 20 ans pour les phénomènes dont la cinétique est plus lente (par ex : constitution des stocks de carbone du sol, des litières). Cette période de 20 ans correspond à la valeur par défaut du GIEC. Bien qu'elle ne soit pas idéalement adaptée aux cinétiques en milieu tempéré pour lesquelles la période serait plus proche de 50 ans, d'évidentes limites sur la disponibilité des données conduisent à retenir cette valeur.

Les années de 1970 à 1982 sont reportées ou interpolées sur la base des années les plus proches de manière avoir une série complète depuis 1970 jusqu'à l'année d'inventaire.

Les matrices nécessaires au calcul des émissions/absorptions du secteur UTCATF peuvent être élaborées en appliquant de manière itérative les taux annuels de changement d'utilisation à une année de référence (l'année 2007 a été choisie). Les matrices complètes de changement d'utilisation des terres sont ainsi conçues à partir des surfaces de l'année 2007 grâce aux équations suivantes :

Équation 1 (UTCATF)

$$\begin{aligned} \text{Avant 2007 : } A_{i,a} &= A_{i,a+1} - \sum_j [A_Gains_{i,j,a}] + \sum_j [A_Pertes_{i,j,a}] \\ \text{Après 2007 : } A_{i,a} &= A_{i,a-1} + \sum_j [A_Gains_{i,j,a}] - \sum_j [A_Pertes_{i,j,a}] \end{aligned}$$

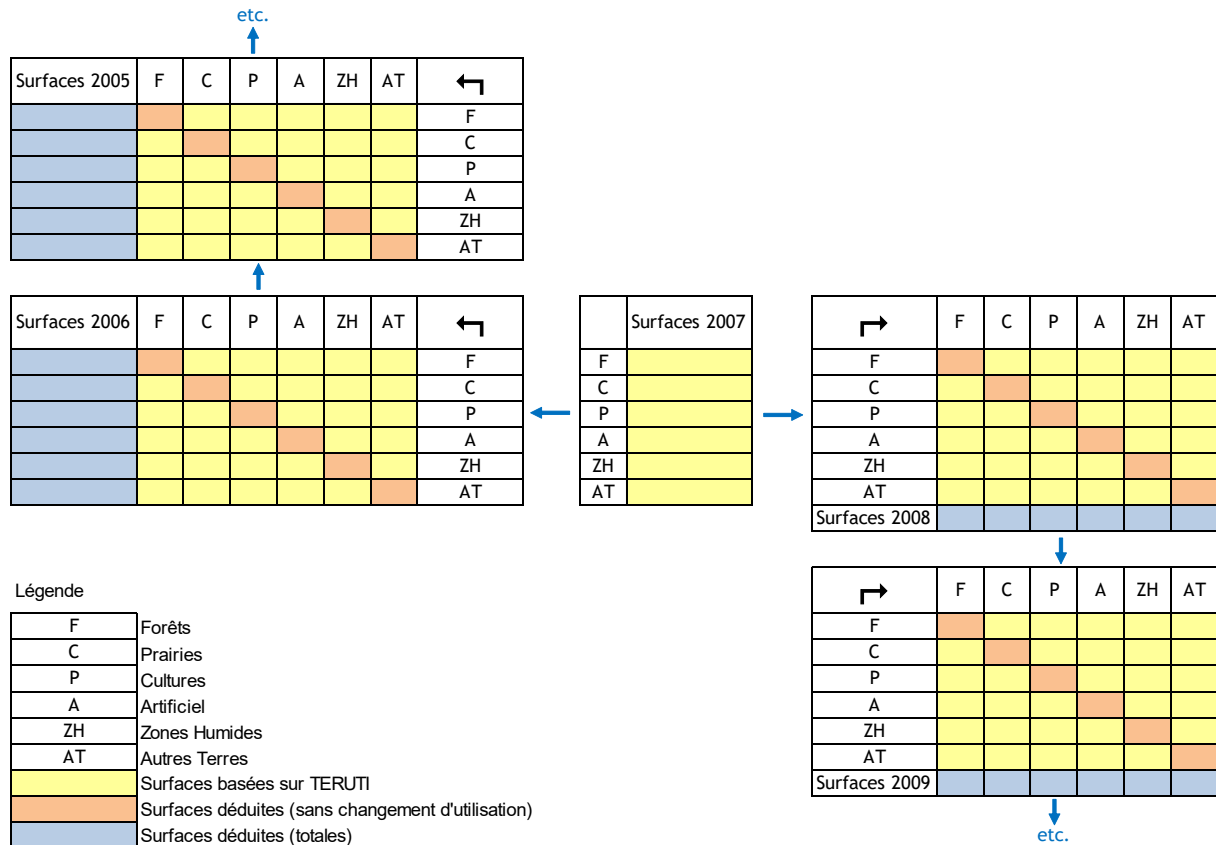
Avec :

$A_{i,a}$ = Surfaces pour l'occupation i, à la fin de l'année a
 $A_{i,a-1}$ = Surfaces pour l'occupation i, à la fin de l'année a-1



- $A_{i,a+1}$ = Surfaces pour l'occupation i, à la fin de l'année a+1
 $A_Gains_{i,j,a}$ = Surfaces gagnées par l'occupation i, au dépend de l'occupation j, durant l'année a
 $A_Pertes_{i,j,a}$ = Surfaces perdues par l'occupation i, au profit de l'occupation j, durant l'année a

Tableau 15 : Illustration du protocole d'estimation des surfaces à partir des surfaces de l'année 2007



L'intégralité des matrices 1 an et 20 ans utilisées dans l'inventaire est disponible par région et par année dans l'annexe LULUCF_background.xlsx.

Dans le module de calcul pour les terres, le calcul des flux de carbone point par point permet de s'affranchir des difficultés liées aux allers-retours entre usages avec par exemple une alternance prairie-culture sur les 30 ans. En revanche avec la méthode simplifiée historique basée sur des matrices 20 ans, ces allers-retours posent soucis car les terres restant dans le même usage peuvent devenir très faibles et même apparaître en valeurs négatives en raison de la manière dont sont construites ces matrices.

Pour éviter cet écueil certains changements sont supprimés dans la construction des matrices 20 ans dans les cas suivants : alternance prairies-cultures, alternance cultures-vergers et alternance cultures-vignes. Supprimer des changements n'est pas extrêmement impactant tant que le changement symétrique, et il est rappelé que les calculs carbones sont effectués à la maille, et que ces traitements matriciels n'ont pas d'impact sur le résultat carbone.

Cette correction ne modifie pas le bilan carbone de ces terres mais prévient l'apparition de surfaces négatives dans les matrices 20 ans utilisées dans les calculs.













Volet « carbone » : Modèle de variation de stock à la maille

1. Méthode générale du modèle par maille

1.1 Compartiments carbone considérés

Les calculs réalisés à l'échelle de la maille de 0,25ha se basent sur l'évolution des stocks de carbone (modèle de variation de stock à la maille) pour les 10 compartiments suivants :

Tableau 16 : Compartiments carbone pris en compte

Grand compartiment	Statut	Catégorie	Type	Strate	Code	
Biomasse	Vivante	Ligneuse	Forêt	aérien	lb_f_a	
				racinaire	lb_f_r	
		Herbacée	Culture pérenne	aérien	lb_cp_a	
				racinaire	lb_cp_r	
			Culture annuelle	aérien & racinaire	lb_ca	
			Herbe	aérien & racinaire	lb_hh	
	Morte (DOM)	Bois mort			dw	
		Litière			lt	
Sol			Minéraux		s_min	
			Organiques		s_org	

DOM : Dead Organic Matter (matière organique morte)

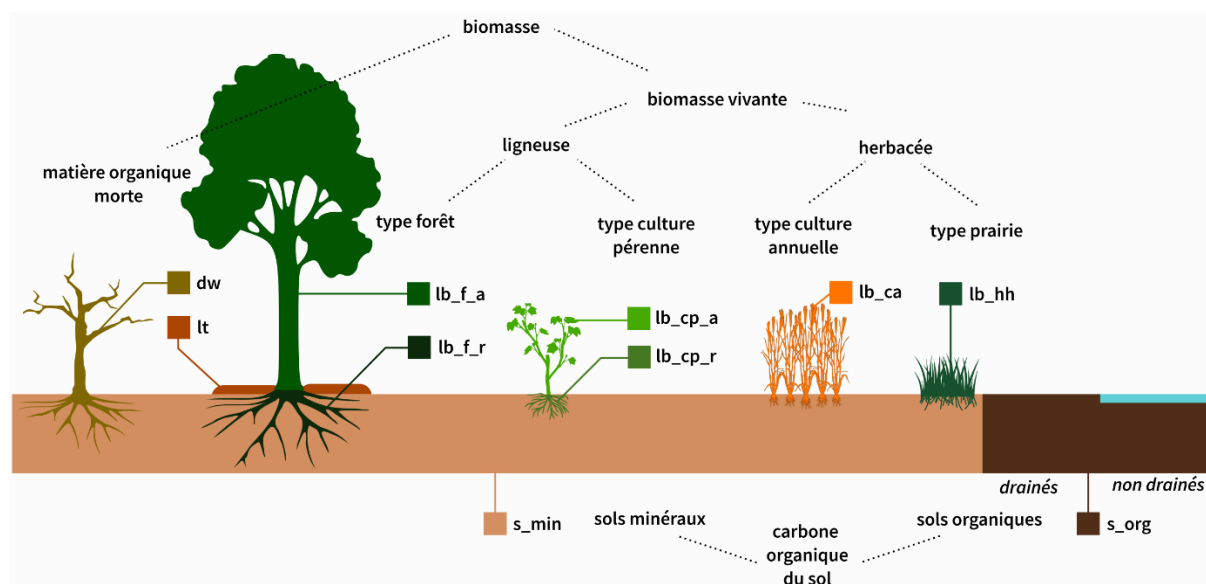


Figure 16 : Présentation schématique des différents compartiments carbone considérés pour le calcul

Afin de ne pas négliger les pertes de biomasse lors des changements d'usages des terres, par exemple la perte de la biomasse des vergers convertis en forêts, différents types de biomasse sont pris en compte.

La **biomasse** vivante aérienne que l'on appelle de type « forêt » se compose des parties aériennes des essences arborées recensables (diamètre > 7,5 cm à la hauteur de 1,3 m). Cela exclut les essences ligneuses du sous-bois et les arbres sous le seuil de recensabilité. La biomasse vivante aérienne de type



forêt est l'un des réservoirs clé du secteur UTCATF. Elle peut constituer des stocks très importants et peut fluctuer de manière rapide en fonction de la gestion associée.

La biomasse aérienne des prairies arbustives et des zones arborées hors forêt (zones artificielles arborées) est également classée de « type forêt ». Les successions possibles entre prairies arbustives et forêt (enfrichement), ainsi que la proximité possible entre les classes de nomenclature ont justifié ce choix. Si un changement d'usage est réalisé au sein de ces classes de nomenclature, le modèle de variation à la maille considèrera seulement le gain ou la perte de stock lors de la transition, mais sans passer par une perte de toute la biomasse.

En revanche, lors de la conversion d'une classe « vignes » à une classe « forêt », il faut tenir compte de la perte de toute la biomasse des vignes lors de l'arrachage, puis de la repousse d'un autre type de biomasse. C'est pourquoi la **biomasse** vivante, dite de « **type cultures permanentes** » est considérée à part.

Pour la biomasse ligneuse type forêt et type culture pérennes, la biomasse vivante aérienne est distinguée de la biomasse vivante souterraine. La biomasse vivante souterraine inclut l'ensemble des racines à l'exception des racines fines déjà prises en compte dans la litière et le carbone organique du sol.

La biomasse **herbacée** est ensuite distinguée.

1.2 Principe de la variation de stock à la maille

Des stocks de carbone de référence sont renseignés pour toutes les catégories d'utilisation des terres de la nomenclature pour tous les compartiments listés ci-dessus. Ils dépendent des zones pédoclimatiques pour les sols, des sylvoécorégions pour la biomasse type forêt et le bois mort, des grandes régions écologiques (GRECO) pour la litière, ou sont des stocks nationaux pour les autres compartiments. Pour les sols ils dépendent également des pratiques culturales et sont donc redéfinis annuellement.

Les stocks de chaque centroïde pour chaque compartiment sont initialisés en 1990. Puis, pour chaque année de leur série temporelle, leur stock hérité (stock de l'année précédente) est comparé à leur nouveau stock de référence. Si celui-ci diffère, par exemple si l'utilisation du sol a été modifiée, les stocks de carbone de chaque compartiment tendent vers leur nouveau stock de référence et les flux associés sont retenus pour l'année en question. La vitesse d'atteinte du nouveau stock de référence est bornée : les flux de pertes ou de gains maximum sont définis pour chaque utilisation du sol. Ils sont calibrés pour que la conversion se réalise si le centroïde reste effectivement 20 ans dans la catégorie finale d'utilisation des terres de la conversion dans la majorité des cas, ou pour perdre le stock rapidement (en 1 an ou 5 ans) pour des défrichements ou de l'artificialisation par exemple. Les vitesses de constitution des stocks en forêt pour la biomasse vivante de type forêt et pour le bois mort sont fixés à 40 ans (par hypothèse).

Equation 1 (UTCATF) : Routine de calcul du modèle de variation de stock par maille :

Initialisation en 1990 : $stock_{1990} = stock_ref_{1990}$

Puis pour chaque année :

Si $stock_ref_n = stock_herite_n$ alors $stock_n = stock_herite_n$

Si $stock_{ref_n} < stock_{herite_n}$ alors $stock_n = \max(stock_{ref_n}, stock_{herite_n} - pertes_n)$

Si $stock_{ref_n} > stock_{herite_n}$ alors $stock_n = \min(stock_{ref_n}, stock_{herite_n} + gains_n)$

Et $flux_n = stock_n - stock_{n-1}$

Tableau 17 : Illustration de la routine de calcul du modèle de variation de stock par maille.

Présentation de stock et flux relatifs au compartiment litière pour une maille agricole en 1990 devenant forêt en 1992, puis artificialisée en 2013 (cas fictif). Les valeurs sont données pour une maille et non à l'hectare.

Année	Catégorie d'usage	Gains max (tC/an)	Pertes max (tC/an)	Stock de référence (stock_ref tC)	Stock hérité (tC)	Stock (tC)	Flux (tC/an)
1990	11bh	0	2,50	0		0	0
1991	11bh	0	2,50	0	0	0	
1992	21ff	0.11	0	2,25tC	0	Min(2,25 ; 0 + 0,11) = 0,11	0,11
1993	21ff	0.11	0	2,25 tC	0,11	Min(2,25 ; 0,11 + 0,11) = 0,22	0,11
(...)							
2011	21ff	0.11	0	2,25 tC	2,14	Min(2,25 ; 2,14 + 0,11) = 2,25	0,11
2012	21ff	0.11	0	2,25 tC	2,25	2,25	0
2013	31bn	0	2,50	0	2,25	Max(0 ; 2,25 - 2,50) = 0	- 2,25

Les gains et les pertes ont été calibrés pour chaque catégorie d'usage pour refléter les dynamiques de conversion. Ils sont décrits pour chaque compartiment dans les parties suivantes. La plupart du temps ils sont calculés pour qu'une conversion entre deux stocks de référence prenne 20 années. C'est le cas par exemple pour la litière (exemple du tableau, le stock de litière en forêt est atteint au bout de 20 ans). En revanche, pour les défrichements (compartiment biomasse, bois mort, litière) par exemple, les durées sont calibrées plus courtes et les flux de pertes sont très élevés, afin de faire perdre la totalité du stock en une année.

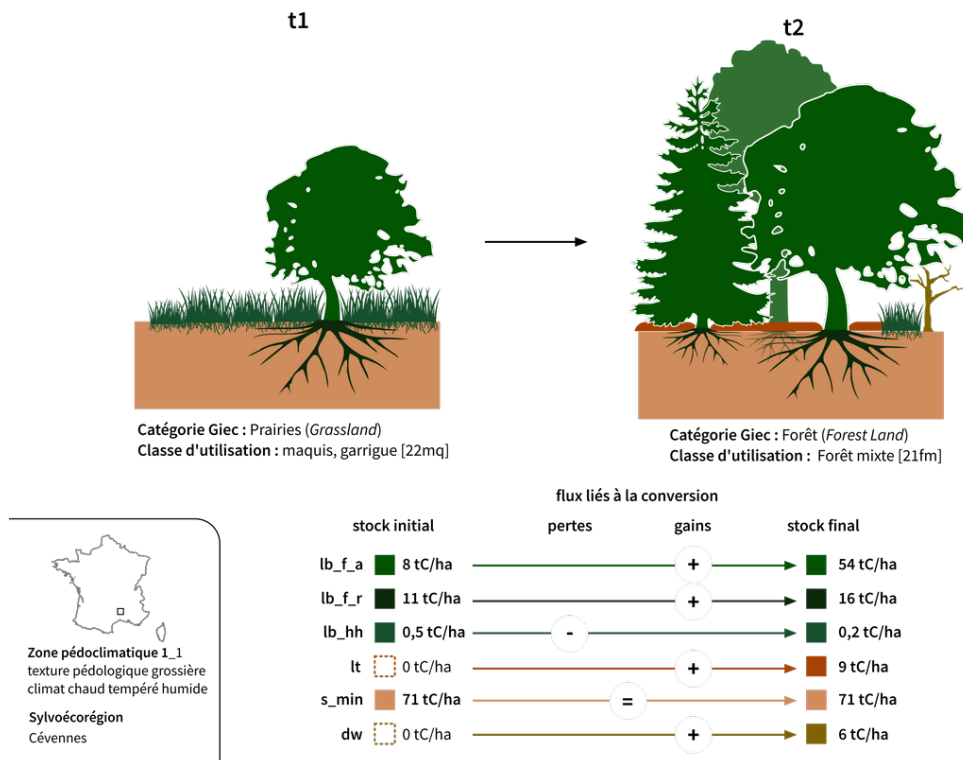


Figure 17 : Exemple de conversion d'un maquis en forêt et flux de carbone estimés par le modèle de variation de stock à la maille pour l'ensemble des compartiments

Cette méthode permet pour une maille qui changerait d'usage plusieurs fois de ne pas forcément atteindre le premier stock cible. Par exemple, une culture convertie en forêt puis artificialisée au bout de 5 ans ne perdra pas la totalité d'un stock forestier, mais bien seulement le stock qui aura été constitué pendant ces 5 ans.

La variation de stock liée aux pratiques de gestion agricoles, et leur impact sur le carbone du sol en prairies et cultures est également travaillée dans le même modèle. Le stock de référence varie donc non seulement avec les types d'usages mais aussi avec les pratiques de gestion. Les flux déduits sont la résultante de ces deux composantes.

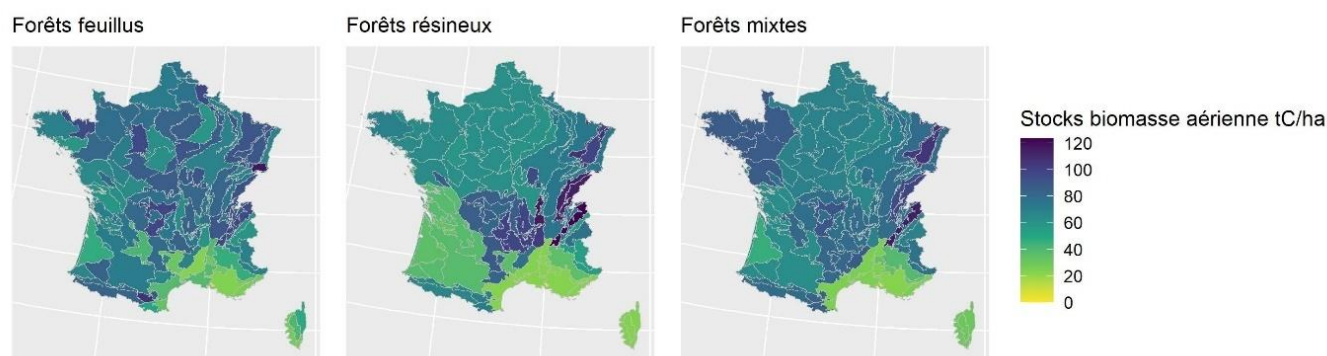
2. Stocks de carbone de référence par compartiment et types d'usage

Le modèle fonctionne sur la base d'une attribution de stocks de référence, par type d'usage (et par année pour les sols agricoles pour refléter les pratiques culturales). Ces stocks permettront de calibrer les flux à déduire lors de conversions d'usage. Cette section décrit les compartiments carbone par compartiments carbone la source de données.

2.1 Biomasse vivante

Biomasse vivante « type forêt »

Dans l'inventaire français, la majorité des informations relatives à la biomasse vivante aérienne de type forêt, en zone forestière, provient de l'inventaire forestier national réalisé par l'IGN. Les stocks de biomasse vivante aérienne par sylvoécorégions en forêt fournis par l'IGN pour la campagne 2016-2020 sont utilisés [594], par type de peuplement (résineux, feuillus, mixte). Lorsque le stock moyen par hectare n'est pas significatif, le stock de la grande région écologique (GRECO) est retenu.



Lorsque le stock par sylvoécorégion n'est pas significatif, le stock est égal au stock de la GRECO.

Figure 18 : Stocks de carbone (tC/ha) en biomasse vivante aérienne de type forêt pour les principaux types de peuplements par sylvoécorégion (Source : Citepa à partir des données IGN campagne 2016-2020 [594])

Aucune donnée spécifique à la biomasse racinaire de type forêt n'est utilisée. La fraction souterraine de la biomasse vivante est estimée indirectement à partir de la fraction aérienne, à l'aide de facteurs d'expansion racinaire provenant de l'étude Carbofor [204] pour la France hexagonale (voir détails dans la partie Ominea UTCATF 4A_Forestland).

Des stocks de biomasse de type forêt peuvent également être non nuls dans des terres non forestières. Ce sont les catégories d'utilisation des terres 12cp, 200, 210, 220, 22bq, 320, 32va (le détail des catégories de nomenclature est présenté à la section 1.1). Par défaut il est considéré que les stocks pour ces terres sont égaux aux stocks des forêts mixtes de la même sylvoécorégion. Les stocks des maquis sont issus de l'étude Medinet [993], soit 7,8 tC/ha. Pour la catégorie landes, intermédiaire par définition entre une prairie et une zone arbustive, les stocks sont fixés à la moitié du stock de maquis.

L'ensemble des stocks à l'hectare aériens et racinaire pour la France hexagonale sont résumés dans le tableau suivant.

Tableau 18 : Stocks de carbone relatifs au compartiment biomasse vivante type forêt (France hexagonale)

Catégorie d'usage	Stock aérien (tC/ha)	Stock racinaire (tC/ha)	Source de données
21fc	62 [21 ; 126]	14 [5 ; 29]	IGN campagne 2016-2020 [594] et hypothèses de flux
21ff	71 [20 ; 127]	12 [3 ; 21]	
21fm	70 [21 ; 120]	13 [4 ; 23]	
21fp	80	16	
22mq	8	11	Medinet (schrublands) [993]
22la	4	6	50% du stock des maquis Medinet (schrublands) [993]
12cp, 200, 210, 220, 22bq, 320, 32va	Estimation : égal aux données de forêt mixte		
Autres catégories	0	0	Par défaut

Pour les catégories forestières, les valeurs moyennes sont indiquées, puis entre crochets la valeur minimale et la valeur maximale. Pour rappel, elles diffèrent par sylvo-écorégion.

Biomasse vivante « type cultures pérennes »



Pour les cultures pérennes et ligneuses (vergers, vignes), l'étude Medinet [993] est de nouveau utilisée pour déterminer les stocks aériens et racinaires, ainsi que l'accroissement (gains) pour ces catégories d'usage des terres.

Tableau 19 : Stocks de carbone relatifs au compartiment biomasse vivante type cultures pérennes (France hexagonale)

Catégorie d'usage	Stock aérien (tC/ha)	Stock racinaire (tC/ha)	Source de données
120	7	5,1	Estimation : stocks moyens vignes vergers
12af	8,5	5,8	Medinet [993], table 27 & 30
12cp	0	0	Catégorie comprenant: taillis à courte rotation, forêts exploitées pour porcs etc. : la biomasse est qualifiée de type forêt (voir table biomasse associée) .
12cq	8,5	5,8	Estimation : égal au stock des arbres fruitiers
12ol	9,1	2,6	Medinet, table 27.
12vi	5,5	4,4	Medinet, table 27.
Autres catégories	0	0	Par défaut

Biomasse vivante herbacée type cultures annuelle et type herbe (France hexagonale)

La biomasse herbacée est prise en compte, en différenciant la biomasse en cultures annuelles (blé, maïs...), des autres types de biomasse herbacées (appelés type « autres » ou type « herbe »). Ce sont les herbacées en prairies, zones artificielles, forêt, et toutes les autres catégories. Les gains et les pertes sont calibrés pour avoir lieu de façon annuelle, si on a une conversion entre culture et prairie, toute la biomasse type culture est perdue, et toute la biomasse type prairie est gagnée en 1 an.

Les stocks sont estimés à partir des données de production agricoles du SSP [410] utilisées pour les calculs du secteur Agriculture. Les données utilisées sont des stocks moyens de l'année de production (la moitié du stock récolté). Pour les catégories intermédiaires et les autres catégories, des estimations relatives au taux de couvert de la strate herbacée ont été réalisées. Pour les forêts par exemple, on considère 10% de couvert du stock en prairies. L'ensemble des stocks et flux associés aux différentes catégories sont résumés dans le tableau ci-dessous.

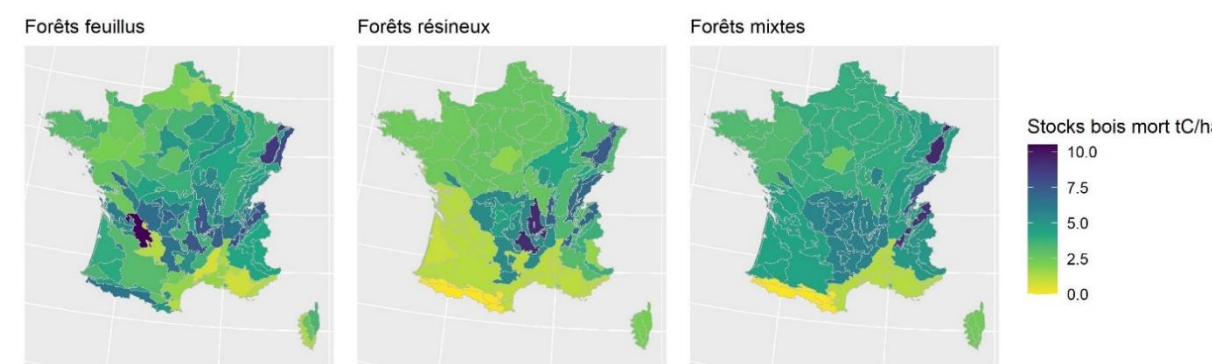
Tableau 20 : Stocks et flux de carbone relatifs au compartiment biomasse vivante herbacée (type cultures annuelles et type herbe)

Catégorie d'usage	Stock biomasse vivante type cultures annuelles (tC/ha)	Stock biomasse vivante type herbe (tC/ha)	Source de données
Cultures annuelles (codes 11xx)	3,6	0,0	SSP [410] ou estimation liée au couvert supposé de la strate herbacée pour la catégorie
Cultures permanentes (codes 12xx)	0,0	0,0	
Prairies non permanentes et jachères (codes 13xx)	3,6	0,0	
14pp	0,0	6,3	
Forêts (codes 21xx)	0,0	0,2	
220	0,0	1,0	
22bq	0,0	0,2	
22la	0,0	1,0	
22mq	0,0	0,5	
22pe	0,0	1,6	
Usages artificiels imperméabilisés (310, 31ba)	0,0	0,0	
31bn	0,0	2,1	
320	0,0	4,2	
32va	0,0	6,3	

32vh	0,0	0,2	
Zones en eau (400, 410, 41ea, 41in, 41ms) sans végétation herbacée	0,0	0,0	
41tb	0,0	6,3	
41zh	0,0	6,3	
Autres terres (codes 42xx)	0,0	0,0	

2.2 Bois mort

Les stocks de bois mort, utilisés pour estimer la création ou la disparition d’un stock de bois mort lors d’un boisement ou d’un déboisement sont les stocks fournis par la campagne IGN 2016-2020 [594] par sylvoécorégion. Lorsque le stock de la sylvoécorégion n’est pas significatif, le stock de la GRECO (grande région écologique) est utilisé.



Lorsque le stock par sylvoécorégion n’est pas significatif, le stock est égal au stock de la GRECO.

Figure 2.19: Stocks de bois mort (tC/ha) pour les principaux types de peuplements par sylvoécorégion en France hexagonale (Source : Citepa à partir des données IGN campagne 2016-2020 [594])

L’ensemble des stocks à l’hectare de chaque catégorie d’usage sont résumés dans le tableau suivant. Ils permettent d’alimenter le modèle de calcul de variation de stock à la maille.

Tableau 21 : Stocks de carbone relatifs au compartiment bois mort

Catégorie d'usage	Stock (tC/ha)	Source de données
21fc	3 [0 ; 9]	IGN campagne 2016-2020 [594]
21ff	4 [1 ; 11]	
21fm	4 [0 ; 9]	
21fp	3 [3 ; 3]	
12cp, 200, 210, 220, 22bq, 320, 32va	Estimation : égal aux données de forêt mixte	
Autres catégories	0	Par défaut

Pour les catégories forestières, les valeurs moyennes sont indiquées, puis entre crochets la valeur minimale et la valeur maximale. Pour rappel, elles diffèrent par sylvo-écoringion.

2.3 Litière

Les stocks ont été estimés à partir des valeurs Renecofofor [1275]. Des valeurs de stock par hectare pour différents types d’essences sont proposés (une valeur unique pour les feuillus de 5,7 tC/ha, puis des valeurs de 6,1 à 25,4 tC/ha pour diverses essences de résineux).



Tableau 22: Stocks de carbone dans les couches hologaniques (réseau de mesure Renecofor)

Essences	Couches holorganiques (tC/ha)
chênes	5,7
hêtre	5,7
épicéa commun	16,1
sapin pectiné	7,3
douglas	10,7
pins	25,4
mélèze d'Europe	6,1

A partir des surfaces de chaque type d'essence par grande région écologique (GRECO) de l'IGN, et de ces valeurs de stocks par essences, un stock typique par GRECO est proposé pour les catégories d'usage forêt feuillu (21ff), forêt mixte (21fm) et forêt de résineux (21fc) (cf. carte ci-dessous).

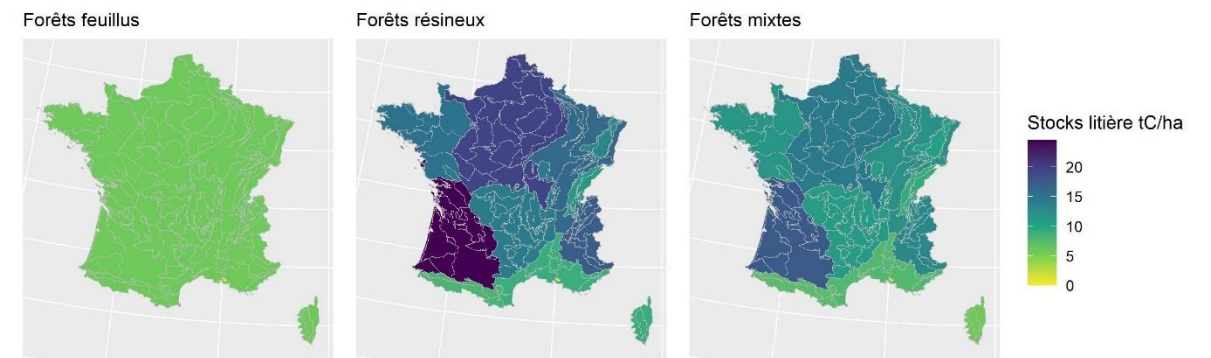


Figure 2.20 : Stocks litière (tC/ha) pour les principaux types de peuplements par sylvoécocorégion (Source : stocks par essence Renecofor [1275] et surfaces par type d'essence IGN campagne 2018-2022 [594])

Dans les cas où il y a une absence de données statistiquement significatives pour les surfaces par type d'essence, une donnée de stock moyen est utilisée. Elle est issue de l'étude Dupouey et al. (1999) [206], « le stock total des sols forestiers est de (...) 79 tC/ha. [...]. La litière comprend 11 % de ce stock [...] », soit une valeur de 9 tC/ha.

79 tC/ha * 11% = 8,7 tC/ha ≈ 9 tC/ha.

Les stocks à l'hectare de chaque catégorie d'usage pour la France hexagonale sont résumés dans le tableau suivant. Ils permettent d'alimenter le modèle de calcul de variation de stock à la maille. Les pertes sont calibrées pour perdre l'intégralité de la litière en 1 an lors d'une conversion (défrichement). Pour les peuplements forestiers ou les catégories assimilées à la catégorie forêt mixtes, les gains sont fixés pour atteindre le stock de référence en 20 ans.

Tableau 23 : Stocks de carbone relatifs au compartiment litière

Catégorie d'usage	Stock (tC/ha)	Source de données
Forêts feuillus (21ff)	5,7	Renecofor [1275]
Peupleraies (21fp)	5,7	Par défaut
Forêt résineux (21fc)	14,3 [8,1 ; 24,5]	Renecofor modulé par surfaces de peuplement par GRECO [1275]
Forêts mixtes et catégories assimilées (21fm, 12cp, 200, 210, 220, 22bq, 320, 32ba)	11 [5,7 ; 17,6]	Renecofor modulé par surfaces de peuplement par GRECO [1275]
Autres catégories	0	Par défaut

Pour les catégories forestières, les valeurs moyennes sont indiquées, puis entre crochets la valeur minimale et la valeur maximale. Pour rappel, elles diffèrent par GRECO (grande région écologique).

2.4 Sols minéraux

Ce réservoir est constitué du carbone organique dans l'horizon 0-30 cm des sols. Le Giec [672] subdivise les sols en deux grands types : minéraux et organiques. Les sols minéraux constituent la très grande majorité des sols de France. Les sols organiques sont assimilés aux sols en zone humide. Par ailleurs, les sols organiques (histosols) cultivés sont estimés en complément afin de calculer les émissions liées à leur drainage.

Les stocks de référence pour les sols minéraux sont l'exception du modèle de variation de stock à la maille car ils ne sont pas considérés constants dans le temps en cultures et en prairies. L'objectif est de refléter également les évolutions de pratiques de gestion, et obtenir donc au sein du même modèle à la maille, les flux liés aux changements d'usages et les flux liés aux changements de gestion. Les sections suivantes décrivent le mode d'obtention des séries temporelles de stocks de référence par sous catégories de cultures et de prairies, et les stocks par type d'usage (constant dans le temps) pour les autres catégories d'usage.

Méthode d'ajustement du stock de référence en fonction des pratiques de gestion

Equation générale

Comme indiqué au début de cette section sols, le stock de référence de la maille est modulé non seulement par l'usage des terres, mais également par les pratiques culturales associées. Ce stock change donc annuellement, et la routine de calcul va créer des flux à la fois pour les terres restant dans la même catégorie d'utilisation (en prairies ou en cultures), et pour des terres changeant d'usage. La correction du stock de référence par des facteurs d'ajustement s'approche de la méthode générique du Giec [672], dont l'équation générale est présentée ci-dessous. En revanche, le mode de calcul s'effectue à la maille, et ne s'applique plus aux surfaces de conversion des classiques matrices 20 ans.

Équation 2 (UTCATF) inspirée de l'équation 2.25 du Giec 2006 [672])

$\Delta C_{\text{Minéraux}} = \text{COS}_n - \text{COS}_{(n-1)}$ $\text{COS} = \text{COS}_{\text{REF}} \times F_{\text{UT}} \times F_{\text{RG}} \times F_{\text{A}}$

Avec :

$\Delta C_{\text{Minéraux}}$ = Variation annuelle du stock de carbone du compartiment sol pour une maille, tC/an

COS = Stock de carbone du sol l'année d'inventaire, tC

COS_{REF} = Stock de carbone de référence, tC/ha

F_{UT} = Facteur de variation de stock lié à l'utilisation des terres

F_{RG} = Facteur de variation de stock lié au régime de gestion (travail du sol principalement)

F_{A} = Facteur de variation de stock lié aux apports (organiques principalement)

Stocks de carbone de référence (COS_{REF})

Stocks de référence du Réseau de mesure de la qualité des sols (RMQS)

La France bénéficie d'un réseau de mesures nommé Réseau de Mesures de la Qualité des Sols (RMQS), construit à l'initiative du groupement d'intérêt scientifique Sol (GIS Sol), qui regroupe les ministères en charge de l'agriculture et de l'environnement, l'ADEME, le SDES et l'INRA. Le réseau RMQS repose sur le suivi de 2200 sites répartis uniformément sur le territoire français, selon une maille carrée de 16 km de côté. Des prélèvements d'échantillons de sols, des mesures et des observations sont effectués tous les dix à quinze ans au centre de chaque maille. L'ensemble des opérations réalisées sur un site est détaillé dans le Manuel RMQS. La première campagne de prélèvement en France hexagonale s'est déroulée de 2000 à 2009.

Dans le cadre de l'inventaire, les données de stock de carbone des sites RMQS, fournies par l'unité Infosol de l'INRA, ont pu être exploitées à différents niveaux [424] afin de proposer des stocks de référence par zones et types d'usage. Les zonages en question sont des zones pédoclimatiques, basées sur les deux cartographies présentées dans les deux sections suivantes.

Carte des types de sol (BDGSF)

La Base de Données Géographique des Sols de France (BDGSF [719]) au 1/1 000 000, fournie par l'Inra (Unité InfoSol d'Orléans) provient de la Base de Données Géographique des Sols d'Europe au 1/1 000 000, réalisée en plusieurs étapes (correction, numérisation, harmonisation, structuration) entre 1974 et 1998 (en partie par l'Inra, à partir de la typologie internationale des sols proposée par la FAO). Cette terminologie a été adaptée pour prendre en compte des spécificités européennes. Chaque type de sol identifié a été groupé au sein d'unités paysagère, dont la délimitation a fait appel à des jugements d'experts plutôt qu'à des mesures. Parmi les champs descriptifs des sols, on trouve la texture dominante. Cette information est utilisée dans l'inventaire comme critère de définition d'un zonage pédologique (voir § 1.2.5.3.3).

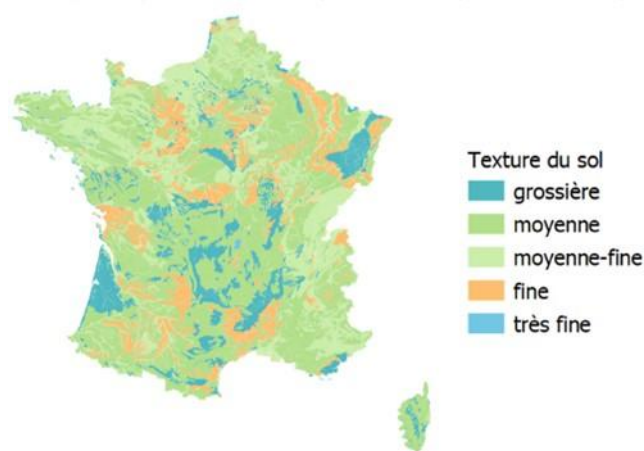


Figure 2.21 : Cartographie des zones pédologiques (basée sur la texture des sols) complétée en France hexagonale [719]

Carte des zones climatiques (JRC)

Le JRC a réalisé une cartographie des zones climatiques [722] en Europe pour l'ensemble des Etats-membres de l'Union européenne, pour les aider à améliorer leur méthodologie des inventaires, selon la classification Giec (2006), en prenant en compte divers paramètres : température, précipitation, potentiel d'évapotranspiration, relief. La carte pour la France réalisée dans ce cadre a été simplifiée par le Citepa avec un critère surfacique de manière à supprimer les pixels ou groupes de pixels isolés. Ainsi, les zones « frais tempéré sec » et « polaire humide » (quelques pixels en haute montagne) ont été intégrées à des ensembles plus larges.

L'utilisation d'une carte des climats plus récente (Giec 2019) a été étudiée. Cependant, l'analyse des stocks de référence issu du RMQS (2000-2009) par zone pédoclimatique se basant sur la carte du Giec 2006, il n'a pas été jugé pertinent de mettre à jour ces zones pour l'instant.

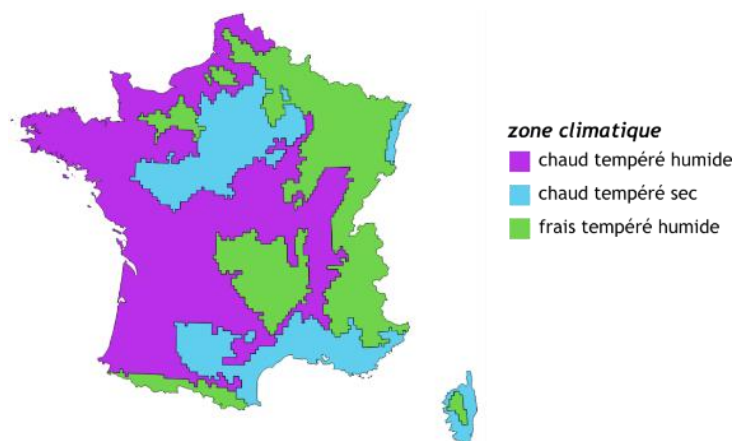


Figure 2.22 : Cartographie des zones climatiques [722]

Déduction du COS_{REF}

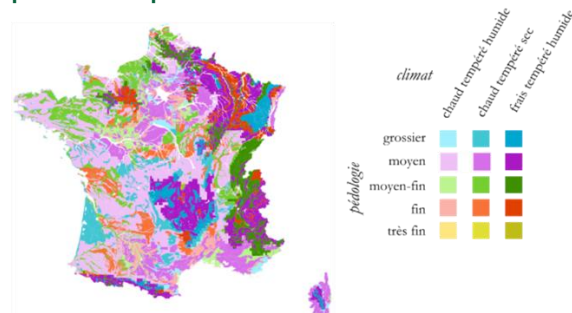
Les stocks de carbone du sol de référence (COS_{REF}) correspondent aux stocks de carbone natifs, sous végétation indigène. Afin de conserver les facteurs de variation de stock liés à l'utilisation des terres égaux à 1 (Giec 2019) pour les usages forêts et prairies, le stock de référence est déterminé à partir des stocks RMQS en prairie et en forêt pour chaque zone pédoclimatique. Les COS_{REF} utilisés correspondent donc à la moyenne des stocks médians observés sous forêt et sous prairies, pondérés par le nombre de relevés RMQS dans chacune des catégories [424] pour la France hexagonale. Pour l'Outre-Mer, des valeurs données par l'ONF sont utilisées [328, 386].

Méthode de construction des zones pédoclimatiques par le Citepa

Ces zones pédoclimatiques ont été définies selon les principes du Giec [672], en croisant :

- la cartographie des types de sols [719] distinguant 5 niveaux de texture (1 = grossière ; 2 = moyenne ; 3 = moyenne fine ; 4 = fine ; 5 = très fine) (§1.2.5.2.2)
- la cartographie des zones climatiques [722] distinguant 3 types de climats (1 = chaud tempéré humide ; 2 = chaud tempéré sec ; 3 = frais tempéré humide) (§1.2.5.2.3)

En croisant ces trois cartes, une cartographie avec 15 zones pédoclimatiques, redécoupées par région administrative, a donc été construite :

Figure 2.23 : Cartographie des zones pédoclimatiques**Tableau 24 : Stocks de carbone de référence pour les sols par région ou zone pédoclimatique**

Périmètre	Région ou zone pédoclimatique	tC/ha	Pédologie (texture)	Climat	Source
France métropolitaine (22 régions)	1_1	70,5	grossière	chaud tempéré humide	Réseau de mesures de la qualité des sols (RMQS) [424]
	1_2	47,6	grossière	chaud tempéré sec	
	1_3	86,5	grossière	frais tempéré humide	
	2_1	65,2	moyenne	chaud tempéré humide	
	2_2	72,5	moyenne	chaud tempéré sec	
	2_3	84,8	moyenne	frais tempéré humide	
	3_1	71,5	moyenne-fine	chaud tempéré humide	
	3_2	58,8	moyenne-fine	chaud tempéré sec	
	3_3	94,8	moyenne-fine	frais tempéré humide	
	4_1	83,5	fine	chaud tempéré humide	
	4_2	64,0	fine	chaud tempéré sec	
	4_3	84,5	fine	frais tempéré humide	

Pour les zones humides, le RMQS donne la valeur de 125 tC/ha mais sans détail par zones pédoclimatique à cause du faible nombre de relevés. Cette valeur sera utilisée pour toutes les zones humides, sans



appliquer de facteur de variation F_{UT} . Pour les zones artificialisées et les « autres terres », le RMQS ne dispose pas de mesures représentatives. Pour les sols urbains (sols nus et revêtus, enherbés, arborés), des valeurs spécifiques de stock de carbone issues de la littérature scientifique sont utilisées [721]. Aucun stock spécifique n'est pris en compte pour les « autres terres » (roches, sable, etc.).

Facteur de variation de stock lié à l'utilisation des terres (FUT)

Le paramètre F_{UT} est issu du raffinement 2019 du Giec [1229], et varie selon la zone climatique dans laquelle se trouve la maille. Les forêts et les prairies ont un facteur égal à 1. Les types d'usages corrigés sont les cultures annuelles, les cultures pérennes et les jachères. Pour rappel, les stocks de zones humides, zones artificielles et autres terres sont donnés directement (voir partie précédente), et n'applique pas d'ajustement par les facteurs F_{UT} , F_{RG} et F_A .

Tableau 25 : Facteurs d'ajustement liés à l'utilisation des terres par type d'usage et zone climatique (Giec 2019)

Type de facteur	Descriptif	Zone climatique	Facteur	Erreur
F_{UT}	cultures annuelles	chaud tempéré humide	0,69	16%
		chaud tempéré sec	0,76	12%
		frais tempéré humide	0,7	12%
	cultures pérennes	chaud tempéré humide	0,72	22%
		chaud tempéré sec	0,72	22%
		frais tempéré humide	0,72	22%
	jachères	chaud tempéré humide	0,82	17%
		chaud tempéré sec	0,93	11%
		frais tempéré humide	0,82	17%
	prairie	chaud tempéré humide	1	
		chaud tempéré sec	1	
		frais tempéré humide	1	

Facteurs de variation liés à la gestion (FRG) et aux apports (FA)

Les données de pratiques culturales qui déterminent le régime et gestion et les apports sont détaillés dans les parties relatives aux cultures et aux prairies.

Les paramètres F_{RG} et F_A sont issus du raffinement 2019 du Giec [1229], et varient selon la zone climatique dans laquelle se trouve la maille.

Tableau 26: Facteurs d'ajustement liés au régime de gestion et aux apports par zone climatique (Giec 2019)

Type de facteur	Descriptif	Zone climatique	Facteur	Erreur
F_{RG}	Labour (avec retournement du sol)	chaud tempéré humide	1	
		chaud tempéré sec	1	
		frais tempéré humide	1	
	TCS (travail profond sans retournement, travail superficiel)	chaud tempéré humide	1,05	4%
		chaud tempéré sec	0,99	3%
		frais tempéré humide	1,04	4%
	Semis direct	chaud tempéré humide	1,1	4%
		chaud tempéré sec	1,04	3%
		frais tempéré humide	1,09	4%
	Prairies non dégradées	chaud tempéré humide	1	
		chaud tempéré sec	1	
		frais tempéré humide	1	
	Prairies surpâturées	chaud tempéré humide	0,9	8%

	Prairies sévèrement dégradées	chaud tempéré sec	0,9	8%
		frais tempéré humide	0,9	8%
		chaud tempéré humide	0,7	40%
		chaud tempéré sec	0,7	40%
		frais tempéré humide	0,7	40%
	Prairies améliorées	chaud tempéré humide	1,14	11%
		chaud tempéré sec	1,14	11%
		frais tempéré humide	1,14	11%
F _A	Faibles	chaud tempéré humide	0,92	14%
		chaud tempéré sec	0,95	13%
		frais tempéré humide	0,92	14%
	Moyens	chaud tempéré humide	1	
		chaud tempéré sec	1	
		frais tempéré humide	1	
	Elevés sans fumier	chaud tempéré humide	1,11	10%
		chaud tempéré sec	1,04	13%
		frais tempéré humide	1,11	10%
	Elevés avec fumier	chaud tempéré humide	1,44	13%
		chaud tempéré sec	1,37	12%
		frais tempéré humide	1,44	13%
	Prairies améliorées avec apports moyens	chaud tempéré humide	1	
		chaud tempéré sec	1	
		frais tempéré humide	1	
	Prairies améliorées avec apports élevés	chaud tempéré humide	1,11	7%
		chaud tempéré sec	1,11	7%
		frais tempéré humide	1,11	7%

Focus sur le carbone du sol en cultures

Traduction en un facteur par année et par catégorie d'usage

Le stock de référence pour la calibration du modèle se base ensuite sur l'équation suivante :

Équation 3 (UTCATF) inspirée de l'équation 2.25 du GIEC 2006 [672]

$$\text{COS}_{X,n} = \text{COS}_{\text{REF}} * F_{\text{UT},X} * \sum_{i=1}^n \% \text{RG}_{i,X,n} * F_{\text{RG}_i} * \sum_{i=1}^n \% \text{A}_{i,X,n} * F_{\text{A}_i}$$

Avec :

COSX	Stock de carbone du sol pour une catégorie d'usage X, pour l'année n, tC
COSREF	Stock de carbone de référence spécifique à la zone pédoclimatique, tC/ha
FUTX	Facteur de variation de stock lié à l'utilisation des terres spécifique à la catégorie X et à la zone climatique
FRGi	Facteur de variation de stock lié au régime de gestion i (travail du sol principalement) lié à la zone climatique
FA	Facteur de variation de stock lié aux apports (organiques principalement) lié à la zone climatique
%RG _{i,X,n}	Part du régime de gestion i issu des pratiques culturales pour la catégorie d'usage X, l'année n
%A _{i,X,n}	Part du régime d'apport i issu des pratiques culturales pour la catégorie d'usage X, l'année n

Les stocks de référence dans les sols minéraux varient selon l'année car ils sont issus d'une modulation d'un stock de référence (COS_{REF}) par l'occupation du sol et les pratiques culturales. Les variations de stock liées aux changements de pratiques agricoles (travail du sol, type et quantité d'apport) sont estimées conformément aux lignes directrices 2006 et au raffinement 2019 du Giec [672, 1229]. Les facteurs issus du raffinement 2019 [1229] sont appliqués sur la base des données issues des enquêtes Pratiques culturales disponibles pour les années 1994, 2001, 2006, 2011 et 2017 [485]. Pour chaque classe d'occupation du sol (ex. 11bh blé tendre d'hiver), des données de pratiques sont disponibles et permettent d'affiner le stock cible du modèle de variation de stock par maille chaque année. Elles ne sont pas disponibles par région pour l'ensemble de la série temporelle, les tendances nationales sont donc



utilisées. Une série temporelle du stock de référence pour le compartiment sols minéraux [s_min] est estimée pour chaque sous-catégorie d'usage.

Catégorisation selon le facteur lié au travail du sol (F_{RG})

Le paramètre F_{RG} est issu du raffinement 2019 du Giec [1229], et varie selon la zone climatique dans laquelle se trouve la maille. Ses valeurs sont référencées en début de section.

Le travail du sol est un des paramètres les plus importants pour l'estimation des flux de carbone des sols en France. En effet le travail du sol influe fortement les stocks de carbone du sol selon le GIEC et les pratiques associées ont significativement évolué durant la période couverte par l'inventaire avec une forte diminution du labour au profit des techniques culturales simplifiées.

En termes de travail du sol, trois modalités ont été identifiées en lien avec les facteurs correcteurs proposés par le GIEC : le labour, les techniques culturales simplifiées (TCS) et le semis direct (Semis d.). La part de chaque régime de gestion pour les différentes catégories de cultures est estimée à partir des enquêtes Pratiques culturales du Ministère de l'Agriculture disponibles pour les années 1994, 2001, 2006, 2011 et 2017 [485]. Ces données concernent les cultures principales en France.

Tableau 27 : Part du régime de gestion (% $RG_{i,x}$) issu des pratiques culturales pour les différents types de cultures [485]

		Blé tendre	Blé dur	Orge d'hiver	Orge de printemps	Autres céréales	Mais grain	Mais fourrage	Colza	Tournesol	Autres oléagineux	Pois	Autres protéagineux	Betterave	Pomme de terre	Autres cultures
1994	Labour	88 %	63 %	95 %	95 %	88 %	98 %	98 %	82 %	94 %	82 %	98 %	98 %	85 %	89 %	88 %
	TCS	12 %	37 %	5 %	5 %	12 %	2 %	2 %	18 %	6 %	18 %	2 %	2 %	15 %	11 %	12 %
	Semis d.	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
2001	Labour	74 %	51 %	85 %	83 %	74 %	87 %	92 %	78 %	92 %	78 %	91 %	91 %	85 %	89 %	74 %
	TCS	26 %	49 %	15 %	17 %	26 %	13 %	8 %	22 %	8 %	22 %	9 %	9 %	15 %	11 %	26 %
	Semis d.	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
2006	Labour	56 %	42 %	72 %	72 %	56 %	84 %	84 %	53 %	75 %	53 %	87 %	87 %	85 %	92 %	56 %
	TCS	44 %	55 %	28 %	28 %	44 %	16 %	16 %	47 %	24 %	47 %	13 %	13 %	15 %	8 %	44 %
	Semis d.	1 %	3 %	0 %	0 %	1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	1 %
2011	Labour	56 %	42 %	69 %	69 %	56 %	82 %	85 %	49 %	72 %	49 %	70 %	70 %	86 %	86 %	56 %
	TCS	40 %	54 %	30 %	30 %	40 %	18 %	15 %	51 %	27 %	51 %	28 %	28 %	14 %	14 %	40 %
	Semis d.	4 %	4 %	1 %	1 %	4 %	0 %	0 %	0 %	1 %	0 %	2 %	2 %	0 %	0 %	4 %
2017	Labour	41 %	35 %	56 %	56 %	41 %	71 %	77 %	33 %	62 %	33 %	62 %	62 %	80 %	78 %	41 %
	TCS	55 %	61 %	42 %	42 %	55 %	28 %	22 %	64 %	38 %	64 %	34 %	34 %	20 %	22 %	55 %
	Semis d.	4 %	4 %	2 %	2 %	4 %	1 %	1 %	3 %	0 %	3 %	3 %	3 %	0 %	0 %	4 %

Entre les années d'enquêtes les données sont extrapolées linéairement. Avant 1994 elles sont supposées équivalentes à l'année 1994 et après 2017 elles sont supposées équivalentes à 2017.

Catégorisation selon le facteur lié aux apports (F_A)

Les apports (intrants) sont un paramètre clé dans l'estimation des variations du carbone du sol. Il s'agit en premier lieu des apports organiques mais les engrais minéraux peuvent également être intégrés car la

fertilisation permet d'augmenter la production de biomasse et donc potentiellement les retours de carbone au sol.

Le paramètre F_A est issu du raffinement 2019 du Giec [1229], et varie selon la zone climatique dans laquelle se trouve la maille. Ses valeurs sont référencées en section *UTCATF générale*.

Le GIEC propose de caractériser le niveau d'apport selon quatre modalités qualitatives : apports faibles, apports moyens, apports élevés sans fumier, apports élevés avec fumier. Pour caractériser les surfaces de culture selon ce gradient, trois paramètres ont pu être exploités au niveau français : le taux de retour des résidus de culture au sol, l'apport de fumure organique et la présence d'une culture intermédiaire durant l'interculture.

Le taux de retour des résidus au sol a pu être pris en compte grâce aux enquêtes 2001, 2006 et 2011. Le devenir des résidus de la culture précédente étant connu (résidus récoltés, brûlés, laissé sur place), des valeurs pour les années 2000, 2005 et 2010 ont pu être estimées.

De même de informations qualitatives sur les surfaces ayant reçu des amendements organiques ou ayant mis en place des cultures intermédiaires ont pu être intégrées dans la catégorisation des terres selon la classification GIEC. Les terres ont été classées selon le protocole d'allocation suivant :

Tableau 28 : Protocole d'allocation entre les catégories GIEC

Résidus laissés au champ ?	Culture intermédiaire ?	Fumure organique ?	Apports			
			A. faibles	A. moyens	A. élevés	A. élevés + Fumier
OUI	OUI	OUI				X
		NON			X	
	NON	OUI		X		
		NON		X		
NON	OUI	OUI		X		
		NON	X			
	NON	OUI	X			
		NON	X			
		OUI	X			
		NON	X			

Grâce à ce protocole d'allocation, les terres ont pu être réparties selon les catégories GIEC de la manière suivante :

Tableau 29 : Part du régime d'apport (% $A_{i,x}$) issu des pratiques culturales pour les différents types de cultures [485]

		Blé tendre	Blé dur	Orge d'hiver	Orge de printemps	Autres céréales	Mais grain	Mais fourrage	Colza	Tournesol	Autres oléagineux	Pois	Autres protéagineux	Betterave	Pomme de terre	Autres cultures
2000	A. faibles	56 %	35 %	76 %	50 %	56 %	1 %	5 %	3 %	1 %	3 %	15 %	15 %	2 %	6 %	56 %
	A. moyens	44 %	64 %	24 %	48 %	44 %	81 %	82 %	97 %	96 %	97 %	67 %	67 %	50 %	61 %	44 %
	A. élevés	0 %	1 %	0 %	2 %	0 %	12 %	2 %	0 %	3 %	0 %	18 %	18 %	24 %	17 %	0 %
	A. élevés+	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	5 %	11 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	24 %	15 %	0 %
2005	A. faibles	38 %	23 %	43 %	39 %	38 %	0 %	5 %	3 %	2 %	3 %	9 %	9 %	2 %	9 %	38 %
	A. moyens	62 %	76 %	57 %	59 %	62 %	82 %	82 %	97 %	95 %	97 %	72 %	72 %	50 %	60 %	62 %



	A. élevés	0%	1%	0%	2%	0%	12%	2%	0%	3%	0%	19%	19%	24%	16%	0%
	A. élevés+	0%	0%	0%	0%	0%	6%	11%	0%	0%	0%	1%	1%	24%	14%	0%
2010	A. faibles	50%	34%	50%	50%	50%	0%	5%	3%	2%	3%	8%	8%	2%	11%	50%
	A. moyens	50%	66%	46%	46%	50%	80%	74%	97%	82%	97%	58%	58%	25%	37%	50%
	A. élevés	0%	0%	4%	4%	0%	13%	4%	0%	14%	0%	31%	31%	32%	33%	0%
	A. élevés+	0%	0%	1%	1%	0%	7%	17%	0%	3%	0%	3%	3%	41%	18%	0%
2017	A. faibles	50%	52%	46%	46%	50%	2%	4%	6%	2%	6%	7%	7%	3%	0%	50%
	A. moyens	49%	48%	47%	47%	49%	54%	46%	94%	47%	94%	51%	51%	11%	17%	49%
	A. élevés	1%	0%	6%	6%	1%	30%	8%	0%	46%	0%	39%	39%	39%	54%	1%
	A. élevés+	0%	0%	1%	1%	0%	15%	42%	0%	5%	0%	3%	3%	47%	29%	0%

Entre les années d'enquêtes les données sont extrapolées linéairement. Avant 2000 elles sont supposées équivalentes à l'année 2000 et après 2017 elles sont supposées équivalentes à 2017.

On estime donc pour chaque type de culture une série temporelle de stock de carbone dans le sol à partir du stock de référence, du facteur utilisation des terres FUT et de l'évolution de la part des régimes de gestion et d'apports associées aux facteurs de FRG et FA. La figure ci-dessous présente un exemple pour les cultures de blé tendre.

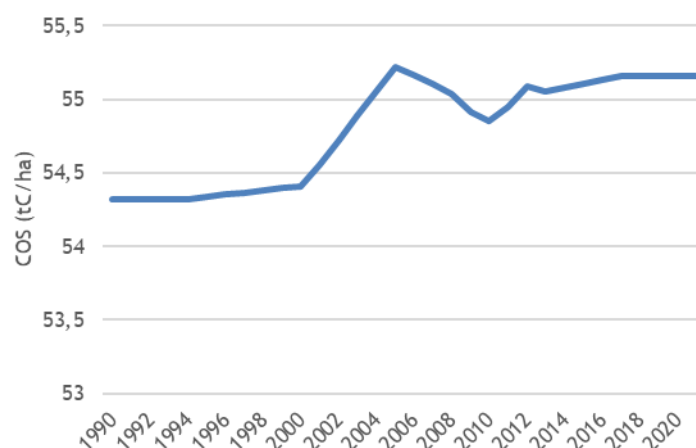


Figure 24 : Exemple d'évolution du stock de référence liés aux pratiques culturales pour les cultures de blé tendre

Focus sur le carbone du sol en prairies

Traduction en un facteur par année et par catégorie d'usage

Pour la sous-catégorie « Prairies permanentes » (sur le même principe que pour la catégorie Terres cultivées), les stocks de référence dans les sols minéraux varient selon l'année car ils sont issus d'une modulation d'un stock de référence (COS_{REF}) par l'occupation du sol et les pratiques culturales. Les variations de stock liées aux changements de pratiques agricoles (niveau de dégradation de la prairie, niveau d'apports) sont estimées conformément aux lignes directrices 2006 et au raffinement 2019 Giec [672, 1229]. Les facteurs issus du raffinement 2019 [1229] sont appliqués sur la base des données issues des enquêtes Pratiques culturales disponibles pour les années 1994, 2001, 2006, 2011 et 2017 [485]. Les données de pratiques permettent d'affiner le stock cible du modèle de variation de stock par maille chaque année pour la catégorie prairies permanentes. Elles ne sont pas disponibles par région pour

l'ensemble de la série temporelle, les tendances nationales sont donc utilisées. Une série temporelle du stock de référence pour le compartiment sols minéraux est estimée pour chaque sous-catégorie d'usage.

Comme pour les terres cultivées, le stock de référence pour la calibration du modèle se base sur l'équation ci-dessous.

Équation 4 (UTCATF) inspirée de l'équation 2.25 du GIEC 2006 [672]

$$COS_n = COS_{REF} * F_{UT} * \sum_i^n \%RG_{i,n} * F_{RG_i} * \sum_i^n \%A_{i,n} * F_{A_i}$$

Avec :

COS _n	Stock de carbone du sol des prairies, pour l'année n, tC
COS _{REF}	Stock de carbone de référence spécifique à la zone pédoclimatique, tC/ha
FUT	Facteur de variation de stock lié à l'occupation du sol prairies (=1)
FRG _i	Facteur de variation de stock lié au régime de gestion i (travail du sol principalement) lié à la zone climatique
FA	Facteur de variation de stock lié aux apports lié à la zone climatique
%RG _{i,n}	Part du régime de gestion i issu des pratiques culturales pour les prairies, l'année n
%A _{i,X,n}	Part du régime d'apport i issu des pratiques culturales pour les prairies, l'année n

Choix du paramètre de stock de référence (COS_{REF})

Le paramètre COS_{REF} choisi correspond à la moyenne entre la médiane des stocks forestiers et des stocks sous prairies régionaux issus du RMQS [424] (pondérés par le nombre de relevés). Il varie par zone pédoclimatique. Ils sont référencés en section début de section.

Catégorisation selon le facteur d'utilisation des terres (F_{UT})

Le paramètre FUT est toujours égal à 1 pour les prairies permanentes, conformément aux lignes directrices du Giec [672, 1229].

Catégorisation selon le facteur lié à la gestion et aux apports (F_{RG} X F_A)

En termes de gestion, cinq modalités graduelles ont été définies par le GIEC : prairie non dégradée, prairies surpâturées, prairies sévèrement dégradées et prairies améliorées. En termes d'apports, seule la catégorie de gestion prairies améliorées est subdivisée en deux niveaux d'apports possibles (moyens ou élevés).

Les enquêtes pratiques culturales présentes en France proposent des résultats relatifs aux prairies pour les années 1990, 1998, 2006, 2011 et 2017 [485] permettant d'identifier des pratiques ayant changées sur cette période. Dans l'inventaire actuel, seules les fertilisations minérale et organique ont été identifiées comme paramètres permettant de classer les prairies selon la catégorisation GIEC et de témoigner des changements de pratique. Ces données ont donc été exploitées pour répartir les surfaces de prairies françaises dans les différentes catégories grâce au protocole suivant.



Tableau 30 : Protocole d'allocation entre les catégories GIEC

Fertilisation minérale ?	Fumure organique ?	Prairie				
		Sévèrement dégradée	Surpâturée	Non dégradée	Améliorée apports moyens	Améliorée apports élevés
Pas d'apports	OUI				X	
	NON		X			
1 - 100 kgN/ha/an	NON			X		
Supérieure à 100 kgN/ha/an	NON				X	

Grâce à ce protocole d'allocation les terres ont pu être réparties selon les catégories GIEC de la manière suivante.

Tableau 31 : Part du régime de gestion et d'apport issu des pratiques culturales pour les prairies [485]

	Prairie				
	Sévèrement dégradée	Surpâturée	Non dégradée	Améliorée apports moyens	Améliorée apports élevés
1990	0%	27%	40%	33%	0%
1998	0%	20%	50%	30%	0%
2006	0%	22%	50%	29%	0%
2011	0%	29%	40%	31%	0%
2017	0%	34%	31%	35%	0%

Entre les années d'enquêtes les données sont extrapolées linéairement. Avant 2006 elles sont supposées équivalentes à l'année 2006 et après 2017 elles sont supposées équivalentes à 2017.

La série temporelle obtenue pour l'évolution du stock de référence en prairies permanentes est la suivante :

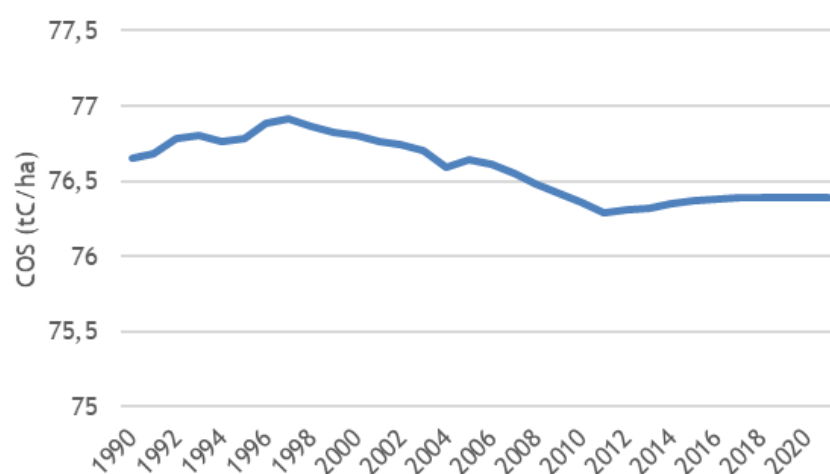


Figure 25 : Evolution du stock de référence liés aux pratiques culturales pour les prairies

Récapitulatif des stocks considérés pour les sols minéraux

Les stocks de référence de la majorité des catégories (agricoles, forestières) sont déterminés par la méthode Giec générale (COSref et facteurs d'ajustement) comme présenté aux sections précédentes. Pour les catégories artificielles, zones humides et autres, des stocks sont directement proposés. Pour les zones humides, les stocks de référence pour les sols sont considérés à 125 tC/ha par défaut, d'après les mesures du RMQS [424] pour les sous-catégories tourbières et autres zones humides. La sous-catégorie marais salant est assimilée à un stock nul, tout comme les zones en eau (mer, rivière) et les zones inondées artificiellement.

Les stocks de carbone du sol dans les zones urbanisées sont estimés à partir d'une revue de littérature menée dans le cadre des travaux de thèse de C. Robert [721]. D'après ces travaux, les sols nus, revêtus ou artificialisés ont un stock moyen de 30 tC/ha ; les sols végétalisés en herbe ont un stock similaire, en moyenne, au stock sous prairie et les sols urbanisés arborés ont un stock similaire, en moyenne, au stock sous forêt. Pour les sous-catégories végétalisées, le stock de référence considéré pour les sols est donc le COS_{REF} de la zone pédoclimatique. Pour rappel, ce stock dans l'inventaire est le stock moyen entre les stocks forêts et prairies du RMQS [424] par zone pédoclimatique.

Tableau 32 : Stocks de carbone relatifs au compartiment sols minéraux

Catégorie d'usage	Stock (tC/ha)	Source de données
Cultures annuelles (11xx)	56,2 [34,7 ; 86,5]	RMQS [424] et Flu ; FMg ; FI Giec2019 [1229], par zone pédoclimatique et selon les pratiques de gestion de l'année pour le type de culture considéré
Cultures pérennes (120, 12af, 12cq, 12ol, 12vi, 12ve)	54,1 [33,2 ; 67,4]	RMQS [424] et Flu Giec2019 [1229], par zone pédoclimatique
Prairies temporaires, jachères et prairies permanentes	79 [48 ; 97]	RMQS [424] et Flu ; FMg ; FI Giec2019 [1229], par zone pédoclimatique et selon les pratiques de gestion de l'année
Forêts et catégories assimilées (21ff, 21fc, 21fp, 21fm, 12cp, 200, 210, 220, 22bq, 320, 32vh, 32va)	77 [48 ; 95]	RMQS [424] et Flu Giec2019 [1229], par zone pédoclimatique
Zones humides type tourbières et marais (41tb, 41zh)	125	RMQS [424]
Zones artificielles (300, 310, 31ba, 31bn)	30	Estimés à partir d'une revue de littérature, travaux de thèse de C. Robert [721]
Autres catégories	0	Par défaut



3. Vitesse de conversions et flux de carbone associés

Le modèle de variation à la maille utilise des flux de gains et de pertes par compartiment carbone et par sous-catégorie d'usage. Ces vitesses de stockage par maille et par an sont calculées à partir des stocks de référence, et d'une durée de conversion théorique qu'il faudrait à une maille hors de cette catégorie pour atteindre le stock de référence de cette catégorie (appelé aussi « stock cible »). Les stocks et les choix effectués pour les vitesses de conversion sont explicités dans les sous-sections suivantes par type de terres.

Il est important de noter que les flux de gains et de pertes déduits des durées de conversion sont des flux maximums à appliquer lors de la conversion d'une maille. Il s'agit de :

- *gains maximums annuels de référence* à appliquer à la maille dans le cas où le stock du compartiment avant la conversion était inférieur au nouveau stock de référence ;
- *pertes maximums annuelles de référence* à appliquer si le stock initial était supérieur.

La notion de « maximum » est utilisée car lorsque le modèle fait converger la maille vers son nouveau stock de référence, il utilise comme incrémentation ces valeurs de flux de référence mais s'arrête exactement au niveau du stock cible. Le flux la dernière année avant l'atteinte de ce stock peut donc être inférieur au flux de référence.

Dans chaque section relative aux différents compartiments, les décisions liées aux vitesses de gains et pertes de carbone par maille sont indiquées. Les gains hectare annuels sont détaillés lorsque la constitution du stock se fait en plus d'un an. Sinon, pour les pertes ou les gains réalisés en un an, on atteint simplement directement le stock cible décrit aux sections stocks.

Les gains annuels en carbone par hectare correspondent à la différence entre un stock initial théorique et le stock cible de la catégorie, divisé par le nombre d'années choisies pour la période de conversion.

3.1 Biomasse vivante

Biomasse vivante « type forêt »

Les périodes de conversions pour les gains et les pertes relatives à la biomasse vivante sont présentées dans le tableau ci-dessous. Seules les catégories pour lesquelles le stock cible n'est pas nul sont décrites. Le choix a été fait de ne pas permettre de pertes de carbone lors de conversions entre catégories forestières à la maille, pour éviter les recoupements avec l'estimation des pertes en forêt restant forêt issues de l'inventaire forestier national.

Tableau 33 : Calibration des flux relatifs au compartiment biomasse vivante type forêt

Catégorie d'usage	Nom	Période de conversion - Gains	Gains aérien (tC/ha)	Gains racinaires (tC/ha)	Période de conversion - Pertes
21ff	Forêts feuillus	40 ans	1,1 [0,3 ; 1,9]	0,3 [0,1 ; 0,5]	Pas de pertes au sein du modèle par maille
21fc	Forêts conifères		1,2 [0,4 ; 2,4]	0,4 [0,1 ; 0,7]	
21fm	Forêts mixtes		1,1 [0,4 ; 2]	0,3 [0,1 ; 0,6]	
21fp	Peupleraies		1,4	0,4	

22mq	Maquis	20 ans	0,4	0,5	1 an
22la	Landes	20 ans	0,2	0,3	1 an
12cp, 200, 210, 220, 22bq, 320, 32va	Autres catégories assimilées à de la végétation « forêt mixte »	20 ans	1,1 [0,4 ; 2]	0,3 [0,1 ; 0,6]	Pas de pertes au sein du modèle par maille
	Autres catégories	NA (stock nul)	NA (stock nul)	NA (stock nul)	1 an

Pour les catégories forestières, les valeurs moyennes sont indiquées, puis entre crochets la valeur minimale et la valeur maximale. Pour rappel, elles diffèrent par sylvo-écorégion.

Biomasse vivante « type cultures pérennes »

Tableau 34 : Calibration des flux relatifs au compartiment biomasse vivante type cultures pérennes

Catégorie d'usage	Nom	Période de conversion - Gains	Gains aérien (tC/ha)	Gains racinaires (tC/ha)	Période de conversion - Pertes
120	Cultures pérennes indéfinies	20 ans	0,36	0,26	1 an
12af, 12 cq	Arbres fruitiers	20 ans	0,43	0,29	1 an
12ol	Oliveraies	20 ans	0,46	0,13	1 an
12vi	Vignes	20 ans	0,28	0,22	1 an
	Autres catégories	NA (stock nul)	NA (stock nul)	NA (stock nul)	1 an

Biomasse vivante type herbacé

Pour la biomasse vivante herbacée, qu'elle soit de type culture annuelle ou herbe, tous les gains et pertes sont réalisés en une année, pour toutes les catégories d'usage des terres (période de conversion 1 ans, et flux annuels égaux aux stocks cibles décrits à la section 2.1).

3.2 Bois mort

Comme pour la biomasse vivante type forêt, le choix a été fait de ne pas permettre de pertes de carbone lors de conversions entre catégories forestières à la maille, pour éviter les recoupements avec les estimations en forêt restant forêt issues de l'inventaire forestier national.

Tableau 35 : Calibration des flux relatifs au compartiment bois mort

Catégorie d'usage	Nom	Période de conversion - Gains	Gains (tC/ha)	Période de conversion - Pertes
21ff	Forêts feuillus	40 ans	0,1 [0,02 ; 0,26]	Pas de pertes au sein du modèle par maille
21fc	Forêts conifères		0,07 [0 ; 0,23]	
21fm	Forêts mixtes		0,1 [0 ; 0,23]	
21fp	Peupleraies		0,06 [0,06 ; 0,06]	
12cp, 200, 210, 220, 22bq, 320, 32va	Autres catégories assimilées à de la végétation « forêt mixte »	20 ans	0,1 [0 ; 0,23]	
	Autres catégories	NA (stock nul)	NA (stock nul)	1 an

Pour les catégories forestières, les valeurs moyennes sont indiquées, puis entre crochets la valeur minimale et la valeur maximale. Pour rappel, elles diffèrent par sylvo-écorégion.



3.3 Litière

Tableau 36 : Calibration des flux relatifs au compartiment litière

Catégorie d'usage	Période de conversion - Gains	Gains (tC/ha)	Période de conversion - Pertes
Forêts feuillus et peupleraies (21ff, 21fp)	20 ans	0,3 [0,3 ; 0,3]	Pas de pertes au sein du modèle par maille
Forêt résineux (21fc)	20 ans	0,7 [0,4 ; 1,2]	
Forêts mixtes et catégories assimilées (21fm, 12cp, 200, 210, 220, 22bq, 320, 32ba)	20 ans	0,5 [0,3 ; 0,9]	
Autres catégories	NA (stock nul)	NA (stock nul)	1 an

Pour les catégories forestières, les valeurs moyennes sont indiquées, puis entre crochets la valeur minimale et la valeur maximale. Pour rappel, elles diffèrent par sylvo-écorégion.

3.4 Sols minéraux

Les flux qui définissent la vitesse de transition d'une maille vers son stock de référence dans le modèle sont calibrés sur 20 ans, à l'exception de l'artificialisation des sols, pour laquelle la vitesse de dégradation du stock est calibrée sur 5 ans.

Les périodes de conversion pour les sols agricoles et forestiers sont de 20 ans, et les pertes et gains associés sont calculé avec une hypothèse d'évolution linéaire et symétrique. Un delta stock théorique a été proposé entre deux catégories extrêmes (environ 54 tC/ha pour un usage hors forêt, et environ 79 tC/ha pour un usage forestier), permettant de proposer une valeur de 1,22 tC/ha/an qui permettrait la conversion entre ces deux états en 20 ans. Cela permet de traiter les conversions de façon homogène dans le modèle, mais signifie que le flux étant fixe pour toutes les catégories et basés sur ces bornes extrêmes, les conversions prendront souvent moins de 20 ans pour atteindre leur stock cible. Il faut noter que ce flux est également utilisé pour suivre les variations de stocks liées aux changements de gestion.

L'utilisation d'un flux non linéaire entre le stockage et le déstockage pourrait être envisagé. Il est aussi question de distinguer un flux plus faible pour les dynamiques liées aux changements de gestion.

Tableau 37 : Calibration des flux relatifs au compartiment sols minéraux

Catégorie d'usage	Période de conversion - Gains	Gains (tC/ha/an)	Période de conversion - Pertes	Pertes (tc/ha/an)
Tous les sols agricoles et forestiers	20 ans	1,22	20 ans	1,22
Sols artificiels non végétalisés (300, 310, 31ba, 31bn)	20 ans	1,50	5 ans	9,71
41tb et 41zh	20 ans	3,09	20 ans	0,00
Autres zones humides et autres terres (400, 410, 420, 41ea, 41in, 42gl, 42sn)	NA (stock nul)	NA (stock nul)	20 ans	3,10

Table des figures

Figure 1 : Principe général du suivi des terres et du modèle de calcul carbone associé (modèle de variation de stock à la maille)	5
Figure 2 : Aperçu de la grille (mailles de 50 m*50 m soit 0,25 ha)	6
Figure 3 : Schéma récapitulatif du protocole de création d'une série temporelle d'utilisation des terres (module général).....	14
Figure 4 : Part des produits utilisés pour déterminer l'usage de référence des centroïdes après intersection et application de la hiérarchie des produits	15
Figure 5 : Illustration de l'articulation des différents modules	17
Figure 6 : Visualisation cartographique de mailles issues des divers modules	18
Figure 7 : Visualisation de la BDF version 1 (zones forestières en vert et prairies en orange) à gauche et BDF version 2 à droite (zones forestières en vert, peupliers en bleu, et prairies en orange)	20
Figure 8 : Aperçu des points classés en déboisement pour l'étape 0 d'une zone d'étude	20
Figure 9 : Zoom sur un cas de figure d'infrastructure linéaire à exclure (les points en jaunes ne seront pas retenus lors de l'étape 1)	21
Figure 10 : Présentation de la superposition classique de polygones V2 et V1	21
Figure 11 : Présentation des centroïdes du protocole boisement de la zone d'étude	23
Figure 12 : Visualisation de zones de faux boisements liés à la géométrie des polygones (les points en rouge étant les boisements conservés à l'issue du protocole)	24
Figure 13 : Exemple de zone urbaine créée par le module artificialisation, et divisée en polygones par date d'artificialisation	25
Figure 14 : Contours des petites régions agricoles en France	29
Figure 15 : Evolution des surfaces agricoles selon les données du recensement agricole (1970-2010) et du registre parcellaire graphique (2015-2020)	30
Figure 16 : Présentation schématique des différents compartiments carbone considérés pour le calcul	41
Figure 17 : Exemple de conversion d'un maquis en forêt et flux de carbone estimés par le modèle de variation de stock à la maille pour l'ensemble des compartiments	44
Figure 18 : Stocks de carbone (tC/ha) en biomasse vivante aérienne de type forêt pour les principaux types de peuplements par sylvoécocorégion (Source : Citepa à partir des données IGN campagne 2016-2020 [594])	45
Figure 2.19: Stocks de bois mort (tC/ha) pour les principaux types de peuplements par sylvoécocorégion en France hexagonale (Source : Citepa à partir des données IGN campagne 2016-2020 [594])	47
Figure 2.20 : Stocks litière (tC/ha) pour les principaux types de peuplements par sylvoécocorégion (Source : stocks par essence Renecofor [1275] et surfaces par type d'essence IGN campagne 2018-2022 [594]) ..	48
Figure 2.21 : Cartographie des zones pédologiques (basée sur la texture des sols) complétée en France hexagonale [719]	50
Figure 2.22 : Cartographie des zones climatiques [722]	51
Figure 2.23 : Cartographie des zones pédoclimatiques.....	51
Figure 24 : Exemple d'évolution du stock de référence liés aux pratiques culturales pour les cultures de blé tendre	56
Figure 25 : Evolution du stock de référence liés aux pratiques culturales pour les prairies	58



Table des tableaux

Tableau 1 : Nomenclature détaillée utilisée	9
Tableau 2 : Caractéristiques des différents produits cartographiques utilisés pour le modèle multisource (France hexagonale).....	11
Tableau 3 : Règles de décision pour l'application des modules de changement, illustration des possibles dynamiques et part du territoire qualifié par chaque module	17
Tableau 4 : extrait du tableau de l'annexe 1 (années de prise de vues par département)	19
Tableau 5 : Classification des cas de figures rencontrés lors de l'intersection des 2 millésimes	19
Tableau 6: Synthèse des traitements liés aux déboisements	21
Tableau 7: Synthèse des traitements liés aux boisements	22
Tableau 8: Largeur appliquées aux linéaires de la BDtopo pour créer des emprises de routes	26
Tableau 9: Exemple de matrice de transition pour la création de rotations agricoles	31
Tableau 10 : Codes d'usage des terres de l'inventaire associés à une pratique de drainage pour les centroïdes en sol organique	33
Tableau 11 : Processus d'attribution de l'usage initial d'un centroïde lors du module boisement	34
Tableau 12 : Processus d'attribution de l'usage final d'un centroïde lors du module déboisement	35
Tableau 13 : Processus d'attribution de l'usage final d'un centroïde lors du module topage	35
Tableau 14 : Processus d'attribution de l'usage final d'un centroïde lors du module artificialisation	36
Tableau 15 : Illustration du protocole d'estimation des surfaces à partir des surfaces de l'année 2007 ...	38
Tableau 16 : Compartiments carbone pris en compte	41
Tableau 17 : Illustration de la routine de calcul du modèle de variation de stock par maille.	43
Tableau 18 : Stocks de carbone relatifs au compartiment biomasse vivante type forêt (France hexagonale)	45
Tableau 19 : Stocks de carbone relatifs au compartiment biomasse vivante type cultures pérennes (France hexagonale).....	46
Tableau 20 : Stocks et flux de carbone relatifs au compartiment biomasse vivante herbacée (type cultures annuelles et type herbe)	46
Tableau 21 : Stocks de carbone relatifs au compartiment bois mort.....	47
Tableau 22: Stocks de carbone dans les couches hologaniques (réseau de mesure Renecofor)	48
Tableau 23 : Stocks de carbone relatifs au compartiment litière	48
Tableau 24 : Stocks de carbone de référence pour les sols par région ou zone pédoclimatique.....	51
Tableau 25 : Facteurs d'ajustement liés à l'utilisation des terres par type d'usage et zone climatique (Giec 2019).....	52
Tableau 26: Facteurs d'ajustement liés au régime de gestion et aux apports par zone climatique (Giec 2019)	52
Tableau 27 : Part du régime de gestion (%RGi,x) issu des pratiques culturales pour les différents types de cultures [485]	54
Tableau 28 : Protocole d'allocation entre les catégories GIEC	55
Tableau 29 : Part du régime d'apport (%Ai,x) issu des pratiques culturales pour les différents types de cultures [485]	55
Tableau 30 : Protocole d'allocation entre les catégories GIEC	58
Tableau 31 : Part du régime de gestion et d'apport issu des pratiques culturales pour les prairies [485] ..	58
Tableau 32 : Stocks de carbone relatifs au compartiment sols minéraux	59

Tableau 33 : Calibration des flux relatifs au compartiment biomasse vivante type forêt.....	60
Tableau 34 : Calibration des flux relatifs au compartiment biomasse vivante type cultures pérennes	61
Tableau 35 : Calibration des flux relatifs au compartiment bois mort	61
Tableau 36 : Calibration des flux relatifs au compartiment litière	62
Tableau 37 : Calibration des flux relatifs au compartiment sols minéraux.....	62



Annexes

Annexe I : Prises de vue BDF forêt V1 et V2

N° Dep	Nom département	V2 - Année PVA	V1 - Année PVA
01	AIN	2005	1992
02	AISNE	2013	1999
03	ALLIER	2008	1997
04	ALPES-DE-HAUTE- PROVENCE	2009	1994
05	HAUTES-ALPES	2009	1993
06	ALPES-MARITIMES	2017	1996
07	ARDECHE	2007	1991
08	ARDENNES	2019	1995
09	ARIEGE	2011	2001
10	AUBE	2016	1990
11	AUDE	2015	1999
12	AVEYRON	2008	1990
13	BOUCHES-DU-RHONE	2008	1997
14	CALVADOS	2009	1998
15	CANTAL	2010	2000
16	CHARENTE	2014	2002
17	CHARENTE-MARITIME	2014	2003
18	CHER	2005	1995
19	CORREZE	2012	1999
21	COTE-D'OR	2014	2000
22	COTES-D'ARMOR	2011	2003
23	CREUSE	2014	2000
24	DORDOGNE	2012	2000
25	DOUBS	2010	2000
26	DROME	2006	1991
27	EURE	2009	2000
28	EURE-ET-LOIR	2012	2001
29	FINISTERE	2005	1993
30	GARD	2015	2000
31	HAUTE-GARONNE	2013	1996
32	GERS	2011	1998
33	GIRONDE	2009	1995
34	HERAULT	2015	2002
35	ILLE-ET-VILAINE	2010	2003
36	INDRE	2017	1994
37	INDRE-ET-LOIRE	2011	2002
38	ISERE	2009	1993
39	JURA	2010	2000
40	LANDES	2009	1997



41	LOIR-ET-CHER	2011	2002
42	LOIRE	2006	1990
43	HAUTE-LOIRE	2010	1999
44	LOIRE-ATLANTIQUE	2009	1996
45	LOIRET	2010	2001
46	LOT	2012	1999
47	LOT-ET-GARONNE	2009	1997
48	LOZERE	2012	2000
49	MAINE-ET-LOIRE	2008	1994
50	MANCHE	2010	1998
51	MARNE	2016	1995
52	HAUTE-MARNE	2006	1993
53	MAYENNE	2006	1996
54	MEURTHE-ET-MOSELLE	2009	2001
55	MEUSE	2011	2003
56	MORBIHAN	2016	1991
57	MOSELLE	2009	2001
58	NIEVRE	2007	1994
59	NORD	2009	1998
60	OISE	2010	1999
61	ORNE	2010	1998
62	PAS-DE-CALAIS	2009	1998
63	PUY-DE-DOME	2009	2000
64	PYRENEES-ATLANTIQUES	2008	1992
65	HAUTES-PYRENEES	2006	1994
66	PYRENEES-ORIENTALES	2015	1999
67	BAS-RHIN	2007	1997
68	HAUT-RHIN	2007	1997
69	RHONE	2008	1990
70	HAUTE-SAONE	2011	2003
71	SAONE-ET-LOIRE	2014	1999
72	SARTHE	2019	1995
73	SAVOIE	2006	1995
74	HAUTE-SAVOIE	2008	1995
75	PARIS	2014	2000
76	SEINE-MARITIME	2012	2000
77	SEINE-ET-MARNE	2012	2000
78	YVELINES	2014	2000
79	DEUX-SEVRES	2007	1993
80	SOMME	2011	1999
81	TARN	2006	1987
82	TARN-ET-GARONNE	2013	1998
83	VAR	2008	1995
84	VAUCLUSE	2018	1996
85	VENDEE	2006	1992

86	VIENNE	2007	1993
87	HAUTE-VIENNE	2010	2000
88	VOSGES	2010	2004
89	YONNE	2007	1996
90	TERRITOIRE-DE-BELFORT	2013	2002
91	ESSONNE	2014	2000
92	HAUTS-DE-SEINE	2014	2000
93	SEINE-SAINT-DENIS	2014	2000
94	VAL-DE-MARNE	2014	2000
95	VAL D'OISE	2011	2000
2A	CORSE-DU-SUD	2011	2000
2B	HAUTE-CORSE	2011	2000



Annexe II : Tables de correspondance de nomenclatures

Pour chaque produit source, l'ensemble des usages source est indiqué, avec la catégorie Giec et l'usage inventaire fin proposés en correspondance.

BD Topage

usage_source	usage_source_nom	usage_INV
Canal	Canal	41in
Ecoulement canalisé	Ecoulement canalisé	41in
Ecoulement naturel	Ecoulement naturel	41ea
PE - mine (exhaure)	PE - mine (exhaure)	41in
PE - retenue - barrage	PE - retenue - barrage	41in
PE - retenue - bassinport	PE - retenue - bassinport	41in
PE - retenue - digue	PE - retenue - digue	41in
PE - réservoir - piscicult	PE - réservoir - pisciculteur	41in
PE – glaciers, névés	PE – glaciers, névés	42gl
PE-réservoir-bassinorage	PE-réservoir-bassinorage	41in
Plan d'eau - estuaire	Plan d'eau - estuaire	41ea
Plan d'eau - gravière	Plan d'eau - gravière	42sn
Plan d'eau - lac	Plan d'eau - lac	41ea
Plan d'eau - lagune	Plan d'eau - lagune	41ea
Plan d'eau - marais	Plan d'eau - marais	41zh
Plan d'eau - mare	Plan d'eau - mare	41ea
Plan d'eau - retenue	Plan d'eau - retenue	41in
Plan d'eau - réservoir	Plan d'eau - réservoir	41in
Inconnue	Inconnue	41ea
Conduit buse	Conduit buse	41ea

Urban Atlas changements

usage_sour ce	usage_source_nom	usage_I NV
11100	tissu urbain continu (SLsup80%)	31ba
11210	tissu urbain dense discontinu (SL50%-80%)	31bn
11220	tissu urbain discontinu moyennement dense (SL30%-50%)	31bn
11230	Tissu urbain discontinu peu dense (SL10%-30%)	31bn
11240	tissu urbain discontinu tres peu dense (SLinf10%)	31bn
11300	Structures isolées	31bn
12100	zones industrielles commerciales publiques militaires et établissements prives	31bn
12210	Autoroute et espaces associes	31bn
12220	autres reseaux routiers et espaces associes	31bn
12230	Reseaux ferroviaire et autres espaces associes	31bn
12300	Zones portuaires	31ba

12400	Aéroports	31bn
13100	Extraction de matériaux et décharges	31ba
13300	Chantiers	31ba
13400	Terres sans usages	31ba
14100	Espaces verts urbains	320
14200	Équipements sportifs et de loisirs	31bn
20000	Agriculture semi naturel ou ZH	100
21000	Terres arables (cultures annuelles)	110
22000	Cultures permanentes	120
23000	Prairies	100
24000	Systèmes culturels et parcellaires complexes	100
25000	Vergers à la périphérie des terres artificielles	12af
30000	forêt ou semi naturel	200
31000	Forêts	210
32000	Végétations herbacées	220
33000	Espaces ouverts, sans ou avec peu de végétation	42sn
40000	Zones humides	410
50000	Surfaces en eau	41ea
25500	Pas de données	Non dispo
25400	nuages	Non dispo
Non dispo	Non dispo	Non dispo
No change	Pas de changement	No change

Urban Atlas

usage_source	usage_source_nom	usage_I NV
11100	tissu urbain continu (SLsup80%)	31ba
11210	tissu urbain dense discontinu (SL50%-80%)	31bn
11220	tissu urbain discontinu moyennement dense (SL30%-50%)	31bn
11230	Tissu urbain discontinu peu dense (SL10%-30%)	31bn
11240	tissu urbain discontinu très peu dense (SLinf10%)	31bn
11300	Structures isolées	31bn
12100	zones industrielles, commerciales, publiques, militaires et établissements privés	31bn
12210	Autoroute et espaces associés	31bn
12220	autres réseaux routiers et espaces associés	31bn
12230	Réseaux ferroviaire et autres espaces associés	31bn
12300	Zones portuaires	31ba
12400	Aéroports	31bn
13100	Extraction de matériaux et décharges	31ba
13300	Chantiers	31ba
13400	Terres sans usages	31ba



14100	Espaces verts urbains	320
14200	Equipements sportifs et de loisirs	31bn
20000	Zones agricoles	100
21000	Terres arables (cultures annuelles)	110
22000	Cultures permanentes	120
23000	Prairies	100
24000	Systemes culturaux et parcellaires complexes	100
25000	Vergers a la peripherie des terres artificielles	12af
30000	Forets et zones semi naturelles	200
31000	Forets	210
32000	Vegetations herbacees	220
33000	Espaces ouverts, sans ou avec peu de vegetation	42sn
40000	Zones humides	410
50000	Surfaces en eau	41ea

RPG

usage_source	usage_source_nom	usage_INV
1	ble tendre	11bt
2	mais grain et ensilage	11mg
3	orge	11op
4	autres cereales	11xc
5	colza	11cz
6	tournesol	11to
7	autres oleagineux	11xo
8	proteagineux	11pg
9	plantes a fibre	11xa
10	semences	110
11	gel (surfaces gelees sans production)	100
12	gel industriel	100
13	autres gels	100
14	riz	11xc
15	legumineuses a graines	11xa
16	fourrage	11xf
17	estives landes	22pe
18	prairies permanentes	14pp
19	prairies temporaires	130
20	vergers	12af
21	vignes	12vi
22	fruits a coque	12cp
23	oliviers	12ol
24	autres cultures industrielles	110
25	legumes-fleurs	11lf

26	canne a sucre	11xa
27	arboriculture	12cp
28	divers	100
01	ble tendre	11bt
02	mais grain et ensilage	11mg
03	orge	11op
04	autres cereales	11xc
05	colza	11cz
06	tourneol	11to
07	autres oleagineux	11xo
08	proteagineux	11pg
09	plantes a fibre	11xa
NR	Non dispo	Non dispo
0	Non dispo	Non dispo

RPG codes cultures

code_cultu	libelle_cultu	code_inv
BTH	Blé tendre d'hiver	11bh
BTP	Blé tendre de printemps	11bp
BDH	Blé dur d'hiver	11dh
BDP	Blé dur de printemps	11dp
BDT	Blé dur de printemps semé tardivement (après le 31/05)	11dp
ORH	Orge d'hiver	11oh
ORP	Orge de printemps	11op
AVH	Avoine d'hiver	11ah
AVP	Avoine de printemps	11ap
TTH	Triticale d'hiver	11th
TTP	Triticale de printemps	11tp
SGH	Seigle d'hiver	11sh
SGP	Seigle de printemps	11sp
MIS	Maïs	11mg
SOG	Sorgho	11so
CUA	Culture sous abattis	11xc
RIZ	Riz	11xc
CHA	Autre céréale d'hiver de genre Avena	11xc
CHH	Autre céréale d'hiver de genre Hordeum	11xc
CHS	Autre céréale d'hiver de genre Secale	11xc
CHT	Autre céréale d'hiver de genre Triticum	11xc
CAG	Autre céréale d'un autre genre	11xc
CGF	Autre céréale de genre Fagopyrum	11xc



CGP	Autre céréale de genre Panicum	11xc
CGH	Autre céréale de genre Phalaris	11xc
CGS	Autre céréale de genre Setaria	11xc
CGO	Autre céréale de genre Sorghum	11xc
CPA	Autre céréale de printemps de genre Avena	11xc
CPH	Autre céréale de printemps de genre Hordeum	11xc
CPS	Autre céréale de printemps de genre Secale	11xc
CPT	Autre céréale de printemps de genre Triticum	11xc
CPZ	Autre céréale de printemps de genre Zea	11xc
EPE	Épeautre	11xc
MCR	Mélange de céréales	11xc
MLT	Millet	11xc
SRS	Sarrasin	11xc
CZH	Colza d'hiver	11cz
CZP	Colza de printemps	11cz
TRN	Tournesol	11to
SOJ	Soja	11xo
LIH	Lin non textile d'hiver	11xo
LIP	Lin non textile de printemps	11xo
ARA	Arachide	11xo
OEH	Autre oléagineux d'espèce Helianthus	11xo
OHN	Autre oléagineux d'hiver d'espèce Brassica napus	11xo
OHR	Autre oléagineux d'hiver d'espèce Brassica rapa	11xo
OAG	Autre oléagineux d'un autre genre	11xo
OPN	Autre oléagineux de printemps d'espèce Brassica napus	11xo
OPR	Autre oléagineux de printemps d'espèce Brassica rapa	11xo
MOL	Mélange d'oléagineux	11xo
NVE	Navette d'été	11xo
NVH	Navette d'hiver	11xo
OEI	Œillette	11xo
PAG	Autre protéagineux d'un autre genre	11pg
MPP	Mélange de protéagineux (pois et/ou lupin et/ou féverole)	11pg
MPC	Mélange de protéagineux (pois et/ou lupin et/ou féverole) prépondérants semés avant le 31/05 et de céréales	11pg
MPT	Mélange de protéagineux semés tardivement (après le 31/05)	11pg
PHI	Pois d'hiver	11pg
PPR	Pois de printemps semé avant le 31/05	11pg
PPT	Pois de printemps semé tardivement (après le 31/05)	11pg
FEV	Fève	11xp
FVL	Féverole semée avant le 31/05	11xp
FVT	Féverole semée tardivement (après le 31/05)	11xp
LDH	Lupin doux d'hiver	11xp
LDP	Lupin doux de printemps semé avant le 31/05	11xp
LDT	Lupin doux de printemps semé tardivement (après le 31/05)	11xp
LIF	Lin fibres	11pf

CHV	Chanvre	11pf
CSE	Chanvre sans étiquette conforme	11pf
BTN	Betterave non fourragère / Bette	11be
HBL	Houblon	11ci
TAB	Tabac	11ci
ANE	Aneth	11ci
ANG	Angélique	11ci
ANI	Anis	11ci
PPA	Autre plante à parfum, aromatique et médicinale annuelle	11ci
PPP	Autre plante à parfum, aromatique et médicinale pérenne	11ci
BAR	Bardane	11ci
BAS	Basilic	11ci
CML	Cameline	11ci
CMM	Camomille	11ci
CAV	Carvi	11ci
CRF	Cerfeuil	11ci
CIB	Ciboulette	11ci
CRD	Coriandre	11ci
CUM	Cumin	11ci
CUR	Curcuma	11ci
EST	Estragon	11ci
FNO	Fenouil	11ci
FNU	Fenugrec	11ci
LAV	Lavande / Lavandin	11ci
MRJ	Marjolaine / Origan	11ci
MAV	Mauve	11ci
MLI	Mélisse	11ci
MTH	Menthe	11ci
MLP	Millepertuis	11ci
MOT	Moutarde	11ci
ORT	Ortie	11ci
OSE	Oseille	11ci
PSL	Persil	11ci
PSY	Plantain psyllium	11ci
PPF	Plante à parfum (autre que géranium et vétiver)	11ci
PAR	Plante aromatique (autre que vanille)	11ci
PMD	Plante médicinale	11ci
PSN	Psyllium noir de Provence	11ci
ROM	Romarin	11ci
SRI	Sarriette	11ci
SGE	Sauge	11ci
THY	Thym	11ci
VAL	Valériane	11ci
VNL	Vanille	11ci
VNB	Vanille sous bois	11ci



VNV	Vanille verte	11ci
YLA	Ylang-ylang	11ci
VET	Vétiver	11ci
BLT	Bleuet	11ci
BUR	Bugle rampante	11ci
CSA	Canne à sucre - autre	11ci
CSF	Canne à sucre - fermage	11ci
CSI	Canne à sucre - indivision	11ci
CSP	Canne à sucre - propriété ou faire valoir direct	11ci
CSR	Canne à sucre - réforme foncière	11ci
BRH	Bourrache de 5 ans ou moins	11ci
CHR	Chardon Marie	11ci
PCL	Phacélie de 5 ans ou moins	11ci
ACA	Autre culture non précisée dans la liste (admissible)	11ci
MIE	Maïs ensilage	11mf
BVF	Betterave fourragère	11cf
FSG	Autre plante fourragère sarclée d'un autre genre	11cf
CAF	Carotte fourragère	11cf
CHF	Chou fourrager	11cf
NVF	Navet fourrager	11cf
RDF	Radis fourrager	11cf
PFH	Autre pois fourrager d'hiver	11xf
PFP	Autre pois fourrager de printemps	11xf
PH5	Pois fourrager d'hiver implanté pour la récolte 2015	11xf
PH6	Pois fourrager d'hiver implanté pour la récolte 2016	11xf
PH7	Pois fourrager d'hiver implanté pour la récolte 2017	11xf
PH8	Pois fourrager d'hiver implanté pour la récolte 2018	11xf
PP5	Pois fourrager de printemps implanté pour la récolte 2015	11xf
PP6	Pois fourrager de printemps implanté pour la récolte 2016	11xf
PP7	Pois fourrager de printemps implanté pour la récolte 2017	11xf
PP8	Pois fourrager de printemps implanté pour la récolte 2018	11xf
FFO	Autre féverole fourragère	11xf
FAG	Autre fourrage annuel d'un autre genre	11xf
JOS	Autre jarosse	11xf
FF5	Féverole fourragère implantée pour la récolte 2015	11xf
FF6	Féverole fourragère implantée pour la récolte 2016	11xf
FF7	Féverole fourragère implantée pour la récolte 2017	11xf
FF8	Féverole fourragère implantée pour la récolte 2018	11xf
CPL	Fourrage composé de céréales et/ou de protéagineux (en proportion < 50%) et/ou de légumineuses fourragères (en proportion < 50%)	11xf
GAI	Gaillet	11xf
GES	Gesse	11xf
JOD	Jarosse déshydratée	11xf
JO5	Jarosse implantée pour la récolte 2015	11xf
JO6	Jarosse implantée pour la récolte 2016	11xf

JO7	Jarosse implantée pour la récolte 2017	11xf
JO8	Jarosse implantée pour la récolte 2018	11xf
LEF	Lentille fourragère	11xf
MOH	Moha	11xf
LFH	Autre lupin fourrager d'hiver	11xf
LFP	Autre lupin fourrager de printemps	11xf
LH5	Lupin fourrager d'hiver implanté pour la récolte 2015	11xf
LH6	Lupin fourrager d'hiver implanté pour la récolte 2016	11xf
LH7	Lupin fourrager d'hiver implanté pour la récolte 2017	11xf
LP5	Lupin fourrager de printemps implanté pour la récolte 2015	11xf
LP6	Lupin fourrager de printemps implanté pour la récolte 2016	11xf
LP7	Lupin fourrager de printemps implanté pour la récolte 2017	11xf
LP8	Lupin fourrager de printemps implanté pour la récolte 2018	11xf
LH8	Lupin fourrager d'hiver implanté pour la récolte 2018	11xf
NYG	Nyger	11xf
ZZZ	Culture inconnue	11xf
BFP	Bande admissible le long d'une forêt avec production	11xf
LUZ	Autre luzerne	13pa
MEL	Autre mélilot	13pa
SAI	Autre sainfoin	13pa
SER	Autre serradelle	13pa
TRE	Autre trèfle	13pa
VES	Autre vesce	13pa
LOT	Lotier	13pa
LO7	Lotier implanté pour la récolte 2017	13pa
LO8	Lotier implanté pour la récolte 2018	13pa
LUD	Luzerne déshydratée	13pa
LU5	Luzerne implantée pour la récolte 2015	13pa
LU6	Luzerne implantée pour la récolte 2016	13pa
LU7	Luzerne implantée pour la récolte 2017	13pa
LU8	Luzerne implantée pour la récolte 2018	13pa
MLD	Mélange de légumineuses déshydratées (entre elles)	13pa
MLF	Mélange de légumineuses fourragères (entre elles)	13pa
ML5	Mélange de légumineuses fourragères implantées pour la récolte 2015 (entre elles)	13pa
ML6	Mélange de légumineuses fourragères implantées pour la récolte 2016 (entre elles)	13pa
ML7	Mélange de légumineuses fourragères implantées pour la récolte 2017 (entre elles)	13pa
ML8	Mélange de légumineuses fourragères implantées pour la récolte 2018 (entre elles)	13pa
MH5	Mélange de légumineuses fourragères prépondérantes au semis implantées pour la récolte 2015 et d'herbacées ou de graminées fourragères	13pa
MC5	Mélange de légumineuses fourragères prépondérantes au semis implantées pour la récolte 2015 et de céréales	13pa



MH6	Mélange de légumineuses fourragères prépondérantes au semis implantées pour la récolte 2016 et d'herbacées ou de graminées fourragères	13pa
MC6	Mélange de légumineuses fourragères prépondérantes au semis implantées pour la récolte 2016 et de céréales	13pa
MH7	Mélange de légumineuses fourragères prépondérantes au semis implantées pour la récolte 2017 et d'herbacées ou de graminées fourragères	13pa
MC7	Mélange de légumineuses fourragères prépondérantes au semis implantées pour la récolte 2017 et de céréales	13pa
MLC	Mélange de légumineuses fourragères prépondérantes et de céréales et/ou d'oléagineux	13pa
MC8	Mélange de légumineuses fourragères prépondérantes implantées pour la récolte 2018 et de céréales et d'oléagineux	13pa
MLG	Mélange de légumineuses prépondérantes au semis et de graminées fourragères de 5 ans ou moins	13pa
MED	Méililot déshydraté	13pa
ME5	Méililot implanté pour la récolte 2015	13pa
ME6	Méililot implanté pour la récolte 2016	13pa
ME7	Méililot implanté pour la récolte 2017	13pa
ME8	Méililot implanté pour la récolte 2018	13pa
MIN	Minette	13pa
MI7	Minette implanté pour la récolte 2017	13pa
MI8	Minette implanté pour la récolte 2018	13pa
SAD	Sainfoin déshydraté	13pa
SA5	Sainfoin implanté pour la récolte 2015	13pa
SA6	Sainfoin implanté pour la récolte 2016	13pa
SA7	Sainfoin implanté pour la récolte 2017	13pa
SA8	Sainfoin implanté pour la récolte 2018	13pa
SED	Serradelle déshydratée	13pa
SE5	Serradelle implantée pour la récolte 2015	13pa
SE6	Serradelle implantée pour la récolte 2016	13pa
SE7	Serradelle implantée pour la récolte 2017	13pa
SE8	Serradelle implantée pour la récolte 2018	13pa
TRD	Trèfle déshydraté	13pa
TR5	Trèfle implanté pour la récolte 2015	13pa
TR6	Trèfle implanté pour la récolte 2016	13pa
TR7	Trèfle implanté pour la récolte 2017	13pa
TR8	Trèfle implanté pour la récolte 2018	13pa
VED	Vesce déshydratée	13pa
VE5	Vesce implantée pour la récolte 2015	13pa
VE6	Vesce implantée pour la récolte 2016	13pa
VE7	Vesce implantée pour la récolte 2017	13pa
VE8	Vesce implantée pour la récolte 2018	13pa
XFE	X-Felium de 5 ans ou moins	13pa
MPA	Autre mélange de plantes fixant l'azote	13pa
MLS	Mélange de légumineuses non fourragères prépondérantes et de céréales et/ou d'oléagineux	11xp
GFP	Autre graminée fourragère pure de 5 ans ou moins	13pt

DTY	Dactyle de 5 ans ou moins	13pt
FET	Fétuque de 5 ans ou moins	13pt
FLO	Fléole de 5 ans ou moins	13pt
PAT	Pâturin commun de 5 ans ou moins	13pt
PRL	Prairie en rotation longue (6 ans ou plus)	14pp
PTR	Autre prairie temporaire de 5 ans ou moins	13pt
RGA	Ray-grass de 5 ans ou moins	13pt
BRO	Brome de 5 ans ou moins	13pt
BTA	Bande tampon	13pt
BFS	Bande admissible le long d'une forêt sans production	13pt
BOR	Bordure de champ	13pt
PPH	Prairie permanente - herbe prédominante (ressources fourragères ligneuses absentes ou peu présentes)	14pp
SPH	Surface pastorale - herbe prédominante et ressources fourragères ligneuses présentes	14pp
SPL	Surface pastorale - ressources fourragères ligneuses prédominantes	14pp
PTC	Pomme de terre de consommation	11p m
PTF	Pomme de terre féculière	11p m
TBT	Tubercule tropical	11p m
LEC	Lentille cultivée (non fourragère)	11ls
PCH	Pois chiche	11ls
AIL	Ail	11lf
TOT	Tomate pour transformation	11lf
PAN	Panais	11lf
TOP	Topinambour	11lf
ART	Artichaut	11lf
AUB	Aubergine	11lf
FLA	Autre légume ou fruit annuel	11lf
FLP	Autre légume ou fruit pérenne	11lf
CAR	Carotte	11lf
CEL	Céleri	11lf
CES	Chicorée / Endive / Scarole	11lf
CHU	Chou	11lf
CCN	Concombre / Cornichon	11lf
CRN	Cornille	11lf
CMB	Courge musquée / Butternut	11lf
CCT	Courgette / Citrouille	11lf
CRS	Cresson	11lf
CRA	Cresson alénois de 5 ans ou moins	11lf
CSS	Culture sous serre hors sol	11lf
DOL	Dolique	11lf
EPI	Épinard	11lf
FRA	Fraise	11lf



HAR	Haricot / Flageolet	11lf
LBF	Laitue / Batavia / Feuille de chêne	11lf
LSA	Légume sous abri	11lf
MAC	Mâche	11lf
MRG	Marguerite	11lf
MLO	Melon	11lf
NVT	Navet	11lf
OIG	Oignon / Échalote	11lf
PAQ	Pâquerette	11lf
PAS	Pastèque	11lf
PPO	Petits pois	11lf
POR	Poireau	11lf
PVP	Poivron / Piment	11lf
POT	Potiron / Potimarron	11lf
RDI	Radis	11lf
ROQ	Roquette	11lf
RUT	Rutabaga	11lf
SFI	Salsifis	11lf
TOM	Tomate	11lf
MID	Maïs doux	11lf
GER	Géranium	11lf
HPC	Horticulture ornementale de plein champ	11lf
HSA	Horticulture ornementale sous abri	11lf
PSE	Pensée	11lf
PMV	Primevère	11lf
VER	Véronique	11lf
RVI	Restructuration du vignoble	12vi
VRC	Vigne : raisins de cuve	12vi
VRN	Vigne : raisins de cuve non en production	12vi
VRT	Vigne : raisins de table	12vi
OLI	Oliveraie	12ol
CAB	Caroube	12cq
CTG	Châtaigne	12cq
NOS	Noisette	12cq
NOX	Noix	12cq
PIS	Pistache	12cq
AGR	Agrume	12af
ANA	Ananas	12af
AVO	Avocat	12af
BCA	Banane créole (fruit et légume) - autre	12af
BCF	Banane créole (fruit et légume) - fermage	12af
BCI	Banane créole (fruit et légume) - indivision	12af
BCP	Banane créole (fruit et légume) - propriété ou faire valoir direct	12af
BCR	Banane créole (fruit et légume) - réforme foncière	12af
BEA	Banane export - autre	12af

BEF	Banane export - fermage	12af
BEI	Banane export - indivision	12af
BEP	Banane export - propriété ou faire valoir direct	12af
BER	Banane export - réforme foncière	12af
CBT	Cerise bigarreau pour transformation	12af
PVT	Pêche Pavie pour transformation	12af
PFR	Petit fruit rouge	12af
PWT	Poire Williams pour transformation	12af
PRU	Prune d'Ente pour transformation	12af
VRG	Verger	12af
VGD	Verger (DOM)	12af
CAC	Café / Cacao	12af
TCR	Taillis à courte rotation	12cp
TRU	Truffière (chênaie de plants mycorhizés)	12cp
PEP	Pépinière	12cp
CAE	Châtaigneraie entretenue par des porcins ou des petits ruminants	12cp
CEE	Chênaie entretenue par des porcins ou des petits ruminants	12cp
CID	Cultures conduites en interrangs : 2 cultures représentant chacune plus de 25%	12cp
CIT	Cultures conduites en interrangs : 3 cultures représentant chacune plus de 25%	12cp
CNE	Chênaie non entretenue par des porcins ou des petits ruminants	12cp
MCT	Miscanthus	11ci
J5M	Jachère de 5 ans ou moins	13jh
J6P	Jachère de 6 ans ou plus	13jh
J6S	Jachère de 6 ans ou plus déclarée comme Surface d'intérêt écologique	13jh
JNO	Jachère noire	13jh
SNE	Surface agricole temporairement non exploitée	13jh
SBO	Surface boisée sur une ancienne terre agricole	22bq
BOP	Bois pâturé	220
ROS	Roselière	410
MRS	Marais salant	41ms
SNA	Surface non agricole non visible sur l'orthophotographie	
ACP	Autre culture pérenne	12cp

Natura 2000 changement

usage_source	usage_source_nom	usage_INV
1110	tissu urbain (installations publiques et privées dominantes)	31bn
1120	zones industrielles commerciales et militaires	31bn
1210	réseaux routiers et espaces associés	31bn
1220	réseaux ferroviaires et espaces associés	31bn



1230	zones portuaires et espaces associes	31ba
1240	aeroport et espaces associes	31bn
1310	extraction des materiaux decharges et chantiers	31ba
1320	terres sans usage	310
1400	espaces vert urbain et equipements sportifs et de loisirs	320
2110	terres arables	100
2120	serres	100
2210	vignobles vergers et petits fruits	120
2220	oliveraies	12ol
2310	cultures annuelles associees a des cultures permanentes	100
2320	Systemes cultureux et parcellaires complexes	100
2330	Surfaces essentiellement agricoles interrompues par des espaces naturels importants	100
2340	agroforesterie	100
3110	foret naturelle et semi-naturelle de feuillus	21ff
3120	plantation de feuillus hautement artificielle	21ff
3210	foret de coniferes naturelle et semi-naturelle	21fc
3220	plantation de foret de conifere hautement artificielles	21fc
3310	foret mixte naturelle et semi naturelle	21fm
3320	plantation de foret mixte hautement artificielle	21fm
3400	Vegetation arbustive de transition et broussailles	22la
3500	haies et vegetation arbustives	220
3600	forets endommages	210
4100	prairies gerees	100
4211	prairies semi-naturelles avec plantes ligneuses (CCDsup30%)	22mq
4212	prairies semi-naturelles sans plantes ligneuses (CCDinf30%)	22la
4220	prairies alpines et sub-alpines	22pe
5100	bruyeres et landes	22la
5200	maquis alpin	22mq
5300	vegetation sclerophylle	22mq
6100	vegetation clairseme	22pe
6210	plages et dunes	42sn
6220	rives de rivières	41ea
6310	roches nues et debris rocheux	42sn
6320	zones incendiees (sauf foret)	220
6330	glaciers et neige eternelle	42gl
7110	Marais interieurs	41zh
7121	tourbieres exploitees	41tb
7122	tourbieres non exploitees	41tb
7210	Marais salants	41ms
7220	Saline	41ea
7230	Zones intertidales	41ea

8110	Cours d'eau naturels et seminaturels	41ea
8120	Cours deau artificiels et canaux	41in
8130	Cours deau saisonniers (bras morts)	41ea
8210	plans d'eau naturels et lacs	41ea
8220	Reservoirs	41in
8230	aquaculture	41in
8240	plans d'eau permanents des zones industrielles extractives	41in
8310	Lagunes littorales	41ea
8320	Estuaires	41ea
8330	Embouchures et fjords marins	41ea
8410	mer et ocean	41ea
8420	Eaux cotieres	41ea
No change	Pas de changement	No change
Non dispo	Non dispo	Non dispo

Natura 2000

usage_source	usage_source_nom	usage_INV
1110	tissu urbain (installations publiques et privees predominantes)	31bn
1120	zones industrielles commerciales et militaires	31bn
1210	reseaux routiers et espaces associes	31bn
1220	reseaux ferroviaires et espaces asscies	31bn
1230	zones portuaires et espaces asscociés	31ba
1240	aéroport et espaces associes	31bn
1310	extraction des matériaux decharges et chantiers	31ba
1320	terres sans usage	310
1400	espaces vert urbain et équipements sportifs et de loisirs	320
2110	terres arables	100
2120	serres	100
2210	vignobles vergers et petits fruits	120
2220	oliveraies	12ol
2310	cultures annuelles associees a des cultures permanentes	100
2320	Systemes culturaux et parcellaires complexes	100
2330	Surfaces essentiellement agricoles interrompues par des espaces naturels importants	100
2340	agroforesterie	100
3110	foret naturelle et semi-naturelle de feuillus	21ff
3120	plantation de feuillus hautement artificielle	21ff
3210	foret de coniferes naturelle et semi-naturelle	21fc
3220	plantation de foret de conifere hautement artificielles	21fc
3310	foret mixte naturelle et semi naturelle	21fm
3320	plantation de foret mixte hautement artificielle	21fm



3400	Vegetation arbustive de transition et broussailles	22la
3500	haies et vegetation arbustives	220
3600	forets endommages	210
4100	prairies gerees	100
4211	prairies semi-naturelles avec plantes ligneuses (CCDsup30%)	22mq
4212	prairies semi-naturelles sans plantes ligneuses (CCDinf30%)	22la
4220	prairies alpines et sub-alpines	22pe
5100	bruyeres et landes	22la
5200	maquis alpin	22mq
5300	vegetation sclerophylle	22mq
6100	vegetation clairseme	22pe
6210	plages et dunes	42sn
6220	rives de rivières	41ea
6310	roches nues et debris rocheux	42sn
6320	zones incendiees (sauf foret)	220
6330	glaciers et neige eternelle	42gl
7110	Marais interieurs	41zh
7121	tourbieres exploitees	41tb
7122	tourbieres non exploitees	41tb
7210	Marais salants	41ms
7220	Saline	41ea
7230	Zones intertidales	41ea
8110	Cours d'eau naturels et seminaturels	41ea
8120	Cours deau artificiels et canaux	41in
8130	Cours deau saisonniers (bras morts)	41ea
8210	plans d'eau naturels et lacs	41ea
8220	Reservoirs	41in
8230	aquaculture	41in
8240	plans d'eau permanents des zones industrielles extractives	41in
8310	Lagunes littorales	41ea
8320	Estuaires	41ea
8330	Embouchures et fjords marins	41ea
8410	mer et ocean	41ea
8420	Eaux cotieres	41ea

Corine Land Cover changement

usage_source	usage_source_nom	usage_INV
111	Tissu urbain continu	31ba
112	Tissu urbain discontinu	31bn

121	Zones industrielles ou commerciales et installations publiques	31bn
122	Reseaux routier et ferroviaire et espaces associes	31bn
123	Zones portuaires	31ba
124	Aeroports	31bn
131	Extraction de materiaux	31ba
132	Decharges	31ba
133	Chantiers	31ba
141	Espaces verts urbains	320
142	Equipements sportifs et de loisirs	31bn
211	Terres arables hors perimetres d'irrigation	100
212	Perimetres irrigues en permanence	100
213	Rizieres	100
221	Vignobles	12vi
222	Vergers et petits fruits	12af
223	Oliveraies	12ol
231	Prairies et autres surfaces toujours en herbe a usage agricole	100
241	Cultures annuelles associees a des cultures permanentes	100
242	Systemes culturaux et parcellaires complexes	100
243	Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants	100
244	Territoires agroforestiers	100
311	Forets de feuillus	21ff
312	Forets de coniferes	21fc
313	Forets melangees	21fm
321	Pelouses et paturages naturels	22pe
322	Landes et broussailles	22la
323	Vegetation sclerophylle	22mq
324	Foret et vegetation arbustive en mutation	210
331	Plages, dunes et sable	42sn
332	Roches nues	42sn
333	Vegetation clairsemee	22pe
334	Zones incendiees	210
335	Glaciers et neiges eternelles	42gl
411	Marais interieurs	41zh
412	Tourbieres	41tb
421	Marais maritimes	41zh
422	Marais salants	41ms
423	Zones intertidales	41ea
511	Cours et voies d'eau	41ea
512	Plans d'eau	41ea
521	Lagunes littorales	41ea
522	Estuaires	41ea
523	Mers et oceans	41ea



No change	Pas de changement	No change
-----------	-------------------	-----------

BD carto

usage_source	usage_source_nom	usage_INV
Prairie	Prairie	100
For<ea>t	Foret	210
Zone d'activit<e9>s	Zone dactivites	31bn
Eau libre	Eau libre	41ea
B<e2>ti	Bati	31ba
Carri<e8>re, d<e9>charge	Carriere decharge	31ba
Broussailles	Broussailles	22la
Glacier, n<e9>v<e9>	Glacier	42gl
Mangrove	Mangrove	21mg
Marais, tourbi<e8>re	Marais tourbiere	41zh
Marais salant	Marais salant	41ms
Rocher, <e9>boulis	Rocher eboulis	42sn
Sable, gravier	Sable gravier	42sn
Vigne, verger	vignes vergers	120

BD Forêts

usage_source_V1	Nom_BDFv1	usage_INV_V1
1	Futaie de feuillus	21ff
2	Futaie de conifères	21fc
3	Futaie mixte	21fm
4	Mélange de futaie feuillus et taillis	21ff
5	Mélange de futaie conifères et taillis	21fc
6	Taillis	21ff
30	Forêt ouverte	210
40	Lande	22la
50	Peupleraie	21fp
0	Autre (agri etc)	100
NA	non couvert	non couvert

usage_source_V2	Nom_BDFv2	usage_INV_V2
FF0	Foret fermee sans couvert arbore	210
FF1-00	Foret fermee de feuillus purs en ilots	21ff
FF1G01-01	Foret fermee de chenes decidus purs	21ff
FF1G06-06	Foret fermee de chenes sempervirents purs	21ff
FF1-09-09	Foret fermee de hetre pur	21ff
FF1-10-10	Foret fermee de châtaignier pur	21ff

FF1-14-14	Foret fermee de robinier pur	21ff
FF1-49-49	Foret fermee dun autre feuillu pur	21ff
FF1-00-00	Foret fermee a melange de feuillus	21ff
FF2-00	Foret fermee de coniferes purs en ilots	21fc
FF2-51-51	Foret fermee de pin maritime pur	21fc
FF2-52-52	Foret fermee de pin sylvestre pur	21fc
FF2G53-53	Foret fermee de pin laricio ou pin noir pur	21fc
FF2-57-57	Foret fermee de pin dAlep pur	21fc
FF2G58-58	Foret fermee de pin a crochets ou pin cembro pur	21fc
FF2-81-81	Foret fermee dun autre pin pur	21fc
FF2-80-80	Foret fermee a melange de pins purs	21fc
FF2G61-61	Foret fermee de sapin ou epicea	21fc
FF2-63-63	Foret fermee de meleze pur	21fc
FF2-64-64	Foret fermee de douglas pur	21fc
FF2-90-90	Foret fermee a melange dautres coniferes	21fc
FF2-91-91	Foret fermee dun autre conifere pur autre que pin	21fc
FF2-00-00	Foret fermee a melange de coniferes	21fc
FF31	Foret fermee a melange de feuillus preponderants et coniferes	21fm
FF32	Foret fermee a melange de coniferes preponderants et feuillus	21fm
FO0	Foret ouverte sans couvert arbore	210
FO1	Foret ouverte de feuillus purs	21ff
FO2	Foret ouverte de coniferes purs	21fc
FO3	Foret ouverte a melange de feuillus et coniferes	21fm
FP	Peupleraie	21fp
LA4	Lande	22la
LA6	Formation herbacee	22pe
NA	non couvert	non couvert

Recensement agricole

LAB_NIV3	ID_NIV3	LAB_RGA	GROUPE_RGA
blé tendre d'hiver	11bh	Blé tendre	blt
blé tendre de printemps	11bp	Blé tendre	blt
blé dur d'hiver	11dh	Blé dur	bld
blé dur de printemps	11dp	Blé dur	bld
orge d'hiver	11oh	Orge et escourgeon	orge
orge de printemps	11op	Orge et escourgeon	orge
avoine d'hiver	11ah	Avoine	avoine
avoine de printemps	11ap	Avoine	avoine
triticale d'hiver	11th	Triticale	triticale
triticale de printemps	11tp	Triticale	triticale
seigle d'hiver	11sh	Seigle	seigle



seigle de printemps	11sp	Seigle	seigle
maïs grain	11mg	Maïs-grain et maïs-semence	mgrain
sorgho	11so	Sorgho-Grain	sor
autres céréales	11xc	Mélanges et autres céréales	xcere
colza	11cz	Colza	colza
tournesol	11to	Tournesol	tourn
autres oléagineux	11xo	Soja	xolea
autres oléagineux	11xo	Lin oléagineux	xolea
autres oléagineux	11xo	Autres oléagineux	xolea
pois protéagineux	11pg	Pois protéagineux	pois
autres protéagineux	11xp	Fève, féverole	xprotea
autres protéagineux	11xp	Lupin doux	xprotea
plantes à fibres	11pf	Lin textile	paf
plantes à fibres	11pf	Chanvre y compris papier	paf
plantes à fibres	11pf	Autres plantes textiles	paf
betterave industrielle	11be	Betterave industrielle	betterave
autres cultures industrielles	11ci	Houblon	xindus
autres cultures industrielles	11ci	Tabac	xindus
autres cultures industrielles	11ci	Plantes médicinales, à parfum, aromatiques et condimentaires	xindus
autres cultures industrielles	11ci	Canne à sucre	xindus
autres cultures industrielles	11ci	Autres cultures industrielles	xindus
maïs fourrage	11mf	Maïs fourrage et ensilage	mfour
choux, racines et tubercules fourragers	11cf	Plantes sarclées fourragères	sarcfour
autres fourrages annuels	11xf	Autres fourrages annuels	xfour
prairies artificielles	132	Prairies artificielles	partif
prairies temporaires	131	Prairies temporaires	ptempo
prairies permanentes	140	Superficie toujours en herbe (STH)	pperm
pomme de terre	11pm	Pommes de terre et tubercules	pdt
légumes secs	11ls	Légumes secs	legsec
légumes ou fleurs	11lf	Légumes frais, fraises, melons	lof
légumes ou fleurs	11lf	Fleurs et plantes ornementales	lof
vignes	121	Vignes	vigne
oliveraies	122	Cultures permanentes entretenues	cperm
fruits à coque	123	Cultures permanentes entretenues	cperm
autres arbres fruitiers	124	Cultures permanentes entretenues	cperm
autres cultures permanentes	125	Cultures permanentes entretenues	cperm
autres cultures industrielles	11ci	Cultures à vocation énergétique	xindus
jachères	13jh	Jachères	jac
bosquet	221		exclus
Landes, maquis, clairières...	222		exclus
Autres zones humides (marais, tourbières non exploitées, roselières...)	414		exclus



Références

- [197] MAP/SCEES – Publications Agreste. « L'utilisation du territoire ».
- [204] GICC 2001 – Gestion des impacts du changement climatique, rapport CARBOFOR, juin 2004
- [206] Compte rendu de l'Académie d'Agriculture de France – Vol. 85, n°6, 1999
- [410] SSP – AGRESTE. Données téléchargeables sur : <http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/page-d-accueil/article/donnees-en-ligne>.
- [424] INRA INFOSOL – Données issues du réseau de mesures de la qualité des sols (RMQS), 2009
- [594] IGN - <http://inventaire-forestier.ign.fr/>
- [672] GIEC 2006 – Agriculture, foresterie et autres affectations des terres, Vol. 4.
- [673] IGN – ONF Suivi de l'occupation du sol et des changements d'occupation du sol entre 1990 et 2012, Novembre 2014.
- [719] INRA, Unité Infosol, Base de données géographique des sols de France, 1999.
- [721] Robert C. 2016, Comprendre les changements d'utilisation des terres en France pour mieux estimer leurs impacts sur les émissions de gaz à effet de serre. De l'observation à la modélisation. Thèse de doctorat en Géographie, Université Paris-Diderot, ADEME-CITEPA-LADYSS, 530p.
- [722] JRC, Cartes des zones climatiques, d'après le GIEC.
- [988] Sampère, J. 2017. Mise en place d'un protocole d'estimation des changements d'occupation des sols sur le territoire de France hexagonale. Mémoire de Master 2 Environnement : Dynamiques des territoires et des sociétés, sous la direction de M. Cohen et C. Robert. 94p.
- [993] Canaveira, P., Manso, S., Pellis, G., Perugini, L., De Angelis, P., Neves, R., Papale, D., Paulino, J., Pereira, T., Pina, A., Pita, G., Santos, E., Scarascia-Mugnozza, G., Domingos, T., and Chiti, T. (2018). Biomass Data on Cropland and Grassland in the Mediterranean Region. Final Report for Action A4 of Project MediNet.
- [996] Pignard, G. et J. L. Dupouey (2000). "Carbon stocks estimates for french forests." *Biology Agronomy Society and Environment* 4(4): 285-289
- [1024] Agreste (2015), L'utilisation du territoire en 2014 – Teruti-Lucas ; Chiffres & Données 229.
- [1025] Ballet B. (2018). Rénovation de l'enquête Teruti. 13e Journées de méthodologie statistique de l'Insee (JMS). 12-14 juin 2018.
- [1026] Amorich S., Mary A.n, Michel P., Mirouse B. L'enquête Teruti-Lucas. Présentation, 2012.
- [1202] Atlas des tourbières de l'université de Franche Comté – WWF. 2025
- [1229] 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4, Agriculture, Forestry and Other Land Use

[1275] M. Jonard, I. Caignet, Q. Ponette, M. Nicolas. Evolution du carbone des sols forestiers de France hexagonale – Détection et quantification à partir des données mesurées sur le réseau RENECOFOR. Rapport final. Juillet 2013

[1412] Mari, J.F., Gobillot, A., Benoît, M., 2018. Simulation temporelle et spatiale des changements d'occupation du sol par modélisation stochastique. Rev. Int. Geomat. 28, 219–242. <https://doi.org/10.3166/rig.2018.00051>



© Citepa 2026
www.citepa.org
infos@citepa.org
42, rue de Paradis
75010 PARIS