Guide d'utilisation d'ISOP

Version 10



MINISTÈRE
DE L'AGRICULTURE
ET DE L'ALIMENTATION
Liberté
Égalité
Fraternité

METEO FRANCE

INRAE

Table des matières

Table des matières....2
NOUVELLE VERSION DU GUIDE D'UTILISATION ISOP....3
1. INTRODUCTION – OBJECTIFS....4
2.1. Caractéristiques d'ISOP....5
2.1.1 Principe d'ISOP....5
2.1.2. Types de prairies....5
2.1.3. Aire géographique....5
2.1.4 Données en entrée du modèle....6
2.1.5 Fonctionnement d'ISOP....7
2.2. Le modèle STICS-prairies utilisé dans ISOP....8
2.2.1. Mode de fonctionnement....8
2.2.2. Adaptation de STICS pour la prairie....9
2.2.3. Modifications apportées par la V10 de STICS introduite dans ISOP en 2022....10
2.4. Les entrées du système ISOP....11
2.4.1. L'enquête sur les prairies du SSP....11
2.4.2. La base géographique des sols de France et les sols des RF....13
2.4.3. Les données météorologiques....15
2.4.4. Constitution de la base de données agro-pédologique....16
2.5. Les sorties du système ISOP....16
3. DIFFUSION DES RESULTATS ISOP....17
3.1. Le domaine de validité du modèle....17
3.2. Le support de diffusion des résultats....17
3.3. Présentation de quelques résultats....18
Pour aller plus loin....19
Annexe 1 - Liste des catégories de cultures selon la nomenclature RPG, par type de prairie suivie par ISOP....20
Annexe 2 - Liste des régions fourragères dans le champ d'ISOP, par région et département....22

NOUVELLE VERSION DU GUIDE D'UTILISATION ISOP

Le système ISOP - Informations et Suivi Objectif des Prairies - fournit des estimations de rendement des prairies temporaires et permanentes productives à l'échelle de la région fourragère (RF) à partir d'un modèle de simulation (STICS-Prairies). Il est opérationnel sur la France métropolitaine, y compris le pourtour méditerranéen mais hors petite couronne parisienne et Corse. Le système ISOP calcule les quantités de matière sèche cumulée par hectare au pas de temps journalier sur 209 RF. Les simulations sont effectuées lorsqu'un type de prairies donné – permanentes ou temporaires - couvre plus de 7 000 hectares RF hors pourtour méditerranéen, et plus de 2000 hectares pour la zone méditerranéenne (hors Corse). Les données climatiques d'altitude sont prises en compte lorsqu'elles sont disponibles. Les résultats des simulations sont sortis toutes les décades (à la date du 10, 20 et fin de mois) de février de l'année N à janvier de l'année N+1, par RF et type de prairies. Ils se composent d'un fichier de rendement brut en qt/ha, de 3 fichiers de rapport à la normale et de 2 cartographies de rapports à la normale. Cette normale correspond à la moyenne des estimations du modèle ISOP, calculée sur la période 1989-2018 (1er février 1989 au 31 janvier 2019). Le SSP réalise une publication sur le site Agreste au 20 de chaque mois, de mars à novembre, commentant ces rapports à la normale.

Une première version du dispositif ISOP, mise en production en 2000, a fait l'objet d'un guide d'utilisation publié dans la série Agreste Chiffres et Données (N°134 de mars 2001). Un guide pour présenter la version 2 du modèle a été réalisé en 2007 (Série D 150, Bureau des statistiques végétales et forestières du service de la statistique et de la prospective – SSP du Ministère en charge de l'agriculture). Enfin, la version 3 de ce guide a été publiée en 2010. Le présent guide documente la version d'ISOP basée sur la version 10 de STICS ; elle prend donc ce numéro d'ordre (V10). Cette nouvelle version d'ISOP a été mise en production à partir de février 2022.

Le système ISOP est le fruit d'une étroite collaboration entre Météo-France, l'INRAE et le SSP.

Toutes utilisations et publications des résultats ISOP doivent faire référence à ces trois organismes.

Mars 2022

Ce guide a été rédigé et établi sur la base des travaux conduits par : Anne-Laure Gibelin () et Franck Souverain () de Météo France, Pierre Cantelaube () , Jean-Louis Durand () , Gaëtan Louarn () , Patrice Lecharpentier ( ) , Thomas Poméon ( ) , Dominique Ripoche () , Françoise Ruget () , de l'INRAE, Loïc Strullu (trullu) auto-entrepreneur, et Alice Triquenot () du Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation.

1. INTRODUCTION – OBJECTIFS

Le mode d'exploitation des prairies est complexe. Elles peuvent faire l'objet de plusieurs coupes par an et d'une valorisation indirecte par les animaux. Elles sont également sensibles au déficit hydrique, conduisant à des pertes plus ou moins importantes selon les saisons et difficiles à chiffrer. Collecter auprès des agriculteurs une information objective sur le niveau de production des prairies est donc un exercice délicat.

Dans ce contexte, le SSP, service de la statistique et de la prospective du ministère en charge de l'agriculture, a initié au milieu des années 1990 une opération « information et suivi objectif des prairies » (ISOP), fondée sur la modélisation de la production fourragère. Reposant sur un partenariat étroit entre l'Institut National de Recherche pour l'Agriculture l'Alimentation et l'Environnement (INRAE), Météo-France et le SSP, cette opération s'étend à l'échelle de la France métropolitaine hors petite couronne parisienne et Corse. A travers l'opération de modélisation de la production fourragère, le SSP poursuit un double objectif :

- appréhender à l'aide d'un modèle le potentiel de production des prairies, selon les conditions climatiques de l'année, à une échelle suffisamment fine et pertinente (régions fourragères - RF),

- et fournir chaque mois des indicateurs de tendance, exprimés en rapport à une production de référence dite « normale ».

L'intérêt d'utiliser un modèle réside dans le fait que les estimations de production ne reposent pas sur des déclarations d'agriculteurs (subjectivité des réponses, coût de collecte annuelle de l'information) mais sur un outil de modélisation prenant en compte la diversité des climats, des terroirs et des systèmes de production des prairies. Ce modèle permet également de suivre l'évolution de la production tout au long de la campagne.

Le dispositif ISOP est donc un outil de modélisation mis au service des statisticiens pour les aider dans l'élaboration de leurs estimations de production. Il s'agit d'une source d'informations, au même titre que toutes celles dont ils disposent par ailleurs. L'estimation annuelle des niveaux de production des prairies par le SSP (diffusé dans la Statistique Agricole Annuelle) résulte d'une expertise locale des statisticiens régionaux à partir de ces diverses informations. Compte tenu du niveau d'erreur imputable au modèle et aux données qui y sont associées, ISOP ne doit en aucun cas se substituer à l'expertise du statisticien.

La première version du dispositif ISOP a été mise en production en 2000. Elle a fait l'objet d'un guide d'utilisation publié dans la série Agreste Chiffres et Données (N°134 de mars 2001). Des corrections ont été apportées en 2004, suite à des dysfonctionnements constatés après la sécheresse de 2003. Une deuxième version d'ISOP, mise en production à partir de la campagne 2007, a fait l'objet d'un guide (série D n°150) publié en octobre 2007. La troisième version d'ISOP, déployée en 2010, ne concernait que l'extension du champ géographique à la zone méditerranéenne. Le modèle de simulation restait identique et les données entrantes dans le processus de modélisation (sols, météo et pratiques) ne changeaient pas.

Cette quatrième édition du guide documente les modifications apportées au modèle ISOP à l'occasion de sa montée de version majeure en 2022. Ce travail de mise à jour s'est appuyé sur l'analyse de l'ensemble des observations remontées du terrain et des services régionaux depuis la mise en service de la V3 d'ISOP. Ces remontées ont fait apparaître des difficultés liées à des questions de représentativité des données météorologiques, des écarts parfois inattendus entre régions voisines, des difficultés du modèle à simuler les déficits hydriques, et enfin des difficultés à restituer correctement à l'automne certains arrières effets de la sécheresse estivale.

A l'occasion de cette mise à jour, trois ensembles de modifications ont été apportées au système ISOP :

- (i) Mise à jour du code STICS hébergé par le système ISOP : la version 10 de STICS remplace la V3 utilisée dans ISOP jusqu'à la campagne 2021 incluse. Cette V10 de

STICS apporte notamment des améliorations concernant l'impact du climat sur la production des prairies ;

- (ii) Mise à jour des séries météorologiques avec une prise en compte de l'altitude météorologique représentative permettant de réaliser des simulations par tranche d'altitude de 500 mètres dans certaines RF. Les données météorologiques n'ont pas changé : elles sont toujours issues d'une grille à 0.125 ° établie par Météo-France par spatialisation de son réseau de mesures ;
- (iii) Mise à jour des surfaces de prairie par RF.

2. PRESENTATION DU DISPOSITIF ISOP

2.1. Caractéristiques d'ISOP

2.1.1 Principe d'ISOP

Le dispositif ISOP repose sur le modèle de croissance STICS (BRISSON & *al.*, 1998) appliqué aux prairies (RUGET *et al.*, 2001 ; RUGET *et al.*, 2006) associé à une base de données agro-pédoclimatique.

Il permet d'estimer le potentiel de production des prairies à l'échelle de la RF, c'est-à-dire à une échelle suffisamment fine pour prendre en compte les propriétés des sols et de pratiques présents dans la zone. Chaque RF est constituée d'un regroupement de communes et représente une aire géographique relativement homogène d'un point de vue des conditions pédo-climatiques et des modes de conduite des prairies. L'irrigation des prairies ne concernant qu'une surface très réduite, elle n'a pas été prise en compte dans le modèle.

2.1.2. Types de prairies

Le dispositif ISOP a été conçu pour modéliser 3 types de prairies : les prairies artificielles, temporaires ou permanentes productives (hors STH peu productive). Les résultats de simulation relatifs aux prairies artificielles sont stockés depuis 2004 à titre indicatif mais ne sont pas diffusés, les données pédologiques étant moins bien adaptées à ce type de prairies. En l'absence de données de validation satisfaisantes, et quoique la V10 de STICS soit implémentée pour la luzerne, cette décision a été conservée pour la nouvelle version V10 d'ISOP.

Ainsi, seules sont modélisées les prairies temporaires ou permanentes productives (production supérieure à 1500 Unités Fourragères). Les parcours et alpages, les surfaces en herbe peu productives (estives et landes) ont été exclues car peu concernées par les problèmes de productivité. De plus, l'estimation des paramètres climatiques à des altitudes de plus de 1000 mètres demeure délicate.

Deux types de prairie
- Prairies Temporaires (code 47):
Semées depuis moins de 6 ans en graminées fourragères (ray-grass d'Italie ou hybride, ray grass anglais, dactyle, fétuque, fléole etc.) pures ou associées à des légumineuses. Exploitable en fauche et/ou pâture. Leur flore est composée d'au moins 20 % de graminées semées. Le calcul ne prend pas en compte le pourcentage de légumineuses, mal renseigné.

- Prairies Permanentes productives (code 48):
D'origine semées (prairies temporaires de 6 ans et plus) ou d'origine naturelle (très anciennes ou prairies artificielles semées depuis plus de 10 ans). Leur productivité est estimée supérieure à 1 500 unités fourragères/ha. Exploitable en fauche et/ou pâture. Les proportions de légumineuses, très mal renseignées, ne sont pas prises en compte.

2.1.3. Aire géographique

Le dispositif ISOP couvre la France métropolitaine hors petite couronne parisienne et Corse. Les cinq départements hors du champ d'étude en raison de la faible importance des prairies sont la Corse, Paris, les Hauts-de-Seine, la Seine-Saint-Denis et le Val-de-Marne.

Le domaine d'étude a été défini en fonction de l'importance des prairies. Initialement découpé en 200 RF, il comprend, depuis 2010, 209 RF simulées. Ce découpage a été conservé dans cette nouvelle version d'ISOP (Fig 1) : une analyse poussée de l'effet des variations d'altitude au sein des RF a confirmé qu'elles jouaient un rôle modéré sur la production des prairies, dans un nombre très limité de régions. Il n'est donc pas apparu opportun de découper certaines RF selon l'altitude.

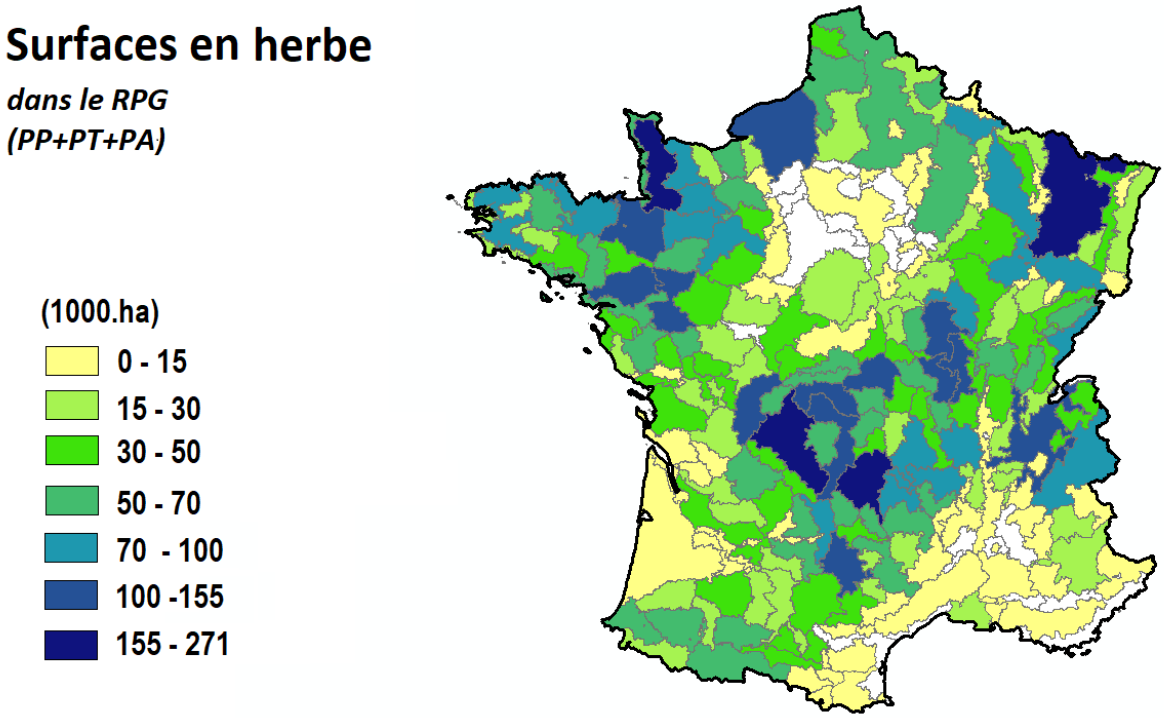
Au sein de chaque RF, les surfaces relatives de prairies permanentes, temporaires, et les fréquences de coupes et la fertilisation associées ont été mises à jour selon la moyenne des surfaces déclarées dans les campagnes RPG de 2015 à 2018. De ces surfaces ont été exclues les estives et landes.

Tous les types de prairie ne sont pas systématiquement pris en compte dans chaque RF : un seuil initial de surface minimale a été fixé à 2 000 hectares en 1998, seuil en deçà duquel les superficies ne sont plus significatives. Ainsi, sur les 228 RF métropolitaines, 19 RF ont été écartées du champ ISOP (codées 1101, 1103, 1108, 2107, 2408, 2412, 2416, 2514, 2619, 2622, 8210, 8218, 8227, 9100, 9108, 9114, 9300, 9355, 9371). Le modèle ISOP fournit donc des résultats sur 209 RF au total.

Après application du seuil de 2 000 hectares, les simulations portent sur 12 RF pour les prairies artificielles, 82 RF pour les prairies temporaires et 207 RF pour les prairies permanentes.

Compte tenu de l'évolution des superficies en prairies, il est possible que ce seuil minimal ne soit plus respecté dans certaines RF.

Figure 1 : carte des régions fourragères dans le champ d'ISOP



Source : Registre Parcellaire Graphique (RPG) 2020 (ASP et IGN)

2.1.4 Données en entrée du modèle

Le dispositif comprend quatre séries de données d'entrée : les données climatiques journalières du réseau de Météo-France, les données de sols au 1/1 000 000ème fournies par l'INRAE d'Orléans, les données sur les pratiques culturales issues de l'enquête sur les prairies réalisée par le SSP en 1998, et

la répartition des prairies par altitude, qui dans cette nouvelle version sert pour la pondération des simulations unitaires.

Afin de mieux caractériser le climat de la RF, l'altitude des prairies est calculée sur la base du RPG 2018 (source : ASP et IGN, 2020). L'échelle spatiale du RPG est la parcelle agricole. Les types de prairies sont distinguées par la culture déclarée sur la parcelle : la liste des cultures retenues par type de prairie, selon la nomenclature du RPG, est précisée en Annexe 1.

Pour estimer les altitudes moyennes des prairies dans les RF, la 1ère étape consiste à calculer l'altitude de chaque parcelle déclarée en prairie (la campagne RPG 2018 a été utilisée).

Les données d'altitudes proviennent du Modèle Numérique de Terrain (MNT) à la résolution spatiale de 25 mètres de l'IGN : la BD ALTI® (IGN, 2017).

A chaque parcelle sont donc attribuées (unité = mètre) :

- l'altitude maximale de la parcelle (= valeur maximale des cellules du MNT qui composent la parcelle)
- l'altitude minimale de la parcelle (= valeur minimale des cellules du MNT qui composent la parcelle)
- l'altitude moyenne de la parcelle (= valeur moyenne des cellules du MNT qui composent la parcelle, issue des « statistiques zonales » [1])

Une fois les parcelles rattachées à une unique RF (via la commune, la RF étant construite par regroupement de communes), les altitudes maximales, minimales et moyennes des prairies (part type de prairies) dans les RF sont calculées ainsi :

- l'altitude maximale = maximum des altitudes maximales des parcelles de la RF
- l'altitude minimale = minimum des altitudes minimales des parcelles de la RF
- l'altitude moyenne = moyenne (pondérée par la surface des parcelles) des altitudes moyennes des parcelles de la RF.

Ces données d'entrée sont intégrées au modèle STICS-prairies (présenté figure 2, page suivante).

S'agissant de l'usage des données pédologiques, 150 types de sol sont définis dans ISOP, chaque RF en contenant cinq au plus.

2.1.5 Fonctionnement d'ISOP

Les estimations de production sont fournies par RF et par type de prairie, sous forme de quantités de matière sèche cumulée depuis le 1er février (quintaux/ha).

Elles sont produites tout au long de l'année en fonction des données météorologiques de l'année en cours, et sont comparées à une production de référence (dite "normale") : cette production normale correspond à la moyenne, par RF, des productions estimées par ISOP sur la série climatique 1989-2018. Un indice correspondant au ratio entre la production de l'année et la production normale est calculé en % pour chaque jour, chaque type de prairie et chaque RF.

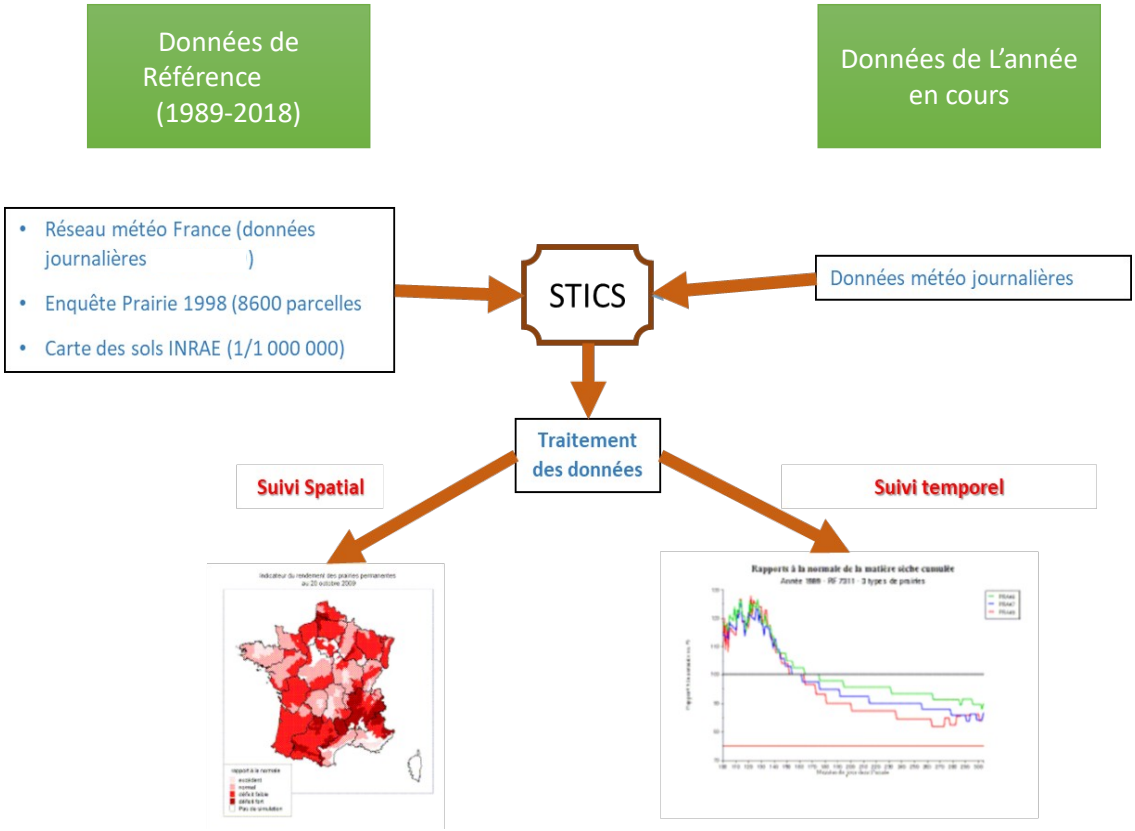
Le système ISOP fonctionne en continu tout au long de l'année au pas de temps journalier. Le cycle de production donnant lieu à une diffusion des résultats s'échelonne du 1er février au 20 novembre, date retenue pour la production annuelle cumulée. Les résultats sont édités au pas de temps mensuel, de mars à novembre, pour les besoins du SSP (situation au 20 de chaque mois) sous forme d'un indicateur exprimant le rapport entre la production cumulée de l'année en cours et la production de

1 *Statistiques zonales : Outil de géo-traitement SIG qui permet de calculer les valeurs d'un raster (ici le MNT) à l'intérieur de zone d'une autre couche de données géographiques (ici la parcelle RPG). La moyenne est donc calculée comme la moyenne de toutes les valeurs (les altitudes) des cellules/pixels du raster appartenant à une même parcelle. C'est donc une moyenne pondérée et non une simple moyenne des altitudes maximales et minimales.*

référence à la même date. Ces résultats sont publiés par le SSP sous forme de cartes présentées dans des Infos Rapides, sur le site Agreste.

La figure 2 page suivante présente l'architecture d'ISOP, avec les différentes données en entrée et simulations en sortie.

Figure 2 – Architecture d'ISOP



Source : Météo-France, INRAe, SSP

Le suivi temporel au pas de temps journalier est utilisé si nécessaire, pour expertiser le comportement du système en cas de dysfonctionnement constaté et tout particulièrement pour relativiser les écarts à la référence par rapport à la valeur absolue de la quantité de fourrage cumulée depuis le début de l'année.

2.2. Le modèle STICS-prairies utilisé dans ISOP

2.2.1. Mode de fonctionnement

Le principal objectif du modèle STICS est de simuler les conséquences des variations du milieu et du système de culture sur la production d'une parcelle agricole. L'originalité de ce modèle réside dans son caractère modulaire et générique, pouvant s'adapter facilement à divers types de plantes.

STICS est un modèle dynamique basé sur les fonctions de production de base (bilan d'énergie, conversion du rayonnement absorbé en biomasse, extraction d'eau et d'azote, minéralisation, …), à pas de temps journalier, qui simule le comportement du système sol-culture-atmosphère au cours

d'une année. Les grands processus simulés sont le développement de la culture, ainsi que les bilans hydrique et azoté. Le sol et l'itinéraire technique associés à chaque culture et chaque type de gestion de l'herbe sont définis une fois pour toutes dans chaque RF. Les variables d'entrée du modèle sont relatives au climat (rayonnement, températures minimale et maximale, pluie, évapotranspiration potentielle ou éventuellement vent et humidité), au sol et au système de culture. Ses variables de sortie sont relatives à la production (quantité et qualité), à l'environnement et à l'évolution des caractéristiques du sol sous l'effet de la culture.

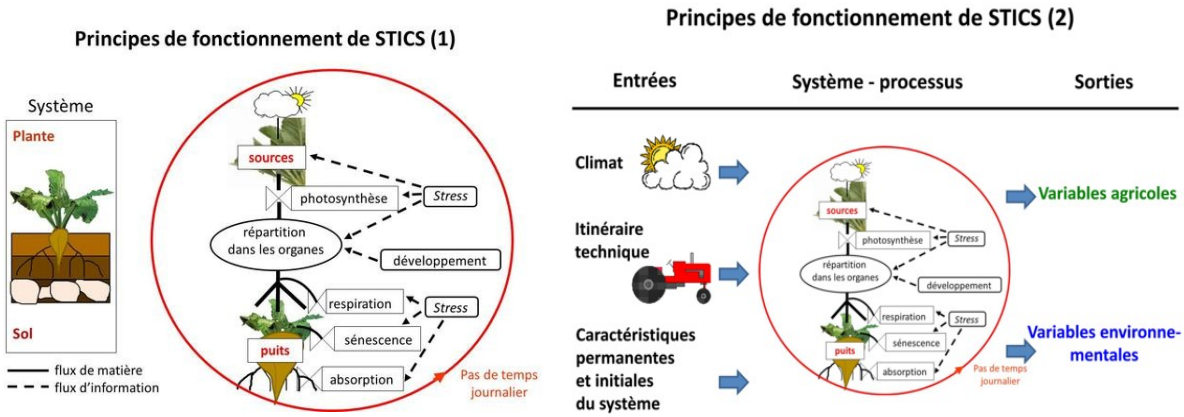
Le modèle STICS est organisé en modules (Figure 3), chaque module faisant appel à un certain nombre de sous-programmes (ou sous-modules) traitant de mécanismes spécifiques.

2.2.2. Adaptation de STICS pour la prairie

Le modèle STICS permet par modification de fichiers de paramètres d'entrée et l'activation de modules particuliers à la culture, de simuler la production et les variables environnementales impactées pour un très grand nombre d'espèces. La version de STICS a été adaptée à la prairie en se basant sur le fonctionnement des graminées par :

- la prise en compte de coupes à des dates, des sommes de températures ou des stades choisis ;
- la prise en compte de la sénescence du couvert, c'est-à-dire la disparition progressive de la matière sèche des feuilles âgées à partir d'une certaine somme de température ;
- les conditions de redémarrage après une coupe : les nouvelles conditions d'initialisation de la culture portent sur l'indice foliaire et la matière sèche présents, le stade de développement (définissant la vitesse de démarrage), les fertilisations associées aux coupes ;
- d'un point de vue informatique, ces sorties ont été adaptées pour que l'on puisse obtenir des bilans de chaque repousse et des estimations de matière sèche récoltable, compte tenu de la matière sèche « résiduelle », laissée sur le terrain.

Figure 3 : Principes de fonctionnement de STICS, organisation des modules et des variables en entrée et sortie du modèle

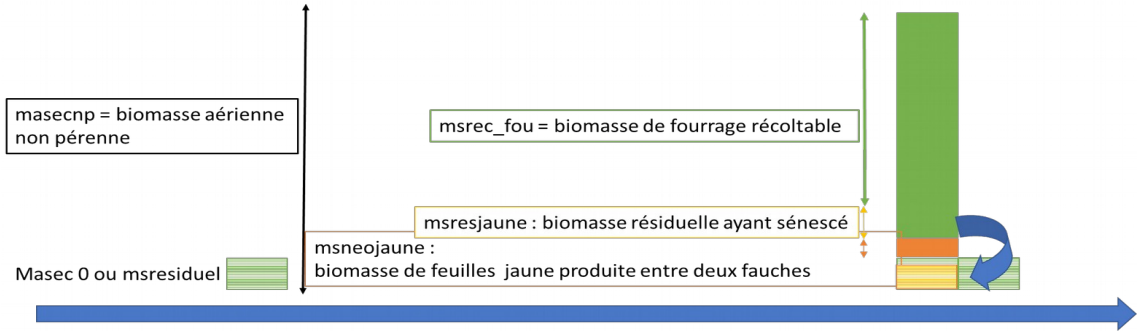


Source : INRAe, 2021

L'évolution dynamique des différents compartiments actifs est représentée dans la figure 4. Le compartiment de matière sèche résiduelle (msresiduel) est initialisé à la coupe au même niveau et pris sur la biomasse formée au cours de la repousse (msrec_fou). Au cours de la repousse suivante, cette biomasse résiduelle sénesce et alimente un compartiment de « feuilles jaunes » auquel s'ajoute la partie de la biomasse néoformée ayant elle-même sénescé au cours de la repousse (msneojaune). La masse totale de biomasse sur pied est donc susceptible de diminuer entre deux coupes éloignées l'une

de l'autre si la production brute est très faible et inférieure à la sénescence. Par ailleurs, à chaque date le ratio entre la biomasse produite et la biomasse cumulée de référence au 20 novembre est calculée, et le pourcentage permet de classer la production entre des situations de productions excédentaires, normales, faiblement déficitiaires et fortement déficitaires.

Figure 4 : Compartiments de STICS et leur changement d'état entre deux coupes successives



Source : INRAe, 2021

2.2.3. Modifications apportées par la V10 de STICS introduite dans ISOP en 2022

Les principales fonctions du modèle sont décrites dans Brisson et al (2009)[2].

Les fichiers décrivant les caractéristiques des plantes fourragères en terme de sensibilité aux stress (réponse de la croissance à la sécheresse, à la température, au gel, à la nutrition azotée…) sont identiques pour les prairies temporaires et permanentes, dominées par les mêmes espèces. Ils correspondent à une graminée standard du fichier grass_plt.xml de STICS. Il s'agit d'un modèle de graminée pérenne.

La durée de vie des feuilles est affectée par le processus de sénescence défini par une durée de vie moyenne des feuilles. Cette durée est en outre réduite en cas de gel.

La croissance des racines à été ajoutée pour moduler la réserve utile réelle avec un profil racinaire dans le sol montrant une décroissance de la densité (cm cm-3) entre un maximum à la surface et 0 à la profondeur d'enracinement. Cette densité peut varier en prenant en compte la sénescence entre les coupes. Le développement de la végétation se ralentit sous l'effet négatif des températures excessives.

Certains des paramètres liés à la simulation de l'effet des stress sur la croissance et le développement de la culture ont été modifiés pour réduire des écarts entre certains retours de terrains et les impacts simulés. Il s'agit en particulier de la réponse au stress hydrique pour mieux prendre en compte l'effet d'un stress hydrique ainsi que la dynamique de croissance pendant un stress hydrique estival, et la dynamique de repousse à la suite du retour des pluies.

Par rapport à la version antérieure toujours, les itinéraires techniques pour les prairies de type 47 et 48 ont été modifiés en ce qui concerne :

- la valeur de l'indice foliaire restant après une fauche (m^2 de feuilles vertes par m^{-2} de sol) qui varie désormais en fonction de l'intervalle entre deux fauches : plus l'intervalle entre deux fauches est court, plus l'indice foliaire résiduel est élevé ;
- la biomasse de fourrage récoltable minimale qui est nécessaire pour déclencher une fauche.

2 Conceptual Basis, Formalisations and Parameterization of the Stics Crop Model, *Nadine Brisson-Cohen, Marie Launay, Bruno Mary, Nicolas Beaudoin . Edition QUAE – 2009.*

Les options de simulation spécifiques à la version 10 du modèle ont été activées lorsque cela était possible, c'est-à-dire lorsqu'un paramétrage des plantes était disponible, ou lorsque cela permettait d'améliorer le comportement du modèle.

D'autres options disponibles n'ont en revanche finalement pas été activées pour différentes raisons :

- la simulation de l'effet de la neige sur la couverture de la végétation pourrait être opportune pour les RF avec des zones montagneuses mais les formalismes sont encore à améliorer ;
- la simulation de remontées capillaires ou de l'anoxie *via* la simulation de la macroporosité du sol n'ont pas été activées car le paramétrage à l'échelle d'une RF n'est pas réaliste;
- les options de simulations qui permettent la gestion des réserves azotées et carbonées et de leur répartition dynamique n'étaient pas paramétrées pour les graminées fourragères et n'ont donc pas été utilisées.
- Enfin, du fait de la difficulté de prendre cet effet en compte dans la modification des données de références, la valeur de la concentration atmosphérique en CO_2 est restée fixée à celle de 1998.

2.4. Les entrées du système ISOP

La conception du système ISOP repose sur trois types d'entrées : des données agronomiques (pratiques culturales), des données météorologiques et des données pédologiques. Ces entrées ont été rassemblées et traitées à partir de trois sources d'information : l'enquête sur les prairies du SSP (de 1998), la base de données des sols de l'INRAe et le réseau de stations météorologiques de Météo-France.

2.4.1. L'enquête sur les prairies du SSP

Millésime de l'enquête utilisée

Une enquête sur les prairies, étendue à l'ensemble du territoire concerné par le dispositif ISOP, a été réalisée en 1998. Les données relatives aux pratiques d'exploitation des prairies issues de cette enquête sont utilisée dans ISOP.

A l'occasion de la montée de version d'ISOP en 2021, la question s'est posée de mettre à jour ces données à partir d'une enquête plus récente du SSP : l'enquête sur les pratiques culturales en grandes cultures et prairies de 2017. Celle-ci n'a pas été conçue en recherchant une représentativité à l'échelle des RF, mais seulement des (anciennes) régions administratives. Ceci dit, l'analyse des données de cette enquête dans les zones enquêtées a permis de tirer plusieurs enseignements sur l'évolution des pratiques entre 1998 et 2017 : les doses de fertilisation azotée ont tendu à être réduites par rapport à la situation antérieure, l'intervalle entre fauches s'est réduit, et la première coupe semble plus précoce.

Les données de l'enquête de 2017 n'étant pas suffisamment représentatives pour toutes les RF, les effets de mises à jour des pratiques depuis 1998 concernant la fertilisation et la fréquence d'utilisation de la prairie ont été simulés pour uniquement 14 RF test. La référence 1989-2018 a été aussi recalculée selon ces pratiques modifiées. L'impact de la durée entre deux fauches s'est avéré négligeable tant sur les rendements et donc que sur les ratios. La baisse de fertilisation observée dans l'enquête récente a eu un effet un peu plus important sur le rendement (une baisse de l'ordre de 90 qx/ha/an) mais aussi très faible sur les ratios (de l'ordre de 4 %). A été également simulée l'impact de la modification de la répartition des pratiques observée dans les enquêtes, pour chaque type de prairie et au sein des RF. Là non plus les différences ont paru très faibles.

Au final, et dans la mesure où d'une part les impacts ont paru faibles, et où d'autre part l'enquête ne permet pas d'être représentative pour un nombre significatif de RF, il a été décidé de conserver la répartition des pratiques selon la version antérieure dans la version actuelle d'ISOP.

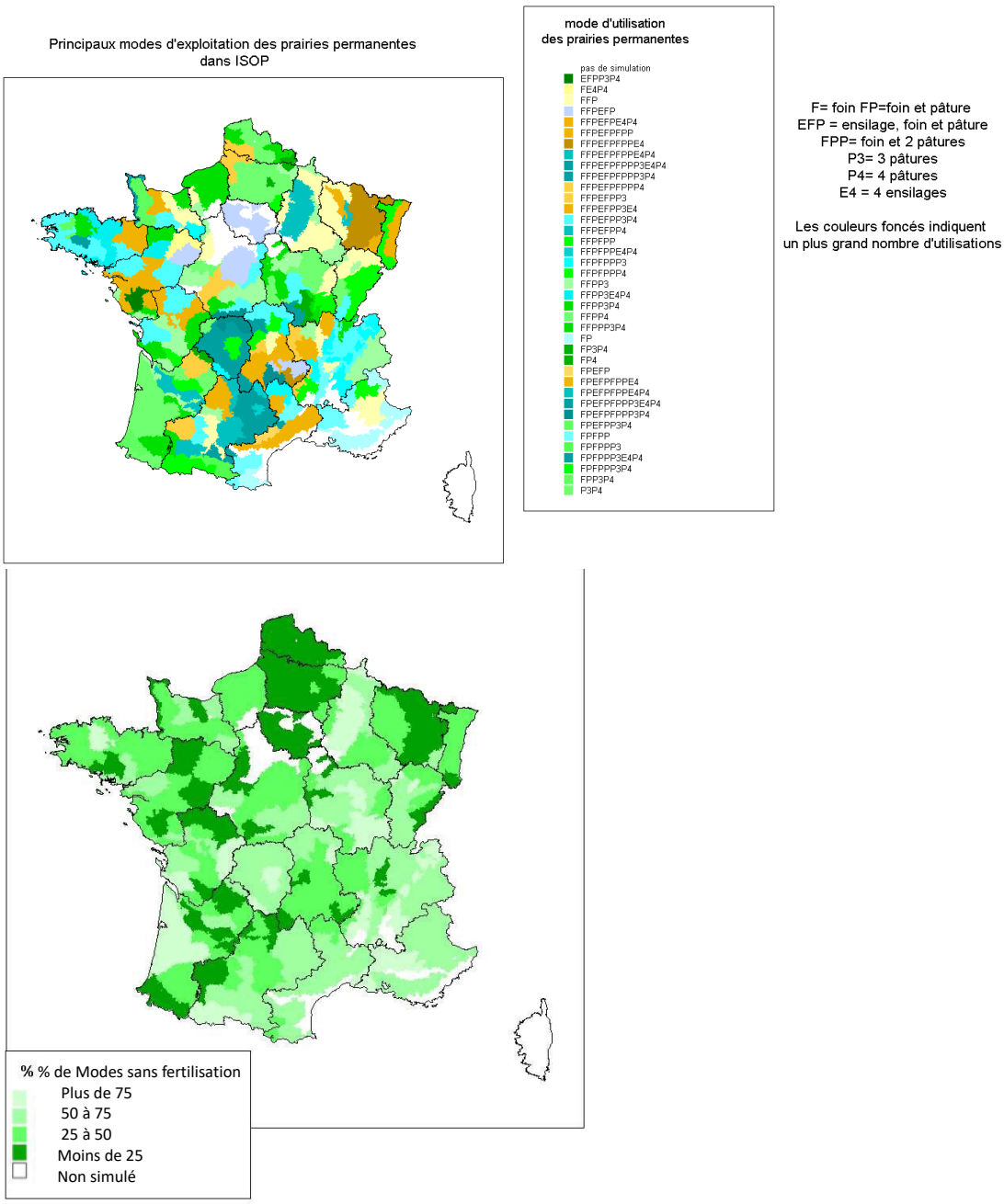
Utilisation des données de l'enquête prairie pour caractériser les pratiques

Les données de l'enquête SSP de 1998 sont collectées à la parcelle culturale sur un questionnaire spécifique. Les parcelles en prairie sont soit générées à partir d'un tirage de points de l'enquête du SSP sur l'occupation du territoire (TERUTI), soit désignées par l'exploitant lui-même, sous réserve de

remplir certaines conditions de localisation et de couvert végétal (cf. Chiffres et données Agreste-N°134-mars 2001).

Ces données fournissent, directement ou après calcul, les paramètres d'entrée du modèle STICS-prairies. Pour certains des paramètres considérés - quantités initiales d'azote dans la plante (indice de nutrition azotée) - seules les valeurs moyennes à l'échelle de la RF sont prises en compte. Les autres paramètres, analysés par parcelle, portent essentiellement sur le mode de conduite des prairies, en particulier sur les apports d'azote en cours d'année, les modes de récolte (pâture, ensilage, foin) et la fréquence des coupes.

Figure 5 – Principaux modes de fertilisation des prairies permanentes



Source : guide d'utilisation d'ISOP V3, INRAe

Le plan de sondage a été établi à l'échelle de la RF en fonction de l'importance des surfaces en prairie. Ces dernières ont été estimées à partir de l'enquête TERUTI de l'année (N-1), soit en 1997. L'enquête

a porté sur les prairies artificielles, temporaires et permanentes productives uniquement lorsque les surfaces correspondantes de chaque type de prairie dépassent 7 000 hectares par RF. Les modalités de tirage ont été établies de manière à obtenir environ 30 parcelles d'un type de prairie donné dans chacune des RF. L'échantillon de l'enquête prairies 1998 comprend 8 643 parcelles, dont 3% en prairies artificielles, 30% en prairies temporaires et 60% en prairies permanentes.

L'indice de nutrition azoté initial, correspondant aux quantités d'azote présentes dans la plante lors de la reprise de végétation, est estimé à partir des données d'enquête (cf. Chiffres et données Agreste-N°134-mars 2001). Les modes d'exploitation des prairies sont caractérisés par la combinaison entre un niveau de fertilisation azotée et un mode d'utilisation. Le choix a été fait de traduire les modes d'utilisation en intervalles entre coupes et leur enchaînement en séquences d'utilisation. Les résultats de l'enquête ont fait apparaître une grande diversité des pratiques, d'où la nécessité de regrouper les modes les plus ressemblants. On aboutit ainsi à la définition de 30 modes d'exploitation sur l'ensemble du champ géographique d'ISOP.

Pour les prairies temporaires et permanentes, qui se distinguent par leur âge, l'hypothèse a été faite que la différence de productivité provenait essentiellement des différences de modes d'exploitation (nombre de coupes, niveaux de fertilisation).

Certains modes d'exploitation sont spécifiques à un type de prairie. Pour les prairies permanentes, les modes d'exploitation les plus fréquents correspondent à un faible nombre de coupes avec peu de fumure azotée, tandis que le nombre de coupes est plus élevé sur les prairies temporaires.

Chaque parcelle enquêtée est affectée d'un mode d'exploitation selon ses caractéristiques. Les différents modes d'exploitation sont ensuite comptabilisés par type de prairie dans chacune des RF. On en déduit ainsi la fréquence d'apparition des 30 modes d'exploitation par type de prairie et par RF.

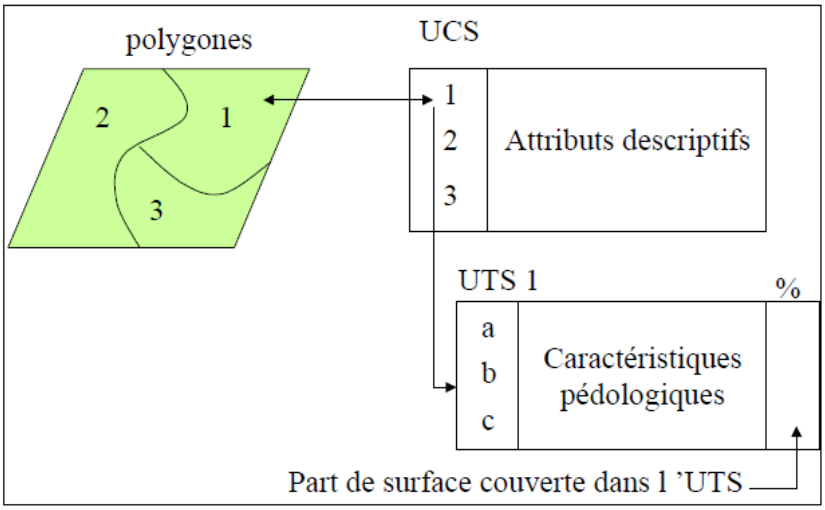
La carte de la figure 5 présente les modes d'exploitation les plus fréquents, en prairie permanente, pour chaque RF. Les couleurs sont d'autant plus claires que le niveau de fertilisation est bas. Les modes d'utilisation commençant par un foin (F) sont en couleurs chaudes, ceux commençant par un ensilage (E) sont en jaune, ceux commençant par un pâturage (P) sont en couleurs froides (vert ou bleu). La légende contient les modes d'utilisation, puis les niveaux de fertilisations en cours d'année. Par exemple, le mode « F 50 50 0 » correspond à une coupe de foin avec 50 unités d'azote par hectare en sortie d'hiver, 50 unités lors de la première coupe et aucun apport par la suite.

2.4.2. La base géographique des sols de France et les sols des RF

La Base de données Géographique des Sols de France à l'échelle du 1/1 000 000 est la seule source de données spatialisées sur les sols qui couvre l'ensemble du territoire français. Elle est constituée de deux ensembles de données (figure 6) :

- les Unités Cartographiques de Sol (U.C.S.) qui regroupent les polygones ayant même répartition des sols. Ces UCS sont géoréférencées ;
- les Unités Typologiques de Sol (U.T.S.) qui décrivent les types de sol par un certain nombre de caractéristiques pédologiques. Les U.T.S., non géoréférencés, sont regroupées au sein des U.C.S. en précisant le pourcentage de surface de l'U.C.S. qu'elles recouvrent.

Figure 6 - structure de la Base de données Géographique des Sols de France à 1/1 000 000



Source : guide d'utilisation d'ISOP V3, INRAe

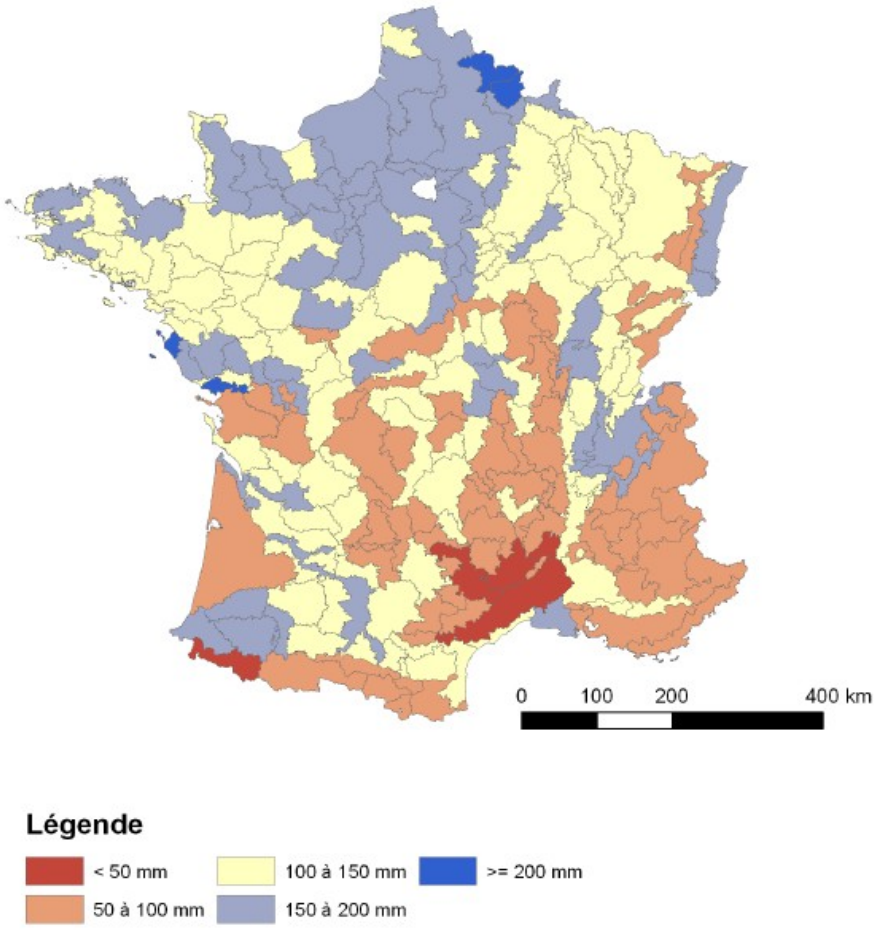
Les variables descriptives des sols sont donc disponibles uniquement au niveau des U.T.S. (cf Figure 6). Les variables d'entrée du modèle STICS-prairies utilisées pour le dispositif ISOP portent sur la profondeur du sol, la réserve en eau utile (Figure 7), la profondeur d'humification, la densité apparente, la teneur en argile, l'albédo, la teneur en carbonate de calcium et en azote organique. Aucune de ces variables n'est directement disponible dans la base de données des sols de France au 1/1 000 000. La plupart ont été estimées à partir de règles de pédotransfert, à l'exception de la teneur en azote organique et de la profondeur d'humification qui ont été fixées a priori. Les règles de pédotransfert permettent d'estimer les variables non disponibles, par dire d'expert ou par des formules empiriques, à partir des variables présentes dans la base de données. Pour sélectionner ensuite les unités de sol à prendre en compte dans les simulations, plusieurs opérations ont été nécessaires :

- croiser la base de données des sols de France avec le découpage des RF ;
- puis simplifier la base de données en regroupant les types de sol ayant des caractéristiques proches (constitution d'unités de sol) ;
- et enfin sélectionner les unités de sol les plus représentatives de chaque RF.

Pour la dernière étape, ont été retenues les unités de sol les plus importantes jusqu'à atteindre 50% de la surface de la RF (pourcentages cumulés, en complétant cette sélection si nécessaire, pour obtenir au moins 5 unités de sol par RF, celles-ci représentant chacune plus de 5% de la surface totale.

La carte des réserves utiles moyennes par RF (Figure 7) correspond aux valeurs moyennes des réserves utiles de chaque unité de sol pondérées par le poids des unités au sein de la RF (poids mesuré par la part de superficie représentée).

Figure 7 – Réserve utile moyenne des régions fourragères d'après la base de données géographique des sols de France à 1/ 1 000 000. Version 3.2.8.0 du 10/09/1998



Source : Unité Infosol, INRAe

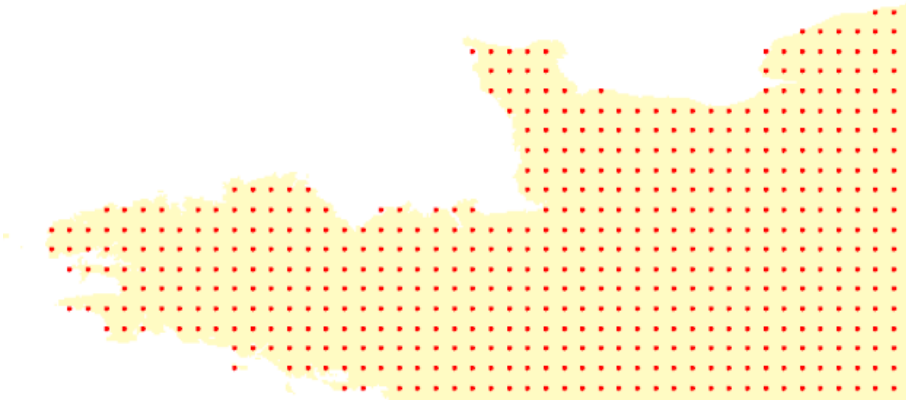
2.4.3. Les données météorologiques

Le dispositif ISOP nécessite de disposer des valeurs quotidiennes de 5 paramètres météorologiques relevés ou estimés: températures minimale et maximale, hauteur de précipitations, rayonnement solaire global et EvapoTranspiration Potentielle (ETP).

La Base de Données CLIMatologiques (BDCLIM) de METEO-FRANCE permet d'accéder aux données quotidiennes des stations du réseau de mesures ainsi qu'à des données plus élaborées (notamment des données interpolées).

Les données météorologiques utilisées dans ISOP sont issues d'une base météo appelée GRILLE_ETP_Q. Cette base s'appuie sur une grille de 0.125° de latitude-longitude, soit 4147 points sur la France métropolitaine (Figure 8), avec une interpolation en chaque point de grille, par pondération en $1/r_2$ des données météorologiques des cinq stations de mesures les plus proches du point de grille. On prend en compte toutes les stations synoptiques et automatiques disposant de mesures. Les données sont calculées 3 fois par jour sur une profondeur de 3 jours. Dans ce dispositif, à chaque point de grille correspond une série climatique quotidienne. Cette série est considérée comme représentative de la météo de la surface carrée (0,125° par 0,125°) ayant le point de grille pour centroïde. En fin d'année, un recalcul avec l'ensemble du réseau (synoptique, automatique et réseau climatologique d'état) est effectué afin de bénéficier d'un plus grand nombre d'observations. Ces données interpolées bénéficient d'un historique depuis le 1er janvier 1970.

Figure 8 – points de la grille de donnes météorologiques utilisées pour la Bretagne et la Normandie



Source : Météo-France

Dans quelques régions à forts gradients d'altitude, et où les RF sont de plus faible surface (principalement en Rhône-Alpes et Languedoc Roussillon), les stations météorologiques de référence sont situées dans des zones non représentatives des zones occupées par les prairies temporaires ou permanentes. Selon la même méthodologie que l'interpolation spatiale de GRILLE_ETP_Q, il a été possible d'estimer une altitude météo représentative pour chaque maille à partir de l'altitude des 5 stations météos (réseau de mesure des « précipitations » sur 2015-2021) les plus proches de chaque point de grille. Les différentes comparaisons ont confirmé que l'altitude météo des points de grille n'est pas toujours en accord avec l'altitude des prairies ni l'altitude réelle.

Ce biais a été corrigé dans la V10 d'ISOP en croisant les données d'altitude des prairies dans les RF et les données d'altitude météo représentatives.

Concrètement en production opérationnelle, dans des RF identifiées, des séries météos par tranche d'altitude de 500m (0-500m, 500-1000m, 1000-1500m, 1500m et plus) ont été déterminées en regroupant les points appartenant à la même tranche d'altitude météo et en pondérant la série météo de chaque point par la surface intersectée de la maille carrée correspondante dans la RF.

Puis pour chaque type de prairie représenté, les résultats unitaires d'ISOP réalisés à partir de ces séries météorologiques par tranche d'altitude ont été pondérés par la proportion de prairie dans chaque tranche afin d'obtenir un résultat agrégé à l'échelle de la RF.

Dans la version des données météorologiques actuelles, les données météorologiques représentent mieux la situation climatique moyenne des prairies. Cette moyenne peut naturellement différer sensiblement de la situation de certaines zones au sein de la RF (effets de Foehn, exposition des versants…) avec en particulier des régimes thermiques et hydrologiques relativement contrastés. Le gain de précision local d'un redécoupage n'a pas paru apporter suffisamment d'amélioration sur le ratio de production rapportée à la moyenne. Il convient toutefois de ne pas négliger ce fait pour interpréter certains écarts apparaissant rarement entre la situation moyenne caractérisée par ISOP pour de telles régions et la situation effectivement perçue localement à plus petite échelle.

2.4.4. Constitution de la base de données agro-pédologique

Cette étape correspond à la fusion des bases de données de sols avec la base agronomique des modes d'exploitation.

Le croisement des unités de sol avec les modes d'exploitation a été réalisé en considérant que les deux paramètres sont indépendants et que toutes les combinaisons au sein d'une RF sont possibles. Pour concilier bonne qualité de la représentation et nombre de simulations « raisonnable », il a été décidé, après une étude systématique, de garder, au maximum, 5 modes d'exploitation par RF, mais de représenter toujours au minimum 50 % des modes existants.

Enfin, après croisement systématique des modes d'exploitation et des sols, le nombre de simulations par région, pouvant atteindre 25, a été réduit en éliminant les combinaisons dont la fréquence combinée est inférieure à 5%.

Chaque simulation est donc caractérisée par un type de sol et un mode d'exploitation. Pour pouvoir être utilisées dans le modèle STICS, l'ensemble des configurations sont stockées dans un fichier avec leurs caractéristiques et leur « poids » respectif exprimé en pourcentage de représentativité selon leur fréquence d'apparition dans chaque RF et pour chaque type de prairie. Là encore, malgré de très probables évolutions de la part de ces pratiques dans les régions fourragères depuis 1998, une étude sur les régions renseignées n'a pas fait apparaître de conséquences fortes sur l'impact des aléas mesurés par le ratio entre rendement simulé absolu et rendement de référence.

2.5. Les sorties du système ISOP

Les résultats « bruts » sont issus des 8775 simulations journalières qui combinent les types de sol, de prairie, de mode d'exploitation dominants des prairies et les tranches d'altitude retenues. Ces résultats sont ensuite agrégés à l'échelle de la RF et par type de prairie pour les besoins du SSP.

Les principales variables journalières éditées sont:

- l'indice foliaire,
- la matière sèche produite,
- la matière sèche totale à compter du 1er février,
- l'état de l'eau dans le sol en mm,
- l'indice de stress hydrique, (dépendant de la teneur en eau relative du sol)
- l'indice de stress azoté (dépendant de l'indice de nutrition azotée).

Ces résultats intermédiaires sont conservés mais ne sont pas diffusés. Les résultats ISOP portent sur les quantités de matière sèche cumulées depuis le 1er février de chaque année, par agrégation pondérée des simulations d'origine. Ils sont exprimés en rendement brut (en tonnes par hectare) ou en rapport au rendement de référence (moyenne calculée sur la période 1989-2018) et sont diffusés par RF et par type de prairie. Les résultats quotidiens sont conservés à Météo-France. Les résultats mensuels au 20 de chaque mois, de mars à octobre, sont stockés dans la base de données du SSP.

3. DIFFUSION DES RESULTATS ISOP

3.1. Le domaine de validité du modèle

Le dispositif ISOP est mis à la disposition des services statistiques agricoles déconcentrés pour les aider dans l'élaboration des estimations de production des prairies. Cette source d'information vient en complément de celles dont ils disposent par ailleurs pour estimer les niveaux de rendements des prairies. La donnée d'expert, arbitrée par les statisticiens, est publiée dans la Statistique Agricole Annuelle (rendements et superficies des différents types de prairies). Compte tenu des marges d'incertitude imputables au modèle et aux données qui y sont associées, la diffusion des résultats d'ISOP se limite à la publication d'un indicateur synthétique de rendement des prairies.

Cet indicateur mesure la production d'herbe estimée au champ une année donnée par rapport à une production « normale ». Il ne prend pas en compte les difficultés de récolte ou de piétinement par les animaux, liées aux excès de pluie pouvant survenir localement certaines années particulièrement humides.

Dans ces cas notamment, la production effectivement récoltée ou consommée par les animaux peut être inférieure à la production au champ estimée par le dispositif ISOP. Le modèle ne prend pas non plus en compte les phénomènes de ruissellement des pluies dans les zones de vallons ou de montagnes. Dans le dispositif ISOP, toutes les précipitations sont supposées s'infiltrer directement dans le sol et être ainsi disponibles pour la plante. D'où, dans certains cas, des risques de

surestimation des niveaux de production à partir du modèle. Les phénomènes d'orages localisés sont ainsi parfois difficiles à prendre en compte.

Une autre limite du dispositif tient à l'hypothèse sous-jacente de répartition des prairies. Celles-ci sont supposées être implantées sur tous les types de sols, y compris sur les plus profonds, alors que dans la pratique, les prairies se trouvent souvent sur les sols les plus difficiles à exploiter (pente, cailloux, mouillères, etc.).

Il faut noter que certaines simulations montrent une diminution de la biomasse cumulée ce qui est contre – intuitif. Cela peut réellement se produire si au lieu de récolter le fourrage, la consigne simulée force à ne pas couper du fait d'un dépassement de la date prescrite parce que le rendement est trop faible à cette date. Dans ce cas, la date de récolte est retardée et pendant ce temps, la sénescence peut se poursuivre alors que les conditions de croissance sont mauvaises et que la faible production brute ne compense pas les pertes de matière sèche. Cela peut se produire pour les périodes d'été ou d'automne par exemple.

3.2. Le support de diffusion des résultats

Les résultats du système ISOP pour les prairies permanentes productives sont diffusés de mai à novembre dans les Infos Rapides mensuels mis en ligne sur le site Internet de la statistique agricole (). L'indicateur de rendement ISOP commenté dans ces publications correspond au rapport entre la production cumulée de l'année en cours, un mois donné, et la production de « référence » à la même date. Compte tenu des marges d'erreurs, il est réparti selon quatre classes de valeur :

- la classe 1 « excédent » : lorsque l'indicateur est supérieur à 110% ;
- la classe 2 « normale » : lorsque l'indicateur est compris entre 90% et 110% ;
- la classe 3 « déficit faible » : lorsque l'indicateur est compris entre 75% et 90% ;
- la classe 4 « déficit important » : lorsque l'indicateur est inférieur ou égal à 75%.

L'indicateur est présenté dans l'Infos Rapides sous forme d'une carte nationale avec une valeur de l'indicateur ISOP pour chacune des régions fourragères.

A compter de 2022, sont adossés à ces Infos Rapides deux fois par an un fichier publiant ces indicateurs ISOP par mois et par RF : une fois en juin pour caractériser la pousse de printemps, et une fois en fin d'année pour la pousse d'automne et la pousse annuelle.

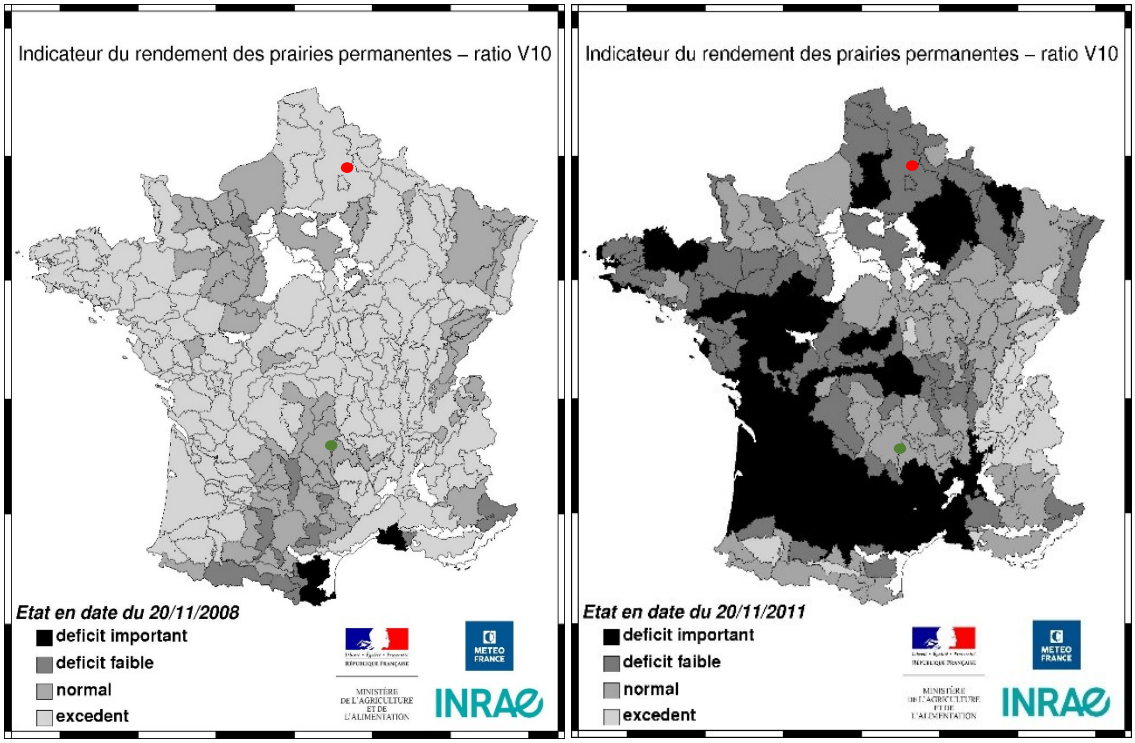
3.3. Présentation de quelques résultats

A titre d'illustration, sont présentés ici les résultats obtenus pour deux régions et deux années particulières. La figure 9 présentent deux cartes matérialisant les résultats obtenus par ISOP pour les années 2008 et 2011.

En 2008 en revanche, l'essentiel du territoire ayant bénéficié de conditions climatiques favorables et bien arrosées, seules quelques rares régions fourragères de la zone méditerranéenne ont manifesté un déficit important selon l'indicateur ISOP.

2011 connut en revanche la plus intense sécheresse enregistrée depuis 1958 sur le territoire national. Comme le montre la carte, un déficit de production important ou faible apparaît encore le 20 novembre sur la majorité des régions fourragères.

Figure 9 - Indicateur de rendement des prairies permanentes mesuré par ISOP (ratio entre le rendement cumulé à une date donnée et une référence calculée sur la période 1989-2018 à la même date dans l'année), sur le champ des 209 RF simulées par ISOP



Légende : le point rouge indique la RF 2203 et le point vert indique la RF 8309, pour lesquelles un focus est présenté figure 10, page suivante.

Source : INRAe, MétéoFrance, SSP

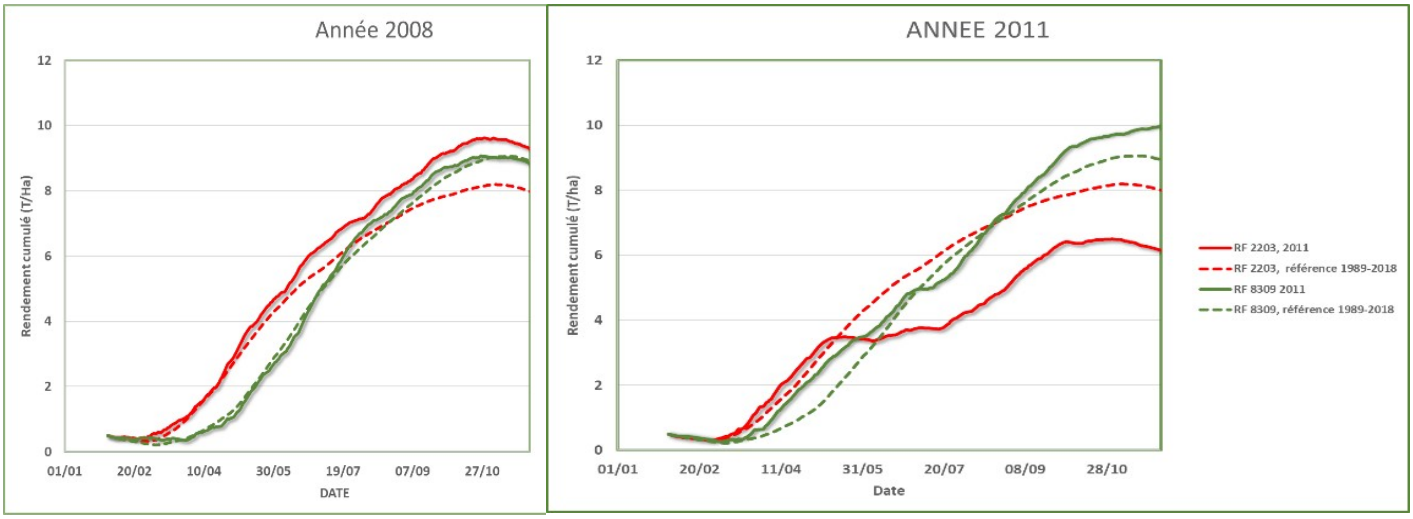
La dynamique de la production d'herbe au cours de l'année est illustrée par la figure 10, qui présente mensuellement, du 1er février au 30 novembre, la production de fourrage cumulée. Les résultats d'ISOP pour deux régions fourragères particulières pointées sur les cartes de la figure 9, l'une dans le nord (RF 2203) et l'autre en Auvergne (RF 8809) sont figurés sur le même graphe. Le premier graphe décrit la situation de l'année 2008 et le second celle de l'année 2011.

Les courbes de références (en tiret sur les graphiques de la figure 10), établies selon les moyennes des cumuls sur la période 1989 et 2018, montrent que le démarrage de la production est généralement plus précoce dans la RF 2203, du fait de températures plus faibles au début du printemps dans le centre du massif central. Ultérieurement, la production est plus forte dans la RF 8809, et la production annuelle y dépasse celle de la RF 2203 plus au nord.

Pour ce qui concerne les productions de ces mêmes régions en 2008, on constate dans les deux cas des productions supérieures ou égales aux références dans les RF 2203 et 8809, respectivement. Cette année-là, la production de la RF 2203 est restée constamment supérieure à celle de la RF 8809.

En 2011, au contraire, la sécheresse a fortement réduit la production dans la RF 2203. Les conditions climatiques locales ont d'abord permis un démarrage plus rapide des prairies permanentes dans la RF 8809, suivi d'un rythme soutenu tout au long de l'année, assurant une production normale jsuqu'au 20 novembre.

Figure 10 - Rendement des prairies permanentes des RF 2203 et 8309 en 2008 et 2011, à titre d'exemple



Légende : année en cours en continu, année de référence (« normale ») en pointillés. RF 2203 en rouge, RF 8309 en vert.

Source : INRAe, MétéoFrance, SSP

La courbe de référence de la RF 2203 montre également que la production cumulée chute à partir du 30 octobre. Cela provient du fait que sur cette phase tardive, la production est faible devant la sénescence de la biomasse récoltable accumulée précédemment. Ce phénomène reflète une réalité biologique qui n'apparaît toutefois que si aucune utilisation de l'herbe produite n'est possible avant un degré trop avancé de sénescence de la végétation.

Pour aller plus loin

Plusieurs rapports annexes ont été produits par Météo-France et l'INRAe, dans le cadre de la montée de version d'ISOP V3 à V10, notamment :

1. Analyse des anomalies signalées au cours de l'utilisation d'ISOP dans la période 2000- 2021 (F Ruget).
2. Rapport du la mise à jour des surfaces fourragères à prendre en compte dans ISOP (P Cantelaube).
3. Catégories relatives aux prairies retenues dans la nomenclature RPG.
4. Rapport sur la montée en version de STICS pour ISOP, son impact sur les défauts signalées constatées et l'étude de l'impact des changements de pratique. (L Strullu)
5. Rapport sur la mise à jour des données météorologiques (F Souverain).
6. Rapport sur la prise en compte de l'effet de l'altitude des prairies sur leur météorologie (F Souverain et P Cantelaube).

Annexe 1 - Liste des catégories de cultures selon la nomenclature RPG, par type de prairie suivie par ISOP

Groupe de culture (Gc) dans la nomenclature RPG en 28 postes	Code culture RPG *(nomenclature élargie)*	
Gc 18 *Prairies permanentes* *(code ISOP 48)*	PPH	Prairie permanente – herbe prédominante (ressources fourragères ligneuses absentes ou peu présentes)
	PRL	Prairie en rotation longue (6 ans ou plus)
Gc 19 *Prairies temporaires* *(code ISOP 47)*	RGA	Ray-grass de 5 ans ou moins
	PTR	Autre prairie temporaire de 5 ans ou moins
Gc 16 *(Fourrages)* *Prairies artificielles* *(code ISOP 46)*	GES	Gesse
	JO5	Jarosse implantée pour la récolte 2015 (*)
	JO6	Jarosse implantée pour la récolte 2016
	JOD	Jarosse déshydratée
	JOS	Autre jarosse
	LEF	Lentille fourragère
	LFH	Autre lupin fourrager d'hiver
	LFP	Autre lupin fourrager de printemps
	LH5	Lupin fourrager d'hiver implanté pour la récolte 2015
	LH6	Lupin fourrager d'hiver implanté pour la récolte 2016
	LOT	Lotier
	LP5	Lupin fourrager de printemps implanté pour la récolte 2015
	LP6	Lupin fourrager de printemps implanté pour la récolte 2016
	LU5	Luzerne implantée pour la récolte 2015
	LU6	Luzerne implantée pour la récolte 2016
	LUD	Luzerne déshydratée
	LUZ	Autre luzerne
	ME5	Mélilot implanté pour la récolte 2015
	ME6	Mélilot implanté pour la récolte 2016

	MED	Mélilot déshydraté
	MEL	Autre mélilot
	MIN	Minette
	ML5	Mélange de légumineuses fourragères implantées pour la récolte 2015 (entre elles)
	ML6	Mélange de légumineuses fourragères implantées pour la récolte 2016 (entre elles)
	MLD	Mélange de légumineuses déshydratées (entre elles)
	PFH	Autre pois fourrager d'hiver
	PFP	Autre pois fourrager de printemps
	PH5	Pois fourrager d'hiver implanté pour la récolte 2015
	PH6	Pois fourrager d'hiver implanté pour la récolte 2016
	PP5	Pois fourrager de printemps implanté pour la récolte 2015
	PP6	Pois fourrager de printemps implanté pour la récolte 2016
	SA5	Sainfoin implanté pour la récolte 2015
	SA6	Sainfoin implanté pour la récolte 2016
	SAD	Sainfoin déshydraté
	SAI	Autre sainfoin
	SE5	Serradelle implantée pour la récolte 2015
	SE6	Serradelle implantée pour la récolte 2016
	SED	Serradelle déshydratée
	SER	Autre serradelle
	TR5	Trèfle implanté pour la récolte 2015
	TR6	Trèfle implanté pour la récolte 2016
	TRD	Trèfle déshydraté
	TRE	Autre trèfle
	VE5	Vesce implantée pour la récolte 2015
	VE6	Vesce implantée pour la récolte 2016
	VED	Vesce déshydratée

(*) pour le RPG campagne 2015 ; plus généralement 2015 = *campagne n* et 2016 = campagne *n+1*

Annexe 2 - Liste des régions fourragères dans le champ d'ISOP, par région et département

Région		Régions Fourragères
Code	Nom	Code RF
11	Île-de-France	1101 (département 77) 1103 (départements 77, 78 et 91) 1107 (départements 77, 78, 91 et 95) 1108 (département 95)
21	Champagne-Ardenne	2101 (départements 08, 10 et 51) 2103 (département 08) 2105 (départements 08 et 51) 2106 (département 10) 2107 (département 10) 2108 (départements 10 et 51) 2109 (département 51) 2115 (département 08) 2116 (départements 51 et 52) 2117 (département 52)
22	Hauts de France	2202 (département 02) 2203 (départements 02, 59, 60, 62 et 80) 2204 (département 02) 2205 (département 59) 2206 (départements 60, 62 et 80) 2207 (départements 02 et 59) 2208 (département 02) 2209 (département 62) 2210 (départements 60 et 80)
24	Centre-Val de Loire	2401 (départements 18 et 36) 2402 (départements 18, 36, 37 et 41) 2403 (départements 18, 41 et 45) 2404 (départements 18 et 36) 2405 (départements 18 et 36) 2406 (départements 18 et 45)

		2407 (département 18) 2408 (départements 41 et 45) 2410 (départements 28 et 41) 2412 (département 28) 2413 (département 36) 2420 (département 28) 2421 (départements 37 et 41) 2422 (département 37)
25	Normandie	2502 (département 14) 2503 (département 14) 2505 (département 50) 2506 (département 50) 2507 (département 61) 2510 (département 61) 2511 (département 27) 2512 (département 27) 2514 (département 27) 2516 (département 14) 2517 (département 61) 2518 (départements 27 et 76)
26	Bourgogne	2601 (département 21) 2602 (départements 21 et 89) 2604 (départements 21, 58, 71 et 89) 2608 (département 58) 2609 (département 58) 2610 (département 58) 2616 (département 71) 2617 (département 71) 2618 (département 71) 2619 (département 89) 2622 (département 89) 2624 (département 89) 2625 (départements 21 et 71) 2626 (département 58) 2627 (départements 58 et 89)

		2628 (département 89) 2629 (département 71)
41	Lorraine	4101 (départements 54, 57 et 88) 4102 (départements 55 et 57) 4103 (département 54) 4104 (départements 54 et 55) 4105 (départements 55 et 88) 4106 (département 88)
42	Alsace	4204 (département 67) 4207 (département 68) 4208 (départements 67 et 68) 4209 (départements 67 et 68)
43	Franche-Comté	4301 (département 25) 4302 (départements 25 et 90) 4303 (département 70) 4304 (département 70) 4305 (département 39) 4306 (département 39) 4307 (département 39) 4311 (département 70) 4312 (départements 25 et 70) 4313 (département 25)
52	Pays de la Loire	5203 (département 44) 5204 (département 44) 5205 (département 49) 5206 (département 49) 5210 (département 53) 5211 (département 72) 5212 (département 72) 5214 (département 85) 5215 (département 85) 5217 (département 85) 5218 (département 85) 5219 (département 85) 5220 (département 44)

		5221 (département 53)
53	Bretagne	5301 (département 22) 5302 (département 22) 5303 (département 29) 5304 (département 29) 5305 (département 29) 5306 (département 35) 5309 (département 56) 5310 (département 56) 5311 (département 56) 5312 (département 35)
54	Poitou-Charentes	5401 (départements 16 et 86) 5402 (département 16) 5403 (département 16) 5404 (départements 16 et 17) 5407 (département 17) 5408 (départements 79 et 86) 5409 (département 79) 5410 (départements 79 et 86) 5411 (département 86) 5412 (département 79) 5415 (département 17) 5416 (département 86)
72	Aquitaine	7201 (département 24) 7202 (départements 24 et 47) 7203 (départements 24,33 et 47) 7204 (département 24) 7205 (départements 24 et 33) 7206 (départements 33 et 40) 7207 (départements 33 et 47) 7208 (départements 33 et 47) 7210 (département 33) 7211 (département 40) 7213 (département 64) 7217 (départements 40 et 64)

		7218 (département 64)
73	Midi-Pyrénées	7301 (départements 09, 31 et 82) 7302 (département 12) 7303 (département 12) 7305 (département 09) 7306 (départements 09, 31 et 65) 7307 (départements 12 et 81) 7311 (départements 12) 7312 (départements 12 et 81) 7313 (départements 31 et 81) 7315 (départements 31,32 et 65) 7316 (départements 32 et 82) 7317 (département 12) 7318 (département 12) 7319 (départements 32 et 65) 7329 (départements 09 et 31) 7330 (départements 09 et 31) 7332 (département 32) 7333 (départements 46, 81 et 82) 7334 (département 46) 7335 (département 46)
74	Limousin	7401 (département 87) 7402 (départements 19, 23 et 87) 7403 (départements 19, 23 et 87) 7404 (département 23) 7405 (départements 19 et 23) 7401 (département 19)
82	Rhône-Alpes	8201 (département 01) 8202 (département 01) 8203 (départements 01, 38 et 69) 8204 (départements 01, 73 et 74) 8205 (départements 01, 38 et 69) 8206 (départements 07, 26, 38 et 42) 8208 (départements 07 et 42) 8210 (département 07)

		8214 (départements 26 et 38) 8215 (département 07) 8216 (département 42) 8217 (département 07) 8218 (département 26) 8219 (départements 38, 73 et 74) 8220 (département 42) 8221 (départements 73 et 74) 8222 (départements 26 et 38) 8223 (départements 38 et 73) 8225 (département 07) 8226 (départements 26 et 38) 8227 (département 26) 8229 (départements 42 et 69)
83	Auvergne	8300 (département 43) 8301 (département 03) 8302 (département 03) 8303 (départements 03 et 63) 8304 (département 03) 8305 (département 03) 8306 (département 63) 8309 (départements 15 et 43) 8310 (département 63) 8311 (département 63) 8315 (département 15) 8318 (départements 43 et 63) 8319 (départements 15 et 43) 8320 (département 43)
91	Languedoc-Roussillon	9100 (département 34) 9101 (départements 30 et 48) 9102 (départements 30 et 48) 9103 (département 34) 9104 (départements 30 et 34) 9105 (département 48) 9106 (département 11)

		9108 (départements 11 et 66) 9109 (département 11) 9110 (département 11) 9112 (départements 11 et 66) 9113 (département 66) 9114 (département 30)
93	Provence-Alpes-Côte d'Azur	9300 (départements 04 et 06) 9309 (département 05) 9310 (département 05) 9312 (département 05) 9322 (départements 04 et 83) 9330 (départements 04 et 06) 9340 (départements 13) 9341 (département 13) 9350 (département 04) 9355 (départements 13 et 84) 9360 (départements 13 et 84) 9370 (départements 13 et 83) 9371 (département 83)