

Etude du bassin de production de soja en Grand Est : volet agronomique

Aurore BAILLET – ingénieur de développement TERRES INOVIA

a.baillet@terresinovia.fr



Action réalisée avec le soutien financier
de la région Grand Est et de l'Europe dans
le cadre du Partenariat Européen pour
l'Innovation ARPEEGE

Préambule

L'étude du bassin de production de soja en Grand Est, réalisée dans le cadre du projet ARPEEGE, a pour objectif d'évaluer la faisabilité et la potentialité du soja à l'échelle du territoire régional. La réalisation de ce travail a été confiée à Terres Inovia, sous la responsabilité d'Aurore Baillet.

Ce travail a pu être conduit grâce aux données et à l'expertise des membres du Comité Scientifique et Technique « Cultiver du soja », aux compétences en pédologie et SIG de la CRAGE et aux compétences en écophysiologie, en traitement de données et programmation de Terres Inovia.

Cette synthèse de connaissances est le fruit d'un travail collégial où chacun a apporté sa pierre à l'édifice. Merci à :

Maëva Weens, Nathael Leclech, Sophie Maillant (CRAGE), Hervé Festuot, Benoit Van-Luchene (CA08), Augustin Chapotel (CA10), François Lannuzel (CA Alsace), Denis Giessinger (CA57), Francis Dardard, Nicolas Pernollet, Arnaud Roussel (VIVESCIA), Nicolas Gruselle, Olivier Samson (EMC2), Céline Gauthier (CERESIA), Claude Wanner (CAC), Constance Richard (LORCA), Raphaëlle Poncelet (Coop de France), Charlotte Chambert, Benjamin Delhay, Célia Pontet, Christophe Sausse (TERRES INOVIA)

Table des matières

Préambule	2
1 – Potentiel de rendement du soja	4
11 – Méthode	4
12 – Résultat.....	4
2 – Exigence vis-à-vis de la disponibilité en eau	5
21 – Localisation des sols à bonne réserve utile	5
211 – Méthode	5
212 – Résultat.....	6
22 – Demande climatique	7
221 – Méthode	7
222 – Résultat.....	9
23 – Accès à l’irrigation.....	11
231 – Méthode	11
232 – Résultats.....	11
3 – Exigence en température	12
31 – Méthode	13
32 – Résultat.....	13
4 – Caractérisation des territoires favorables à la culture du soja	15
41 – Méthode	15
42 – Résultat	17
Annexe 1 – Description de la base de données « soja- Arpeege »	20
Annexe 2 – Tri à plat de la base de données « soja- Arpeege » sur le critère rendement	25
Annexe 3 – Tri à plat de la base de données « soja- Arpeege » sur le critère date de semis et de récolte	29
Annexe 4 – Proportion des sols en fonction de leur réservoir utilisable	31
Annexe 5 – Etude de sensibilité du risque de stress hydrique	33
Annexe 6 – Etude de sensibilité du risque de récolte tardive	39
Annexe 7 – Autres représentations cartographiques des territoires favorables à la culture du soja en Grand Est	41
Annexe 8 – Estimation des surfaces par petite région agricole départementale	44

1 – Potentiel de rendement du soja

Un des objectifs de cette étude est de chiffrer un volume de collecte potentiel en multipliant un rendement par une surface. Nous nous sommes attachés dans un premier temps à caractériser le niveau de production du soja et sa variabilité en fonction des territoires et des contraintes agro-climatiques annuelles.

11 – Méthode

Afin de produire des références au plus près de la réalité de terrain nous avons souhaité nous appuyer sur des références chiffrées mises à disposition par les partenaires du projet. Nous avons ainsi constitué une base de données, nommée ici base de données « soja-Arpeege », regroupant 344 situations (couples lieu x année avec rendement). Elles regroupent des données de natures différentes telles que des modalités de références d'expérimentation, des enquêtes sur les pratiques culturales ou bien encore des données parcellaires issues de gestion de parcelle. Une description détaillée de la base de données « soja-Arpeege » est produite dans l'annexe 1. Cette source de données est indiscutablement une ressource précieuse pour le projet. Il convient néanmoins de toujours garder à l'esprit que le jeu de données n'est pas équilibré et qu'il est indispensable d'avoir une analyse critique des chiffres en tenant compte des caractéristiques de l'échantillon. Pour lisser ces défauts, les résultats de traitement des données ont systématiquement été soumis à la critique des membres du Comité Scientifique et Technique (CST). Les projections de rendement par territoire en fonction de la contrainte hydrique formulée dans le tableau ci-dessous sont issues de la base de données et de l'expertise des membres du CST.

12 – Résultat

Le rendement moyen du soja est approché dans les grandes masses grâce au traitement des 344 références de notre base de données. En Champagne-Ardenne (hors Haute-Marne), le rendement moyen est de 26 q/ha et 50% de la production sont compris entre 18 et 35 q/ha. En Lorraine et Haute-Marne, le rendement moyen est de 20 q/ha et 50% de la production sont compris entre 12 et 28 q/ha. En Alsace, le rendement moyen est de 39 q/ha et 50% de la production sont compris entre 35 et 43 q/ha. A l'échelle de la région Grand Est, le rendement moyen est de 28 q/ha et 50% de la production sont compris entre 18 et 37 q/ha.

L'analyse approfondie des données couplée à l'expertise, nous a conduits à produire une approche détaillée. Nous proposons dans le tableau ci-dessous des rendements de référence par territoire et en fonction de la contrainte hydrique qui est le premier facteur limitant du rendement du soja. Les rendements moyens valent ici pour une conduite en agriculture « conventionnelle ».

Nous avons tenté d'établir des références du même type en conduite biologique. Mais force est de constater que les références chiffrées sont très peu nombreuses. Les membres du CST actent le fait que nous ne pourrions pas produire de références en bio aussi précises. Les quelques éléments de connaissance glanés laissent penser qu'il existe un écart de production entre un soja bio et un soja conventionnel de l'ordre de -10% à -30%. Les membres du CST s'accordent sur le fait que la technicité du producteur, notamment dans la maîtrise de l'enherbement, est un élément d'explication important de la variabilité des écarts de production constatés en bio et conventionnel.

Tableau – Rendement moyen du soja exprimé en q/ha selon le territoire et la contrainte en eau

	stress hydrique faible à nul	stress hydrique moyen à fort
Alsace (sec et irrigué)		
sol profond	39	33
sol moy. profond	38	32
sol séchant (irrigué)	40	32
Champagne-Ardenne hors 52		
sol profond	36	24
sol moy. profond	32	20
sol séchant	24	12
Lorraine + Haute-Marne		
sol profond	30	18
sol moy. profond	25	13
sol séchant	20	8

2 – Exigence vis-à-vis de la disponibilité en eau

Au cours de cette étude, nous nous sommes intéressés de près à la contrainte hydrique qui s'exerce sur la production de soja dite « en sec » ou en « conduite pluviale » pour plusieurs raisons. Le stress hydrique est le premier facteur limitant du rendement du soja et son incidence est forte sur la production et la rentabilité de la culture : un stress hydrique sévère ampute la production en sec de 12 q/ha (source BDD soja-Arpeege). Les exploitations du Grand Est sont peu équipées d'irrigation sauf en Alsace (proportion des systèmes d'alimentation en eau par territoire détaillée dans l'annexe 1). La fréquence des stress hydriques tend à croître ces 10 dernières années (annexe 5).

Pour étudier la faisabilité du soja sur le territoire, nous nous sommes donc attelés d'une part, à localiser les sols les plus profonds qui offrent une réserve d'eau sécurisante pour la production ; et d'autre part, à caractériser la demande climatique au cours de la période de sensibilité du soja.

Nous avons également caractérisé l'accès à la ressource en eau à travers l'irrigation agricole pour prendre en compte ce facteur de production, déterminant dans le bassin alsacien.

21 – Localisation des sols à bonne réserve utile

211 – Méthode

Pour caractériser le réservoir utilisable pour le stockage d'eau (RU¹), nous nous sommes appuyés sur les 6 référentiels pédologiques régionaux (RRP) et l'expertise des Chambres d'Agriculture du Grand Est sur ces bases de données. Ces référentiels totalisent environ 600 Unités Cartographiques de Sol (UCS) qui représentent des associations de types de sol. Les UCS ont des tailles très variables allant de 10 ha à 118 000 ha. La surface médiane est de 3 200 ha.

¹ Le réservoir utilisable correspond au volume de stockage potentiel. La réserve utile est l'eau effectivement contenue dans ce volume. Les deux notions sont souvent confondues dans le langage courant.

Au-delà de la seule caractérisation de la réserve en eau des sols, nous nous sommes interrogés sur l'intégration d'autres critères pédologiques comme la teneur en calcaire actif ou la charge en cailloux sur l'horizon de surface. Compte tenu des difficultés pour fixer des limites de classe, pour pondérer leur impact sur la faisabilité du soja à l'échelle d'un territoire et représenter de façon compréhensible l'ensemble des facteurs, nous avons fait le choix de centrer nos travaux sur la réserve en eau du sol, en excluant toutefois les sols de craie qui sont connus pour être inappropriés à la culture du soja. Dans cette étude, le critère « sol de craie » est pris en compte à l'échelle de la Petite Région Agricole. Ce point constitue une des limites de l'étude : nous sommes certainement trop restrictifs sur les surfaces susceptibles de recevoir du soja en Champagne car l'expérience montre qu'il est possible de produire du soja dans les « craies colorées ». Toutefois, nous ne pouvons pas être plus précis avec le jeu de données dont nous disposons. Les PRA typées « zone de craie » exclues des cartes sol sont le Nogentais, la Champagne crayeuse, le Pays Rémois et le Vignoble.

Les recommandations sur l'implantation des sojas dans des parcelles avec une teneur en calcaire actif inférieure à 10% (impact sur la fixation symbiotique) et peu chargées en cailloux (impact sur la récolte) restent vraies à l'échelle de la parcelle, même si elles ne sont pas prises en compte dans cette analyse territoriale.

Le traitement des données des RRP réalisé par la Chambre régionale d'agriculture Grand Est n'aboutit pas en tant que tel à une carte de réservoir utilisable mais à une indication de fréquence de sol avec une RU donnée. Ce niveau d'information est suffisant pour une approche par territoire mais cela ne donne pas une indication formelle à l'échelle d'une exploitation ou d'une parcelle.

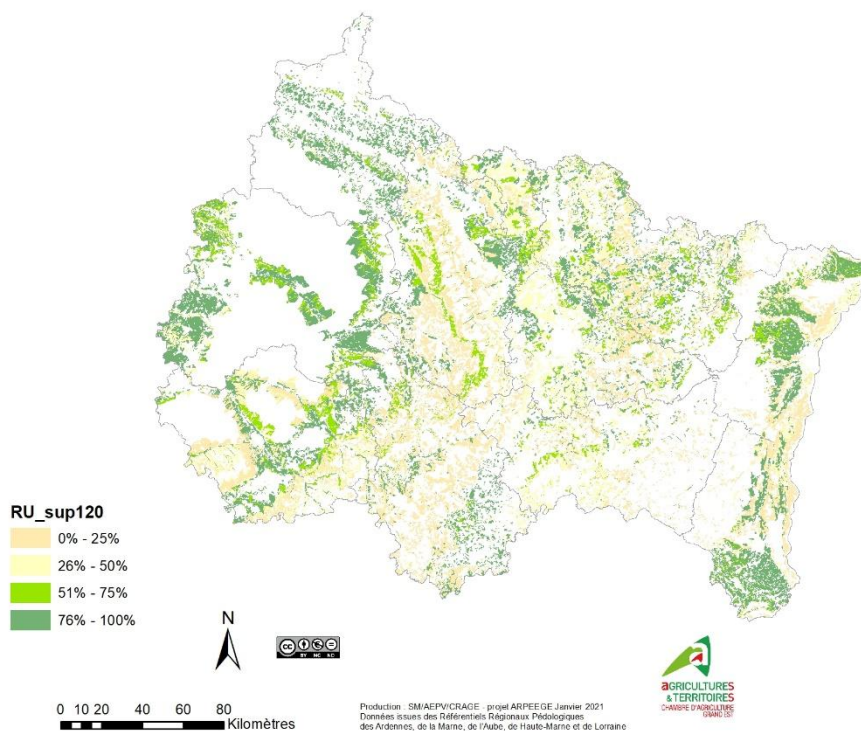
212 – Résultat

Lors d'une première phase de travail, nous avons débattu des limites de classe de RU pour caractériser les sols superficiels, moyens et profonds. Les références des experts diffèrent selon leur zone géographique notamment pour la caractérisation des sols profonds. Nous avons d'abord travaillé avec une segmentation en 4 classes (<70, 70-100, 100-150, >150 mm) puis nous avons ajouté la limite de 120 mm dans nos travaux qui est finalement celle retenue dans l'approche définitive présentée ici. Les cartes produites pour les RU >100 mm et >150 mm sont présentées dans l'annexe 4.

Après expertise des différents livrables intermédiaires, nous avons produit une carte de la proportion des sols du Grand Est disposant d'un réservoir utilisable supérieur à 120 mm. Les surfaces représentées dans la figure ci-dessous excluent les zones urbanisées, les forêts, les surfaces toujours en herbe et les cultures pérennes telles que les vignes et les vergers. Seules les terres dites « arables », correspondant aux codes 21 et 24 de Corine Land Cover, sont associées à une classe de valeur. Les PRA « zone de craie » sur les départements des Ardennes, l'Aube et de la Marne ne sont pas représentées pour les raisons précisées dans la partie méthode.

Nous constatons que la densité de sols profonds est plus importante en Alsace et en Champagne-Ardenne qu'en Lorraine. Les sols qui disposent d'une bonne RU se concentrent sur des zones telles que la Plaine du Rhin (67), le Sundgau, les Crêtes pré-ardennaises, la Champagne humide, les secteurs de vallées, la Brie champenoise, le Tardenois, l'Argonne, le Bassigny. Les sols profonds sont présents mais plus diffus sur le plateau lorrain et le Pays Haut. Par ailleurs, les sols très profonds avec une RU > 150 mm sont très peu fréquents sur le territoire lorrain (annexe 4).

Proportion des sols agricoles du Grand Est avec RU>120mm



22 – Demande climatique

221 – Méthode

L'estimation de la demande climatique et de la satisfaction des besoins en eau du soja pour évaluer le risque de stress hydrique nous a posé de très nombreuses questions méthodologiques et a occasionné des calculs intensifs qui ont nécessité un important travail de programmation avec le logiciel R.

Nous avons débuté par le calcul des bilans hydriques pour plusieurs situations types définies par les hypothèses suivantes :

- Soja 000 semé au 1^{er} mai
- Période de sensibilité du soja au stress hydrique du 20/06 au 10/09
- 4 Réserves Utiles : 70 mm, 100 mm, 120 mm et 150 mm, avec Réserve Facilement Utilisable = 2/3 RU
- 46 postes météo sur la région Grand Est (source Météo France)
- Analyse fréquentielle sur 30 ans (1990 à 2019) et 10 ans (2010 à 2019)

Au total ce sont 5520 bilans hydriques qui ont été calculés (4 RU x 46 postes météo x 30 ans), et encore plus d'indicateurs associés.

La modélisation du bilan hydrique est une première étape indispensable pour ce travail même si nous identifions plusieurs limites dans cette approche. La modélisation de la réalité est par principe imparfaite et dépendante des hypothèses de calcul telles que le niveau initial de la RU ou les coefficients culturaux (kc). Les kc de référence ont été déterminés en situation d'alimentation

hydrique non limitante. Dans les faits, les kc sont réduits lorsque la plante utilise la réserve de survie. La méthode tend donc à surestimer l'intensité du stress hydrique et le temps passé dans la réserve de survie. Par ailleurs, être dans la réserve de survie ne signifie pas que l'on ne peut pas produire du soja mais la production s'ajuste. Enfin dernier point important, l'analyse qualitative d'une représentation graphique du bilan hydrique (exemple ci-dessous) n'est pas possible dans ce type d'étude fréquentielle à l'échelle du territoire. Il nous a donc fallu déterminer des indicateurs pour estimer le risque de stress hydrique. Plusieurs indicateurs ont fait l'objet d'une étude de sensibilité et d'une analyse critique sur leur représentativité : nombre de jours avec RFU épuisée, date médiane d'épuisement de la RFU, niveau minimal et moyen de la RU, P-ETP, ETR/ETM moyen, nombre jours ETR/ETM <1, nombre de jours ETR/ETM <0,7.

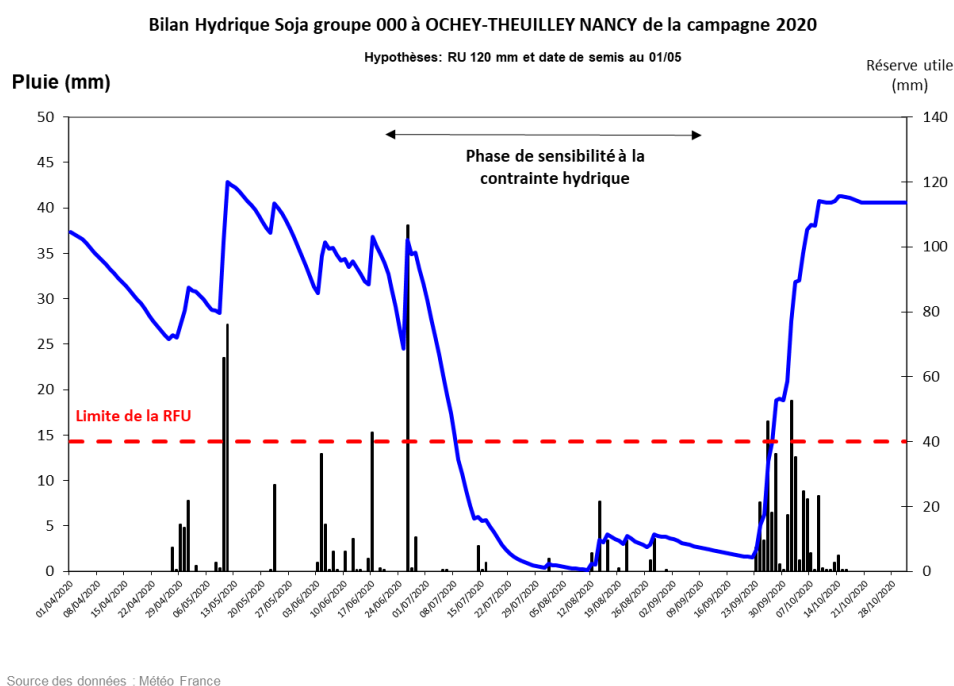


Figure - Exemple de représentation graphique du bilan hydrique du soja extrait du bilan de campagne 2020

Pour la suite de cette étude nous avons finalement retenu l'indicateur de satisfaction des besoins en eau ETR/ETM moyen sur la période critique pour le soja. Les valeurs de l'indicateur sont cohérentes avec les précipitations au cours de la période estivale, facteur clé pour l'expression du potentiel de la culture (cartes présentées dans l'annexe 5). Au-delà de la pertinence de la représentation, ce critère a l'intérêt d'être une variable quantitative continue qui permet d'établir des classes d'interprétation basées sur les connaissances en écophysiologie de la culture et sur l'expertise de la variabilité de l'indicateur dans le contexte régional. Nous avons retenu les valeurs repères suivantes :

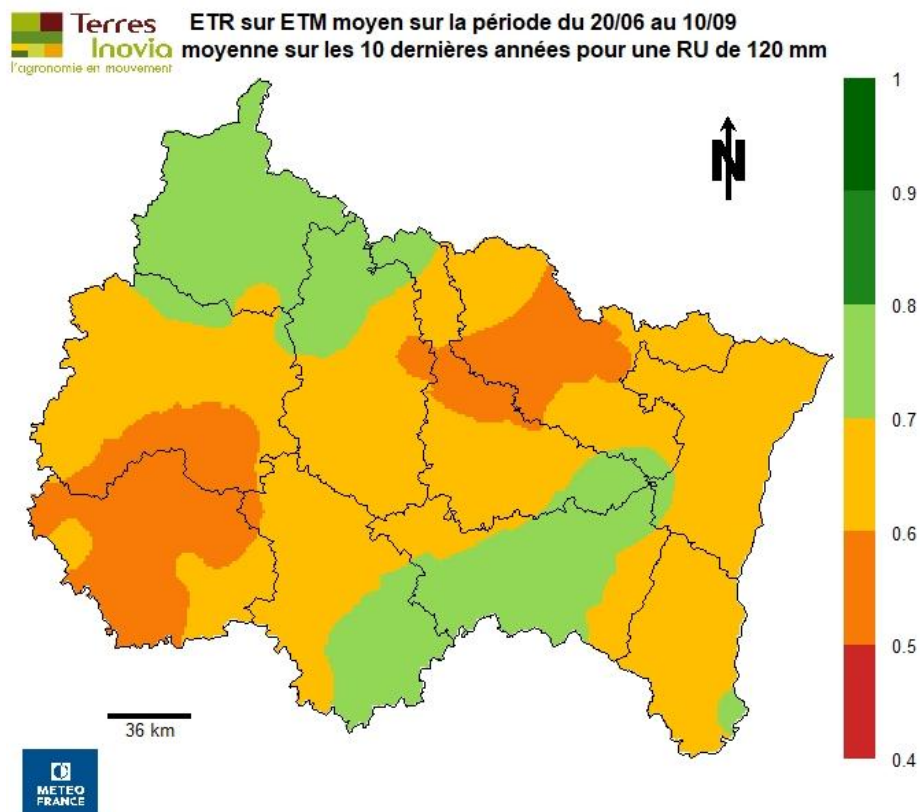
- ✓ ETR/ETM moyen > 0.9 : 90% des besoins en eau sont satisfaits, absence de stress hydrique
- ✓ ETR/ETM moyen compris entre 0.7 et 0.9 : au moins 70% des besoins en eaux sont satisfaits, risque de stress hydrique faible
- ✓ ETR / ETM moyen < 0.7 : moins de 70% des besoins en eau sont satisfaits, risque de stress hydrique moyen à fort

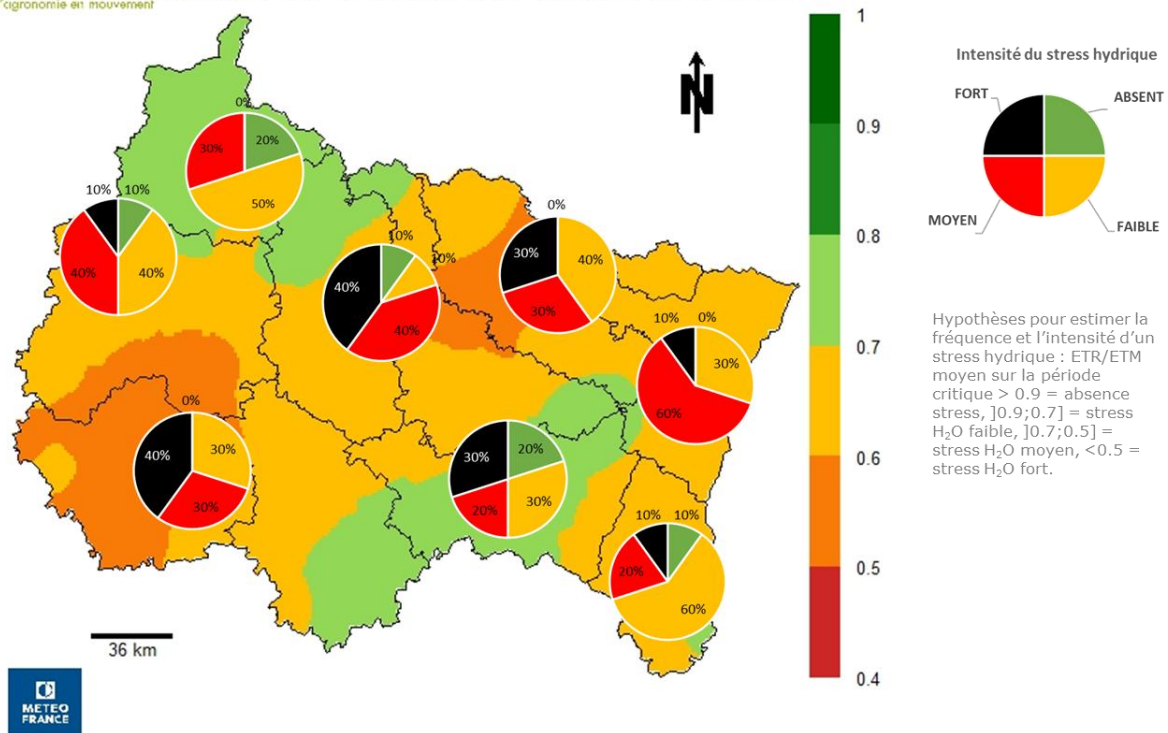
- ✓ ETR / ETM moyen < 0.5 : moins de 50% des besoins en eau sont satisfaits, risque de stress hydrique fort. Pour information, les valeurs extrêmes observées dans notre étude de sensibilité avoisinent 0.3 – 0.4.

L'étude fréquentielle des stress hydriques sur 6 stations météo pilotes (annexe 5) met en évidence des stress hydriques plus fréquents au cours de la dernière décennie. Nous avons donc fait le choix de conduire l'étude sur la période 2010-2019 en faisant l'hypothèse que le climat futur sera plus proche du passé récent que celui des 30 dernières années. La réalisation de ce travail avec une base de données prospective sur le changement climatique pourrait constituer un complément intéressant.

222 – Résultat

Le calcul des indicateurs ETR/ETM moyens puis leur mise en forme cartographique grâce à des modèles mathématiques d'interpolation, nous ont permis d'identifier les zones plus ou moins en tension à l'égard de la demande climatique pour toutes les RU étudiées. Afin de donner davantage de « sens agronomique » à cette segmentation, nous avons également estimé la fréquence et l'intensité du stress hydrique au cours des 10 dernières années sur 8 postes météo représentatifs du Grand Est. L'ensemble des cartes produites est disponible dans l'annexe 5. Seules les cartes pour une RU de 120 mm sont présentées ci-dessous.





Le nord de la région, incluant principalement les Ardennes et le nord de la Meuse, est le territoire où le risque de stress hydrique est *a priori* le plus faible si on se fie à l'analyse du passé récent. Le sud-est de la Haute-Marne et les Vosges sont également des secteurs plus préservés à l'égard de la demande climatique. Néanmoins la probabilité de connaître un stress hydrique impactant est plus élevée que dans le nord de la région. On identifie également des zones en tension sur une diagonale avec un point de vigilance sur l'Aube et pour partie la Marne, la Meurthe-et-Moselle et la Moselle.

23 – Accès à l’irrigation

231 – Méthode

Pour identifier les zones où l’irrigation du soja est envisageable, nous avons interrogé la base de données de la banque nationale des prélèvements quantitatifs en eau (BNPE) et extrait la liste des communes disposant d’au moins un point de prélèvement d’eau utilisé pour l’irrigation agricole au cours de la période 2015-2019. Cette requête sous-entend que des équipements existent et que la ressource en eau est suffisante pour permettre des prélèvements.

Nous avons également consulté les arrêtés cadre sécheresse des départements du Grand Est pour préciser les conditions d’usage de la ressource en eau.

Nous disposons ainsi d’une cartographie des zones irriguées telles qu’elles sont définies aujourd’hui (voir ci-dessous). Si des évolutions majeures dans la gestion quantitative de l’eau devaient survenir – à la suite du Varenne de l’eau par exemple - il conviendrait bien-sûr de mettre à jour cette couche cartographique et de revoir les conclusions de nos travaux.

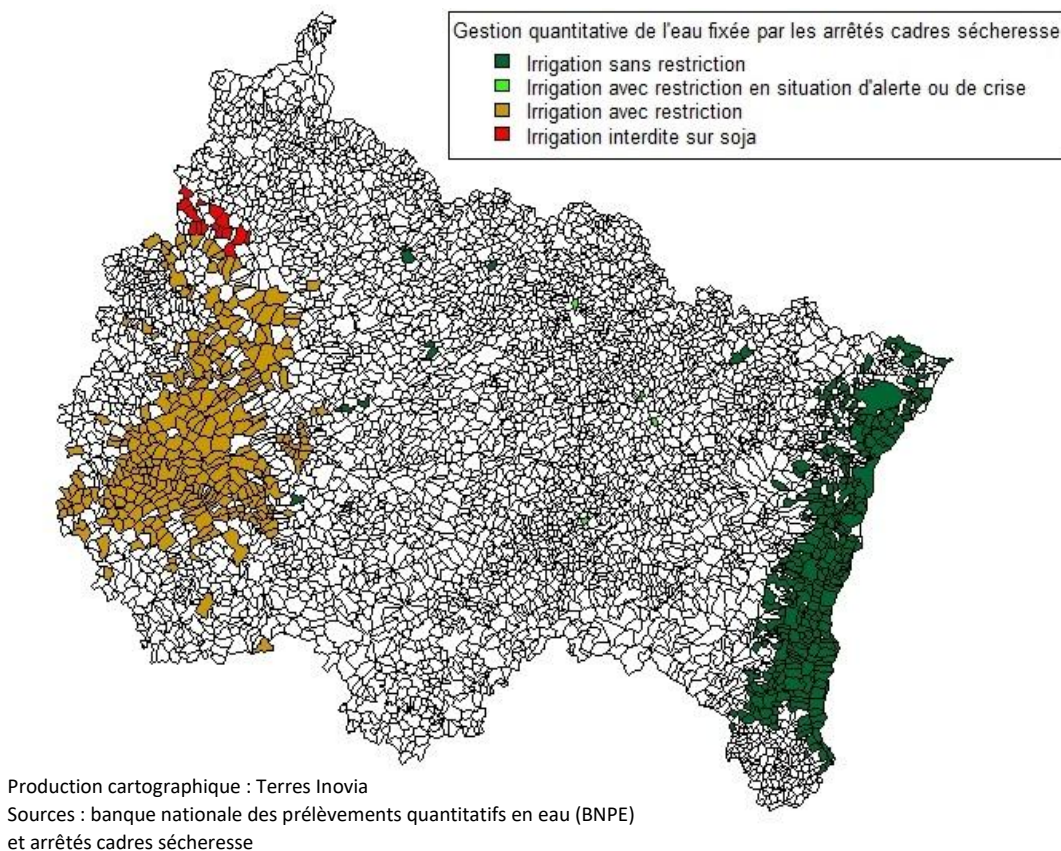
232 – Résultats

L’irrigation est dominante en plaine d’Alsace. Sur ce territoire qui bénéficie de la nappe phréatique rhénane, l’irrigation n’est pas contrainte (commune de couleur verte sur la carte).

L’irrigation est également pratiquée en Champagne-Ardenne sur les zones de craies et de vallées, principalement pour la production de légumes. Le soja figure sur la liste des cultures irrigables dans l’Aube et dans la Marne. L’irrigation de la culture est donc possible dans ces deux départements mais limitée par un quota de 1000 m³/ha soit l’équivalent de 100 mm cumulés en tours d’eau (hors restrictions complémentaires en situation de crise). En revanche, le soja n’est pas mentionné sur la liste positive de l’arrêté cadre sécheresse du département des Ardennes. L’irrigation du soja est donc par défaut interdite dans ce département (en rouge sur la carte).

Dans les départements lorrains et en Haute-Marne, l’irrigation des cultures ne constitue pas jusqu’à présent un enjeu fort dans la gestion quantitative de la ressource en eau (peu d’irrigants et de points de prélèvement d’eau). Il n’y a par conséquent pas de restriction particulière sur la quantité d’eau utilisable.

Cartographie des communes disposant d'un point de prélèvement d'eau utilisé pour l'irrigation au cours de la période 2015-2019



3 – Exigence en température

Nous avons étudié ici les besoins en température pour l'accomplissement du cycle cultural du soja pour *in fine* identifier les secteurs où il existe un risque de récolte tardive et caractériser les périodes de récolte pour l'organisation de la collecte.

Nous n'avons pas évalué le risque de « coulure de fleurs » sous l'effet de températures basses au cours de la floraison bien que la littérature relate que des fleurs puissent avorter si la température descend en dessous de 8°C pour les sojas 000 et 00. Dans les faits, ce phénomène est mal connu et son impact sur le rendement est difficile à quantifier. Il est souvent dépendant de la température et de l'humidité dans le couvert (modifié par des irrigations, la densité du couvert, etc..). Les effets sont d'autant plus importants que la période de températures froides est longue (jours froids consécutifs). Des faibles températures ponctuelles n'auront que peu de conséquences.

De la même manière, nous n'avons pas étudié l'alternance de journées chaudes et de nuits froides au cours de la floraison car ce phénomène ne remet pas en cause la production même s'il peut avoir un impact sur la nouaison (passage de la fleur à la gousse) certainement non négligeable mais difficile à quantifier. L'étude de la fréquence des amplitudes thermiques (températures de jour – températures de nuit) supérieures à 20°C au cours de la floraison pourrait constituer un travail complémentaire à cette étude.

31 – Méthode

L'accumulation des températures nécessaires à l'accomplissement du cycle du soja était perçue, il y a 20 ans, comme le premier facteur limitant pour la mise en production sur la région. Aujourd'hui ce n'est plus le cas. L'étude fréquentielle des données météorologiques confirme l'élévation des températures moyennes et l'aire de culture potentielle du soja, de ce point de vue, s'agrandit (annexe 6). Dans cette étude, nous avons fait le choix de travailler sur le passé récent en réalisant une étude fréquentielle sur la période 2010- 2019. Comme pour l'estimation de la satisfaction des besoins en eau, nous formulons l'hypothèse que l'analyse des données récentes est plus pertinente qu'une analyse sur les 20 dernières années pour refléter le climat futur. Là encore, des simulations avec un jeu de données prospectif sur le changement climatique seraient un complément pertinent à cette étude.

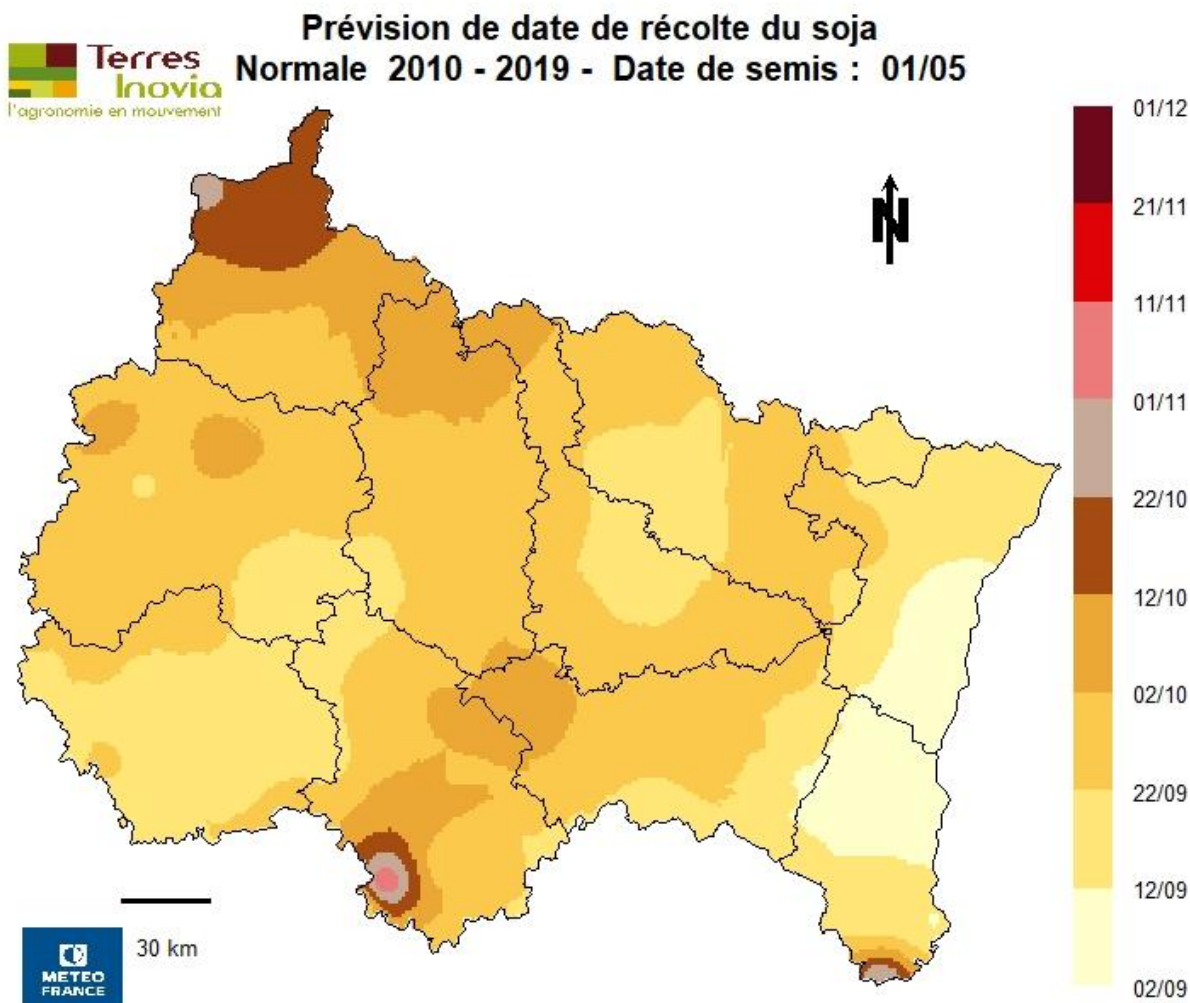
Les estimations des dates de récolte sont basées sur un modèle thermique valant pour un soja 000 en culture principale semé à une date habituelle : date de récolte = date de semis + 1600°Cj (6) + 7 jours. La valeur de 1600 degrés jours en base 6 correspond à la somme des températures journalières moyennes $[(T_{\text{max}}+T_{\text{min}})/2 - T_{\text{base}}]$. Les besoins en température correspondent aux références actualisées de Terres Inovia et le modèle a été validé sur notre jeu de données (BDD soja-Arpeege et essais variétés de partenaires du projet).

Plusieurs limites à ce travail méritent d'être citées. Le modèle thermique ne tient pas compte d'autres facteurs de production tels que les précipitations au semis ou à la récolte. L'influence de la photopériode sur la durée du cycle n'est pas prise en compte (cycle plus long pour un semis précoce, cycle plus court pour un semis tardif, temps thermique plus court pour les latitudes supérieures à 48°). Un calcul des temps thermiques incluant l'effet de la photopériode constituerait une amélioration du modèle de prédiction. Pour rester dans les limites de validité du modèle, nous avons réalisé les simulations de date de récolte pour une date habituelle de semis au 1^{er} mai (date médiane de semis dans la BDD soja-Arpeege). Il existe une forte variabilité des sommes de température du semis à la maturité [1400°C;1800°C] et du nombre de jours entre la maturité et la récolte [2;20] en fonction de la météo et de l'organisation des chantiers (source BDD soja-Arpeege). Enfin la représentation graphique utilise un modèle d'interpolation qui définit un gradient théorique entre 2 postes météo à proximité, sans prise en compte de l'altitude.

L'ensemble des cartes produites ont été soumises aux membres du CST Cultiver pour discussion et validation. Par expertise, il est apparu que les zones froides étaient sur-représentées par des postes météo aux caractéristiques particulières. Nous avons donc fait le choix de retirer 2 postes météo : Erneville-aux-Bois-Loxéville (55) et Bourdons-sur-Rognon (52).

32 – Résultat

L'ensemble des cartes produites au cours de l'étude figure dans l'annexe 6. Nous présentons ici le résultat final avec la date moyenne de récolte estimée sans les postes d'Erneville-aux-Bois-Loxéville (55) et Bourdons-sur-Rognon (52).



Par expertise, nous considérons que les secteurs où la date moyenne de récolte est postérieure au 12 octobre sont trop à risque vis-à-vis d'une récolte tardive. La production de soja est déconseillée sur ces territoires qui se concentrent sur le nord des Ardennes (08), une partie du plateau langrois (52) et le sud du Haut-Rhin (68).

Les résultats de ces simulations sont cohérents avec les observations réalisées sur le terrain et capitalisées dans la BDD soja-Arpeege. La date médiane de récolte est le 26 septembre pour les 3 territoires historiques du Grand Est. 75% des récoltes sont réalisées avant le 2 octobre (voir répartition des dates de récolte dans l'annexe 3).

Le risque de récolte tardive n'est pas un facteur limitant pour la production de soja en Grand Est hormis dans quelques secteurs particuliers.

4 – Caractérisation des territoires favorables à la culture du soja

Après avoir caractériser la ressource en eau (réserve en eau des sols, irrigation), la demande climatique en période estivale et les besoins en température du soja, notre objectif était d'agrèger les éléments de connaissances cartographiques pour identifier les territoires favorables à la production de soja.

41 – Méthode

L'une des premières questions qui se pose est de définir une règle d'agrégation des connaissances qui fournisse une information pertinente, sans être trop exclusif sur la production potentielle de soja. Ce dernier point a fait l'objet de discussions entre les partenaires du projet. Nous avons fait le choix de ne pas être trop restrictifs car les modèles nous donnent une indication macroscopique et ne prétendent pas décrire une vérité à l'échelle d'une exploitation ou d'une parcelle. Autrement dit, dans une zone décrite comme défavorable, il est toujours possible de trouver une parcelle favorable à la production de soja. Et inversement, toutes les parcelles ne sont pas aptes à recevoir du soja dans un territoire identifié comme favorable. La modélisation donne une indication des grandes masses utile à la prise de décision à l'échelle d'un territoire et il est important de conserver un esprit critique à l'égard des limites de l'étude.

Le postulat étant posé, nous avons acté la règle de décision présentée dans le tableau ci-après.

Tableau - Règle de décision pour déterminer les catégories de faisabilité et agréger les couches d'information cartographiques

Risque de récolte tardive <i>modélisation date de récolte >12/10</i>	OUI	NON																		
Sol de craie <i>PRA "zone de craie"</i>		OUI	NON																	
Réserve utile du sol <i>Fréquence des sols profonds (RU>120mm)</i>			sols profonds majoritaires >=50%									sols profonds minoritaires <50%								
Risque de stress hydrique <i>modélisation ETR/ETM pour RU 120 mm ; moyenne pluriannuelle <0.6 fort, 0.6-0.7 moyen, >0.7 faible</i>			faible			moyen			fort			faible			moyen			fort		
Irrigation		non irrigué	irrigué avec restriction	irrigué sans restriction	non irrigué	irrigué avec restriction	irrigué sans restriction	non irrigué	irrigué avec restriction	irrigué sans restriction	non irrigué	irrigué avec restriction	irrigué sans restriction	non irrigué	irrigué avec restriction	irrigué sans restriction	non irrigué	irrigué avec restriction	irrigué sans restriction	
FAISABILITE DU SOJA	DECONSEILLE	DECONSEILLE	FAVORABLE	FAVORABLE	FAVORABLE	POSSIBLE	FAVORABLE	FAVORABLE	ALEATOIRE	POSSIBLE	FAVORABLE	POSSIBLE	POSSIBLE	FAVORABLE	ALEATOIRE	POSSIBLE	FAVORABLE	DECONSEILLE	ALEATOIRE	FAVORABLE

Cette règle de décision a été codée avec le logiciel R en opérant les traitements suivants :

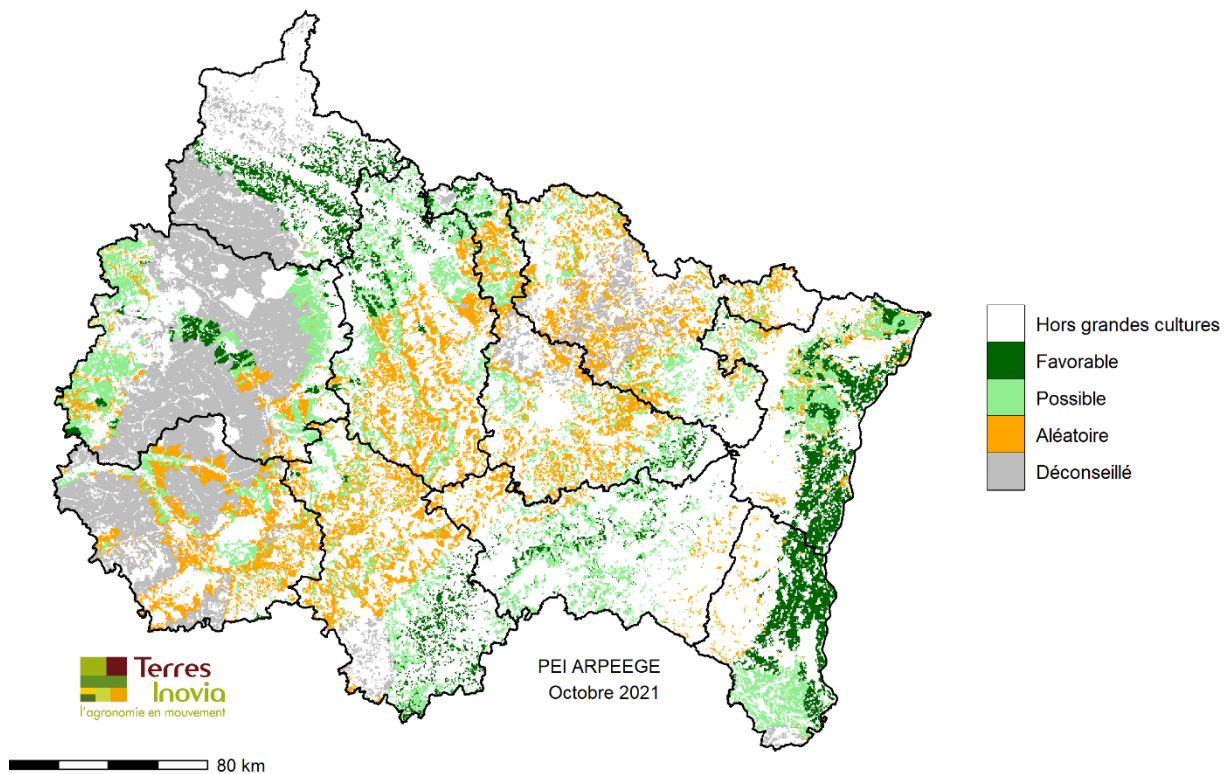
Chaque carte présentée plus haut correspond à une « couche » de données spatialisées dotées de caractéristiques particulières (format vecteur ou raster ; résolution spatiale variée). Les 6 couches ont d'abord été homogénéisées, c'est-à-dire transformées en rasters constitués de pixels de même taille 300 X 300 m (9ha). A chaque pixel de chaque couche correspond une information binaire (ex : risque de récolte tardive) ou une classe (risque de stress hydrique). Les couches ont ensuite été superposées de manière à extraire l'information de chaque pixel, puis à combiner ces informations selon les règles de décision pour évaluer la classe de faisabilité du soja et produire la carte finale.

Nous avons en complément calculé la proportion de pixels de chaque classe par petite région agricole et par département. En multipliant ces valeurs par la surface totale en terre arable (source SIG), nous obtenons pour finir une estimation des surfaces de chaque classe par entité géographique. Là encore, l'estimation ne prétend pas être précise à l'hectare près mais donne un ordre de grandeur. Le calcul de surface est entaché d'erreurs même si nous faisons l'hypothèse que les erreurs se compensent. Enfin, il faut préciser que les surfaces indiquées ne correspondent pas à une surface en soja annuelle. Cela constitue un potentiel de surface sur lequel le soja peut être assolé. La surface en soja dépendra de la fréquence de retour de la culture dans l'assolement.

42 – Résultat

L'agrégation des données cartographiques nous a permis de produire une carte de faisabilité du soja conduit en sec (régime pluvial), une carte de faisabilité du soja en conduite irriguée (cartes présentées dans l'annexe 7) puis une carte complète qui intègre la conduite en sec et la conduite irriguée lorsque celle-ci est possible (cf ci-dessous). D'autres représentations sont disponibles avec une segmentation par département ou par PRA dans l'annexe 7.

Faisabilité du soja en région Grand Est (conduite en sec ou irriguée si possible)
Segmentation par département



Pour conclure, il ressort de cette étude que les territoires les plus favorables à la culture du soja sont l'Alsace, les Crêtes pré-ardennaises, l'Argonne, la vallée de la Marne et le Bassigny. D'autres secteurs sont également possibles : le Tardenois, la Brie Champenoise, la Champagne humide marnaise, le Plateau lorrain sud vosgien et quelques zones de vallées.

Le bassin de production alsacien reste de loin le territoire le plus favorable à l'introduction du soja dans les rotations. Près de la moitié des surfaces favorables à la culture en Grand Est se trouve en Alsace. Le département des Ardennes présente *a priori* un potentiel de surface important avec près de 60 000 ha favorables et donc susceptibles de recevoir du soja dans l'assolement. Il est suivi dans une moindre mesure par la Haute-Marne, la Marne, la Meuse puis les Vosges et la Meurthe-et-Moselle. Le détail des surfaces par PRA et par catégorie de faisabilité du soja est présenté dans l'annexe 8.

Au total sur la région Grand Est, 14% des terres arables sont favorables à la culture du soja.

Tableau - Estimation des surfaces susceptibles de recevoir du soja dans la rotation par département et par catégorie de faisabilité (hectares)

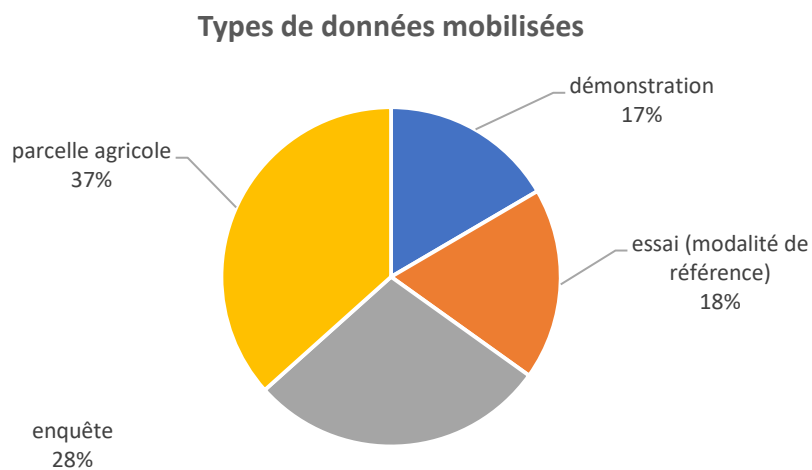
Territoire	Surface favorable	Surface possible	Surface aléatoire	Surface déconseillé
Ardennes	60 859	7 166	379	138 644
Aube	494	47 283	121 316	210 272
Marne	26 104	135 779	42 728	351 751
Haute-Marne	33 358	68 526	106 280	15 707
Meurthe-et-Moselle	13 724	72 080	103 186	23 410
Meuse	26 154	109 171	121 883	1 371
Moselle	872	57 773	119 784	60 907
Vosges	18 333	74 048	27 021	0
Bas-Rhin	96 139	60 921	29 751	0
Haut-Rhin	77 929	41 557	8 169	4 260
Grand Est	353 967	674 304	680 497	806 322

Annexe 1 – Description de la base de données « soja-Arpeege »

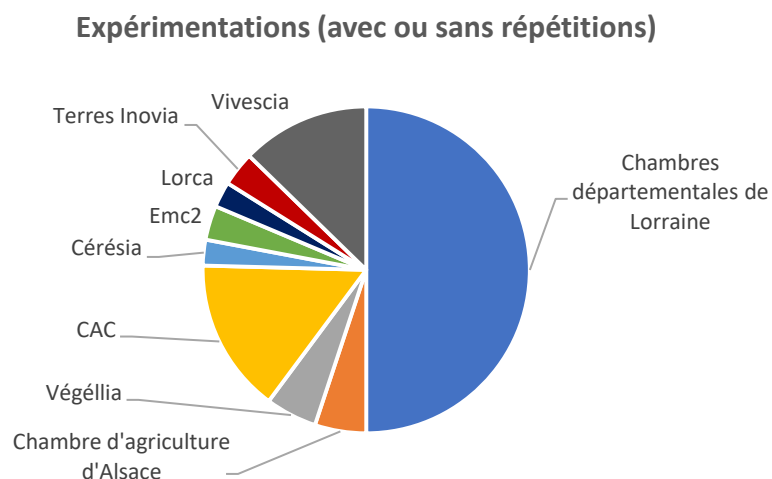
Liste exhaustive des contributeurs

APVA, CDA10, CDA51, CDA54, CDA55, CDA57, CDA88, CAA, CRAGE, GDA Piney Lusigny, GDA Soulaines, CAC, Cérésia, Emc2, Lorca, Soufflet Agriculture, Terres Inovia, Vivescia

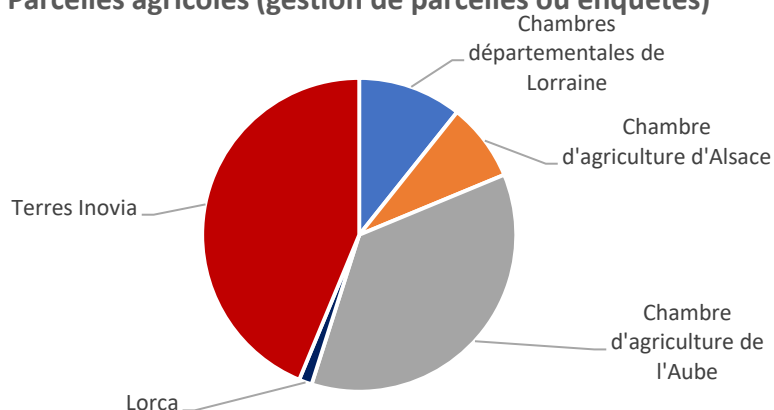
Type de données



Contributeurs selon la nature de la source



Parcelles agricoles (gestion de parcelles ou enquêtes)



Type de données par territoire

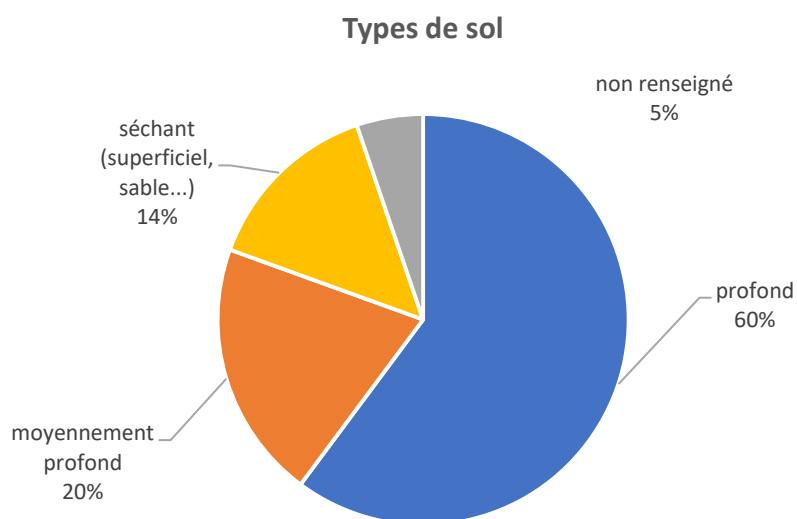
Proportion des types de données par territoire

	Champagne-Ardenne	Lorraine	Alsace
démonstration	0%	50%	0%
essai (modalité de référence)	19%	11%	23%
enquête	15%	15%	60%
parcelle agricole	66%	24%	17%

Nombre de données par département et par année

Année / Dpt	Champagne Ardenne				Lorraine				Alsace		TOTAL
	08	10	51	52	54	55	57	88	67	68	
2000										1	1
2001										1	1
2004										1	1
2005										1	1
2006										1	1
2007										1	1
2008										1	1
2009										1	1
2010										1	1
2011										1	1
2012										1	1
2013			1		2	1	1	1		1	7
2014		1	1		9	2	4	1		1	19
2015		2	1	8	7	4	3	2	1	2	30
2016		6	1	8	10	3	2	1	6	37	74
2017		18	2	4	5	3	5	1	2	6	46
2018	1	32		11	7	13	2	3	2	5	76
2019	1	8	7	9	11	5	7		18	13	79
TOTAL	2	67	13	40	51	31	24	9	29	76	342

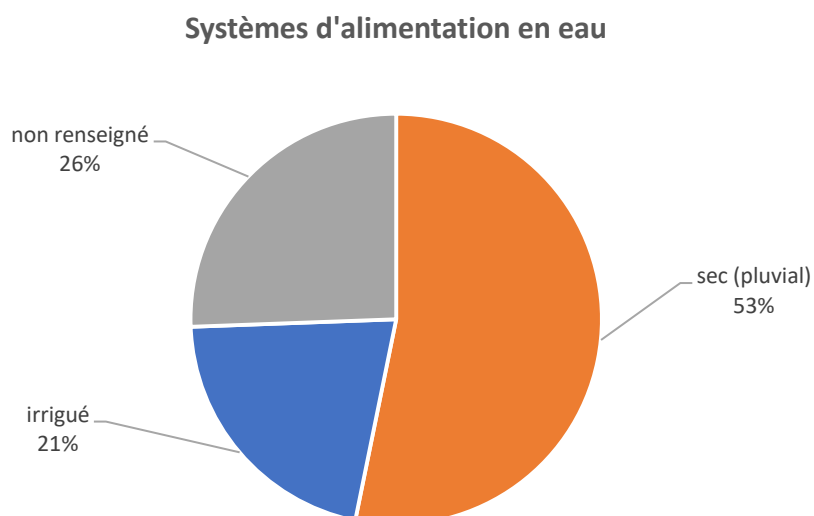
Type de sol



Proportion des types de sol par territoire

	Champagne-Ardenne	Lorraine	Alsace
profond	66%	75%	39%
moyennement profond	19%	14%	27%
séchant (superficiel, sable...)	8%	3%	34%
non renseigné	7%	9%	0%

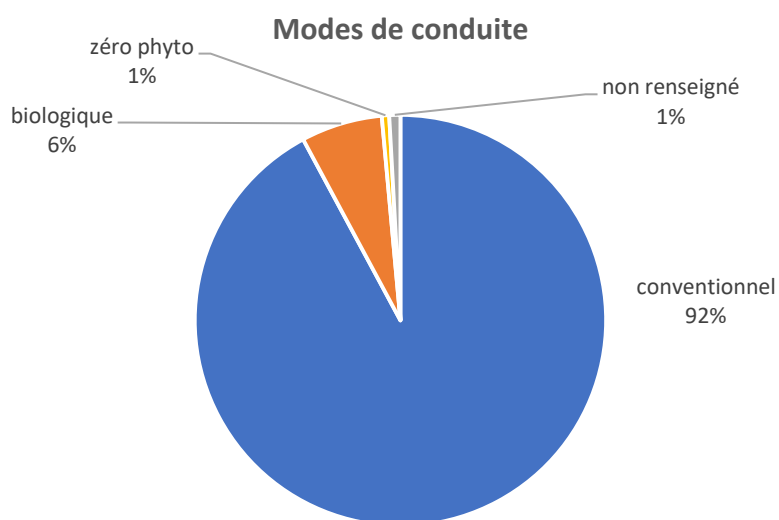
Ressource en eau



Proportion des systèmes d'alimentation en eau par territoire

	Champagne-Ardenne	Lorraine	Alsace
sec (pluvial)	27%	99%	32%
irrigué	2%	1%	67%
non renseigné	71%	0%	1%

Type de conduite

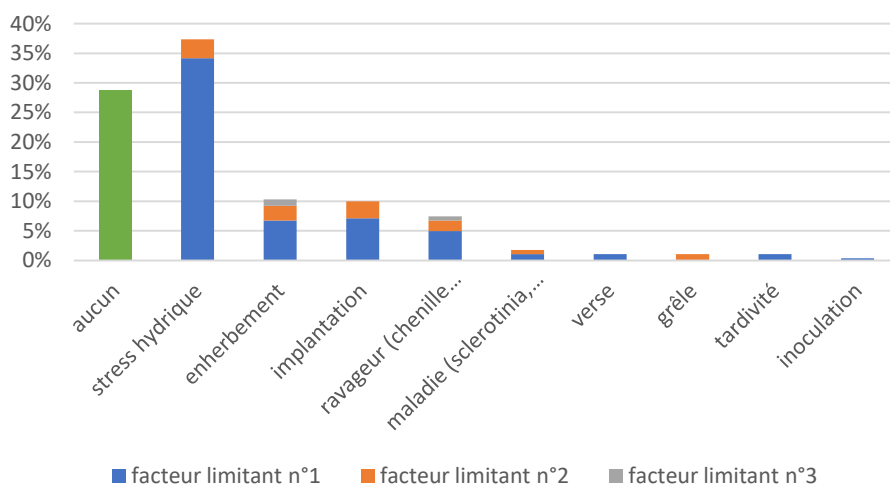


Proportion des modes de conduite par territoire

	Champagne-Ardenne	Lorraine	Alsace
conventionnel	99%	82%	95%
biologique	0%	17%	3%
zéro phyto	0%	2%	0%
non renseigné	1%	0%	2%

Facteurs limitants de la production de soja

Fréquence des citations de facteurs limitants



Qualification de l'intensité du stress hydrique par territoire

	Stress hydrique		
	faible à nul	moyen à fort	non renseigné
Champagne-Ardenne	7%	15%	77%
Lorraine	23%	37%	41%
Alsace	49%	27%	24%
TOTAL	26%	26%	48%

Qualification de l'intensité du stress hydrique par année

	Stress hydrique		
	faible à nul	moyen à fort	non renseigné
2014	45%	0%	55%
2015	13%	41%	47%
2016	32%	18%	50%
2017	42%	4%	54%
2018	13%	14%	72%
2019	17%	61%	22%
TOTAL	26%	26%	48%

Annexe 2 – Tri à plat de la base de données « soja-Arpeege » sur le critère rendement

Rendement annuel par territoire et par département

	NB de données	Rdt moyen	écart-type	Rdt mini	Rdt Q1	Rdt médian	Rdt Q3	Rdt maxi
Champagne-Ardenne	122	23,64	10,49	1,27	13,80	25,00	32,07	42,19
8	2	36,98	1,38	36,00	36,49	36,98	37,46	37,95
10	67	25,84	9,62	8,00	18,00	26,00	34,09	42,19
51	13	26,97	8,63	11,80	21,70	25,00	32,00	41,00
52	40	18,06	10,46	1,27	10,05	13,58	28,18	39,00
Lorraine	114	20,68	8,27	5,00	14,92	20,20	42,00	43,00
54	51	20,68	8,83	6,00	14,65	21,00	27,80	43,00
55	30	18,99	7,59	5,00	13,13	18,25	23,11	35,20
57	24	22,45	8,46	7,20	15,83	21,00	29,15	35,90
88	9	21,58	6,59	12,50	15,90	22,60	25,00	33,20
Alsace	105	38,23	6,51	19,00	35,00	39,00	43,00	59,20
67	29	34,85	7,17	19,00	31,00	32,00	40,00	47,60
68	76	39,52	5,78	20,00	36,42	40,20	43,08	59,20
Grand Est	346	26,74	11,78	0,00	17,96	28,00	37,00	59,20

Rendement annuel en Alsace selon la ressource en eau

	NB de données	Rdt moyen	écart-type	Rdt mini	Rdt Q1	Rdt médian	Rdt Q3	Rdt maxi
Alsace_irrigué	70	40,57	5,28	19,00	38,00	40,90	43,95	59,20
67_irrigué	11	39,42	7,74	19,00	37,45	40,00	44,00	47,60
68_irrigué	59	40,79	4,75	30,00	38,00	41,00	43,90	59,20
Alsace_sec	34	33,2	5,99	20,00	30,00	32,00	37,75	45,40
67_sec	18	32,06	5,25	22,00	30,00	32,00	32,00	45,40
68_sec	16	34,48	6,67	20,00	31,88	36,32	38,48	43,30

Rendement annuel par territoire et par type de sol

	NB de données	Rdt moyen	écart-type	Rdt mini	Rdt Q1	Rdt médian	Rdt Q3	Rdt maxi
Champagne-Ardenne								
Profond	81	25,66	10,37	5,00	18,00	27,00	34,17	42,19
moyennement profond	23	19,75	9,51	5,00	11,21	21,16	25,98	37,35
séchant (superficiel, sable...)	10	18,74	11,06	1,27	10,53	17,07	26,70	37,16
Lorraine								
Profond	85	21,48	8,47	5,00	15,00	21,70	28,40	43,00
moyennement profond	16	19,54	8,18	7,10	12,65	19,65	24,36	32,80
séchant (superficiel, sable...)	3	14,85	6,00	8,00	12,68	17,35	18,28	19,20
Alsace								
Profond	41	36,33	5,74	20,00	32,00	38,00	40,00	46,50
moyennement profond	28	38,50	7,37	19,00	36,45	40,15	43,85	47,60
séchant (superficiel, sable...)	36	40,17	6,18	29,00	36,30	41,60	44,25	59,20

Rendement annuel par territoire en fonction du stress hydrique

	NB de données	Rdt moyen	écart-type	Rdt mini	Rdt Q1	Rdt médian	Rdt Q3	Rdt maxi
Champagne-Ardenne								
faible à nul	9	35,33	4,48	25,90	32,80	37,35	37,70	41,00
moyen à fort	19	20,68	7,45	5,00	18,31	22,00	25,08	31,00
Lorraine								
faible à nul	27	29,14	5,95	17,00	24,35	28,90	33,00	43,00
moyen à fort	44	16,55	6,71	5,00	11,08	16,45	21,75	29,40
Alsace								
faible à nul	54	40,95	5,13	25,00	38,00	40,90	45,00	59,20
moyen à fort	28	33,71	5,39	22,00	30,00	32,00	37,00	47,60

Rendement annuel par territoire et par type de sol en fonction du stress hydrique

Effectif	faible à nul / moyen à fort		Moy rdt	faible à nul / moyen à fort	
	faible à nul	moyen à fort		faible à nul	moyen à fort
Champagne-Ardenne	9	19	35,33	20,68	
profond	6	11	36,23	23,39	
moyennement profond	3	7	33,53	17,2	
séchant (superficiel, sable...)	0	1	.	11,8	
Lorraine	27	44	29,14	16,55	
profond	23	29	29,74	17,5	
moyennement profond	3	7	27,85	15,24	
séchant (superficiel, sable...)	1	1	19,2	8	
Alsace	54	28	40,95	33,71	
profond	23	12	38,74	33,07	
moyennement profond	15	8	41,18	35,25	
séchant (superficiel, sable...)	16	8	43,91	33,15	

Rendement annuel par territoire et par département - uniquement avec données essais microparcelles

	NB de données	Rdt moyen	écart-type	Rdt mini	Rdt Q1	Rdt médian	Rdt Q3	Rdt maxi
Champagne-Ardenne	23	29,12	8,79	6,90	23,80	30,20	37,35	41,00
Lorraine	13	23,81	7,22	11,10	17,40	23,15	29,40	32,80
Alsace	24	41,6	5,48	31,30	38,68	40,90	44,25	59,20

Rendement annuel

	NB de données	Rdt moyen	écart-type	Rdt mini	Rdt Q1	Rdt médian	Rdt Q3	Rdt maxi
2013	7	18,57	10,50	7,20	12,50	15,85	21,98	38,00
2014	19	24,27	8,80	7,20	19,00	23,15	30,75	37,40
2015	31	19,54	12,07	1,27	10,55	19,50	24,48	59,20
2016	75	31,11	10,41	6,90	22,53	31,00	40,45	46,00
2017	45	36,21	5,15	23,90	33,00	37,00	40,00	47,00
2018	76	21,64	9,87	8,00	13,73	19,13	28,22	46,05
2019	80	25,98	11,13	5,00	19,50	26,10	33,06	47,60

Rendement annuel - complément sur territoires ajustés

	NB de données	Rdt moyen	écart-type	Rdt mini	Rdt Q1	Rdt médian	Rdt Q3	Rdt maxi
Champagne-Ardenne hors 52	82	26,29	9,47	8,00	18,25	26,05	34,79	42,19
Lorraine + 52	154	20,01	8,92	1,27	11,94	20,00	27,85	43,00

Rendement annuel par territoires et par type de sol - complément sur territoires ajustés

	NB de données	Rdt moyen	écart-type	Rdt mini	Rdt Q1	Rdt médian	Rdt Q3	Rdt maxi
Champagne-Ardenne hors 52								
profond	62	27,95	9,33	8,00	21,04	28,43	36,75	42,19
moyennement profond	10	25,13	8,43	11,00	21,14	25,50	29,03	37,35
séchant (superficiel, sable...)	6	18,11	7,05	9,90	12,93	17,07	23,81	27,00
Lorraine + 52								
profond	104	20,88	8,87	5,00	13,82	20,45	23,45	43,00
moyennement profond	29	17,71	8,29	5,00	10,85	17,45	23,45	32,80
séchant (superficiel, sable...)	7	17,61	12,64	1,27	9,05	17,35	24,70	37,16

Rendement annuel par territoire et par type de sol en fonction du stress hydrique - complément sur territoires ajustés

Effectif	faible à nul	moyen à fort
Champagne-Ardenne hors 52	7	13
profond	5	9
moyennement profond	2	3
séchant (superficiel, sable...)	0	1
Lorraine + 52	29	50
profond	24	31
moyennement profond	4	11
séchant (superficiel, sable...)	1	1

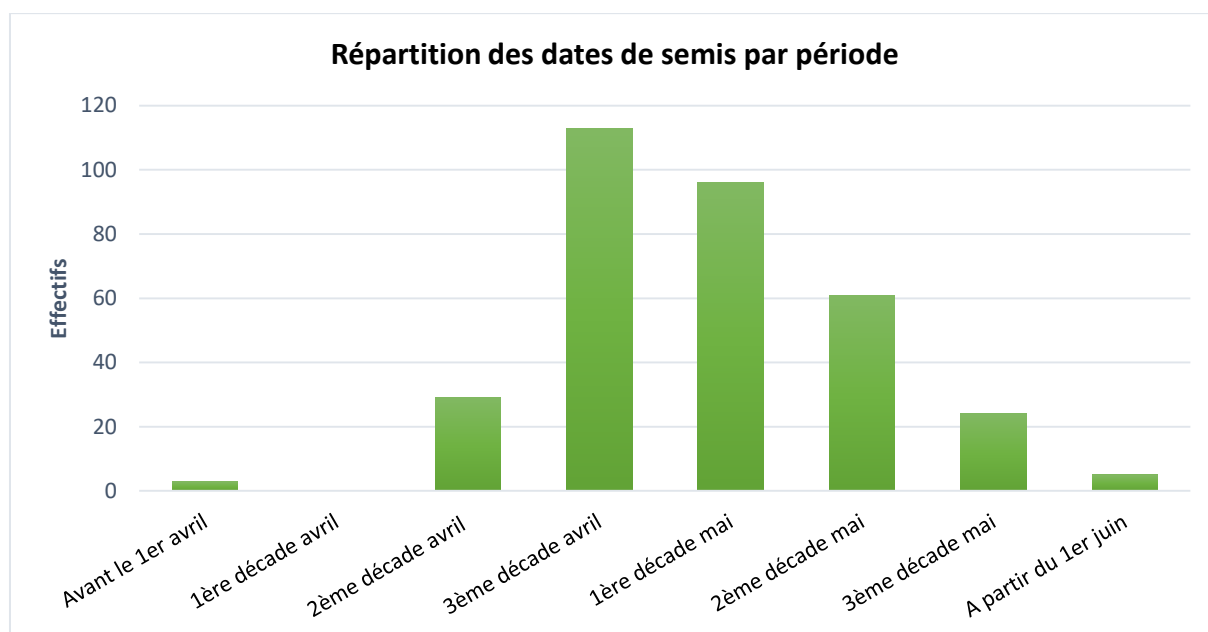
Moy rdt	faible à nul	moyen à fort
Champagne-Ardenne hors 52	37,04	22,99
profond	36,91	23,9
moyennement profond	37,35	23,98
séchant (superficiel, sable...)		11,8
Lorraine + 52	29,15	16,36
profond	29,87	17,73
moyennement profond	27,36	13,79
séchant (superficiel, sable...)	19,2	8

Annexe 3 – Tri à plat de la base de données « soja- Arpeege » sur le critère date de semis et de récolte

Répartition statistique des dates de semis par territoire

	NB de données	Moyenne	Ecart moyen	Min	Q1	Médiane	Q3	Max
Champagne-Ardenne	119	26-avr.	8,09	17-mars	20-avr.	24-avr.	4-mai	27-mai
Lorraine	97	10-mai	9,89	12-avr.	2-mai	10-mai	18-mai	17-juin
Alsace	112	3-mai	7,98	21-mars	25-avr.	3-mai	9-mai	10-juin

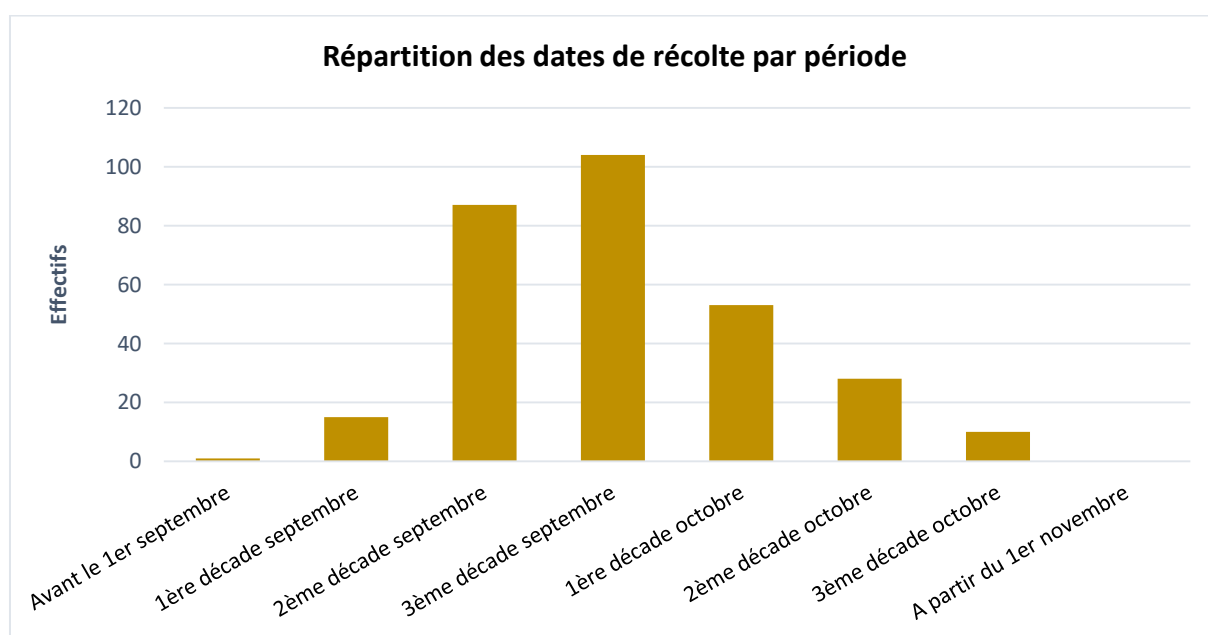
Répartition des dates de semis par période



Répartition statistique des dates de récolte par territoire

	NB de données	Moyenn e	Ecart moyen	Min	Q1	Médian e	Q3	Max
Champagne-Ardenne	117	26-sept.	10	29-août	17-sept.	26-sept.	2-oct.	26-oct.
Lorraine	78	27-sept.	8	3-sept.	20-sept.	27-sept.	2-oct.	31-oct.
Alsace	100	24-sept.	7	6-sept.	19-sept.	23-sept.	30-sept.	16-oct.

Répartition des dates de récolte par période



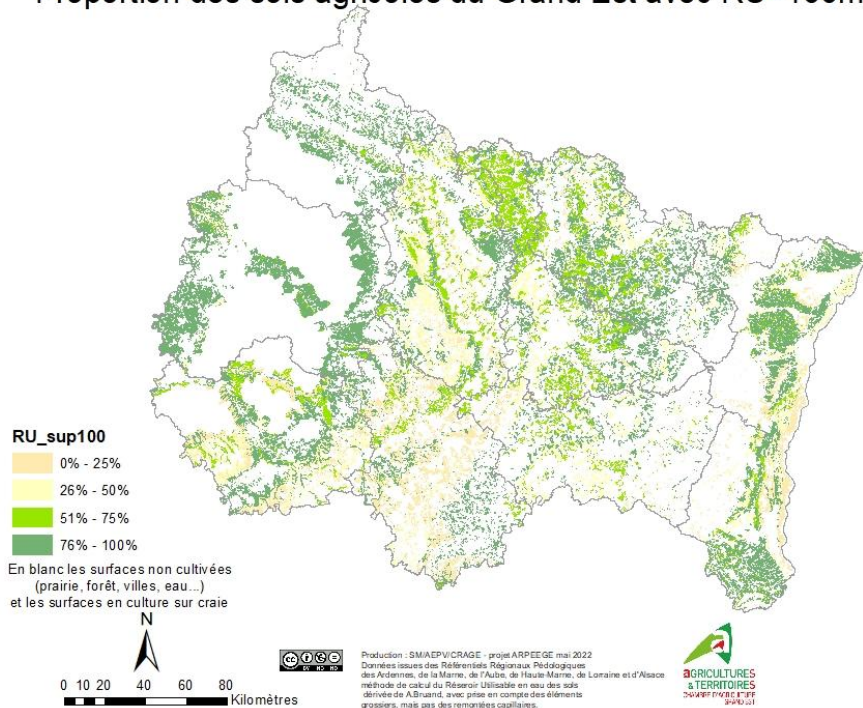
Annexe 4 – Proportion des sols en fonction de leur réservoir utilisable

Cartes extraites des documents de travail du PEI ARPEEGE présentant la fréquence des surfaces dont la RU est >100mm, >120 mm et >150mm (source Chambre Régionale d’Agriculture Grand Est).

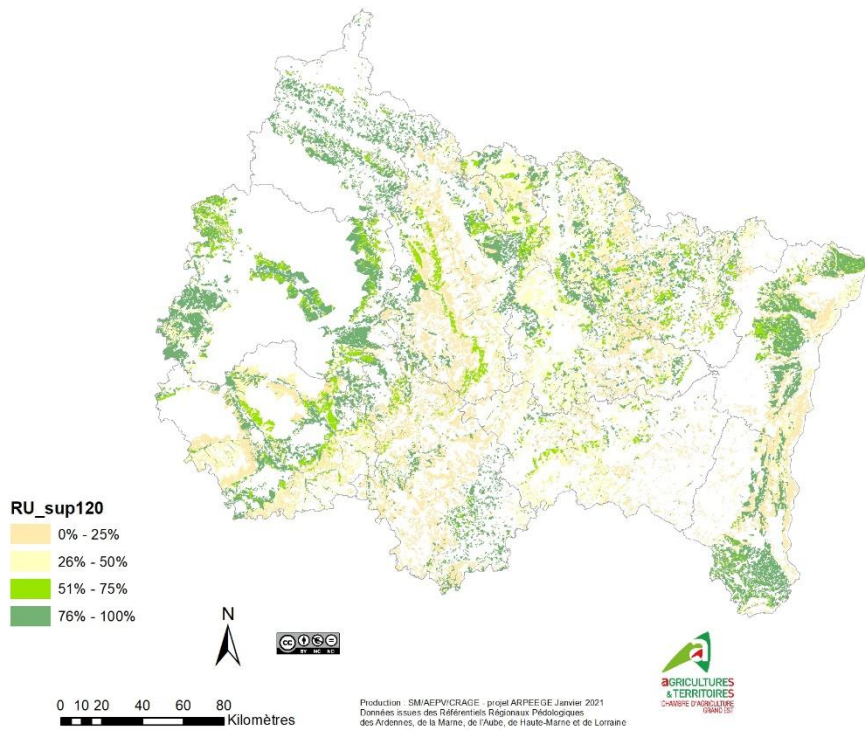
Les surfaces représentées ici excluent les zones urbanisées, les forêts, les surfaces toujours en herbe et les cultures pérennes.

Les PRA « zone de craie » des départements des Ardennes, de l’Aube et de la Marne ne sont pas représentées pour les raisons précisées dans le corps du document.

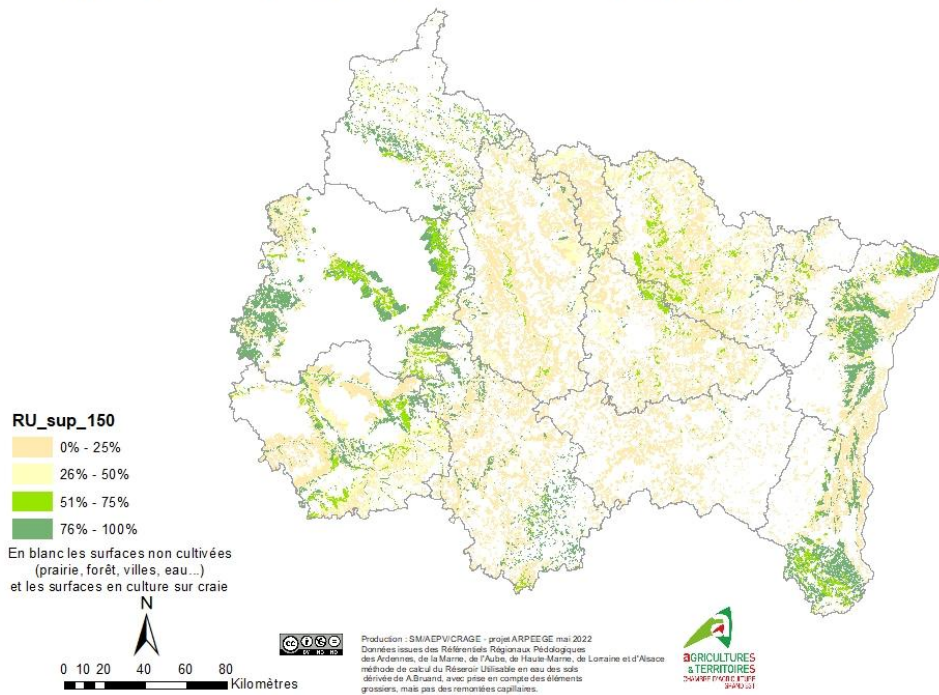
Proportion des sols agricoles du Grand Est avec RU>100mm



Proportion des sols agricoles du Grand Est avec RU>120mm

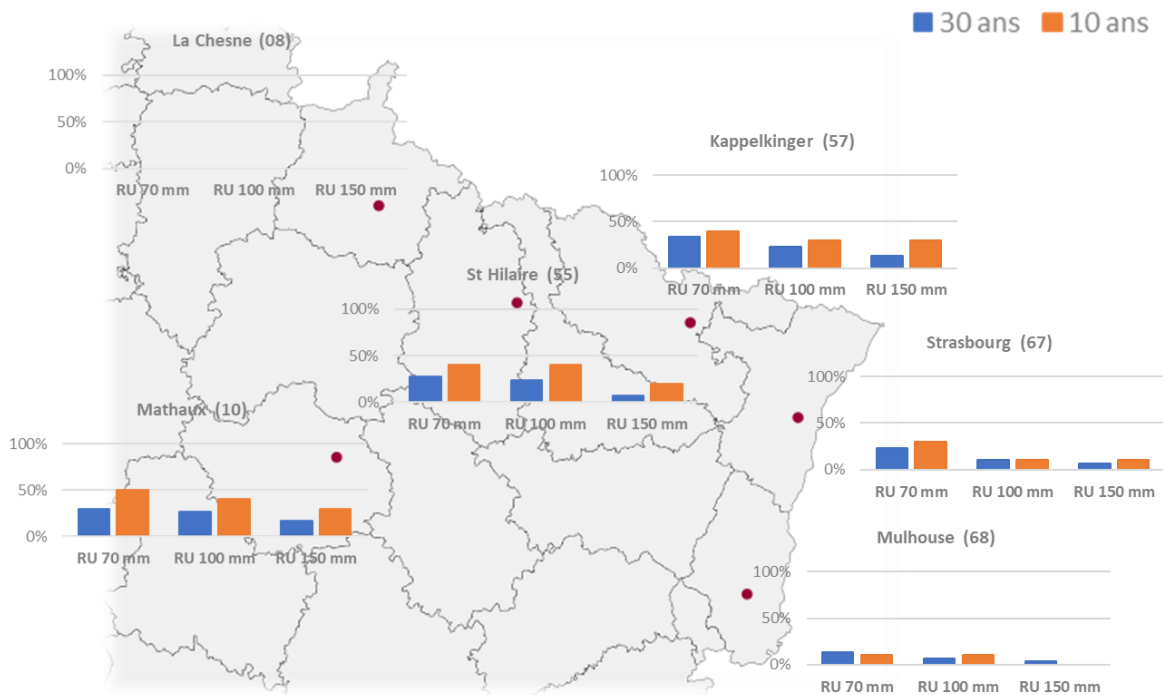


Proportion des sols agricoles du Grand Est avec RU>150mm



Annexe 5 – Etude de sensibilité du risque de stress hydrique

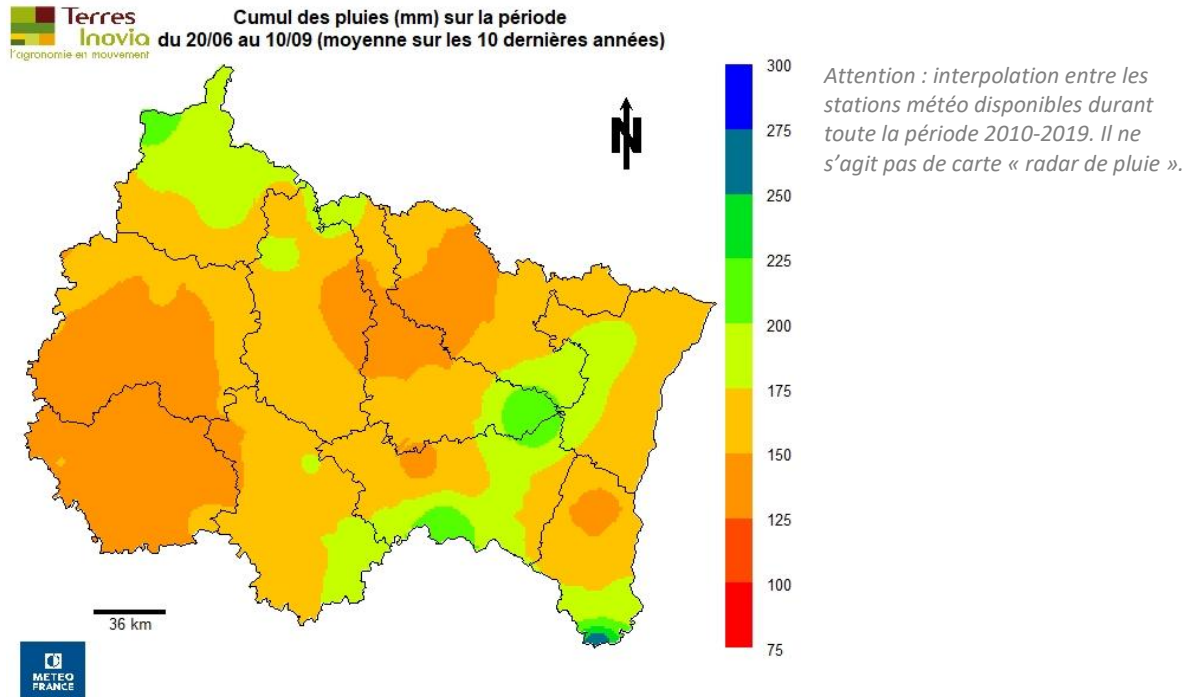
Fréquence d'un stress hydrique sévère au cours de la période de sensibilité du soja (étude fréquentielle 1990-2019)



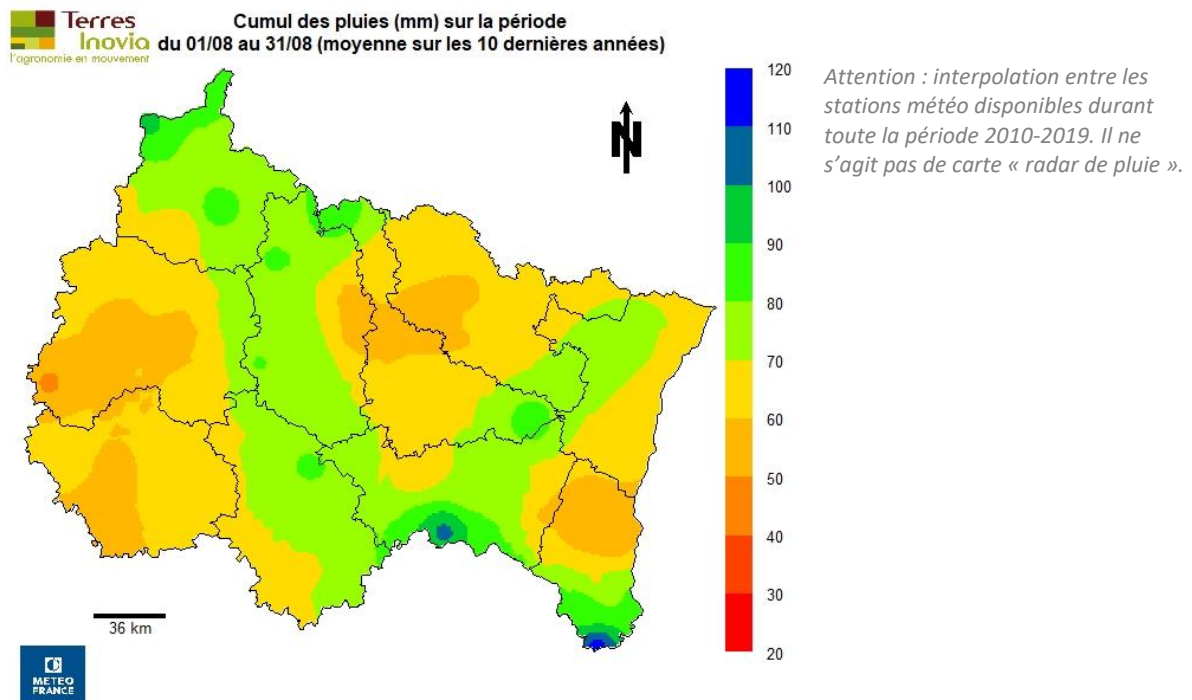
On considère un stress hydrique sévère lorsque moins de 50% des besoins en eau sont satisfaits au cours de la période de sensibilité (ETR/ETM moyen < 0.5).

Exemple de lecture du graphique : A Saint Hilaire (55) en sol moyennement profond (RU=100mm), la fréquence d'un stress hydrique sévère est de 2 années /10 ces 30 dernières années. Elle est de 4 années /10 ces 10 dernières années.

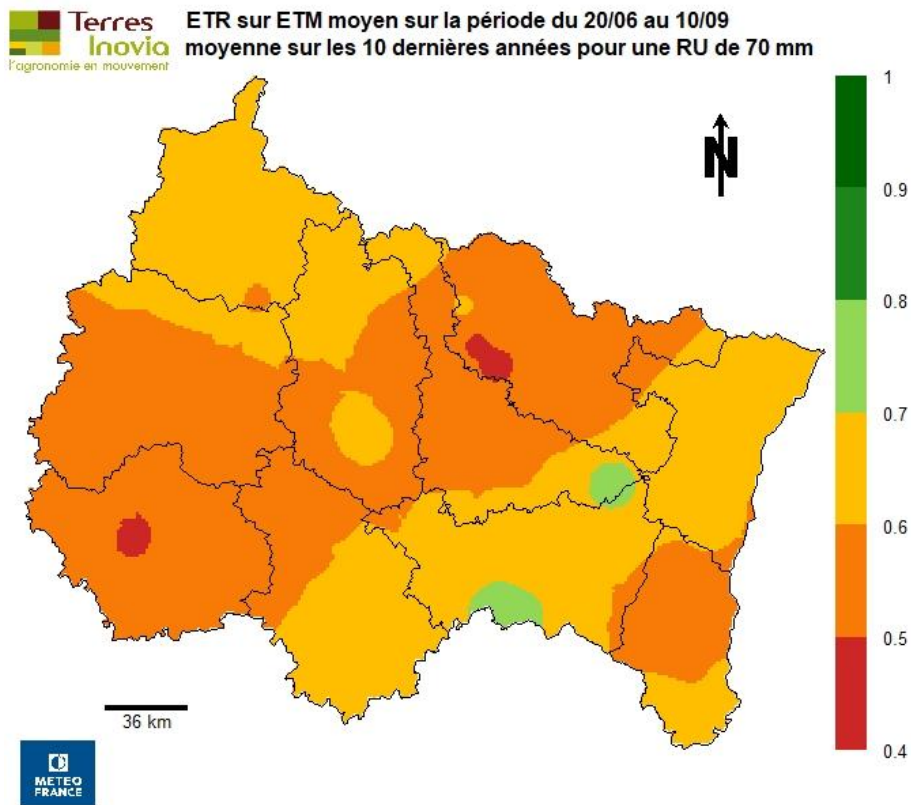
Carte des précipitations sur la période de sensibilité au stress hydrique du soja



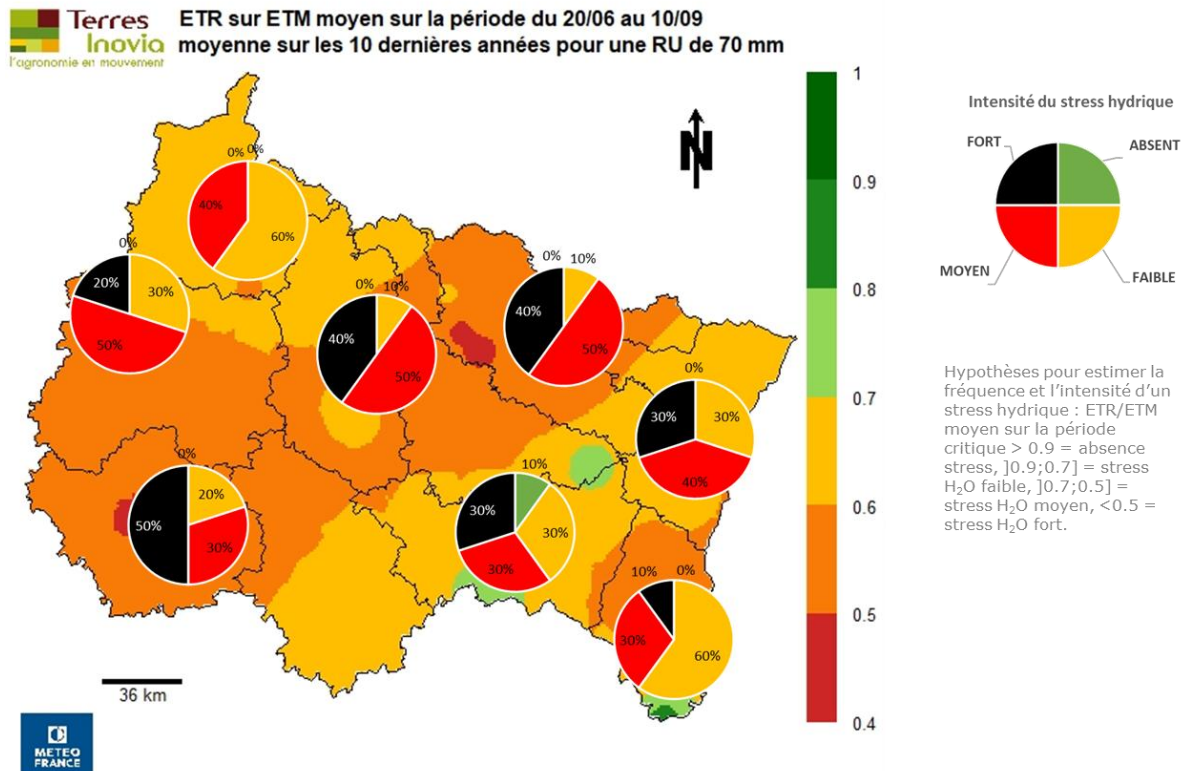
Carte des précipitations sur le mois d'août (période de remplissage, sans compensation possible)



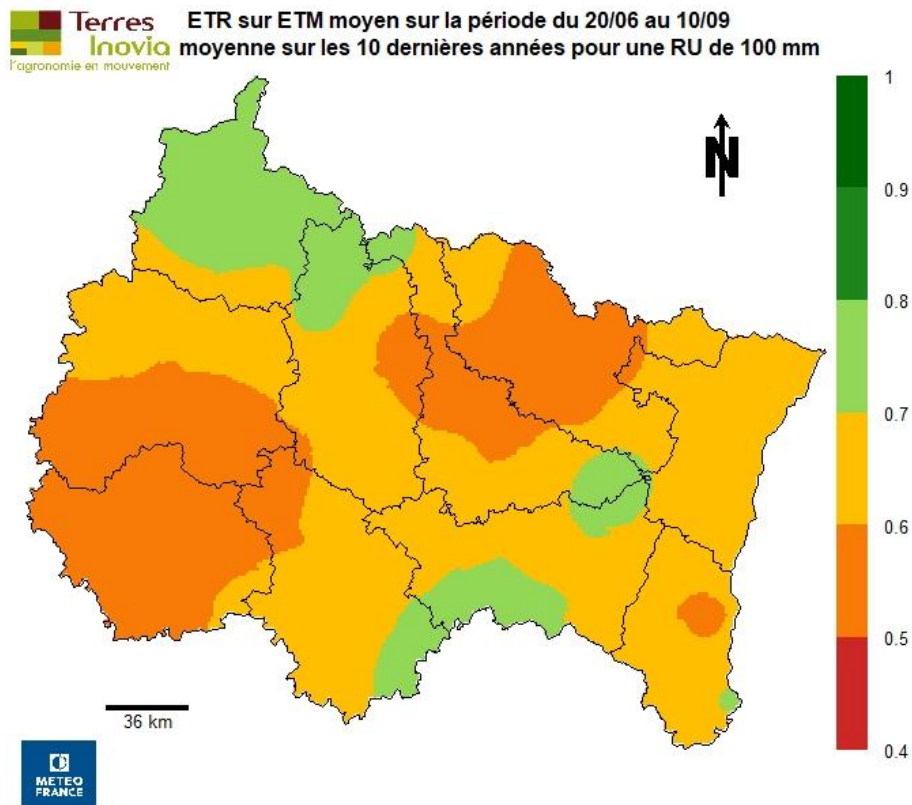
Satisfaction des besoins en eau au cours de la période critique pour une Réserve Utile de 70 mm



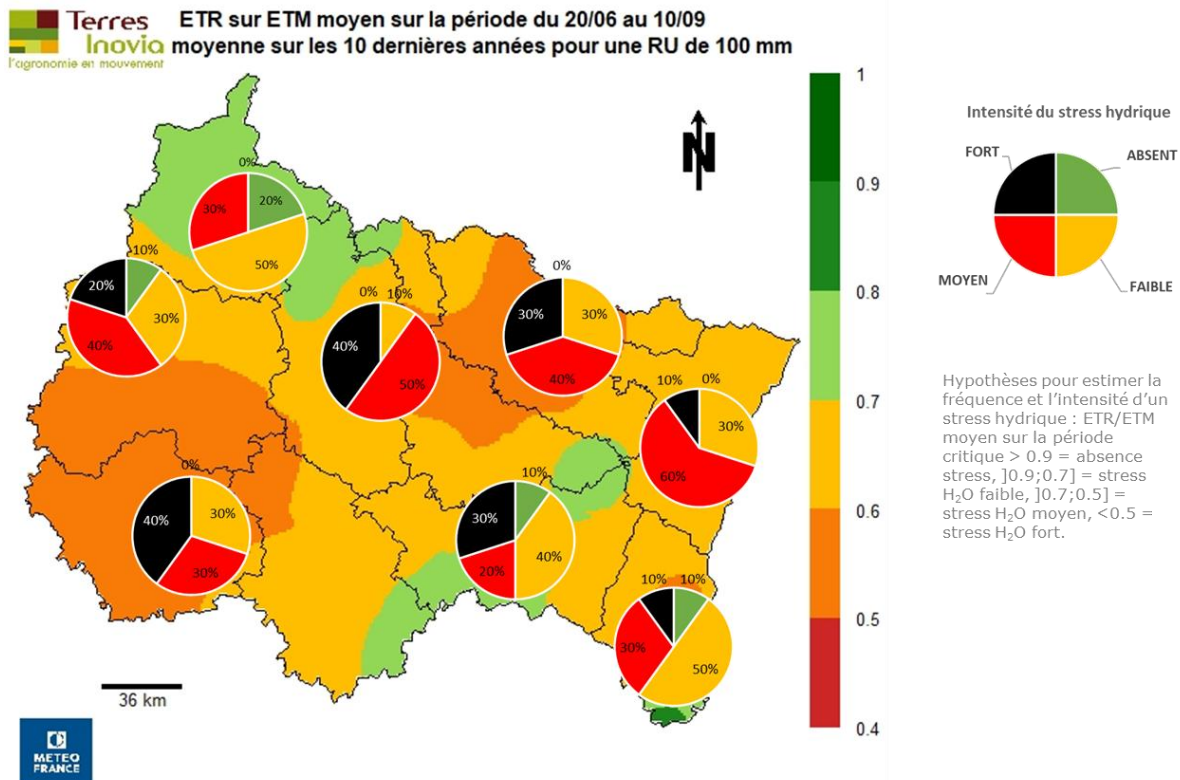
Risque de stress hydrique selon les zones géographiques pour une RU de 70 mm



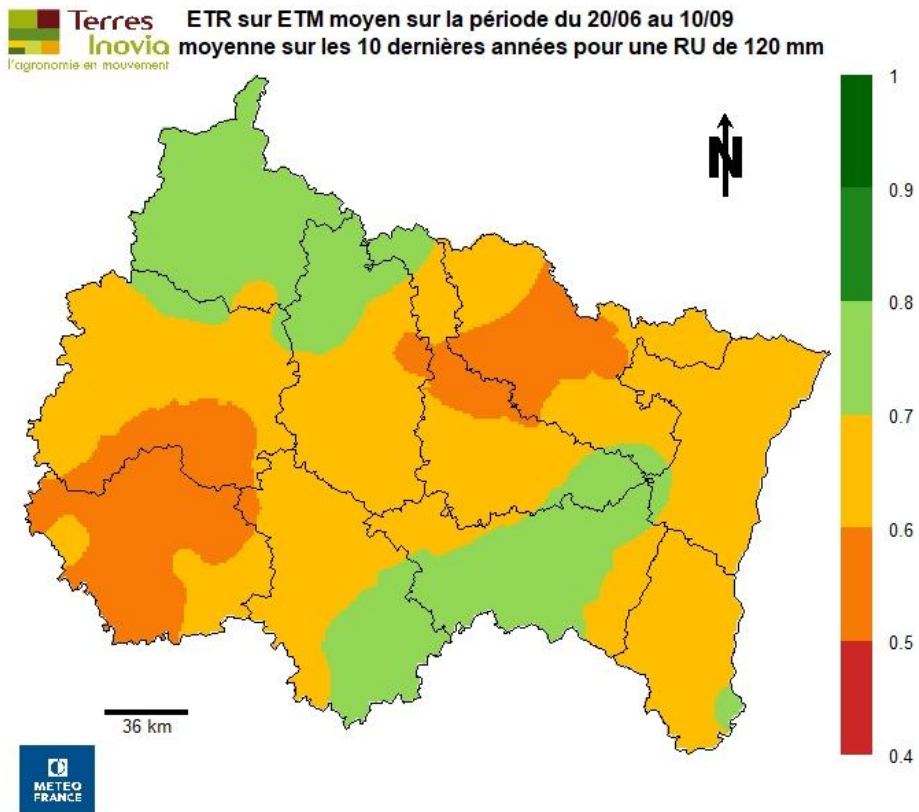
Satisfaction des besoins en eau au cours de la période critique pour une Réserve Utile de 100 mm



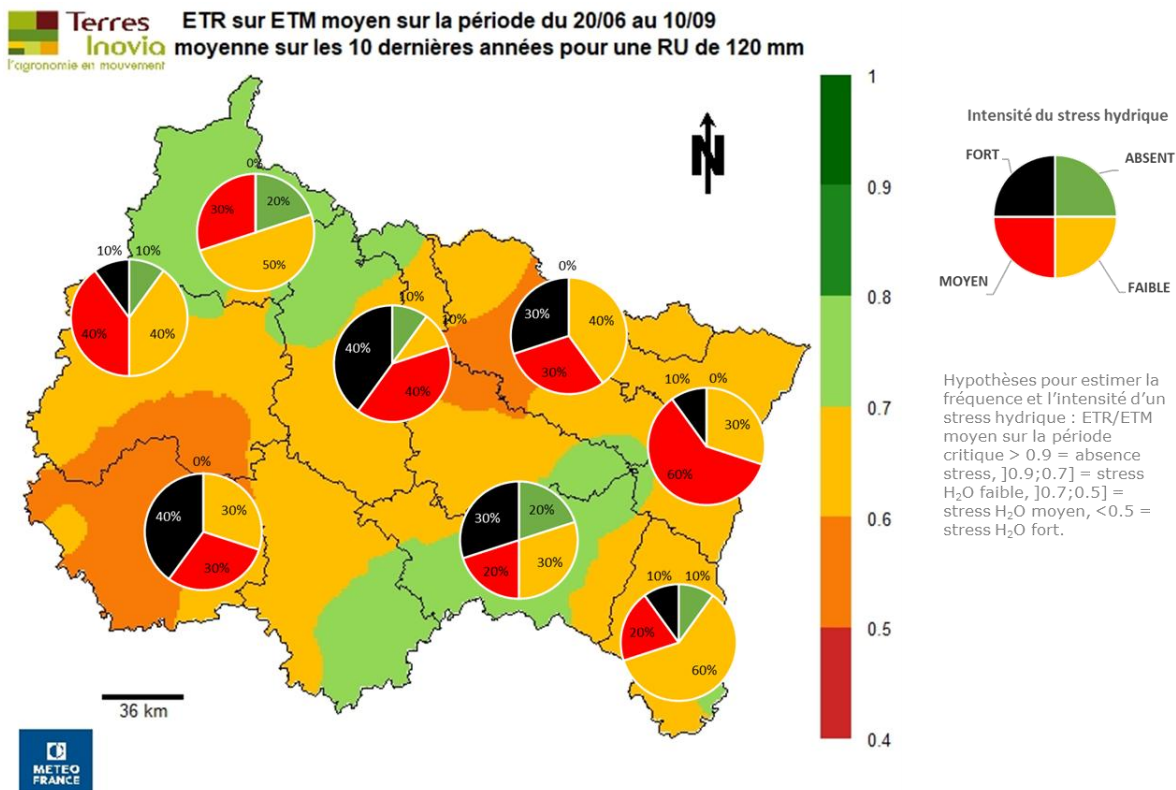
Risque de stress hydrique selon les zones géographiques pour une RU de 100 mm



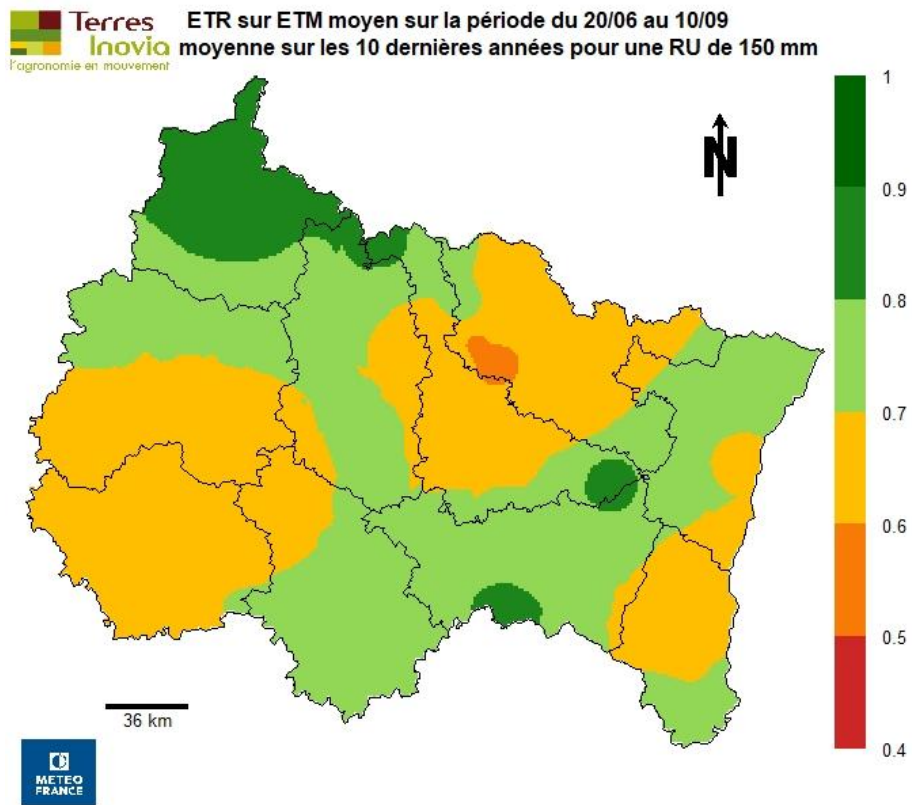
Satisfaction des besoins en eau au cours de la période critique pour une Réserve Utile de 120 mm



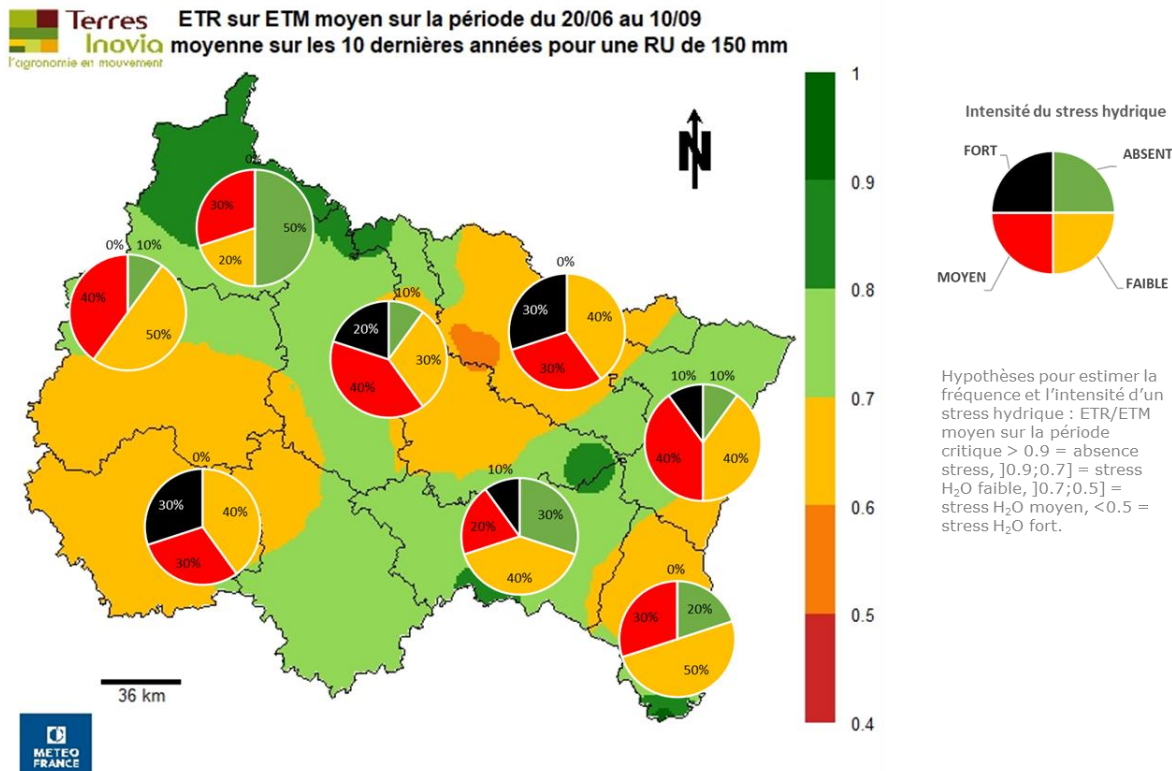
Risque de stress hydrique selon les zones géographiques pour une RU de 120 mm



Satisfaction des besoins en eau au cours de la période critique pour une Réserve Utile de 150 mm



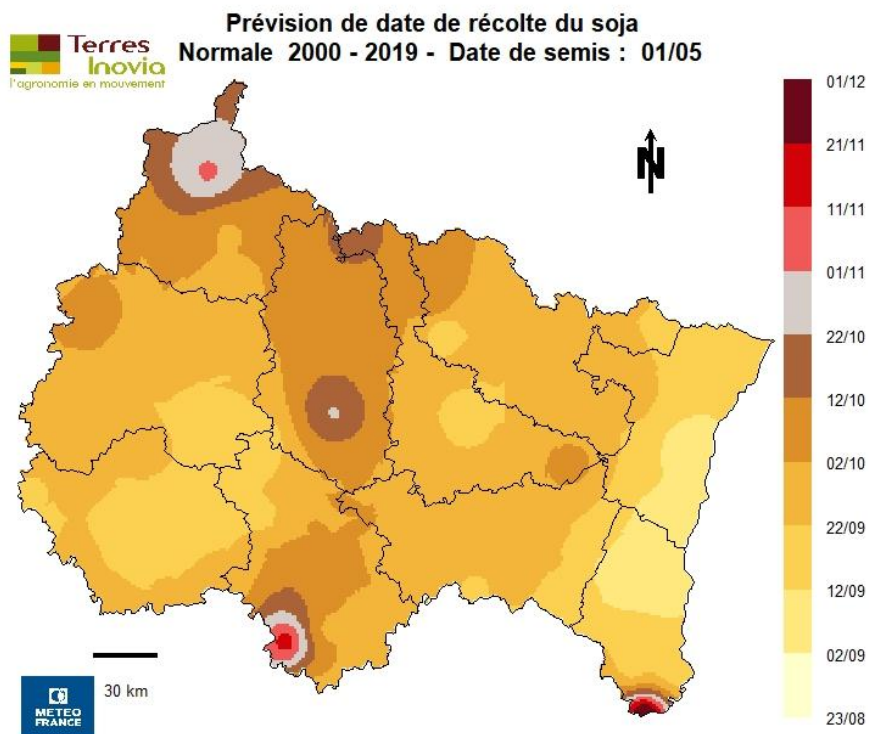
Risque de stress hydrique selon les zones géographiques pour une RU de 150 mm



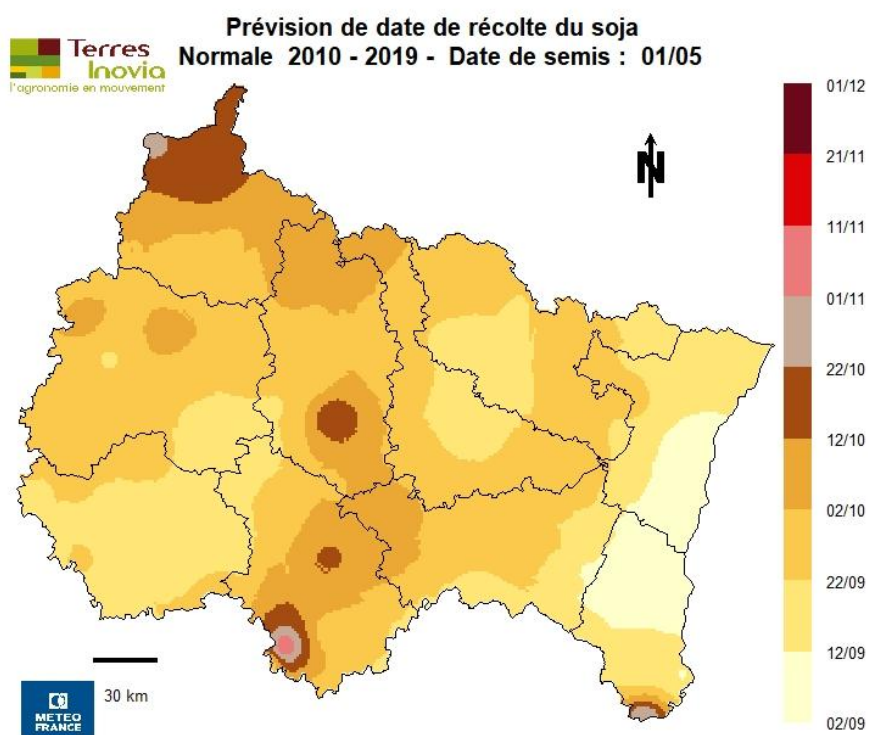
Annexe 6 – Etude de sensibilité du risque de récolte tardive

Simulations réalisées avec tous les postes météo disponibles sur la période étudiée.

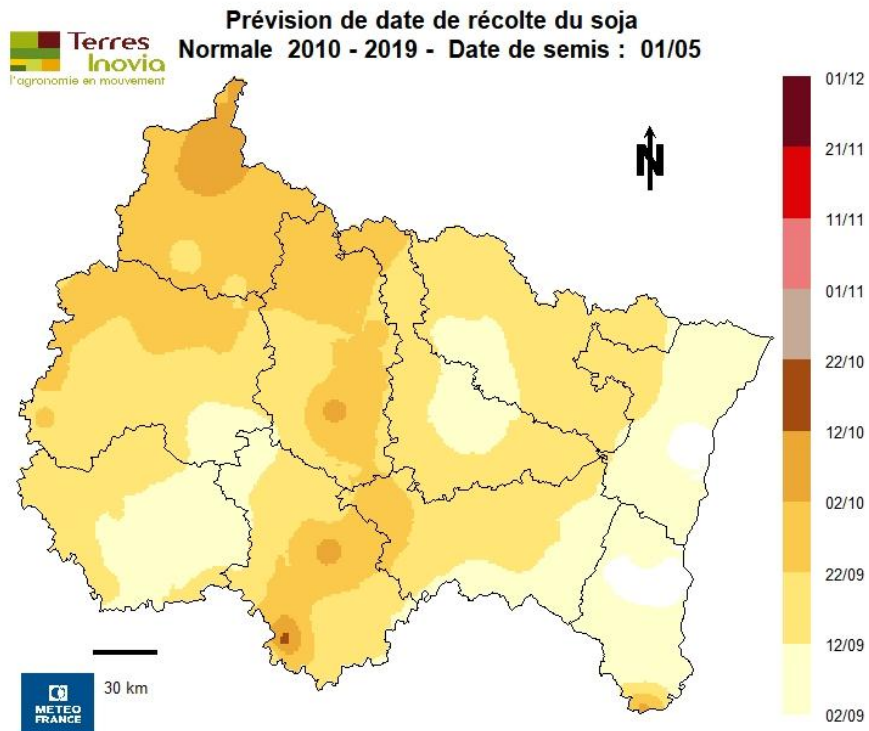
Date moyenne sur 20 ans



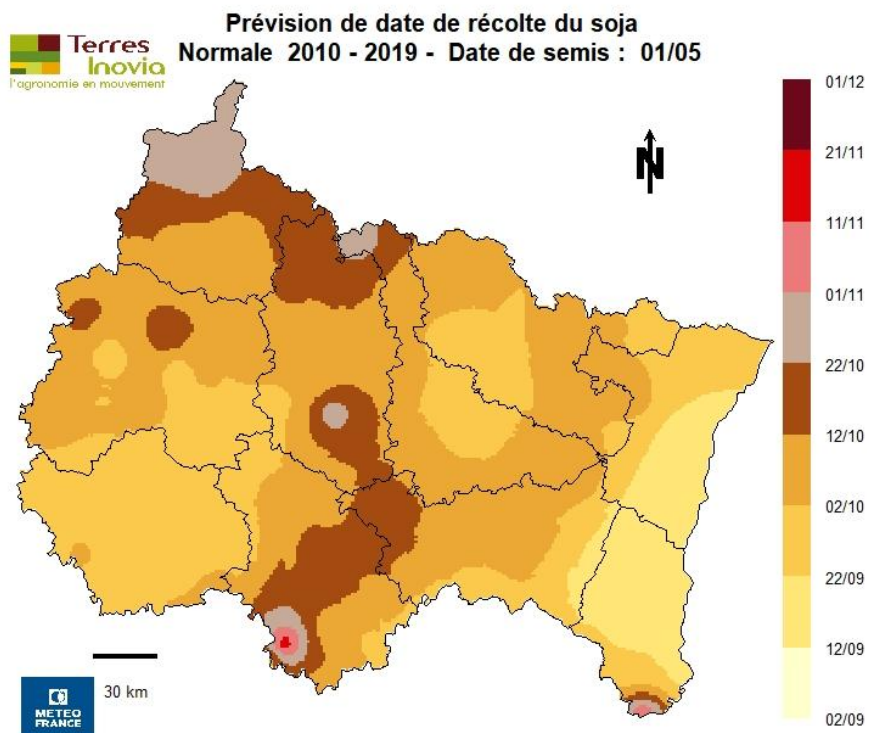
Date moyenne sur 10 ans



Date précoce 2 années sur 10 ans

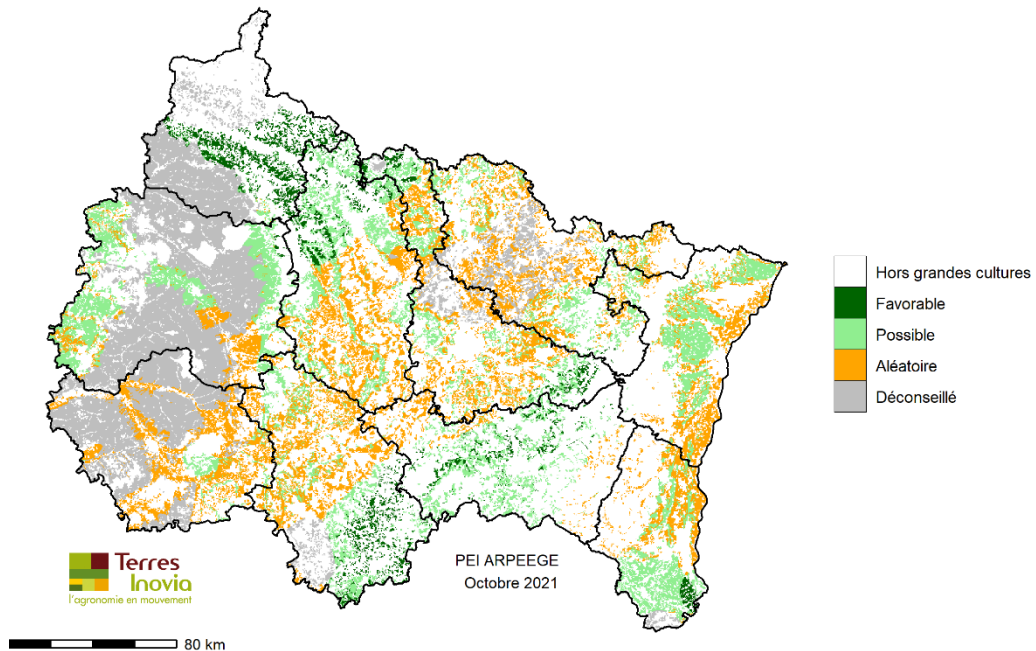


Date tardive 2 années sur 10 ans

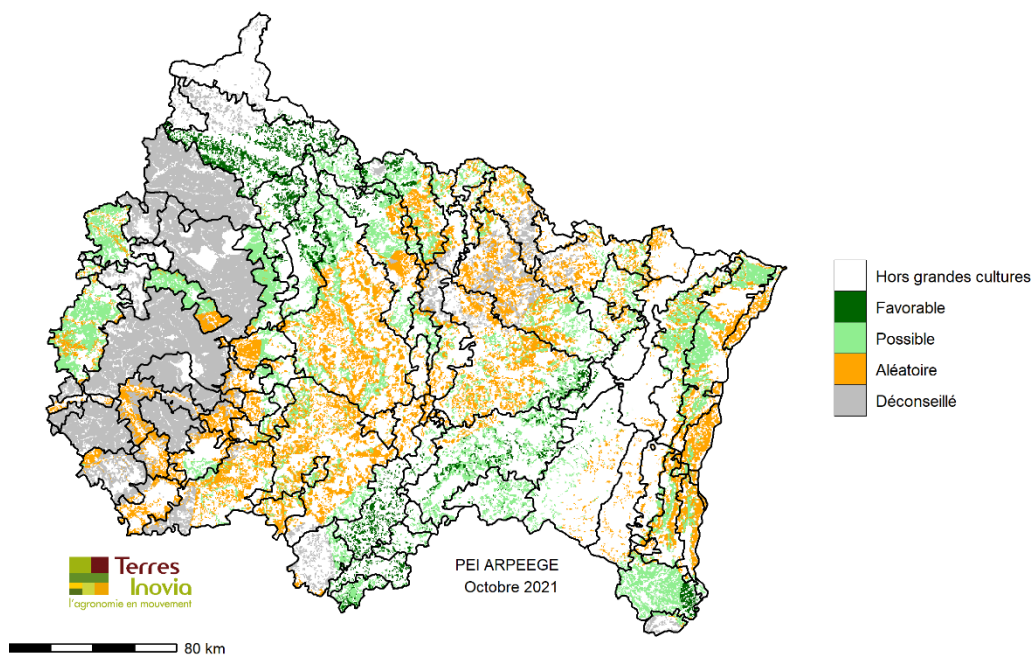


Annexe 7 – Autres représentations cartographiques des territoires favorables à la culture du soja en Grand Est

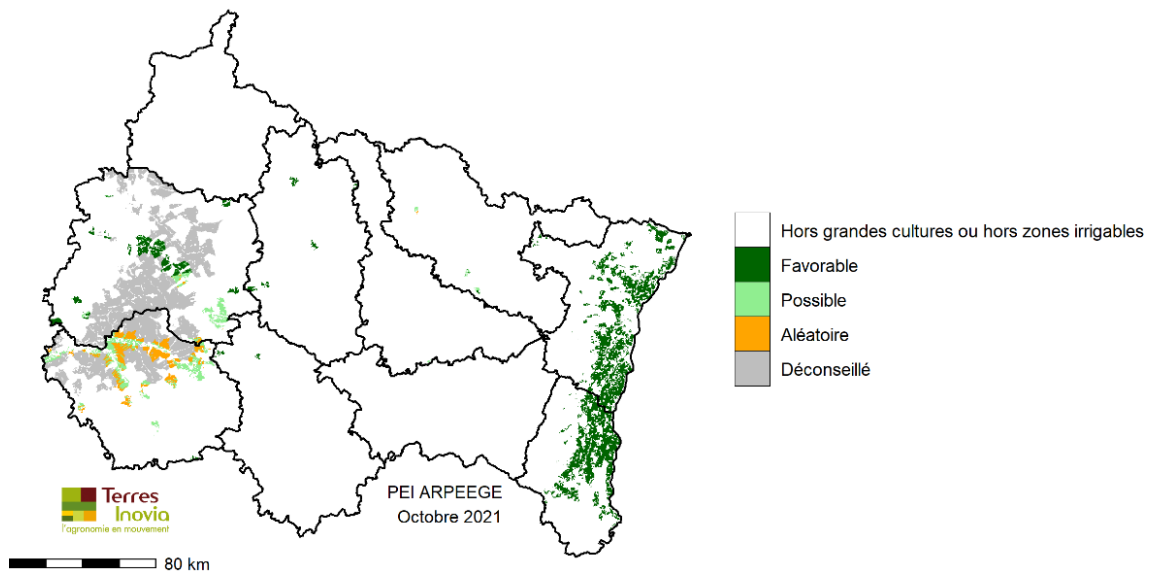
Faisabilité du soja conduit en sec en région Grand Est
Segmentation par département



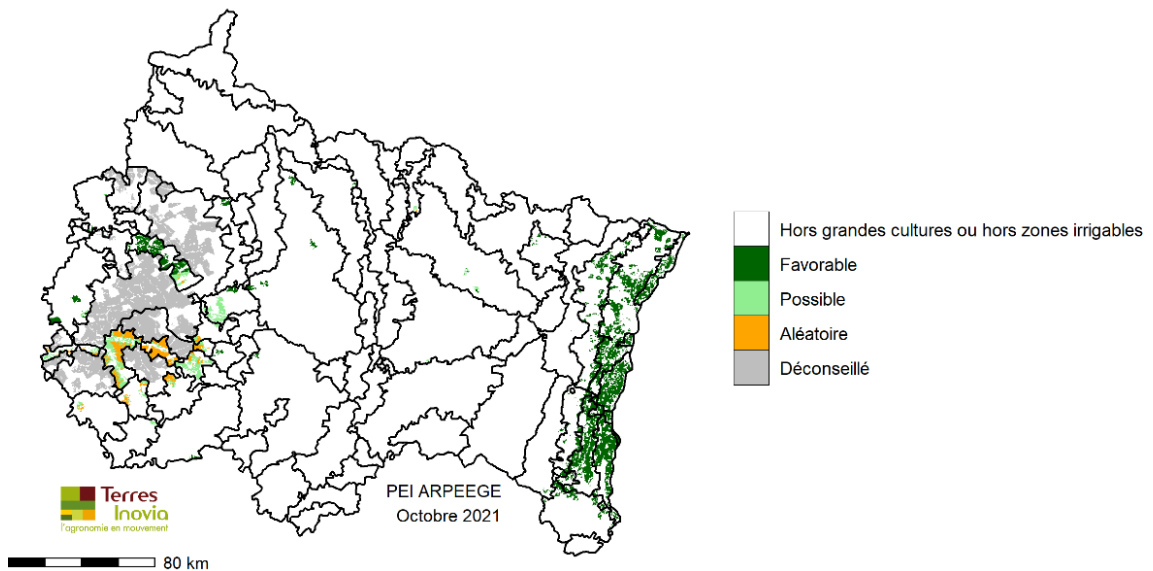
Faisabilité du soja conduit en sec en région Grand Est
Segmentation par petite région agricole



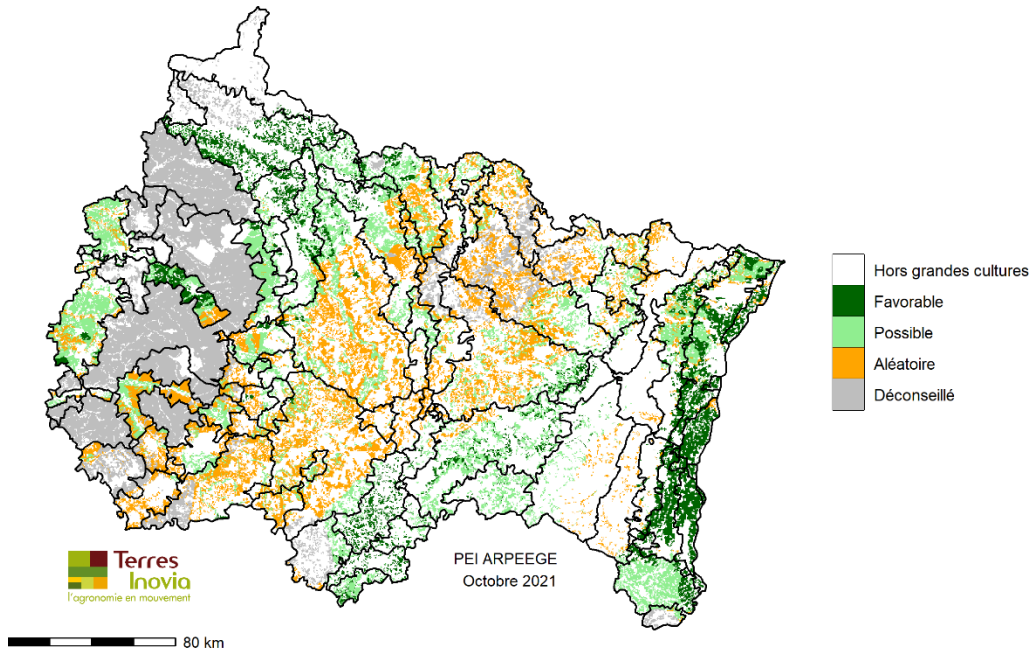
Faisabilité du soja irrigué en région Grand Est Segmentation par département



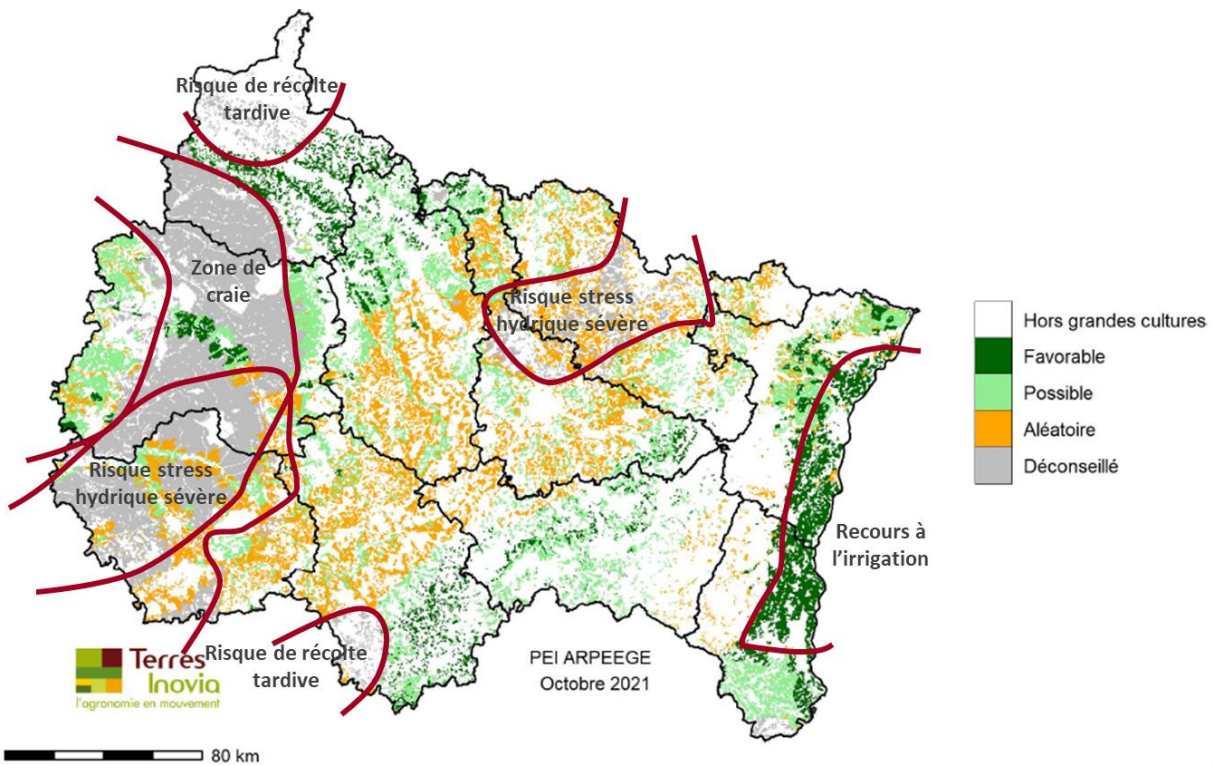
Faisabilité du soja irrigué en région Grand Est Segmentation par petite région agricole



Faisabilité du soja en région Grand Est (conduite en sec ou irriguée si possible)
Segmentation par petite région agricole



Faisabilité du soja en région Grand Est (conduite en sec ou irriguée si possible)



Annexe 8 – Estimation des surfaces par petite région agricole départementale

Dpt	Petite région Agricole	superf_ha terres arables	superf_ha favorable	superf_ha possible	superf_ha aléatoire	superf_ha déconseillé
08	CHAMPAGNE CRAYEUSE	115008	0	0	0	115008
	ARDENNE	6892	1459	0	0	5434
	ARGONNE	16029	12260	3390	379	0
	CRETES PRE-ARDENNAISES	64990	46505	3731	0	14754
	THIERACHE	4129	635	45	0	3448
Total ARDENNES		207048	60859	7166	379	138644
10	CHAMPAGNE CRAYEUSE	130894	0	0	0	130894
	NOGENTAIS	13796	0	0	0	13796
	CHAMPAGNE HUMIDE	49961	0	9983	30705	9273
	PAYS D OTHE	34394	0	852	6221	27321
	PLAINE DE BRIENNE	14483	0	7793	5386	1303
	PLAINE DE TROYES	16914	0	1734	10520	4660
	VALLEE DE LA CHAMPAGNE CRAYEUSE	46131	0	15242	27509	3379
	VALLEE DE LA CHAMPAGNE HUMIDE	2708	0	0	2354	354
	VALLEE DU NOGENTAIS	4006	0	2592	816	598
VIGNOBLE DU BARROIS	66079	494	9086	37807	18692	
Total AUBE		379364	494	47283	121316	210272
51	PAYS REMOIS	28851	0	0	0	28851
	VIGNOBLE	16097	0	0	0	16097
	CHAMPAGNE CRAYEUSE	303647	0	0	0	303647
	ARGONNE	6977	1034	5871	72	0
	BRIE CHAMPENNOISE	62019	3803	44563	13083	570
	CHAMPAGNE HUMIDE	44795	1252	33326	8208	2009
	PERTHOIS	20744	1404	11619	7722	0
	TARDENOIS	32291	851	26933	4507	0
	VALLEE DE LA MARNE	40942	17761	13467	9137	577
Total MARNE		556362	26104	135779	42728	351751
52	BARROIS	112210	828	28660	79760	2961
	BARROIS VALLEE	17469	0	4986	12483	0
	BASSIGNY	21075	17942	2942	192	0
	CHAMPAGNE HUMIDE	8144	658	1696	5429	361
	PERTHOIS	6122	0	3577	2545	0
	PLATEAU LANGROIS, AMANCE	4676	2634	2042	0	0
	PLATEAU LANGROIS, APANCE	2516	395	2122	0	0
	PLATEAU LANGROIS, MONTAGNE	34139	4465	15619	1790	12266
	VALLAGE	8576	0	4496	4080	0
VINGEANNE	8943	6436	2387	0	119	
Total HAUTE-MARNE		223871	33358	68526	106280	15707
54	COTES DE MEUSE	4761	0	1494	3267	0
	LA HAYE	29715	0	5016	13467	11232
	MONTAGNE VOSGIENNE	3708	2109	1599	0	0

	PAYS HAUT-LORRAIN	51345	6122	22882	19393	2948
	PLATEAU LORRAIN SUD	103316	5494	30390	59017	8416
	WOEVRE	19554	0	10698	8042	814
Total MEURTHE-ET-MOSELLE		212400	13724	72080	103186	23410
55	ARGONNE	30051	8525	18425	3101	0
	BARROIS	157186	8639	50473	98048	27
	PAYS DE MONTMEDY	17810	3820	13990	0	0
	WOEVRE	53533	5170	26284	20735	1344
Total MEUSE		258580	26154	109171	121883	1371
57	MONTAGNE VOSGIENNE	8135	155	2120	5860	0
	PAYS HAUT-LORRAIN	16595	0	6575	6835	3184
	PLATEAU LORRAIN NORD	96144	0	23674	48320	24151
	PLATEAU LORRAIN SUD	107683	718	22112	52774	32079
	VALLEE DE LA MOSELLE	7196	0	3219	3602	375
	WARNDT	3584	0	73	2393	1119
Total MOSELLE		239337	872	57773	119784	60907
88	BARROIS	4826	0	383	4443	0
	CHATENOIS	5217	1020	3077	1121	0
	COTES DE MEUSE	8571	0	652	7920	0
	LA HAYE	3021	0	115	2906	0
	MONTAGNE VOSGIENNE	18420	1410	10982	6029	0
	PLATEAU LORRAIN SUD	61383	14631	42149	4603	0
	VOGE	17963	1272	16691	0	0
Total VOSGES		119402	18333	74048	27021	0
67	MONTAGNE VOSGIENNE	8423	35	2997	5391	0
	PLAINE DU RHIN	76624	46179	23857	6588	0
	PLATEAU LORRAIN NORD	15814	757	9007	6050	0
	REGION SOUS-VOSGIENNE	51839	18773	24153	8913	0
	RIED	34110	30395	906	2809	0
Total BAS-RHIN		186810	96139	60921	29751	0
68	COLLINES SOUS VOSGIENNES	8363	6530	391	1441	0
	HARDT	22425	22425	0	0	0
	JURA	7047	0	2523	354	4170
	MONTAGNE VOSGIENNE	7769	830	1054	5885	0
	OCHSENFELD	1326	1326	0	0	0
	PLAINE DU RHIN	32607	31546	773	288	0
	RIED	3376	3190	112	74	0
	SUNDGAU	49002	12081	36704	127	90
Total HAUT-RHIN		131915	77929	41557	8169	4260
TOTAL GRAND EST		2515090	353967	674304	680497	806322