

Réduire les fuites de nitrate au moyen de cultures intermédiaires

Conséquences sur les bilans d'eau et d'azote, autres services écosystémiques

9. Evaluation par simulation des jours potentiellement disponibles pour la destruction mécanique des cultures intermédiaires à l'automne

Auteurs :

Julie Constantin

Eric Justes

Juin 2012

Sommaire

9.1. Contexte et objectifs.....	317
9.2. Méthodes	317
9.2.1. Détermination des humidités critiques du sol pour le tassement	317
9.2.2. Simulations avec le modèle de culture STICS	319
9.2.3. Caractéristiques climatiques de septembre à décembre des 24 sites.....	319
9.3. Résultats.....	320
9.3.1. Production des cultures intermédiaires et impact sur l'humidité du sol	320
9.3.2. Evaluation des jours potentiellement disponibles : effet de la texture du sol.....	321
9.4. Synthèse et conclusion.....	326
Références bibliographiques citées	327

Relecteurs membres du groupe d'experts : Christine Le Bas, Alexandre Joannon et Patrick Bertuzzi.

Relecteur externe du chapitre : André Chanzy.

9.1. Contexte et objectifs

Les cultures intermédiaires doivent être détruites afin d'arrêter leur croissance et de préparer le sol pour l'implantation de la culture principale suivante. Cette destruction peut être mécanique ou chimique, et elle peut intervenir à l'automne ou au début du printemps, en fonction de la culture suivante (semis d'automne, d'hiver ou de printemps) et du type de sol. Dans certaines régions septentrionales, l'utilisation d'espèces gélives peut permettre aussi une destruction par le froid hivernal. Selon l'enquête Agreste "Pratiques culturales" 2006, la destruction mécanique est largement majoritaire, pratiquée dans plus des trois quarts des parcelles enquêtées comportant une culture intermédiaire ; la destruction chimique et les autres modes de destruction, tels que le gel, ne représentant chacun que 10% des parcelles. Quelle que soit la méthode utilisée, la destruction intervient souvent dans une période de l'année pluvieuse avec de faibles niveaux d'évapotranspiration réelle ; elle est donc très souvent réalisée en condition de sol humide, plus sensible au tassement. Dans ce cas, le passage d'engins agricoles dans la parcelle peut entraîner une dégradation de la structure du sol et compromettre la bonne implantation de la culture principale suivante. Ces risques de tassement à la destruction des CI doivent donc être évalués en fonction des conditions pédoclimatiques considérées. En particulier, les sols argileux nécessitent un travail du sol, généralement un labour, précoce à l'automne afin que l'alternance gel-dégel qui suit crée une structure du sol favorable à la réalisation d'un lit de semences de bonne qualité pour la culture principale suivante. Nous avons donc cherché à évaluer le nombre de jours potentiellement disponibles pour la réalisation d'une destruction mécanique de la culture intermédiaire à l'automne sur la base de la caractérisation de l'état physique du sol. Nous avons choisi de traiter de la question de la destruction en période automnale en sols argileux car cette pratique peut être délicate pour la destruction des CI. Nous n'avons pas considéré ici la destruction en fin d'hiver ou au début du printemps, bien que d'éventuelles difficultés ne soient pas à exclure dans certaines situations (sols limoneux par exemple) où le sol est travaillé au printemps.

Nous nous attacherons à caractériser, sur cette période automnale, la portance des sols, propriété liée à la texture, l'humidité et la masse volumique du sol, pour déterminer des jours potentiellement disponibles pour réaliser un travail du sol sans risque de tassement qui pourrait être pénalisant pour la culture principale suivante. Ce travail ne prend donc pas en compte les aspects d'organisation du travail sur l'exploitation, mais s'intéresse uniquement à l'état du sol pour détruire les CI dans de bonnes conditions. Cette évaluation a été réalisée par des simulations journalières de l'humidité du sol durant l'automne avec le modèle de culture STICS sur les 24 points climatiques français sélectionnés et pour les différents types de sols présents sur chaque point (cf. Chapitre 7, section 7.7). Ainsi, une large gamme de sols, allant de sols argileux (37-43% d'argile) à sableux (>80% de sable), a été étudiée. Les simulations ont été réalisées pour une large gamme de conditions climatiques correspondant à 20 années, de 1988 à 2008 (données SAFRAN Météo-France). La simulation journalière de la teneur en eau des horizons superficiels du sol (couche de 0 à 30 cm de profondeur de sol), calculée par le modèle STICS est ensuite utilisée comme critère pour évaluer la portance du sol et en déduire le risque de tassement.

9.2. Méthodes

9.2.1. Détermination des humidités critiques du sol pour le tassement

La première étape de cette étude a été de déterminer, pour chaque type de sol, un seuil d'humidité critique, en fonction de la texture et de l'humidité à la capacité au champ du sol, ainsi que de la contrainte exercée par l'engin agricole lors de la destruction mécanique de la culture intermédiaire.

D'après Richard et al. (2008), la pression exercée pour des opérations de travail du sol correspondant à une destruction mécanique par broyage ou engins à disques ou à dents pour l'enfouissement est d'environ 40 kPa. Nous utiliserons donc cette valeur de contrainte pour déterminer les humidités critiques pour le tassement des sols. Les sols sélectionnés initialement pour réaliser les simulations avec le modèle STICS correspondent à 4 types de textures d'après le triangle de texture CEC, 1985 (Figure 9-1) : 1) texture grossière, 2) moyenne, 3)

moyennement fine et 4) fine. La texture très fine (sols à plus de 60% d'argile) n'est pas représentée dans notre échantillon de sols ; elle correspond à des sols en argile lourde très spécifiques ayant des propriétés physiques, hydrodynamiques et de plasticité du matériau dont le fonctionnement est difficile à représenter, notamment avec des modèles fonctionnels comme STICS. De plus, ces types de sol sont généralement peu cultivés en grandes cultures et doivent être travaillés dans des conditions d'humidité particulières, généralement incompatibles avec un travail du sol en automne.

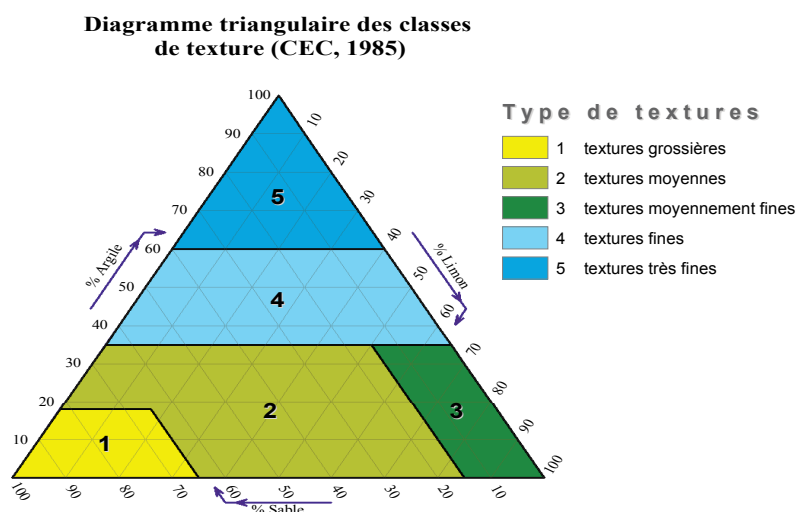


Figure 9-1. Triangle de texture (CEC, 1985)

Pour chaque type de texture de sol, les humidités critiques sont calculées en termes de pourcentage de l'humidité à la capacité au champ correspondant au seuil au-dessus duquel le sol subirait un tassement en cas de passage d'un engin agricole dans la parcelle. Les seuils d'humidité critique que nous avons utilisés sont issus de données obtenues par Lefebvre (2010) dans son travail de thèse avec le modèle de tassement Compoil.

Les humidités critiques ont été déterminées pour deux horizons superficiels (0-10 cm et 10-30 cm) afin d'évaluer la portance du sol et donc le risque d'induire un tassement rédhitoire pour l'implantation de la culture suivante. Ces seuils d'humidité, pour des contraintes d'engins agricoles de 40 kPa, varient de 100 à 139% de l'humidité à la capacité au champ (Tableau 9-1).

Texture du sol	Argile (%)	HCC ^a sur 0-30 cm (%)	HPF ^b sur 0-30 cm (%)	Humidité critique à 40 kPa (% HCC)	
				0-10 cm	10-30 cm
Grossière	7,5-14	13,6-18,7	5,9-12,2	139	139
Moyenne	16-23	19,8-26,6	7,6-12,6	115	113
Moyenne-Fine	24-28	23,2-27	10,8-11,1	103	103
Fine	37-43	26,7-28	18,3	100	100

^a Humidité à la capacité au champ

^b Humidité au point de flétrissement (exprimée en % massique : $\frac{g_{\text{eau}}}{100g_{\text{terre sèche}}}$)

Tableau 9-1. Caractéristiques des sols et seuils d'humidité critique retenus
(Sources : INRA, 1998 ; INRA GISSOL, 2000-2004 ; Lefebvre, 2010)

Les seuils critiques sont d'autant plus proches de l'humidité à la capacité au champ que le sol a une teneur en argile élevée. Ainsi, pour un sol de texture moyenne avec une humidité à la capacité au champ de 26%, la teneur en eau du sol critique sera de 29,9% sur 0-10 cm et de 29,4% sur 10-30 cm, alors que dans le cas d'un sol argileux avec une humidité à la capacité au champ légèrement supérieure, 27%, la teneur en eau critique sera inférieure, 27%, sur les deux horizons superficiels considérés.

9.2.2. Simulations avec le modèle de culture STICS

Les simulations avec le modèle de culture STICS sont réalisées de la récolte du blé (date variable en fonction des sites climatiques) jusqu'au 10 décembre de la même année. Les simulations sont conduites sur la période de 1988 à 2008 pour chaque point climatique et sol considérés, soit 24 sites x 3 sols en moyenne.

Cinq gestions d'interculture sont simulées : i) un sol nu de référence, ii) de la moutarde ou du ray-grass, levés soit au 10 août soit au 10 septembre respectivement, correspondant à 4 modalités de semis de culture intermédiaire. Les simulations sont initialisées aux 3 niveaux d'azote minéral dans le sol, de 20, 60 et 90 kg/ha sur 90 cm.

Le modèle STICS fonctionnant à pas de temps journalier, les humidités dans les horizons 0-10 et 10-30 cm sont simulées jour par jour, du 10 septembre au 10 décembre. Ces humidités permettront, d'une part, d'analyser l'effet de la couverture du sol sur l'évolution de l'humidité des deux horizons de surface et, d'autre part, d'évaluer les jours potentiellement disponibles pour réaliser une destruction mécanique d'une CI pendant la période automnale, en ayant une portance du sol suffisante et sans risquer un tassement. A partir des évolutions de l'humidité journalière du sol et des seuils d'humidité critique pour le tassement, les jours sont considérés comme potentiellement disponibles pour la destruction si les deux horizons (0-10 et 10-30 cm) ont une humidité inférieure au seuil d'humidité critique. Dans le cas où l'humidité de l'un des 2 horizons de sol dépasse son seuil critique, le jour est considéré comme non disponible pour un passage d'engin agricole, avec un risque de tassement.

9.2.3. Caractéristiques climatiques de septembre à décembre des 24 sites

Parmi les 24 sites climatiques simulés, les précipitations et ETP de septembre à décembre sont contrastées (Figure 9-2). En moyenne, les précipitations vont de 230 à 501 mm sur cette période.

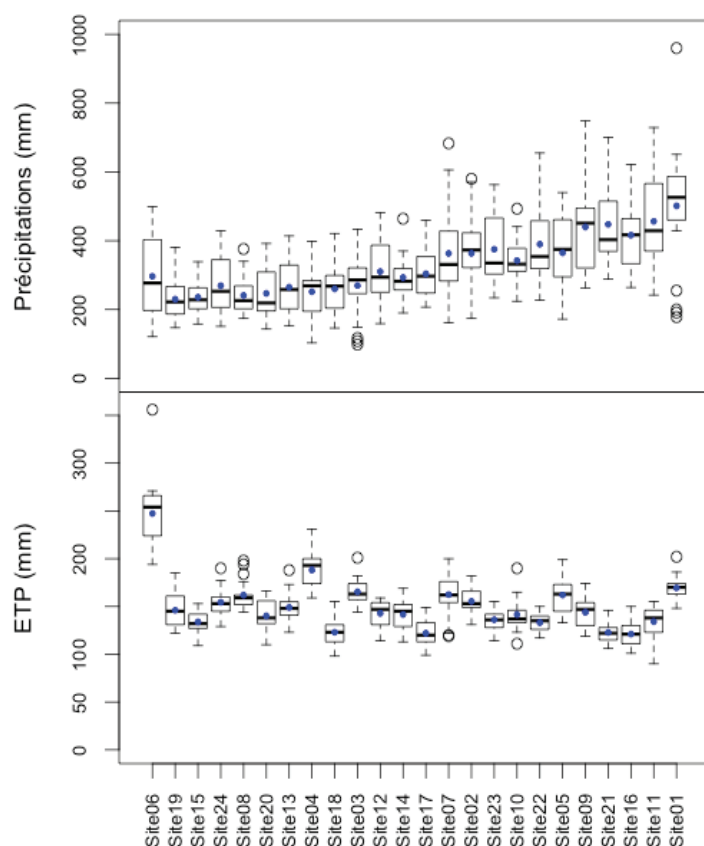


Figure 9-2. Précipitations et ETP cumulée de septembre à décembre pour les 24 sites climatiques

La variabilité interannuelle est plus ou moins importante selon les sites, allant de 181 mm pour le site 15 à 783 mm pour le site 1. Les sites, classés du plus sec au plus pluvieux en fonction de leur pluviométrie annuelle sur la période 1988-2008, sont ordonnés quasiment de la même façon pour leur pluviométrie automnale, excepté le site méditerranéen, qui a une pluviométrie moyenne automnale assez élevée par rapport à sa pluviométrie annuelle, ce qui caractérise typiquement ce climat. La répartition mensuelle de ces précipitations ne présente pas de profil particulier, avec des différences faibles et en moyenne 25% des pluies par mois sur les 4 mois étudiés.

L'ETP présente moins de variabilité interannuelle et inter-sites, avec des valeurs plus élevées pour les sites du Sud de la France (sites 1 à 6) que pour ceux du Nord (sites 15 à 23). L'ETP est très différenciée pour le site 6, unique site en climat méditerranéen.

La variabilité mensuelle de l'ETP est, contrairement à la pluviométrie, très marquée avec des valeurs d'ETP bien plus fortes en septembre, avec 63 mm/mois en

moyenne, et une diminution régulière au fil de l'automne pour n'atteindre que 22 mm/mois en décembre (résultats non présentés). Cette évolution de l'ETP est constatée sur tous les sites étudiés. Ainsi, de septembre à décembre, les conditions humides sont de plus en plus persistantes du fait de cette évolution de l'ETP.

9.3. Résultats

9.3.1. Production des cultures intermédiaires et impact sur l'humidité du sol

Les cultures intermédiaires simulées pour les 2 espèces et les 2 dates de levée sur la période étudiée (représentées en décades du 10 septembre au 10 décembre, nommées "sept2" à "dec1" dans les tableaux et figures ci-dessous) ont des niveaux de production de biomasse très contrastés entre les différents sites. Ces niveaux représentent les biomasses moyennes obtenues sur l'ensemble des années climatiques, pour les différents sols présents sur chaque site et pour les trois niveaux d'azote minéral initial. Elles varient de 0,8 tMS/ha pour de la moutarde levée au 10 août sur le site 6 (Languedoc) à presque 6,5 tMS/ha pour du ray-grass levé à la même date sur le site 1 (Pays Basque), chaud et très humide. Dans la majorité des cas, les biomasses produites sont plus fortes pour les cultures levées en août que pour celles levées début septembre, en particulier pour le ray-grass (Figure 9-3). Ces biomasses sont également d'autant plus fortes que le niveau d'azote minéral initial est élevé, avec en moyenne 0,53 tMS/ha d'écart entre chaque niveau d'azote, et des différences plus élevées pour la moutarde (0,64 t/ha) que pour le ray-grass (0,40 t/ha).

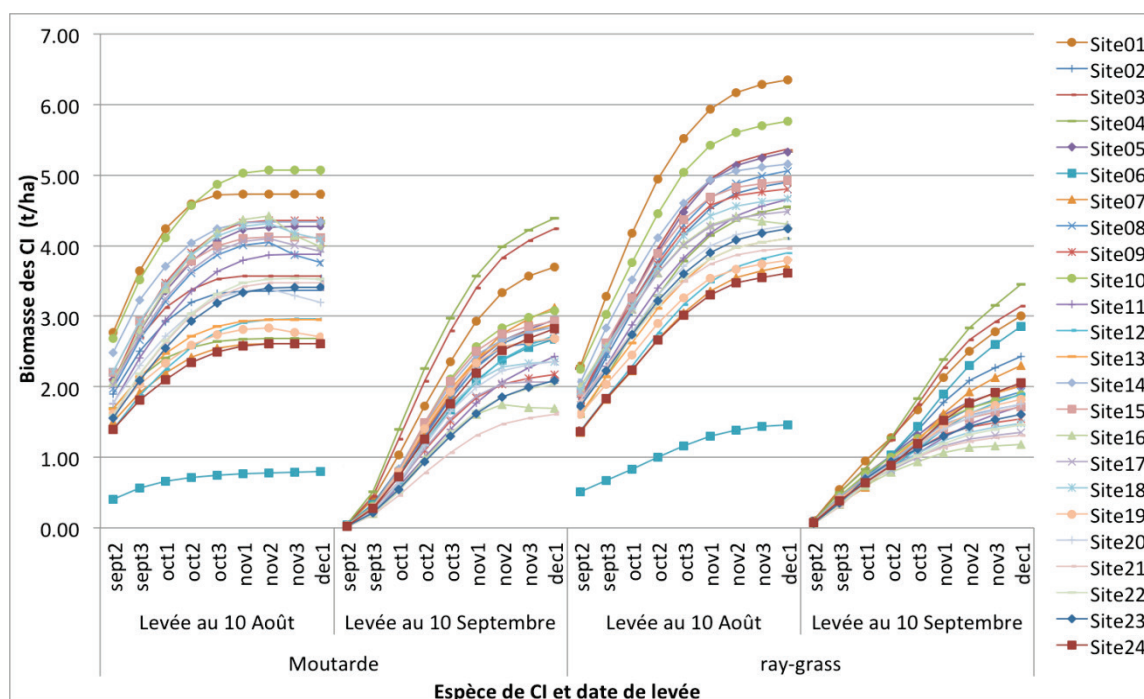
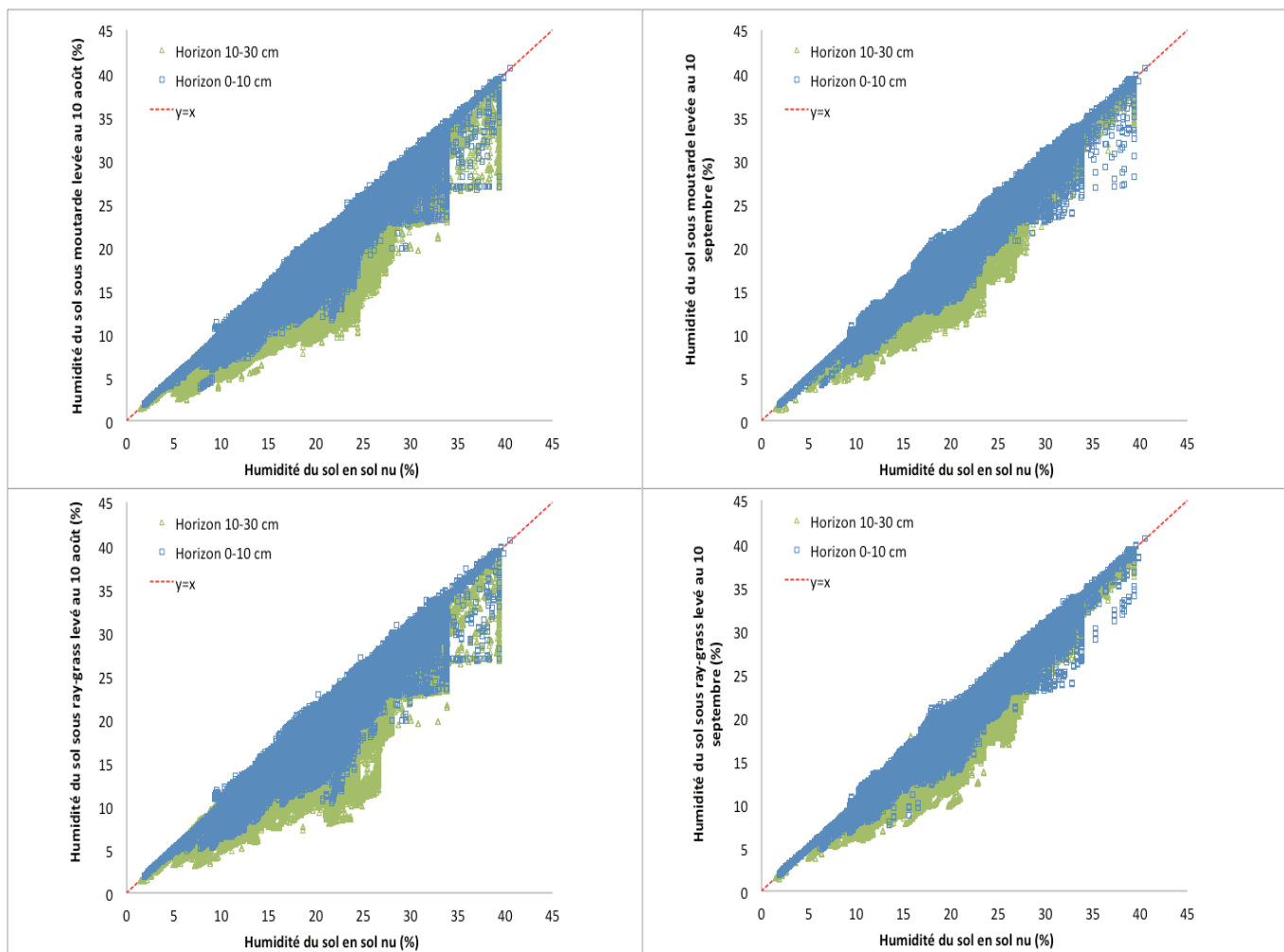


Figure 9-3. Biomasses moyennes de CI par décade, selon l'espèce et la date de levée, par site climatique

Les cultures intermédiaires simulées étant bien développées en moyenne, il est intéressant d'analyser l'impact de l'évapotranspiration du couvert sur l'humidité journalière du sol des horizons 0-10 cm (bleu) et 10-30 cm (vert), notamment en comparant l'humidité du sol nu après la récolte du blé sur la période du 10 septembre au 10 décembre (Figure 9-4).

La présence d'une culture intermédiaire a tendance à diminuer l'humidité du sol. L'effet est plus important pour des cultures qui ont levé tôt et qui sont bien développées, car leur niveau d'évapotranspiration est supérieur ; il est également plus marqué sur l'horizon 10-30 cm que sur 0-10 cm. La diminution de l'humidité du sol est

cependant d'autant plus importante que le sol est argileux, pouvant entraîner un accroissement des jours potentiellement disponibles pour un passage d'engin sans risque de tassement.



En bleu : horizon 0-10 cm ; en vert : horizon 10-30 cm

Figure 9-4. Comparaison de l'humidité journalière du sol (2 horizons superficiels) en sol nu et sous CI selon l'espèce et la date de levée

L'impact reste cependant faible, la très grande majorité des points se trouvant proches de la bissectrice du graphique (effet peu perceptible sur le graphique), comme en atteste les paramètres de la régression linéaire entre les deux traitements (sol nu et culture intermédiaire), avec des pentes comprises entre 0,93 et 0,99 ($r^2 > 0,98$).

9.3.2. Evaluation des jours potentiellement disponibles : effet de la texture du sol

9.3.2.1. Choix de présentation des résultats

Les jours potentiellement disponibles calculés à partir des simulations STICS et des seuils critiques d'humidité sont fortement dépendants du type de sol (texture), de la période et des conditions climatiques, lesquelles varient de façon importante selon le site et l'année. Ainsi, les jours potentiellement disponibles sont présentés par type de sol, et sont analysés de la façon suivante :

- En fréquence de survenue des jours potentiellement disponibles sous CI, pour chaque décade de la période automnale étudiée, représentant ainsi la proportion de jours potentiellement disponibles de

la décade sur 20 années climatiques. Ainsi, pour une décade donnée, la fréquence correspond au nombre de jours disponibles sur 20 ans divisé par le nombre de jours de la décade x 20 ans ;

- En cumul de jours sur la période d'étude depuis le 10 septembre, représentant le nombre moyen de jours potentiellement disponibles cumulés sur 3 mois, pour 20 années climatiques ;
- En termes de probabilité, pour une année donnée :
 - d'avoir moins de 5 jours potentiellement disponibles par décade (50% de jours) ;
 - de n'avoir aucun jour potentiellement disponible pour réaliser une destruction mécanique sans risque de tassement du sol.

Les analyses de probabilité ne sont présentées que pour les situations où les fréquences de jours potentiellement disponibles sont faibles.

9.3.2.3. Les sols sableux – Texture grossière

L'analyse montre que les fréquences de survenue des jours potentiellement disponibles par décade sont très élevées pour les sols sableux, avec des valeurs proches de 100% de jours disponibles pendant toute la période étudiée (Figure 9-5). Ces fréquences signifient que plus de 90% des jours de la décade sur les 20 années étudiées sont potentiellement disponibles, quelle que soit la décade considérée.

En terme de jours potentiellement disponibles cumulés, pour tous les sites qui comportent des sols sableux, les valeurs sont proches du nombre de jours de la période, soit 92 jours. Ces sols ne présentent donc qu'un risque faible de ne pas pouvoir détruire les CI à l'automne pour des raisons de trop faible portance du sol.

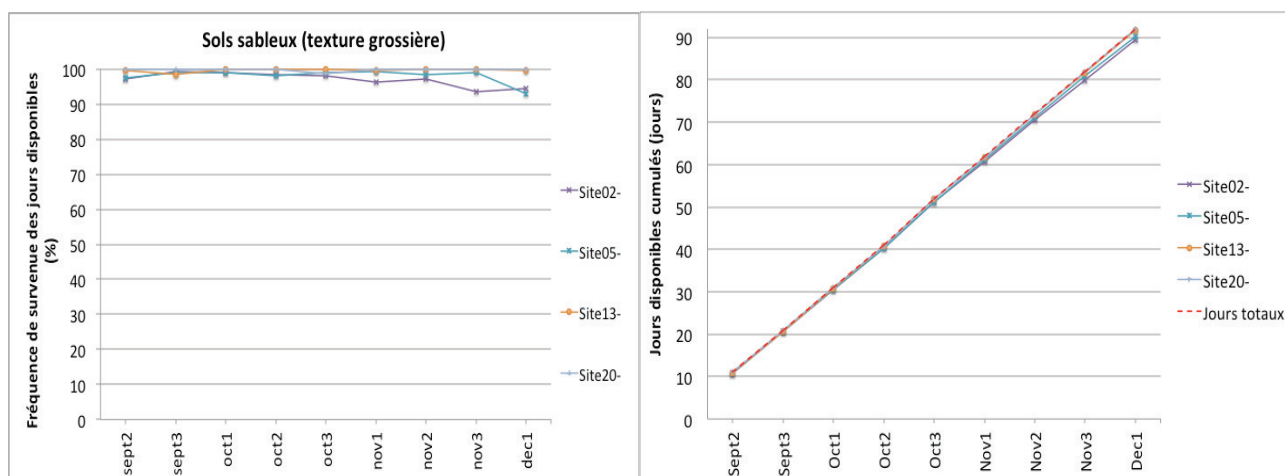


Figure 9-5. Fréquence des jours potentiellement disponibles sur 20 ans (à gauche) et cumul moyen durant l'automne (à droite) par site, pour les sols sableux

9.3.2.4. Les sols limoneux – Texture moyenne

Pour les sols limoneux, les fréquences de jours potentiellement disponibles sont supérieures à 75% jusqu'au 20 novembre, et plus faibles pour les deux décades tardives avec environ 65%. Pour ces sols, les plus faibles valeurs de jours potentiellement disponibles sont retrouvées sur des sites à forte pluviométrie (>1000 mm/an) comme le site 1. Les autres sites ont des fréquences simulées de jours potentiellement disponibles sur 20 ans plus proches de 80%, diminuant jusqu'à environ 70% au début du mois de décembre pour le site le plus humide ; les autres sites ayant des fréquences élevées de jours disponibles jusqu'en décembre (Figure 9-6).

Les fréquences de jours potentiellement disponibles restent donc élevées pour avoir des conditions satisfaisantes d'humidité du sol pour détruire mécaniquement les CI à l'automne, avec des cumuls de jours disponibles supérieurs à 75 jours sur 92 en moyenne pour le site le plus pluvieux (site 1), qui est également celui présentant la plus forte variabilité pluviométrique interannuelle sur la période d'étude.

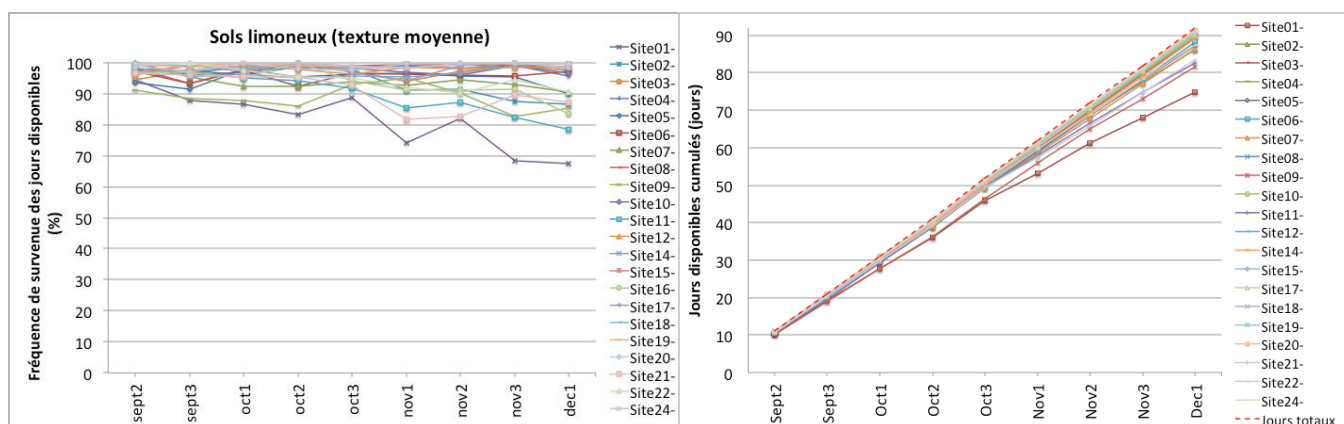


Figure 9-6. Fréquence des jours potentiellement disponibles sur 20 ans (à gauche) et cumul moyen durant l'automne (à droite) par site, pour les sols limoneux

9.3.2.5. Les sols limono-argileux – Texture moyenne-fine

Contrairement aux deux types de sol précédents, les fréquences de jours potentiellement disponibles simulées pour les sols limono-argileux sont beaucoup plus faibles, avec une diminution importante de cette fréquence au cours du temps durant l'automne (Figure 9-7). Les fréquences calculées de jours potentiellement disponibles pour ces sols sont supérieures à 70% début septembre, mais elles peuvent chuter en dessous de 40% en novembre, voire de seulement 30% en décembre pour les sites pluvieux (sites 1, 11 et 21). Dans le cas de sites plus secs (< 320 mm de pluie de septembre à décembre), les fréquences sont toujours supérieures à 55% quelle que soit la période, conduisant à avoir plus de 65 jours potentiellement disponibles en moyenne sur 92 jours (soit 70% de jours potentiellement disponibles).

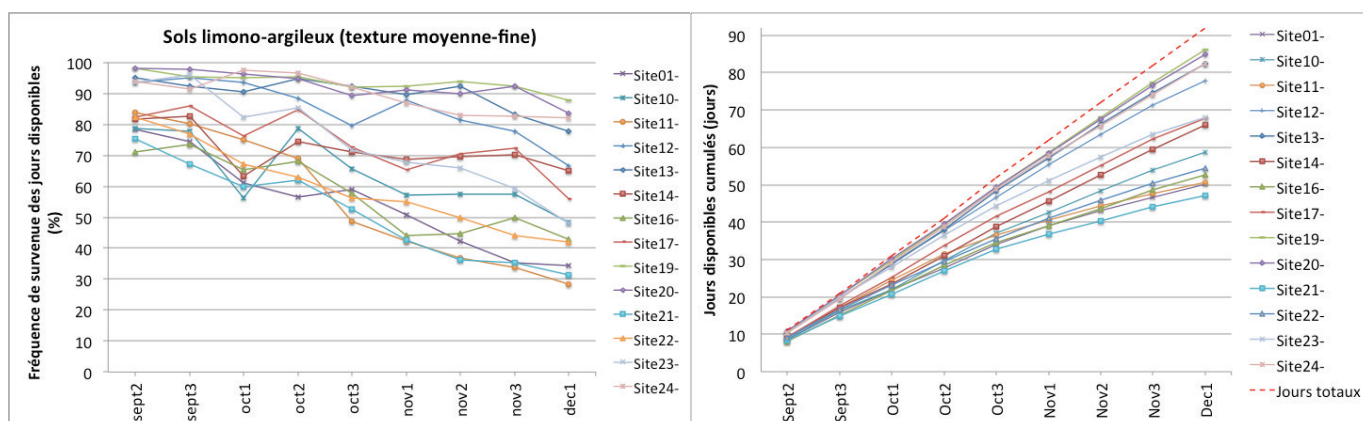


Figure 9-7. Fréquence des jours potentiellement disponibles sur 20 ans (à gauche) et cumul moyen à l'automne (à droite) par site, pour les sols limono-argileux

Les cumuls de jours potentiellement disponibles pouvant être réduits de manière importante au cours de l'automne, il est intéressant de calculer les risques de n'avoir aucun jour ou moins de 5 jours disponibles par décade pour chacun des sites (Tableau 9-2). Les résultats indiquent qu'il y aurait peu de risque de ne pas avoir de jours disponibles pour la destruction de CI sur les sites à faible pluviosité (< 300 mm dans la majorité des cas : sites 19, 24, 20, 13). De plus, la probabilité de ne pas avoir 5 jours potentiellement disponibles par décade jusqu'au 10 novembre serait inférieure à 40%. Par contre, ce risque s'accroît significativement par la suite.

Sur les sites qui présentent une pluviométrie plus élevée, bien que le risque de n'avoir aucun jour potentiellement disponible reste modéré (inférieur à 50% pour 0 jour disponible) jusqu'à la fin octobre (sauf pour le site 11), il s'accroît nettement à partir de la première décade de novembre. Le risque de ne pas avoir 5 jours disponibles par décade serait très élevé pour une grande partie des sites climatiques dès le mois d'octobre, réduisant donc significativement les jours potentiellement disponibles pour réaliser une destruction mécanique des CI.

Risque (%)		Sept2	Sept3	Oct1	Oct2	Oct3	Nov1	Nov2	Nov3	Dec1
0 jour disponible	Site19	3	3	4	8	3	16	23	24	28
	Site24	1	1	4	7	7	9	21	23	25
	Site20	0	0	0	0	2	4	6	4	6
	Site13	0	5	0	3	0	6	9	11	18
	Site12	3	4	13	18	25	28	38	41	44
	Site14	11	4	29	32	29	57	51	57	67
	Site17	20	5	37	29	32	61	65	73	83
	Site23	5	9	18	17	39	41	48	54	62
	Site10	13	12	49	23	32	53	63	53	72
	Site22	18	24	32	36	47	46	60	58	68
	Site21	15	25	32	30	38	54	61	58	65
	Site16	20	23	42	29	44	70	67	71	79
	Site11	12	15	26	39	58	60	65	75	74
	Site01	5	18	40	33	35	49	68	66	72
Moins de 5 jours disponibles	Site19	17	13	29	25	32	35	52	55	61
	Site24	9	15	16	24	25	37	38	51	53
	Site20	0	5	6	11	9	19	34	23	39
	Site13	8	15	28	11	14	28	33	25	43
	Site12	19	32	30	47	56	47	57	63	67
	Site14	28	52	71	60	70	75	90	89	90
	Site17	36	53	71	58	69	88	90	85	90
	Site23	26	37	43	48	60	67	61	72	82
	Site10	32	71	82	53	74	86	95	90	90
	Site22	36	50	53	62	69	75	86	83	81
	Site21	29	48	60	44	60	68	89	77	78
	Site16	52	64	79	68	80	94	90	88	87
	Site11	25	46	54	64	77	76	86	84	87
	Site01	41	65	64	74	66	75	88	86	90

En vert : probabilité <30% ; en noir : probabilité comprise entre 30 et 50% ; en rouge : probabilité >50%

Tableau 9-2. Calcul du risque (%) de n'avoir aucun jour ou moins de 5 jours potentiellement disponibles par décade pour les divers sites climatiques simulés en sols limono-argileux

9.3.2.6. Les sols argileux – Texture fine

Les jours potentiellement disponibles sont encore réduits en sols argileux par rapport aux autres types de sols. La fréquence de jours disponibles par décade est toujours inférieure à 70%, et ce, dès la première décade d'octobre (Figure 9-8). Cette fréquence diminue au cours de l'automne mais le niveau de réduction est différent entre les sites situés au Sud de la France (sites 3 et 4), qui ont une fréquence d'au moins 45%, et les sites plus septentrionaux, où la fréquence devient inférieure à 35% (site 15, Nord-Est). Cette fréquence de jours disponibles peut être fortement réduite (< 20%) dès la troisième décade d'octobre. Ainsi, le nombre de jours potentiellement disponibles peut être extrêmement faible pour certains sites de la moitié Nord de la France aux mois de novembre et décembre.

Ce faible nombre de jours potentiellement disponibles est illustré par la forte probabilité (supérieure à 50%) d'avoir moins de 5 de jours potentiellement disponibles par décade dès la troisième décade de septembre, accompagnée d'un risque élevé de n'avoir aucun jour disponible par décade dès la première décade d'octobre (Tableau 9-3).

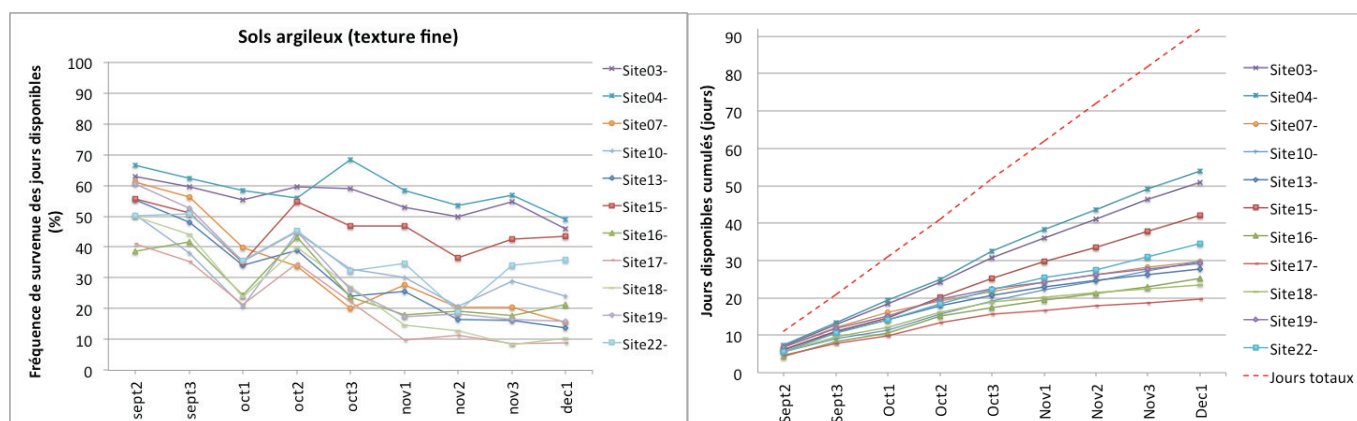


Figure 9-8. Fréquence des jours potentiellement disponibles sur 20 ans (à gauche) et cumul moyen à l'automne (à droite) par site, pour les sols argileux (> 37% d'argile)

Risque (%)		Sept2	Sept3	Oct1	Oct2	Oct3	Nov1	Nov2	Nov3	Dec1
0 jour disponible	Site19	28	35	56	62	67	90	91	93	91
	Site15	36	43	65	53	59	69	81	95	86
	Site13	30	37	56	66	72	81	84	92	93
	Site04	11	30	36	34	22	40	58	61	57
	Site18	46	47	71	62	73	93	94	95	94
	Site03	11	30	33	34	31	52	64	56	69
	Site17	55	54	78	70	74	96	97	96	95
	Site07	27	37	54	62	76	71	84	89	94
	Site10	38	59	79	56	75	78	90	89	92
	Site22	35	55	70	60	67	76	88	90	90
	Site16	55	53	75	55	70	89	91	94	92
Moins de 5 jours disponibles	Site19	53	61	78	71	86	96	98	96	97
	Site15	61	71	81	68	82	91	97	99	97
	Site13	57	72	79	77	87	92	97	96	95
	Site04	41	59	71	61	45	72	85	77	82
	Site18	46	47	71	62	73	93	94	95	95
	Site03	49	58	63	70	62	73	87	78	90
	Site17	73	87	94	90	95	100	98	96	95
	Site07	43	56	68	73	88	84	89	96	96
	Site10	61	86	91	77	80	92	97	93	93
	Site22	62	86	94	78	85	85	98	93	90
	Site16	76	87	93	83	89	100	95	95	94

En vert : probabilité < 30% ; en noir : probabilité comprise entre 30 et 50% ; en rouge : probabilité > 50%

Tableau 9-3. Calcul du risque (%) de n'avoir aucun jour ou moins de 5 jours potentiellement disponibles par décade pour les divers sites climatiques simulés en sol argileux (> 35% d'argile)

Ces résultats indiquent qu'en sol argileux (> 35% d'argile), la destruction mécanique des CI peut s'avérer extrêmement difficile et même quasi impossible certaines années, tout au moins sans risque d'induire un impact négatif sur l'état physique du sol et d'avoir des conditions anoxiques pour la décomposition des résidus de cultures intermédiaires. Dans les sites septentrionaux, il est donc préférable de pouvoir détruire très précocement les cultures intermédiaires début octobre si un travail du sol doit être réalisée à l'automne, ou d'utiliser des espèces très facilement gélives (sensibles à des températures très faiblement négatives) en cas de travail superficiel ou en semis sans labour au printemps.

9.4. Synthèse et conclusion

Cette étude par simulation des jours potentiellement disponibles pour détruire mécaniquement les cultures intermédiaires permet de quantifier la probabilité de pouvoir réaliser cette opération technique dans des conditions de portance de sol acceptables. Les principales conclusions qui peuvent être tirées de cette étude sont les suivantes :

1. L'implantation de cultures intermédiaires permet de réduire l'humidité du sol avec un impact d'autant plus fort que le sol est argileux. Cependant, l'effet reste globalement faible par rapport à un sol nu. L'évapotranspiration supplémentaire du couvert a finalement un impact significatif mais limité sur le nombre de jours disponibles, et donc ne permet pas de changer radicalement de conditions. La consommation en eau supplémentaire des cultures intermédiaires a peu d'impact sur les couches superficielles du sol, qui peuvent être ré-humectées régulièrement par la pluviosité journalière qui est assez fréquente à l'automne, notamment dans certains sites climatiques. Ainsi, l'implantation de cultures intermédiaires permet de "gagner" quelques jours potentiellement disponibles mais sans permettre de repousser significativement la date de destruction des cultures intermédiaires en sol limono-argileux et argileux, sols pour lesquels le nombre de jours potentiellement disponibles peut être faible sous certains climats français.

2. Les **sols sableux et limoneux** ne posent manifestement pas de problèmes importants pour la destruction des CI à l'automne en termes de jours disponibles par rapport au risque de tassement lié à la portance du sol.

3. Les **sols limono-argileux** (> 24% d'argile), voire argilo-limoneux, peuvent poser des problèmes de jours potentiellement disponibles pour détruire la CI en fin d'automne, en particulier pour des sites pluvieux de la moitié Nord de la France. Compte tenu de la forte variabilité de réponse, due à la variation interannuelle du climat, le risque de jours disponibles insuffisants peut s'avérer réel certaines années très pluvieuses, en cas de destruction au-delà de la seconde décade d'octobre (fréquence de jours disponibles < 50%). Dans les sites très pluvieux, une destruction précoce réduit significativement ce risque à l'automne.

4. Les **sols argileux** (au sens du triangle de texture > 37% d'argile) ont un nombre de jours potentiellement disponibles significativement réduit pour détruire la CI assez tôt à l'automne, et ce dès la première décade d'octobre (< 50% pour les sites pluvieux). Le risque d'avoir peu de jours disponibles pour la destruction de CI est plus modéré pour les sites testés du Sud de la France. En conséquence, mieux vaut détruire très tôt les cultures intermédiaires en sol argileux, notamment en site pluvieux (début octobre) pour faciliter cette opération et éviter de dégrader l'état physique du sol. Si la CI est implantée précocement (fin juillet), elle pourra absorber très rapidement l'azote minéral du sol disponible et sera utile et généralement efficace pour réduire la lixiviation de nitrate, même avec une destruction précoce en octobre (cf. les résultats de l'étude de simulation sur l'effet des dates de destruction sur la réduction des fuites de nitrate, Chapitre 10).

Dans cette étude par simulation, les jours potentiellement disponibles calculés correspondent au maximum de jours disponibles réels. Ce travail permet donc essentiellement d'identifier les situations où des difficultés notables surviennent lorsqu'il s'agit de détruire les cultures intermédiaires à l'automne, et la probabilité d'occurrence de ces difficultés. Cependant, les jours potentiellement disponibles sont calculés sans tenir compte du jour de la semaine, du fait qu'il soit dominical ou férié. Aussi, les jours potentiellement disponibles pour réaliser une destruction mécanique des cultures intermédiaires ne correspondent pas forcément à des jours réellement disponibles pour l'exploitant agricole, pour réaliser cette opération technique. Une analyse complémentaire serait donc nécessaire pour déterminer des jours disponibles "réels" en fonction des contraintes des agriculteurs. Cette analyse serait à réaliser à l'échelle de l'exploitation agricole avec une prise en compte de l'organisation du travail et des chantiers qui peuvent être en concurrence. D'autre part, l'étude des risques liés à un report de destruction en sortie d'hiver ou début du printemps en sol limono-argileux ou limoneux avant les cultures de printemps, pourrait apporter des informations complémentaires sur les jours disponibles pour détruire les cultures intermédiaires à cette période.

Références bibliographiques citées

INRA GISSOL, 2000-2004. Base de données d'analyse de terre : <http://bdat.gissol.fr/>

INRA, 1998. Base de données Géographique des Sols de France à l'échelle du 1/1 000 000, version 1 du 21/12/1998. INRA, US 1106 Infosol, Orléans, France.

Lefebvre M.P., 2010. Spatialisation de modèles de fonctionnement hydromécanique des sols appliquée à la prévision des risques de tassement à l'échelle de la France. Thèse Université Orléans, 295p.

Richard G. (coord.), 2008. Projet DST : Dégradation physique des sols agricoles et forestiers liée au tassement. INRA, Unité Science du Sol d'Orléans.