



**MINISTÈRE  
DE L'AGRICULTURE  
ET DE L'ALIMENTATION**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



**MINISTÈRE  
DE LA TRANSITION  
ÉCOLOGIQUE**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

# **Actualisation des connaissances permettant d'objectiver les variabilités des périodes recommandées pour l'épandage des fertilisants azotés en France**

ANNEXES - Phases 1 et 2

Décembre 2020



**acta**  
LES INSTITUTS  
TECHNIQUES  
AGRICOLES#



Décembre 2020

**Table des annexes**

Annexe 1.1 : Description des sols paramétrés pour les simulations.....	4
Annexe 2.1 : Apports d'automne sur couvert avant un maïs – levée et effet de la pluviométrie.....	5
Annexe 2.2 : Apports d'automne sur couvert avant un maïs - Pertes azotées par lixiviation et par volatilisation pour les scénarios avec apports de fertilisants de classes 3 a et b .....	6
Annexe 2.3 : Apports d'automne sur couvert avant un maïs - Pertes azotées par lixiviation et par volatilisation pour les scénarios avec apports de fertilisants de classes 5 et 6 .....	8
Annexe 3.1 : Apports sur maïs - Pertes azotées par lixiviation et par volatilisation pour les scénarios avec apports de fertilisants de classes 3 a et b .....	10
Annexe 3.2 : Apports sur maïs - Pertes azotées par lixiviation et par volatilisation pour les scénarios avec apports de fertilisants de classes 5 et 6 .....	12
Annexe 5.1 : Scénarios épandage de fertilisants organiques sur prairie – Production de biomasse et absorption d'azote annuelles .....	14
Annexe 5.2 : Scénarios épandage de fertilisants organiques sur prairie - Surplus d'absorption par la prairie selon le fertilisant, la dose et la période d'apport.....	15
Annexe 5.3 : scénarios épandage de fertilisants organiques sur prairie – pertes par lixiviation par site-sol en cas d'apport de fertilisants organiques (valeurs absolues) .....	16
Annexe 5.4 : Scénarios épandage de fertilisants organiques sur prairie - Surplus de lixiviation par site selon la période d'apport .....	17
Annexe 6.1 : Scénarios fertilisation modérée d'automne hiver sur colza - Sols utilisés dans les scénarios colza de la phase 2 .....	19
Annexe 6.2 : Scénarios fertilisation modérée d'automne hiver sur colza - Surplus d'absorption et de biomasse en cas de fertilisation selon la date de semis et le reliquat post-récolte .....	21
Annexe 6.3 : Scénarios fertilisation modérée d'automne hiver sur colza - Surplus d'absorption et de biomasse pendant l'hiver en cas de fertilisation selon les pratiques de fertilisation .....	22
Annexe 6.4 : Scénarios fertilisation modérée d'automne hiver sur colza - Surplus d'absorption et de biomasse après l'hiver en cas de fertilisation selon les pratiques de fertilisation.....	24
Annexe 6.5 : Scénarios fertilisation modérée d'automne hiver sur colza - Effet de la pluviométrie d'août sur les pertes azotées en automne et en hiver en cas d'apport de fertilisants azotés .....	26
Annexe 6.6: Scénarios fertilisation modérée d'automne hiver sur colza - Effet d'un semis précoce sur les pertes azotées en automne et en hiver en cas d'apport de fertilisants azotés.....	28
Annexe 6.7 : Effet d'un apport en profondeur sur les pertes azotées en automne et en hiver en cas d'apport de fertilisants azotés de classe 8 .....	31
Annexe 6.8: Effet des pratiques de fertilisation sur les pertes azotées en automne et en hiver pour le site-sol 10_3 .....	33
Annexe 6.9: Effet des pratiques de fertilisation sur les pertes azotées en automne et en hiver pour le site-sol 10_2 .....	36
Annexe 7.1: Fertilisation minérale sur blé d'hiver - Pertes par lixiviation annuelle selon les sites-sols et le type de fractionnement.....	39

Annexe 7.2: Fertilisation minérale sur blé d'hiver - Analyse des conditions pédoclimatiques suite à un apport au 15/01 de 80 uN par site-sol .....	40
Annexe 7.3 : Fertilisation minérale sur blé d'hiver - Pertes par volatilisation suite à chaque apport sur blé d'hiver selon les sites-sols .....	41
Annexe 9.1: Fertilisation sur CIVE et dérobées d'hiver - Surplus d'azote absorbé en cas d'épandage de fertilisants azotés selon la culture intermédiaire et le sol-site .....	42
Annexe 9.2: Fertilisation sur CIVE et dérobées d'hiver - Scénarios témoins – Azote lixivié, drainage et minéralisation de l'humus du sol .....	44

## ANNEXE 1.1 : DESCRIPTION DES SOLS PARAMETRES POUR LES SIMULATIONS

Sols	Région	Texture	Argile (%)	Norg (%)	Profondeur (cm)	RU (mm)
SITE 01_1	Nouvelle-Aquitaine	Moyenne	18	0,11	90	124
SITE 01_2	Nouvelle-Aquitaine	Moyenne fine	24	0,12	120	175
SITE 02_1	Nouvelle-Aquitaine	Grossière	7,5	0,07	120	102
SITE 02_2	Nouvelle-Aquitaine	Moyenne	16	0,1	120	165
SITE 03_1	Occitanie	Moyenne	18	0,12	120	169
SITE 03_2	Occitanie	Fine	37	0,2	90	91
SITE 04_1	Occitanie	Moyenne	18	0,12	120	169
SITE 04_2	Occitanie	Fine	37	0,2	90	91
SITE 05_1	Occitanie	Moyenne	20	0,16	90	128
SITE 05_2	Occitanie	Moyenne	20	0,13	90	119
SITE 06_1	Occitanie	Moyenne	20	0,15	120	173
SITE 06_2	Occitanie	Moyenne	20	0,15	60	83
SITE 07_1	Nouvelle-Aquitaine	Moyenne	20	0,15	120	173
SITE 07_2	Nouvelle-Aquitaine	Fine	40	0,23	120	123
SITE 08_1	Auvergne-Rhône-Alpes	Moyenne	18	0,14	120	169
SITE 08_2	Auvergne-Rhône-Alpes	Moyenne	17	0,14	60	76
SITE 09_1	Auvergne-Rhône-Alpes	Moyenne	16	0,14	60	74
SITE 09_2	Auvergne-Rhône-Alpes	Moyenne	20	0,13	150	322
SITE 10_1	Bourgogne-Franche-Comté	Moyenne	23	0,17	120	155
SITE 10_2	Bourgogne-Franche-Comté	Fine	43	0,21	90	96
SITE 11_1	Bretagne	Moyenne	20	0,2	150	219
SITE 11_2	Bretagne	Moyenne fine	25	0,16	60	92
SITE 12_1	Bretagne	Moyenne	20	0,2	150	219
SITE 12_2	Bretagne	Moyenne fine	25	0,16	60	92
SITE 13_1	Centre-Val de Loire	Moyenne fine	25	0,14	150	218
SITE 13_2	Centre-Val de Loire	Fine	40	0,2	90	94
SITE 14_1	Bourgogne-Franche-Comté	Moyenne fine	28	0,13	120	180
SITE 14_2	Bourgogne-Franche-Comté	Moyenne fine	28	0,16	60	95
SITE 15_1	Grand Est	Moyenne	20	0,15	120	173
SITE 15_2	Grand Est	Fine	43	0,21	90	96
SITE 16_1	Grand Est	Moyenne	23	0,15	120	178
SITE 16_2	Grand Est	Fine	37	0,2	90	92
SITE 17_1	Grand Est	Moyenne	20	0,15	120	173
SITE 17_2	Grand Est	Fine	40	0,2	90	94
SITE 18_1	Grand Est	Moyenne	10	0,14	90	234
SITE 18_2	Grand Est	Fine	40	0,2	90	98
SITE 19_1	Centre-Val de Loire	Moyenne	25	0,15	150	218
SITE 19_2	Centre-Val de Loire	Fine	40	0,22	90	94
SITE 20_1	Hauts-de-France	Moyenne	20	0,15	60	83
SITE 20_2	Hauts-de-France	Moyenne fine	25	0,15	150	218
SITE 21_1	Hauts-de-France	Moyenne	20	0,15	60	83
SITE 21_2	Hauts-de-France	Moyenne fine	25	0,15	150	218
SITE 22_1	Normandie	Moyenne fine	25	0,15	150	218
SITE 22_2	Normandie	Fine	37	0,2	90	92
SITE 23_1	Normandie	Moyenne fine	25	0,15	150	218
SITE 23_2	Normandie	Moyenne fine	25	0,16	60	92
SITE 24_1	Pays de la Loire	Moyenne	20	0,15	120	173
SITE 24_2	Pays de la Loire	Moyenne fine	25	0,16	60	92

## ANNEXE 2.1 : APPORTS D'AUTOMNE SUR COUVERT AVANT UN MAÏS – LEVEE ET EFFET DE LA PLUVIOMETRIE

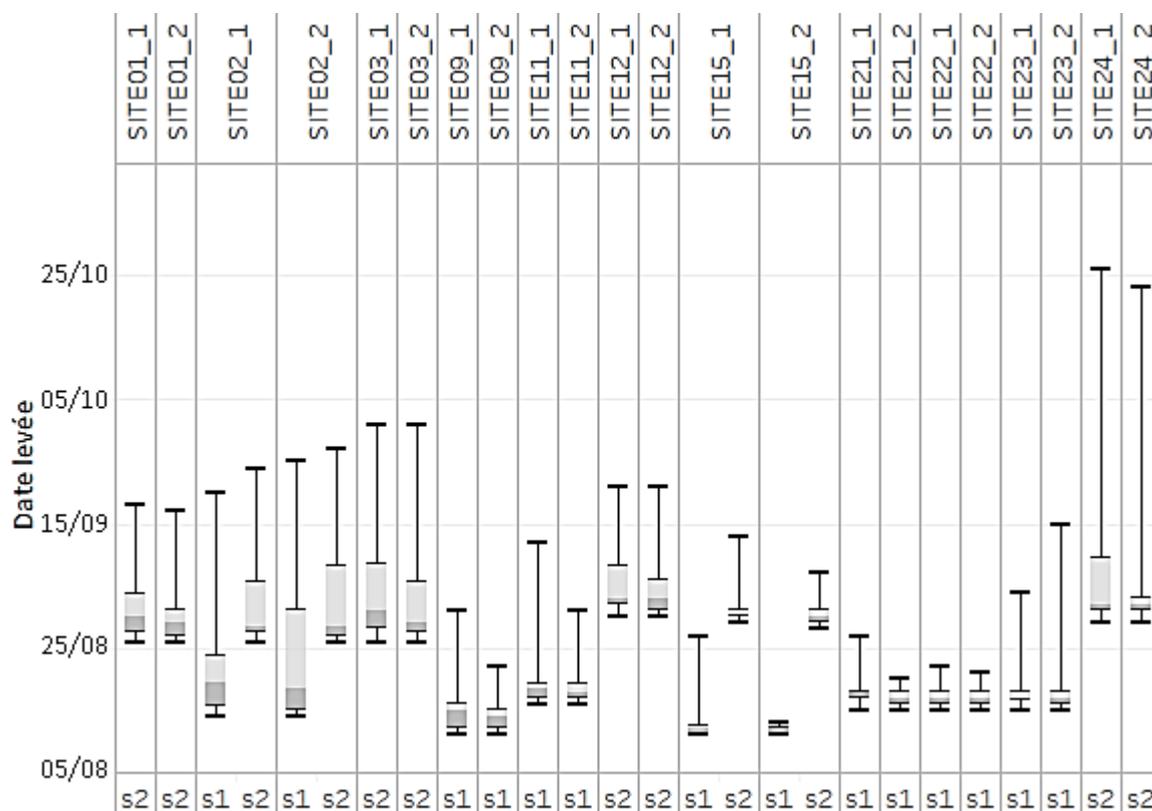


Figure 1 : Dates de levée en fonction de la date de semis (s1 : 10/08/ s2: 25/08) et du site-sol (les boxplots présentent les valeurs minimales et maximales ainsi que les valeurs de centiles 25, 50 et 75).

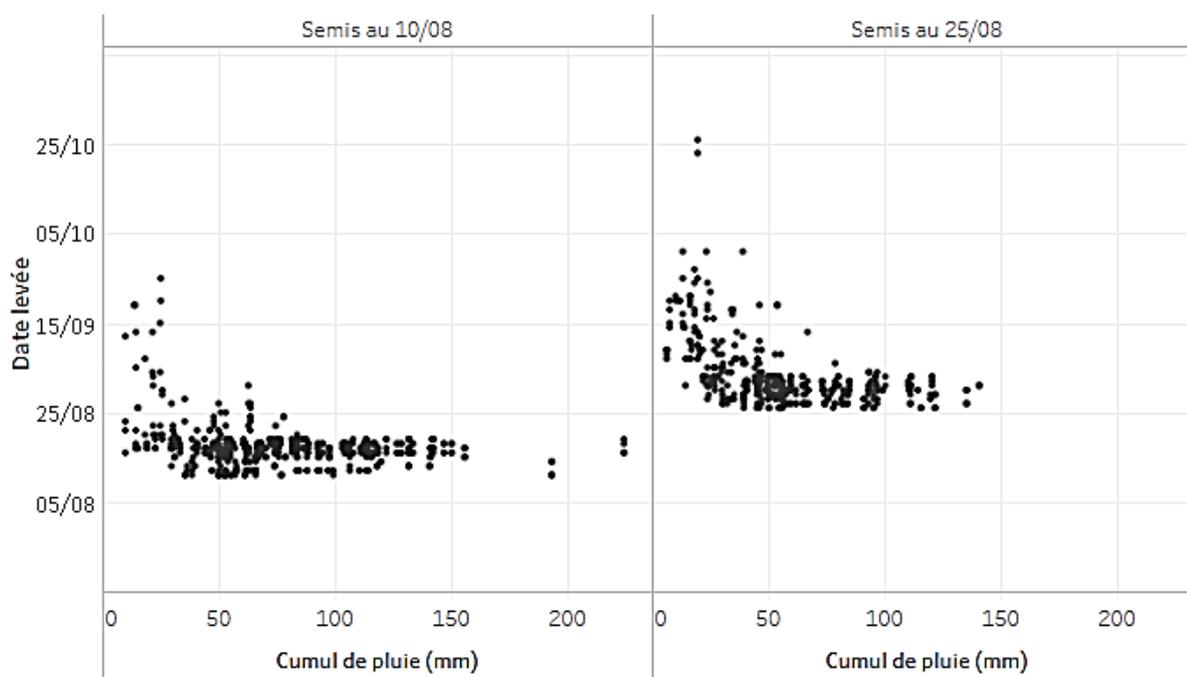


Figure 2 : Effet de la pluviométrie du mois d'août sur la date de levée

## ANNEXE 2.2 : APPORTS D'AUTOMNE SUR COUVERT AVANT UN MAÏS - PERTES AZOTEES PAR LIXIVIATION ET PAR VOLATILISATION POUR LES SCENARIOS AVEC APPORTS DE FERTILISANTS DE CLASSES 3 A ET B

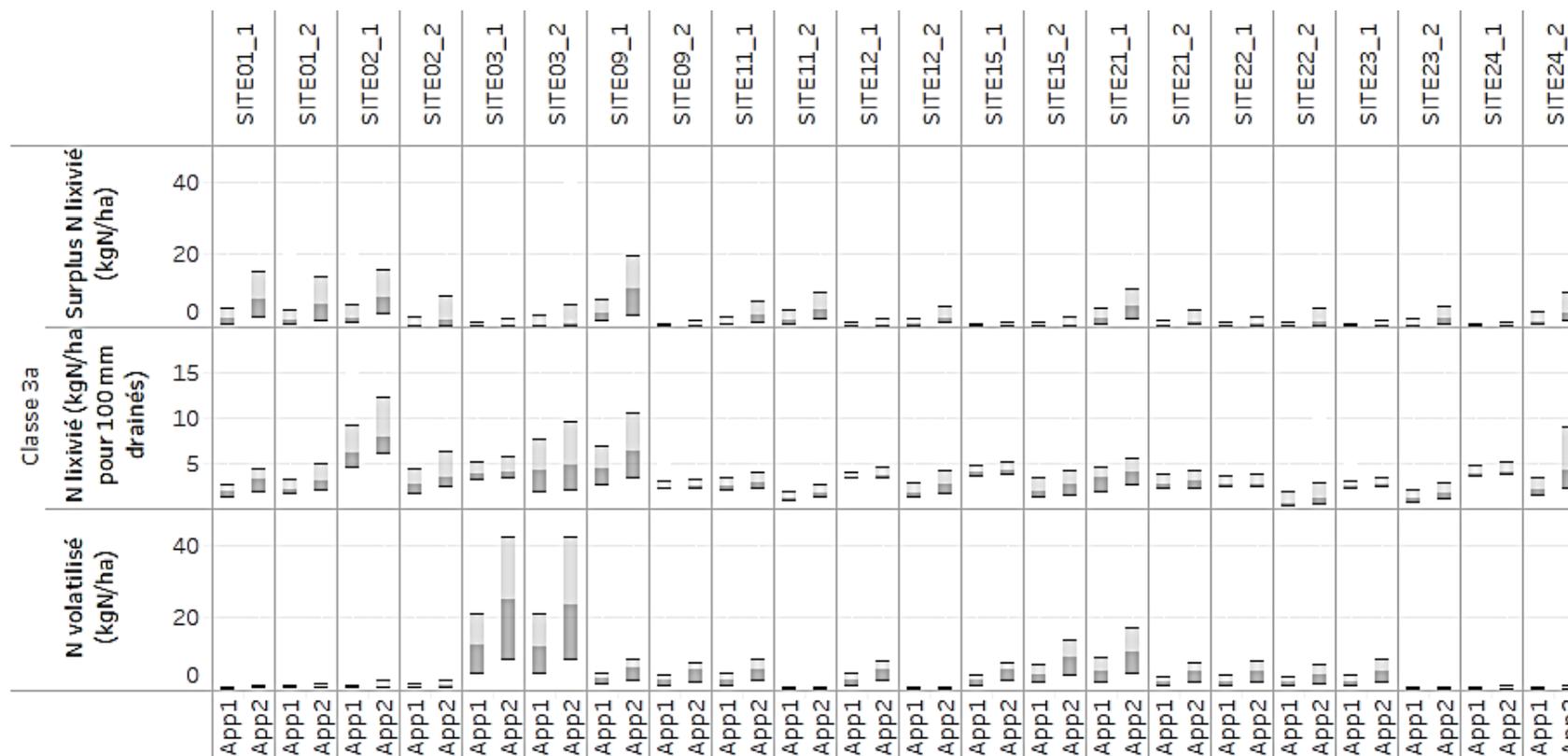


Figure 3 : Pertes azotées par lixiviation et par volatilisation pour les scénarios avec apports de fertilisants de classe 3 a selon les sites et les quantités apportées (les boxplots présentent les valeurs de centiles 25, 50 et 75)

App1 : entre 35 et 50 kg Neff selon le produit/ App 2 : entre 70 et 100 kgN eff selon le produit

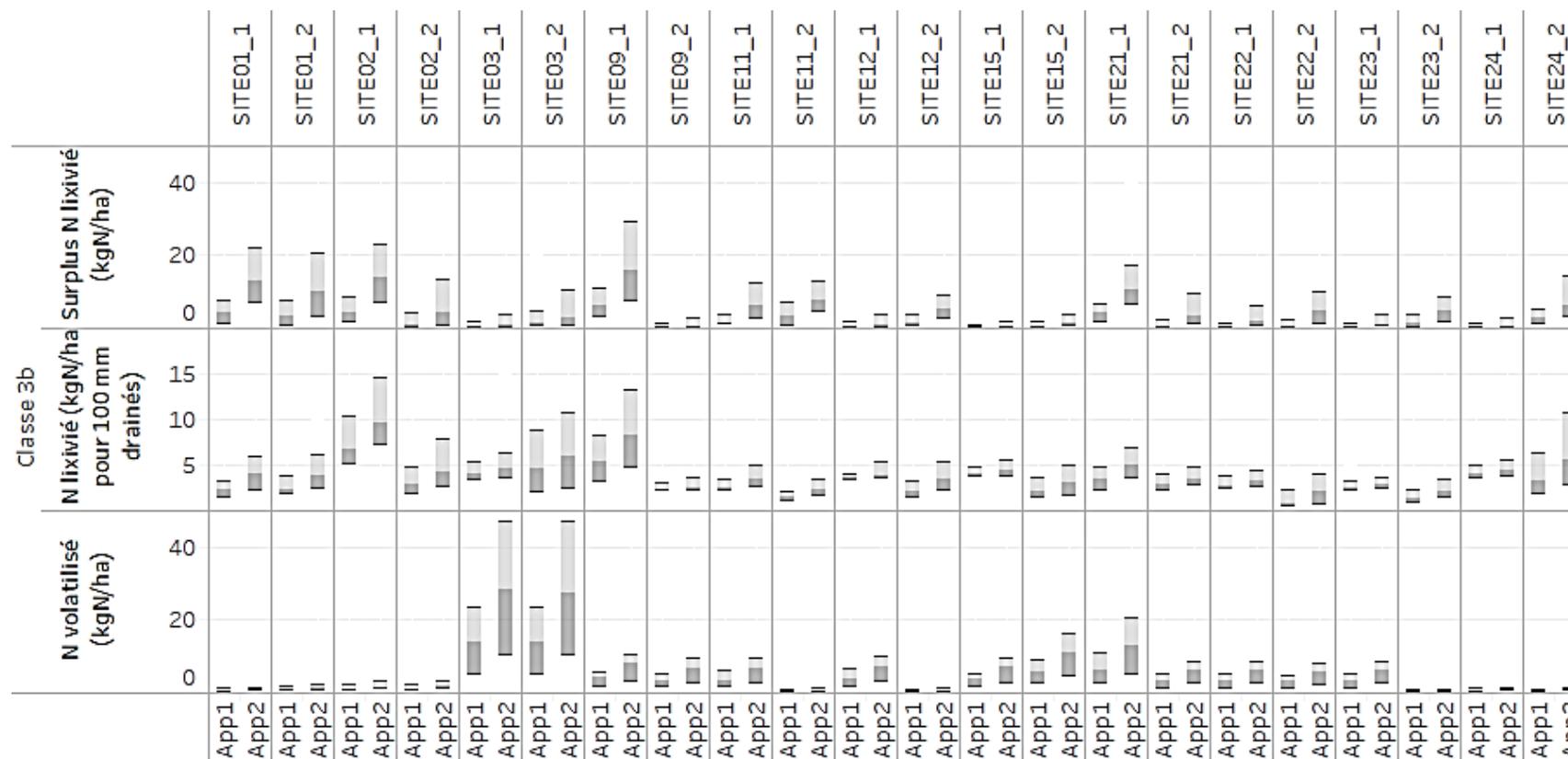


Figure 4 : Pertes azotées par lixiviation et par volatilisation pour les scénarios avec apports de fertilisants de classe 3 b selon les sites et les quantités apportées (les boxplots présentent les valeurs de centiles 25, 50 et 75)

App1 : entre 35 et 50 kg Neff selon le produit/ App 2 : entre 70 et 100 kgN eff selon le produit

### ANNEXE 2.3 : APPORTS D'AUTOMNE SUR COUVERT AVANT UN MAÏS - PERTES AZOTEES PAR LIXIVIATION ET PAR VOLATILISATION POUR LES SCENARIOS AVEC APPORTS DE FERTILISANTS DE CLASSES 5 ET 6

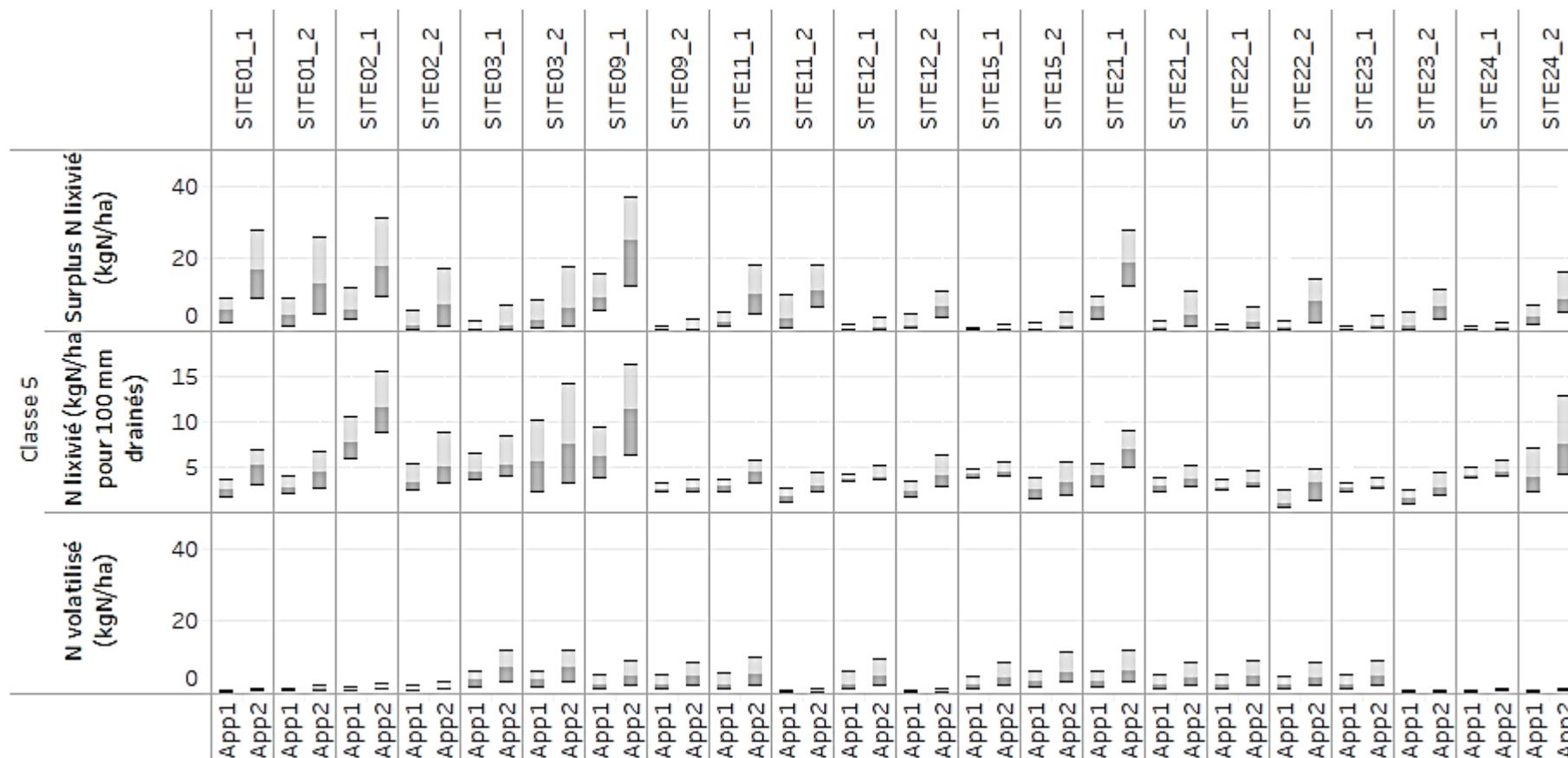


Figure 5 : Pertes azotées par lixiviation et par volatilisation pour les scénarios avec apports de fertilisants de classe 5 selon les sites et les quantités apportées (les boxplots présentent les valeurs de centiles 25, 50 et 75).

App1 : entre 35 et 50 kg Neff selon le produit/ App 2 : entre 70 et 100 kgN eff selon le produit

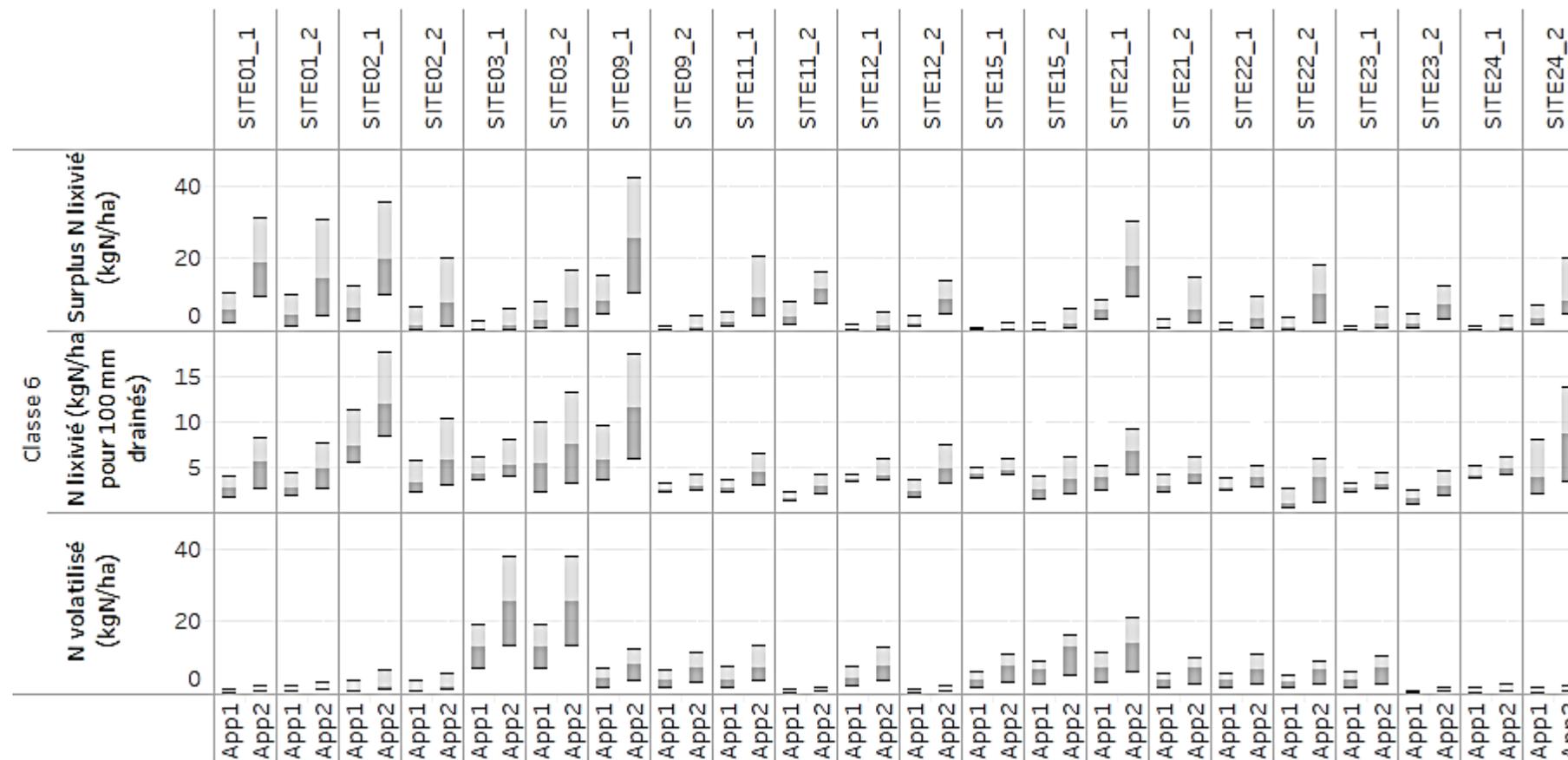


Figure 6 : Pertes azotées par lixiviation et par volatilisation pour les scénarios avec apports de fertilisants de classe 6 selon les sites et les quantités apportées (les boxplots présentent les valeurs de centiles 25, 50 et 75)

App1 : entre 35 et 50 kg Neff selon le produit/ App 2 : entre 70 et 100 kgN eff selon le produit

### ANNEXE 3.1 : APPORTS SUR MAÏS - PERTES AZOTEES PAR LIXIVIATION ET PAR VOLATILISATION POUR LES SCENARIOS AVEC APPORTS DE FERTILISANTS DE CLASSES 3 A ET B

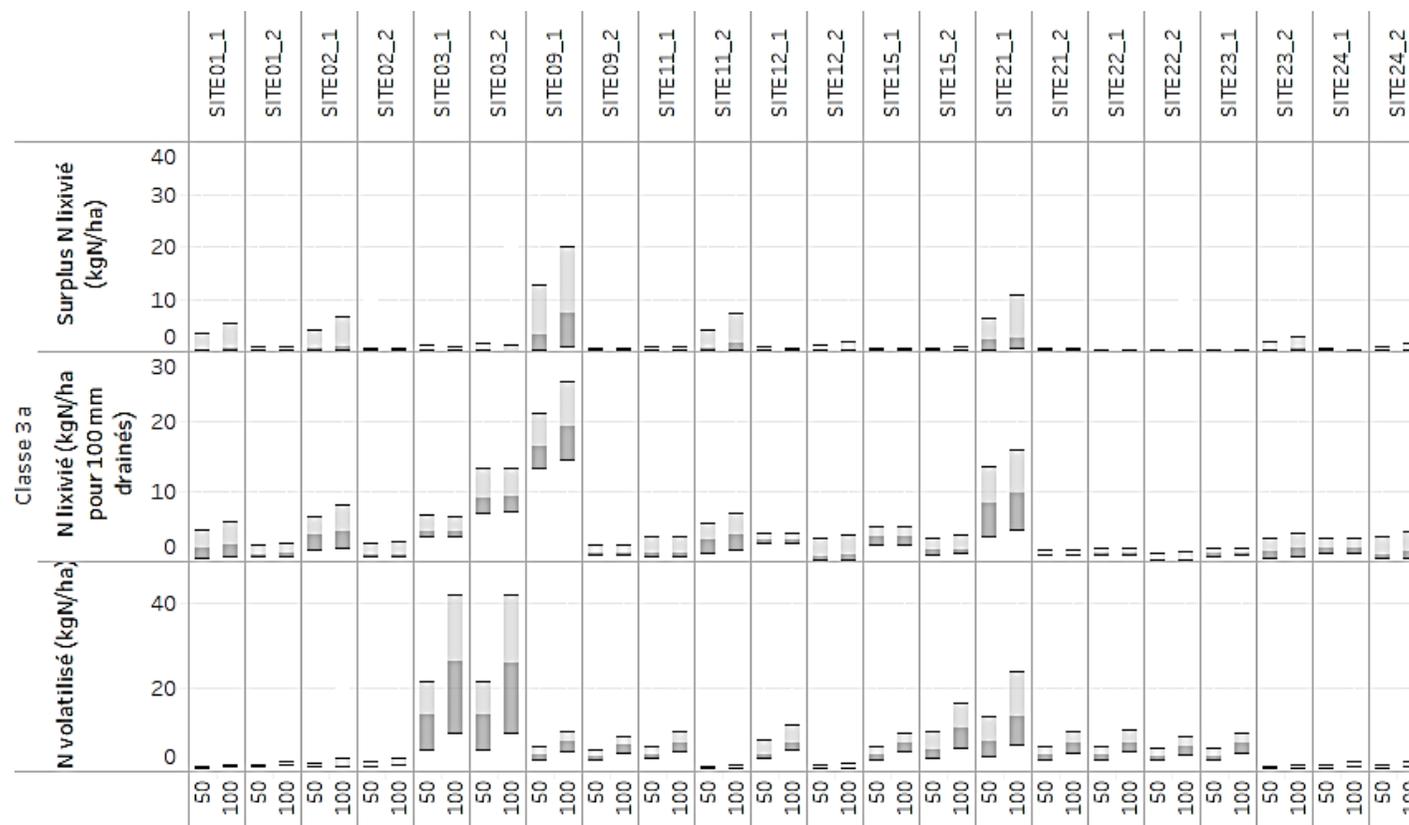


Figure 7 : Pertes azotées par lixiviation et par volatilisation pour les scénarios avec apports de fertilisants de classe 3 a au printemps sur maïs selon les sites et les quantités apportées (les boxplots présentent les valeurs de centiles 25, 50 et 75)

Les doses sont exprimées en quantités d'azote efficace théoriques

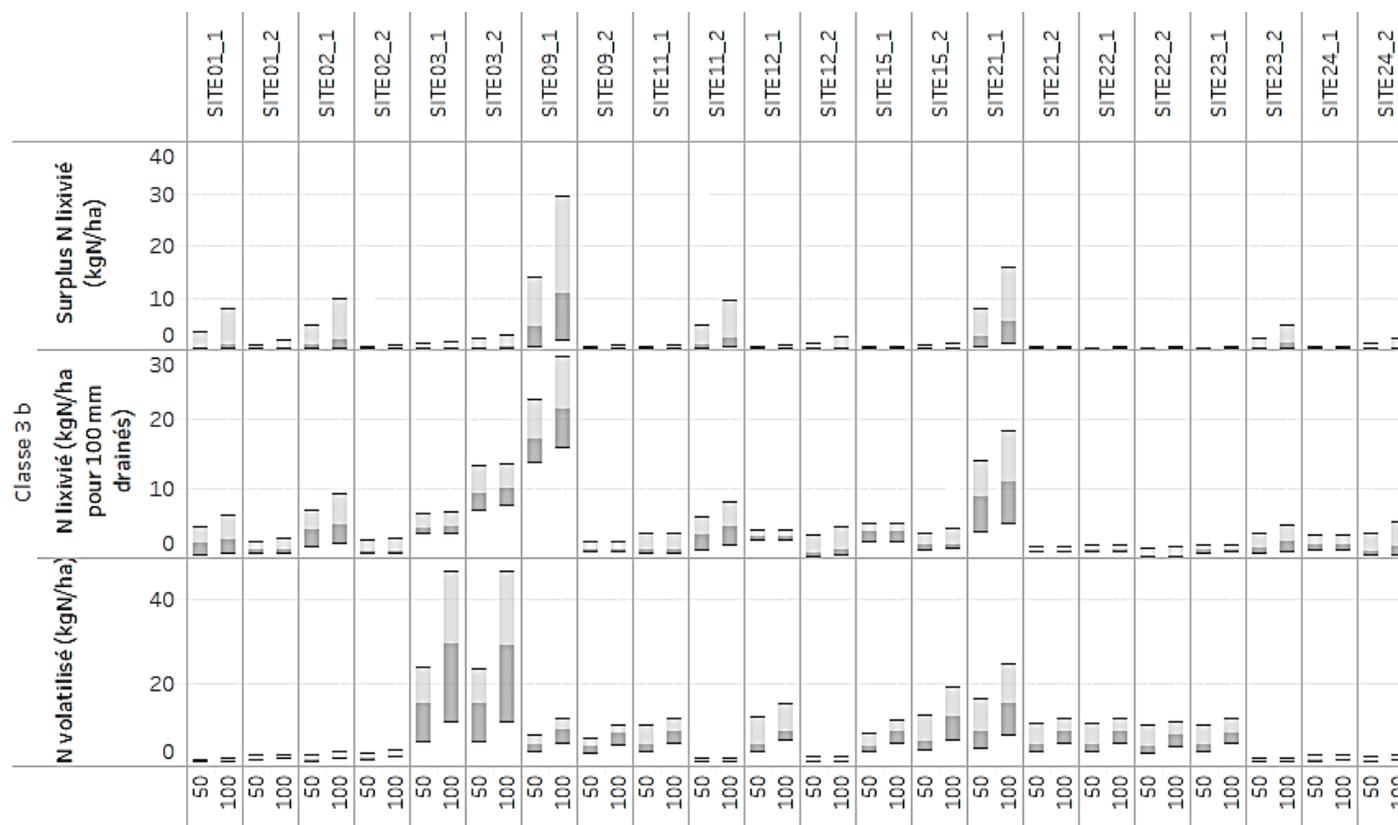


Figure 8 : Pertes azotées par lixiviation et par volatilisation pour les scénarios avec apports de fertilisants de classe 3 b au printemps sur maïs selon les sites et les quantités apportées (les boxplots présentent les valeurs de centiles 25, 50 et 75)

Les doses sont exprimées en quantités d'azote efficace théoriques

## ANNEXE 3.2 : APPORTS SUR MAÏS - PERTES AZOTEES PAR LIXIVIATION ET PAR VOLATILISATION POUR LES SCENARIOS AVEC APPORTS DE FERTILISANTS DE CLASSES 5 ET 6

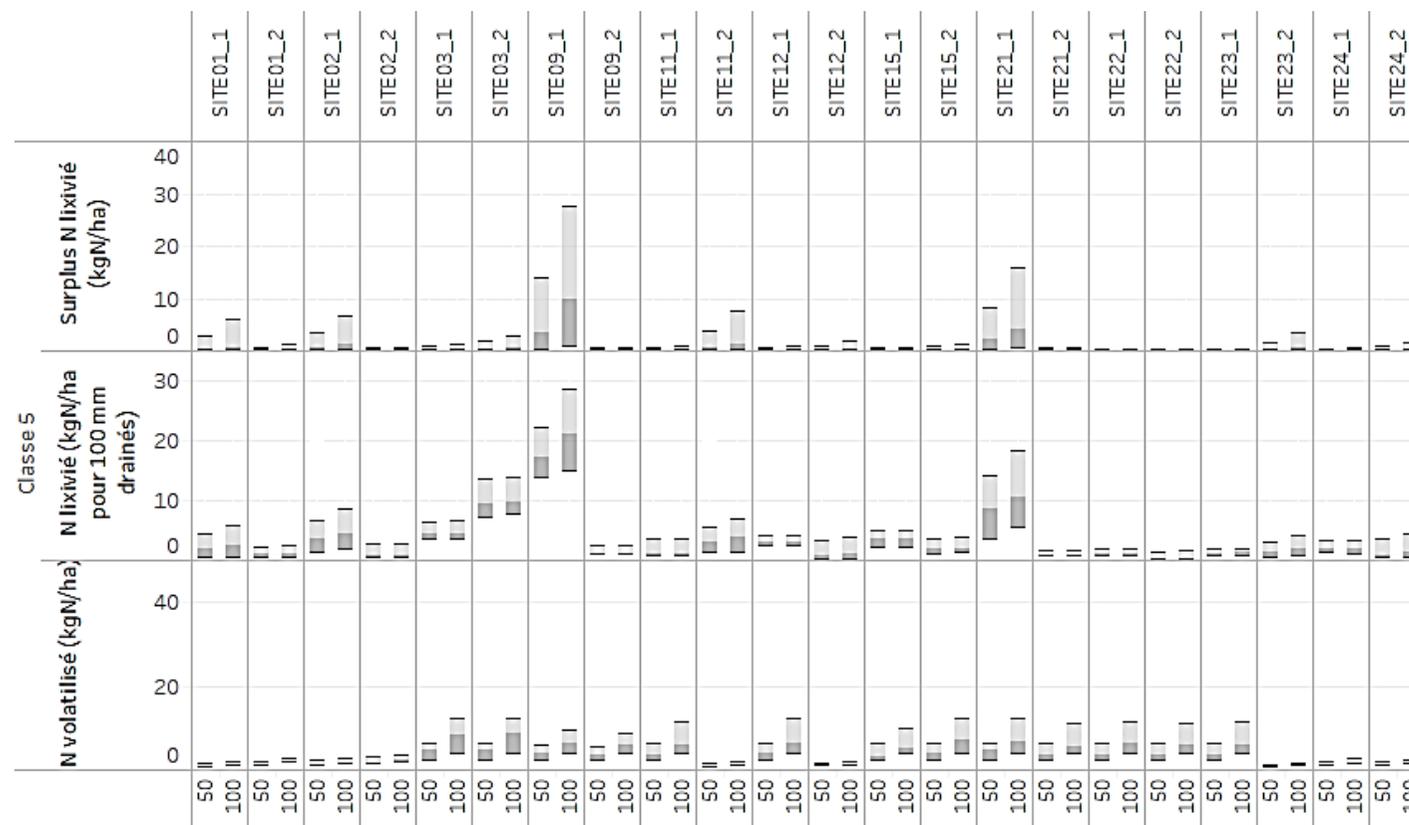


Figure 9 : Pertes azotées par lixiviation et par volatilisation pour les scénarios avec apports de fertilisants de classe 5 au printemps sur maïs selon les sites et les quantités apportées (les boîtes à moustaches présentent les valeurs de centiles 25, 50 et 75)

Les doses sont exprimées en quantités d'azote efficace théoriques

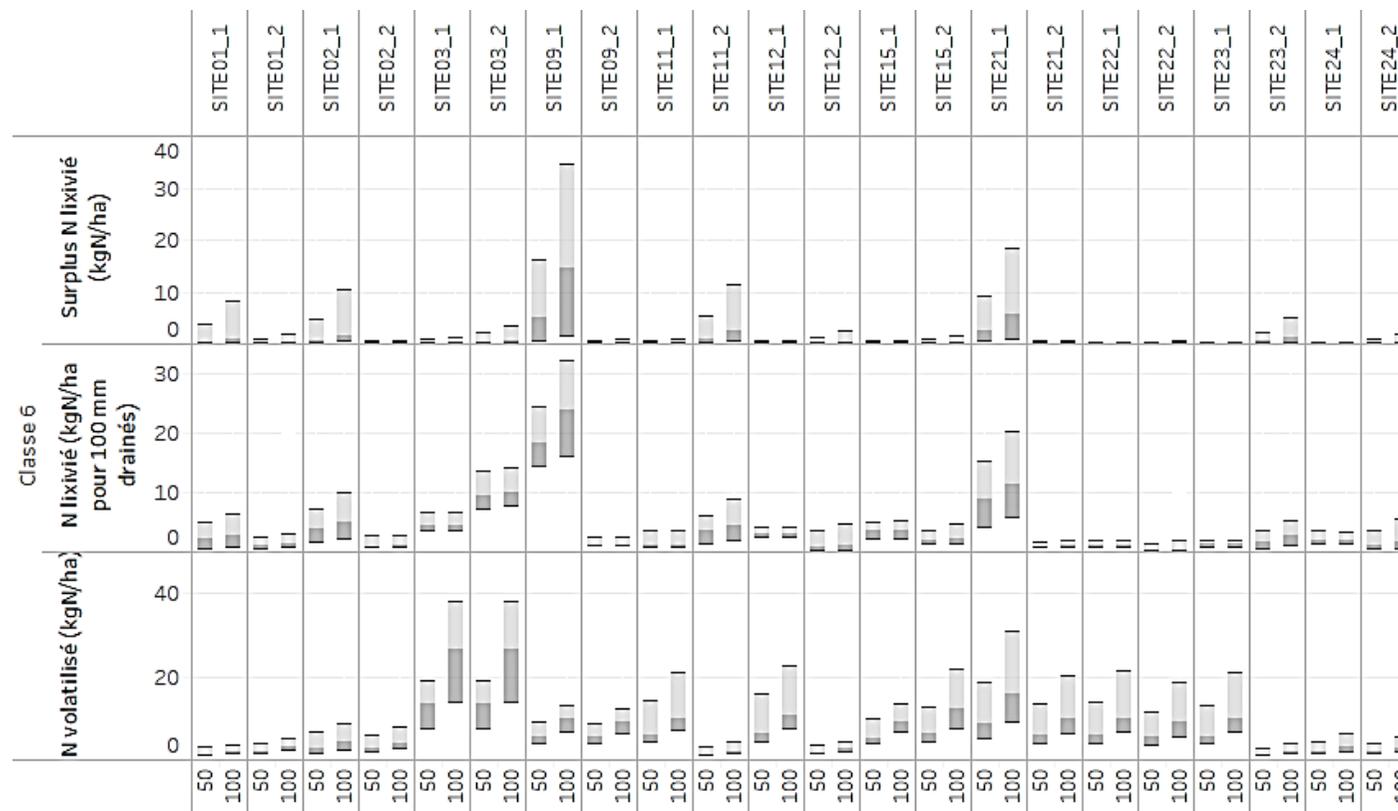


Figure 10 : Pertes azotées par lixiviation et par volatilisation pour les scénarios avec apports de fertilisants de classe 6 au printemps sur maïs selon les sites et les quantités apportées (les boxplots présentent les valeurs de centiles 25, 50 et 75)

Les doses sont exprimées en quantités d'azote efficace théoriques

## ANNEXE 5.1 : SCENARIOS EPANDAGE DE FERTILISANTS ORGANIQUES SUR PRAIRIE – PRODUCTION DE BIOMASSE ET ABSORPTION D'AZOTE ANNUELLES

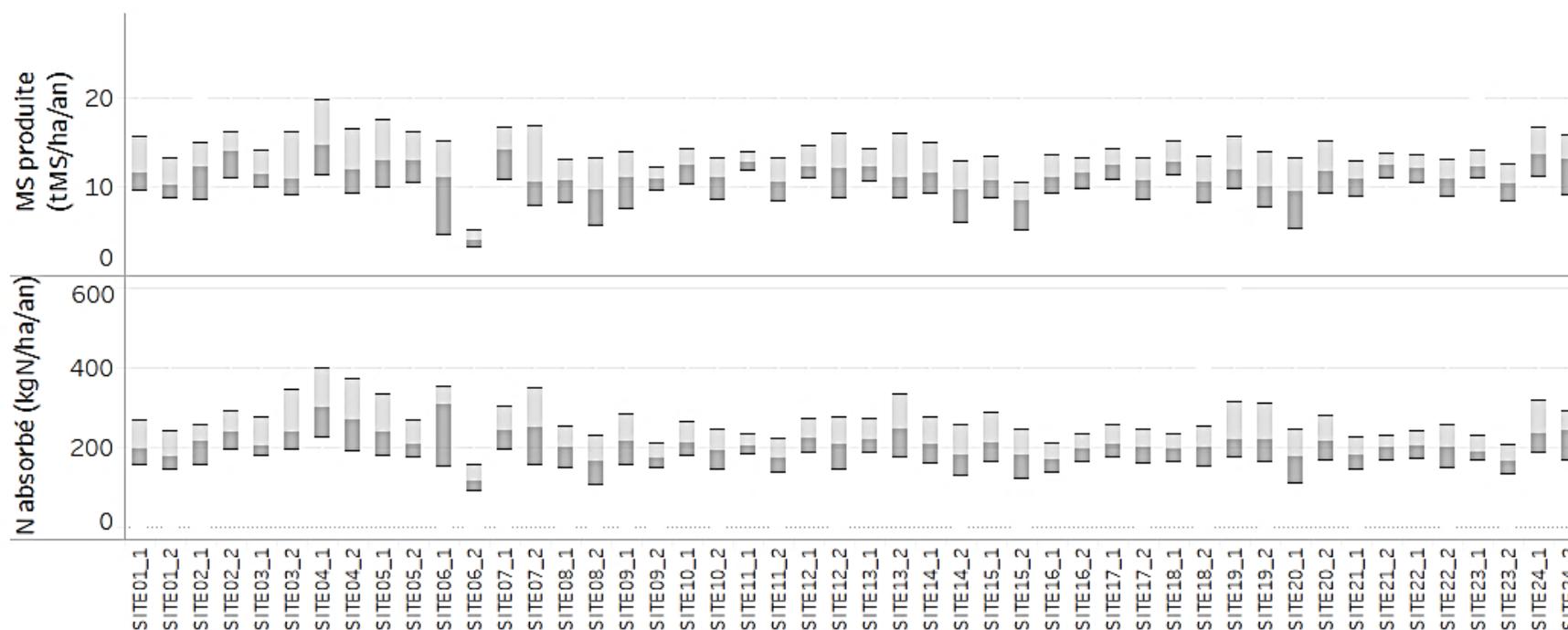


Figure 11: Production de matière sèche et azote absorbé par la prairie sur une année (toutes pratiques d'épandage confondues) selon les sites (borne inférieure : centile 25/borne centrale : médiane /borne supérieure : centile75)

## ANNEXE 5.2 : SCENARIOS EPANDAGE DE FERTILISANTS ORGANIQUES SUR PRAIRIE - SURPLUS D'ABSORPTION PAR LA PRAIRIE SELON LE FERTILISANT, LA DOSE ET LA PERIODE D'APPORT

### A) Absorption entre le début de l'année et la 1<sup>ère</sup> fauche

PRO	Dose	15/01	15/02	15/03	15/04	15/09	15/10	15/11	15/12
Classe 2	15 t	-0,88	-0,81	-1,01	-2,18	-1,43	-0,35	-0,01	0,52
	30 t	3,30	3,45	3,01	0,94	1,66	3,33	4,10	4,94
Classe 3a	25 kg Neff	16,85	17,63	18,21	15,33	11,38	15,10	17,18	18,75
	50 kg Neff	31,14	32,33	31,69	20,85	17,02	23,89	29,49	32,94
Classe 3b	25 kg Neff	26,08	26,55	25,93	18,24	14,22	18,69	27,75	29,44
	50 kg Neff	47,47	47,60	42,26	26,65	33,85	41,87	48,88	52,53
Classe 5	50 kg Neff	52,02	48,57	40,62	23,69	40,96	50,35	54,69	55,35
	100 kg Neff	77,33	72,58	59,92	38,12	74,73	82,01	85,49	82,51
Classe 6	50 kg Neff	50,59	49,14	46,18	26,86	35,65	45,97	51,13	54,34
	100 kg Neff	76,71	74,93	66,98	36,99	66,15	71,92	78,24	80,26

### B) Absorption entre la 1<sup>ère</sup> et la 2<sup>nde</sup> fauche

PRO	Dose	15/01	15/02	15/03	15/04	15/09	15/10	15/11	15/12
Classe 2	15 t	-1,97	-1,93	-1,72	-0,59	-1,77	-1,77	-1,76	-1,77
	30 t	-2,03	-1,93	-1,65	0,04	-1,87	-1,92	-1,84	-1,88
Classe 3a	25 kg Neff	0,99	0,83	0,70	3,60	2,27	2,12	1,85	1,60
	50 kg Neff	-1,33	-1,86	-1,41	6,99	1,85	1,16	0,43	-0,23
Classe 3b	25 kg Neff	2,19	2,34	3,03	8,64	2,23	2,28	2,47	2,63
	50 kg Neff	2,12	2,38	4,88	17,53	2,25	2,27	2,57	2,67
Classe 5	50 kg Neff	4,69	7,25	12,63	25,46	1,33	1,71	2,70	3,96
	100 kg Neff	22,30	26,86	35,61	44,21	2,53	5,27	14,36	21,09
Classe 6	50 kg Neff	1,98	2,77	5,42	19,10	1,33	1,51	1,84	2,09
	100 kg Neff	13,80	17,79	24,85	43,13	1,97	2,66	7,04	12,86

Figure 12 : Azote absorbé (valeurs médianes) par la prairie avant la 1<sup>ère</sup> fauche et entre la 1<sup>ère</sup> et la 2<sup>nde</sup> fauche selon les pratiques d'épandage testées

### ANNEXE 5.3 : SCENARIOS EPANDAGE DE FERTILISANTS ORGANIQUES SUR PRAIRIE – PERTES PAR LIXIVIATION PAR SITE-SOL EN CAS D'APPORT DE FERTILISANTS ORGANIQUES (VALEURS ABSOLUES)

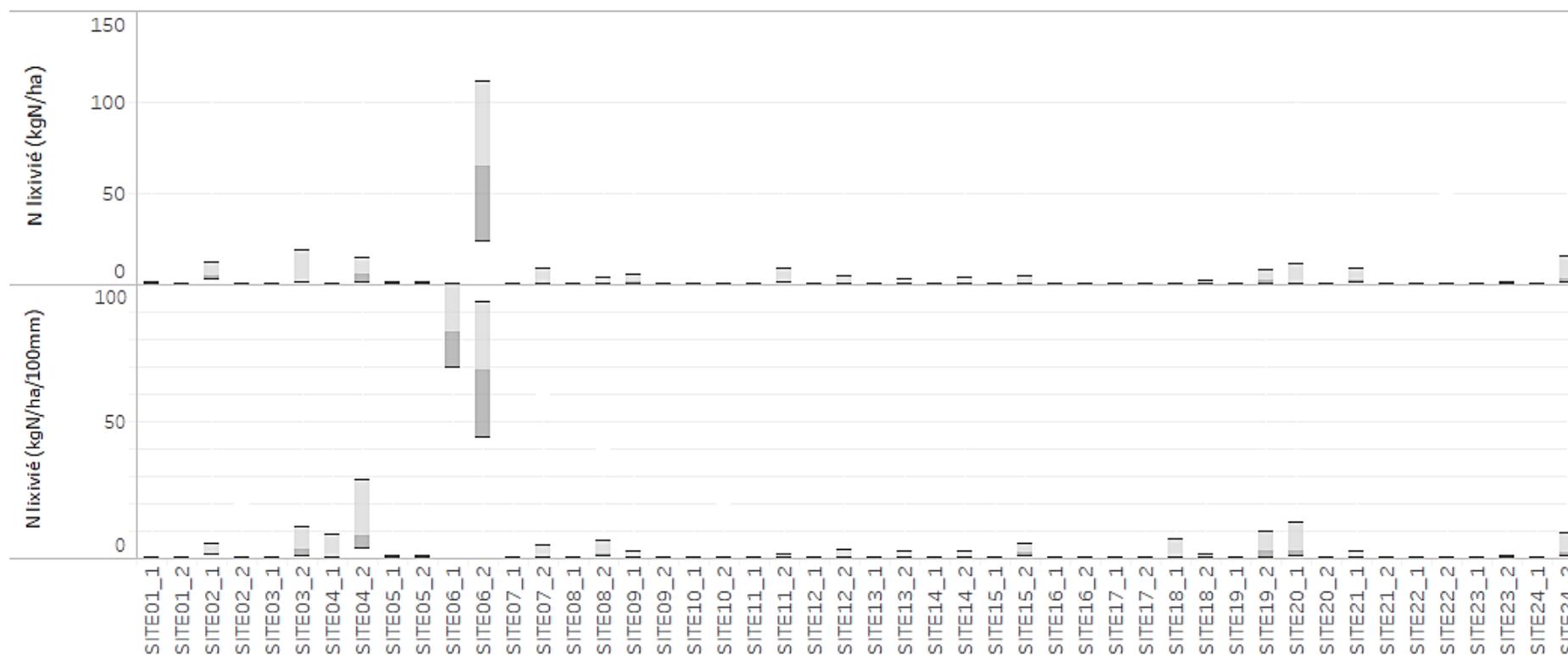
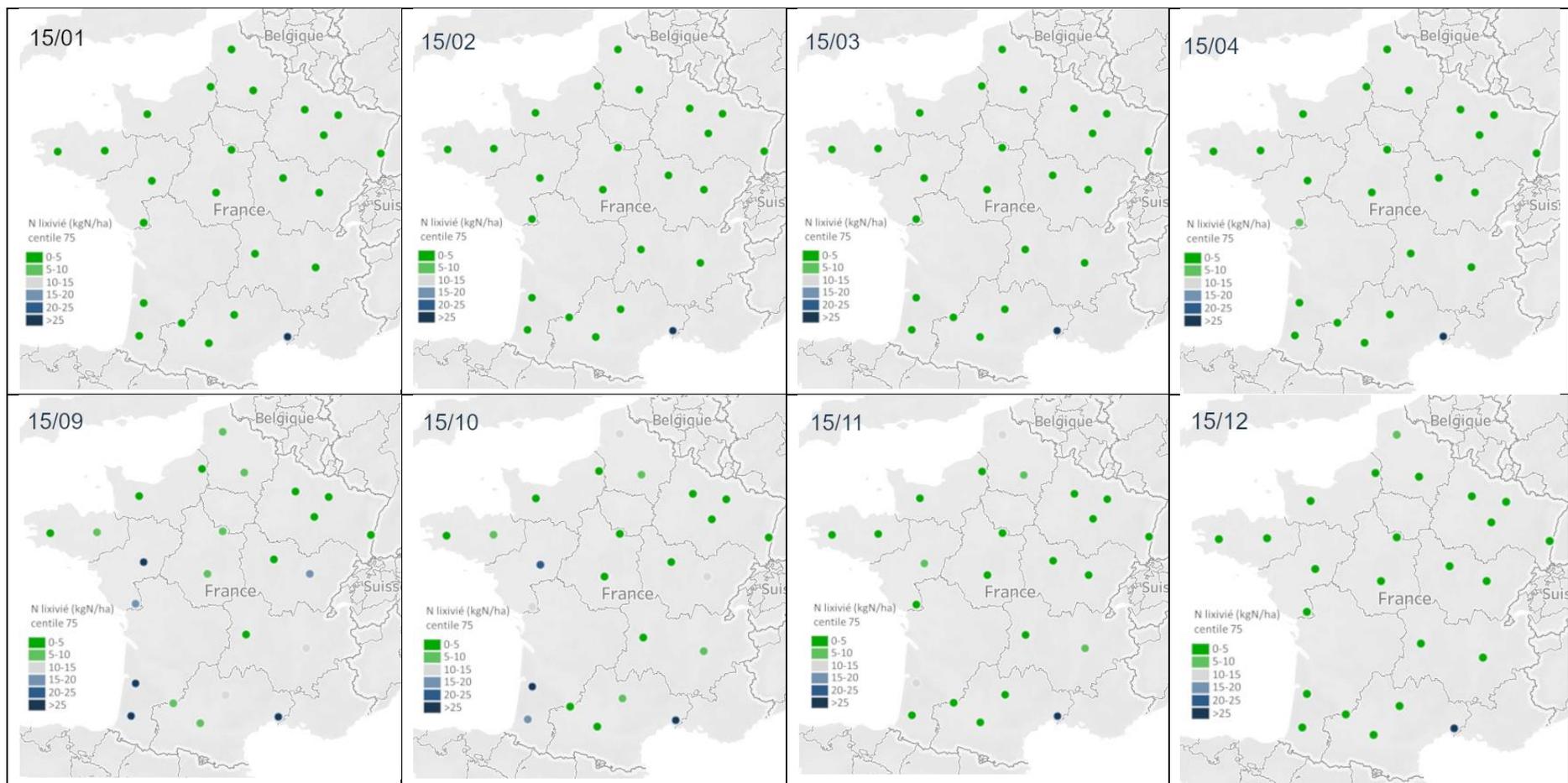


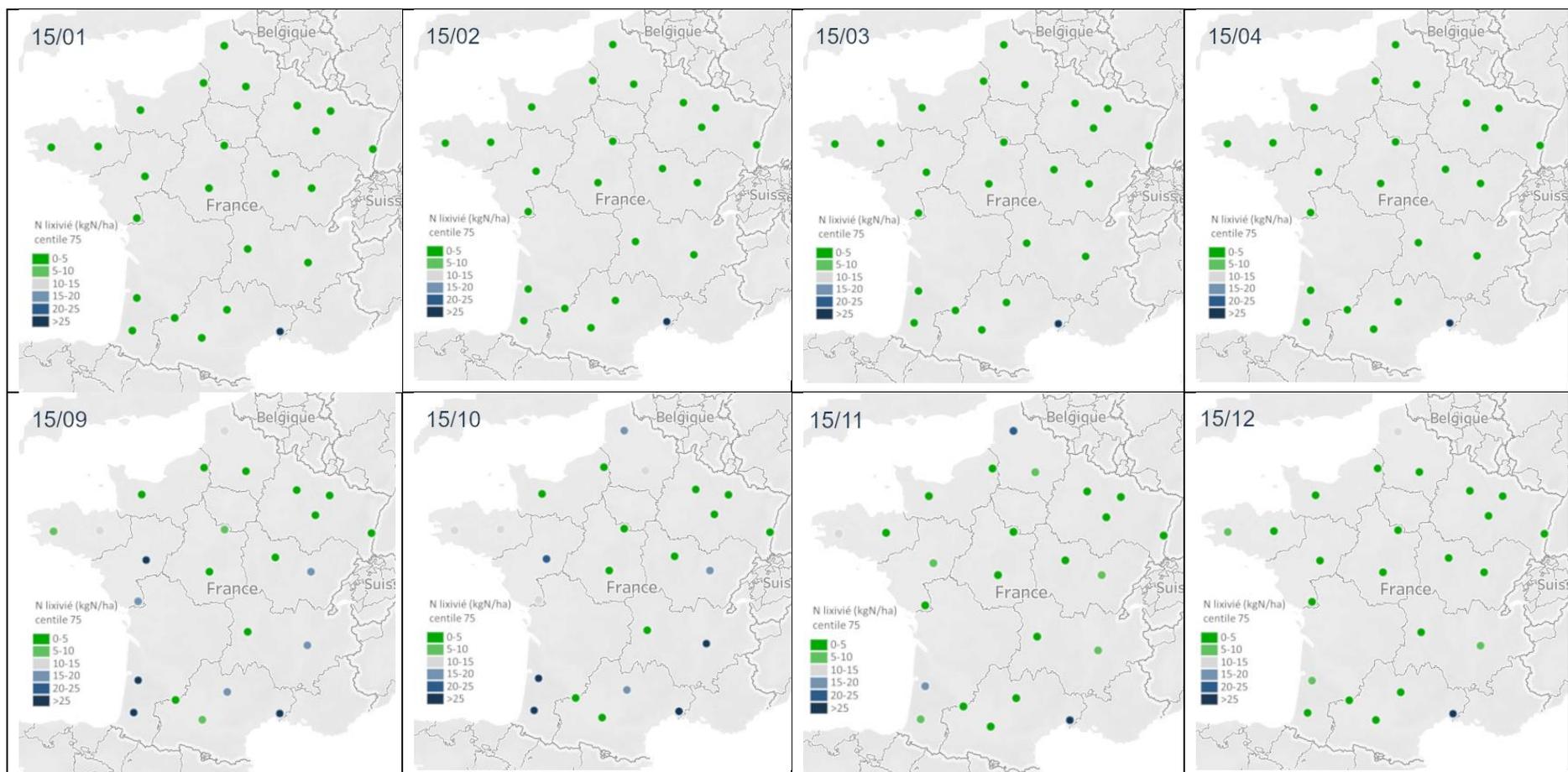
Figure 13 : Quantités d'azote lixiviées en kgN/ha ou ramenées à 100 mm de lame drainante en cas d'apport de fertilisants organiques selon les sites (borne inférieure : centile 25/borne centrale : médiane /borne supérieure : centile75)

## ANNEXE 5.4 : SCENARIOS EPANDAGE DE FERTILISANTS ORGANIQUES SUR PRAIRIE - SURPLUS DE LIXIVIATION PAR SITE SELON LA PERIODE D'APPORT

### Dans le cas d'un apport de classe 5



**Dans le cas d'un apport de classe 6**



## ANNEXE 6.1 : SCENARIOS FERTILISATION MODEREE D'AUTOMNE HIVER SUR COLZA - SOLS UTILISES DANS LES SCENARIOS COLZA DE LA PHASE 2

Les sols décrits sont issus à la fois de l'échantillon initial de 48 sols utilisés dans l'étude (ACTA-ARTELIA 2012) ainsi que des bases de données sols Typtterres et Arvalis et de la carte des UCS réalisée par le GIS Sol. Les sols complémentaires par rapport à la phase 1 sont en **bleu**. Les sites sélectionnés pour la phase 2 se situent dans les départements présentant les surfaces les plus importantes en colza d'après les statistiques agricoles ou jugés pertinents à intégrer dans cette analyse par les experts. Dans le cas de la Lorraine, un seul site a été retenu (2 sites dans l'échantillon initial avec des sols décrits similaires).

Site	Sol	Description
04 – Haute-Garonne	04_1	Sol profond (120 cm) calcaire (15%) <i>Arg = 18 %, N<sub>org</sub> = 0.12, RU = 173 mm</i>
	04_2	Sol moyennement profond (80 cm) non calcaire <i>Arg = 37 %, N<sub>org</sub> = 0.2, RU = 90 mm</i>
07 – Vendée	07_1	Sol profond (120 cm) calcaire 5% <i>Arg = 20 %, N<sub>org</sub> = 0.15, RU = 173 mm</i>
	07_2	Sol profond (120 cm) calcaire (20%) <i>Arg = 40 %, N<sub>org</sub> = 0.23, RU = 123 mm</i>
	<b>07_3</b>	<b>Sol limoneux ou sableux, superficiel (25 cm) non calcaire</b> <i>Arg = 17 %, N<sub>org</sub> = 0.23, RU = 56 mm, 18% éléments grossiers</i>
10 – Yonne	10_1	Sol limoneux ou sableux profond (120 cm) <i>Arg = 23 %, N<sub>org</sub> = 0.17, RU = 155 mm</i>
	10_2	Sol moyennement profond (90cm) calcaire 2% <i>Arg = 43 %, N<sub>org</sub> = 0.21, RU = 96 mm</i>
	<b>10_3</b>	<b>Sol argilo-calcaire superficiel (50cm) sur calcaire dur (calcaire 6%)</b> <i>Arg = 37 %, N<sub>org</sub> = 0.4, RU = 85 mm</i>
13 – Indre	13_1	Sol limono-argileux profond (150 cm) <i>Arg = 25 %, N<sub>org</sub> = 0.14, RU = 218 mm</i>
	13_2	Sol argilo-calcaire moyennement profond (90 cm) <i>Arg = 40%, N<sub>org</sub> = 0.2, RU = 94 mm</i>
	<b>13_3</b>	<b>Sol argilo-calcaire peu profond (45 cm) caillouteux (20-30%) sur calcaire dur (calcaire 15%)</b> <i>Arg = 34 %, N<sub>org</sub> = 0.22, RU = 66 mm</i>
14 – Côte d'Or	14_1	Sol profond (120 cm) non calcaire <i>Arg = 28 %, N<sub>org</sub> = 0.13, RU = 180 mm</i>
	14_2	Sol superficiel (60 cm) calcaire 2 % <i>Arg = 28 %, N<sub>org</sub> = 0.16, RU = 95 mm</i>
17 – Meurthe-et-Moselle	17_1	Sol profond (120 cm) non calcaire <i>Arg = 20 %, N<sub>org</sub> = 0.15, RU = 173 mm</i>
	17_2	Sol moyennement profond (90cm) non calcaire <i>Arg = 40 %, N<sub>org</sub> = 0.2, RU = 94 mm</i>
	<b>17_3</b>	<b>Sol argilo-calcaire superficiel (45 cm) caillouteux (45-60%) calcaire 40%</b> <i>Arg = 26 %, N<sub>org</sub> = 0.4, RU = 55 mm</i>
18 – Marne	18_1	Calcosol moyennement profond (90cm) calcaire 80 % <i>Arg = 10 %, N<sub>org</sub> = 0.14, RU = 234 mm</i>
	18_2	Non calcaire moyennement profond (90 cm) <i>Arg = 40 %, N<sub>org</sub> = 0.2, RU = 98 mm</i>
	<b>18_5</b>	<b>Sol argilo-calcaire superficiel (50 cm) sur calcaire dur (calcaire 6%)</b> <i>Arg = 25 %, N<sub>org</sub> = 0.4, RU = 60 mm</i>
19 – Loiret	19_1	Sol profond (150 cm) non-calcaire <i>Arg = 25%, N<sub>org</sub> = 0.15, RU = 218 mm</i>
	19_2	Sol argilo-calcaire (calcosol) moyennement profond (90 cm) calcaire 10 %

		<i>Arg = 40%, N<sub>org</sub> = 0.22, RU = 94 mm</i>
	19_3	<b>Sol argilo-calcaire superficiel (60 cm) calcaire 15 %</b> <i>Arg = 31 %, N<sub>org</sub> = 0.2, RU = 73 mm</i>
20-Oise	20_1	Sol argilo-calcaire superficiel (60 cm) calcaire 25 % <i>Arg = 20 %, N<sub>org</sub> = 0.15, RU = 83 mm</i>
	20_2	Sol profond (150 cm) non calcaire <i>Arg = 25 %, N<sub>org</sub> = 0.15, RU = 218 mm</i>
23 - Calvados	23_1	Sol profond (150 cm) non calcaire <i>Arg = 25 %, N<sub>org</sub> = 0.15, RU = 173 mm</i>
	23_2	Sol superficiel (60 cm) non calcaire <i>Arg = 25 %, N<sub>org</sub> = 0.16, RU = 90 mm</i>

## ANNEXE 6.2 : SCENARIOS FERTILISATION MODEREE D'AUTOMNE HIVER SUR COLZA - SURPLUS D'ABSORPTION ET DE BIOMASSE EN CAS DE FERTILISATION SELON LA DATE DE SEMIS ET LE RELIQUAT POST-RECOLTE

Tableau 1 : Valeurs médianes et centiles 25 et 75 pour les surplus de biomasse accumulée, d'azote absorbé et le CAU selon la date de semis et le reliquat post-récolte a) jusqu'au 15/12 (scénarios apport mi-janvier non compris) et b) jusqu'au 15/03 (tous scénarios)

a)

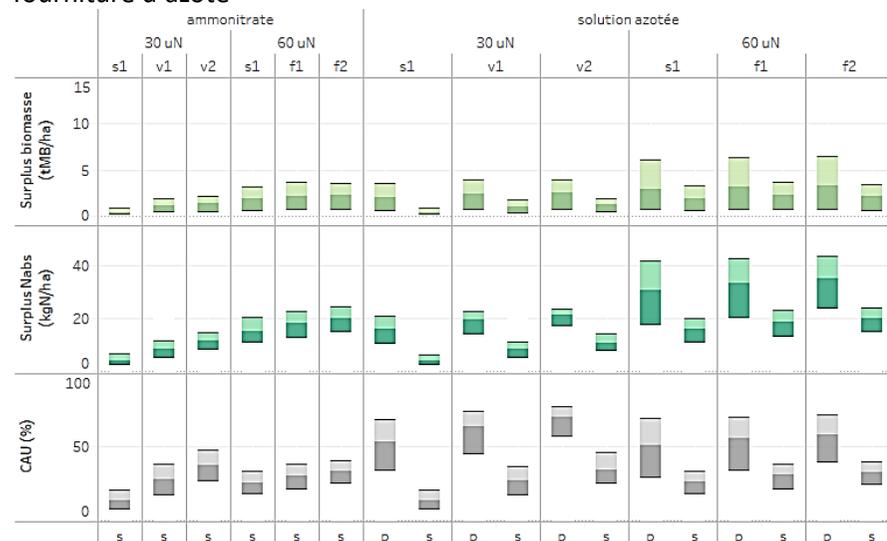
Période de semis	Reliq.	Surplus - Centile 25			Surplus - Médiane			Surplus - Centile 75		
		Biomasse (tMB/ha)	N abs (kgN/ha)	CAU (%)	Biomasse (tMB/ha)	N abs (kgN/ha)	CAU (%)	Biomasse (tMB/ha)	N abs (kgN/ha)	CAU (%)
Précoce (10/08 → 25/08)	45	0.1	7.0	17.9	1.3	14.9	34.1	3.0	22.3	51.1
	90	0	5.1	13.2	0.29	13.3	31.9	1.9	21.4	47.2
Médian (20/08 → 01/09)	45	0	3.9	10.4	0.23	11.5	27.6	1.5	19.9	43.0
	90	0	1.1	2.5	0	7.9	20.3	0.3	16.1	36.6
Tardif (08/09 → 20/09)	45	0	0	0	0	0	0	0	1.14	2.8
	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0

b)

Période de semis	Reliq.	Surplus - Centile 25			Surplus - Médiane			Surplus - Centile 75		
		Biomasse (tMB/ha)	N abs (kgN/ha)	CAU (%)	Biomasse (tMB/ha)	N abs (kgN/ha)	CAU (%)	Biomasse (tMB/ha)	N abs (kgN/ha)	CAU (%)
Précoce (10/08 → 25/08)	45	1.2	10.8	28.6	2.3	15.9	39.0	3.6	21.3	51.3
	90	1.2	11.5	30.2	2.2	16.7	41.4	3.3	22.5	53.6
Médian (20/08 → 01/09)	45	1.2	10.2	27.2	2.2	15.7	38.2	3.5	21.4	51.5
	90	1.0	10.6	27.5	1.9	15.9	39.0	3.0	21.7	52.3
Tardif (08/09 → 20/09)	45	0.2	5.8	15.2	0.8	10.2	24.5	1.7	15.8	38.1
	90	0.0	5.6	14.5	0.6	9.6	23.3	1.4	14.9	35.4

## ANNEXE 6.3 : SCENARIOS FERTILISATION MODEREE D'AUTOMNE HIVER SUR COLZA - SURPLUS D'ABSORPTION ET DE BIOMASSE PENDANT L'HIVER EN CAS DE FERTILISATION SELON LES PRATIQUES DE FERTILISATION

A] pour un reliquat initial de 45 kgN pour 90 cm de sol et des sols à faible fourniture d'azote



B] pour un reliquat initial de 90 kgN pour 90 cm de sol et des sols à faible fourniture d'azote

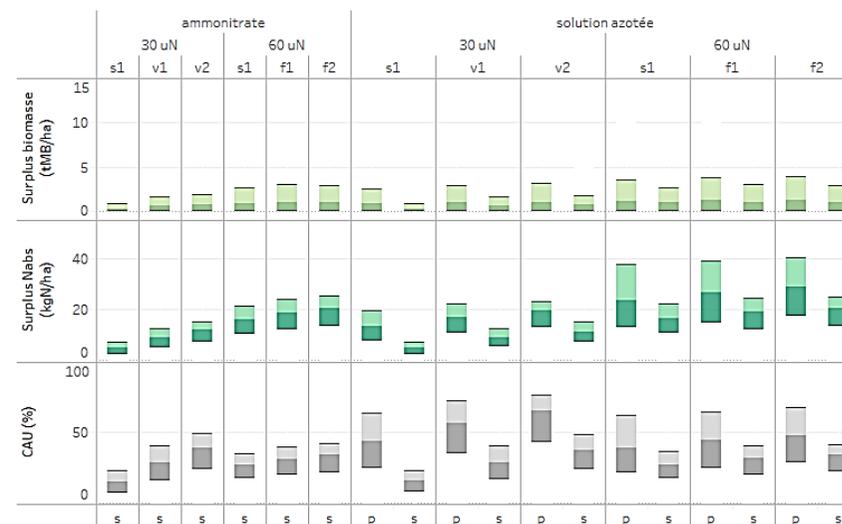
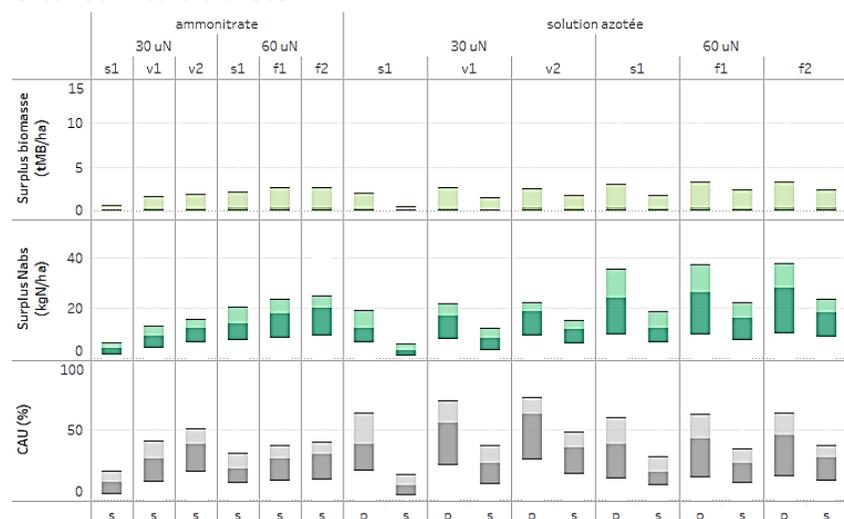


Figure 14 : Surplus de biomasse accumulée, d'azote absorbé et CAU jusqu'au 31/12 par rapport au témoin sans azote selon les pratiques de fertilisation dans le cas d'un semis pendant la période recommandée A] pour un reliquat initial de 45 kgN pour 90 cm de sol et des sols à faible fourniture d'azote et B] pour un reliquat initial de 90 kgN pour 90 cm de sol et des sols à faible fourniture d'azote (modalités : s : apport en surface/p : injection/ s1 : 30 ou 60 uN apportées au semis/ v1, v2 et v3 : 30 uN apportées en végétation respectivement le 25/09, le 15/10 et le 15/01/ f1 et f2 : 60 uN apportées de manière fractionnée au semis puis en végétation respectivement le 25/09 et le 15/10) (borne inférieure : centile 25/borne centrale : médiane /borne supérieure : centile 75)

A] pour un reliquat initial de 45 kgN pour 90 cm de sol et des sols à plus forte fourniture d'azote



B] pour un reliquat initial de 90 kgN pour 90 cm de sol et des sols à plus forte fourniture d'azote

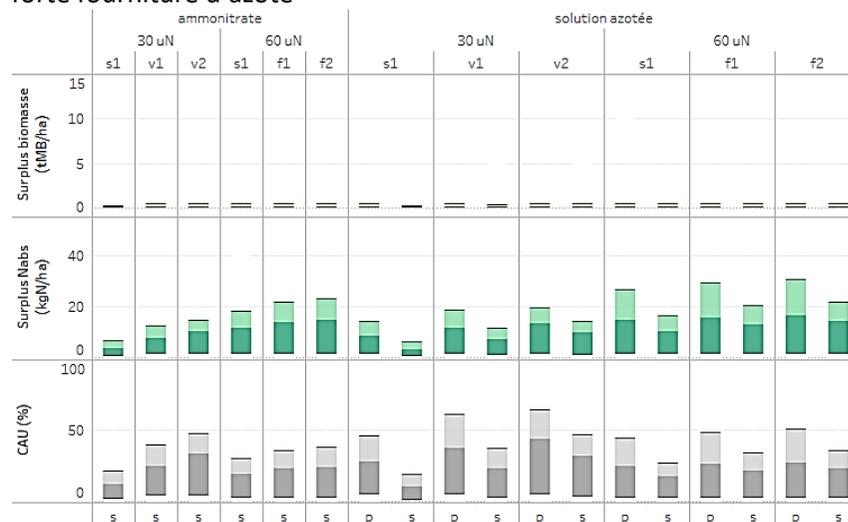
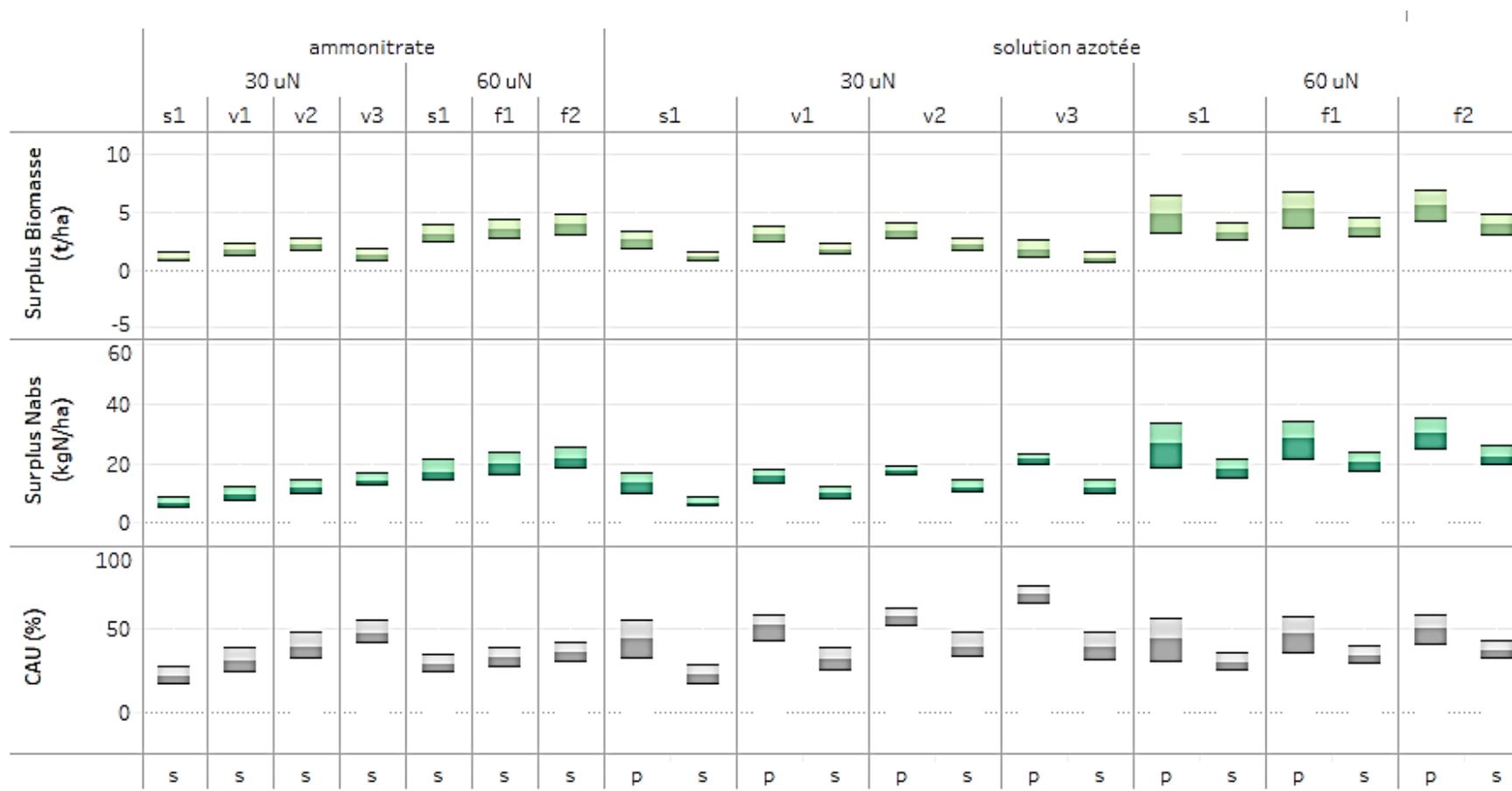


Figure 15: Surplus de biomasse accumulée, d'azote absorbé et CAU jusqu' au 31/12 par rapport au témoin sans azote selon les pratiques de fertilisation dans le cas d'un semis tardif A] pour un reliquat initial de 45 kgN pour 90 cm de sol et des sols à plus faible fourniture d'azote et B] pour un reliquat initial de 90 kgN pour 90 cm de sol et des sols à plus forte fourniture d'azote (modalités : s : apport en surface/p : injection/ s1 : 30 ou 60 uN apportées au semis/ v1 et v2: 30 uN apportées en végétation respectivement le 25/09 et le 15/10 / f1 et f2 : 60 uN apportées de manière fractionnée au semis puis en végétation respectivement le 25/09 et le 15/10) (borne inférieure : centile 25/borne centrale : médiane /borne supérieure : centile75)

## ANNEXE 6.4 : SCENARIOS FERTILISATION MODEREE D'AUTOMNE HIVER SUR COLZA - SURPLUS D'ABSORPTION ET DE BIOMASSE APRES L'HIVER EN CAS DE FERTILISATION SELON LES PRATIQUES DE FERTILISATION

A) Pour des sols à plus faible fourniture d'azote



B) Pour des sols à plus forte fourniture d'azote

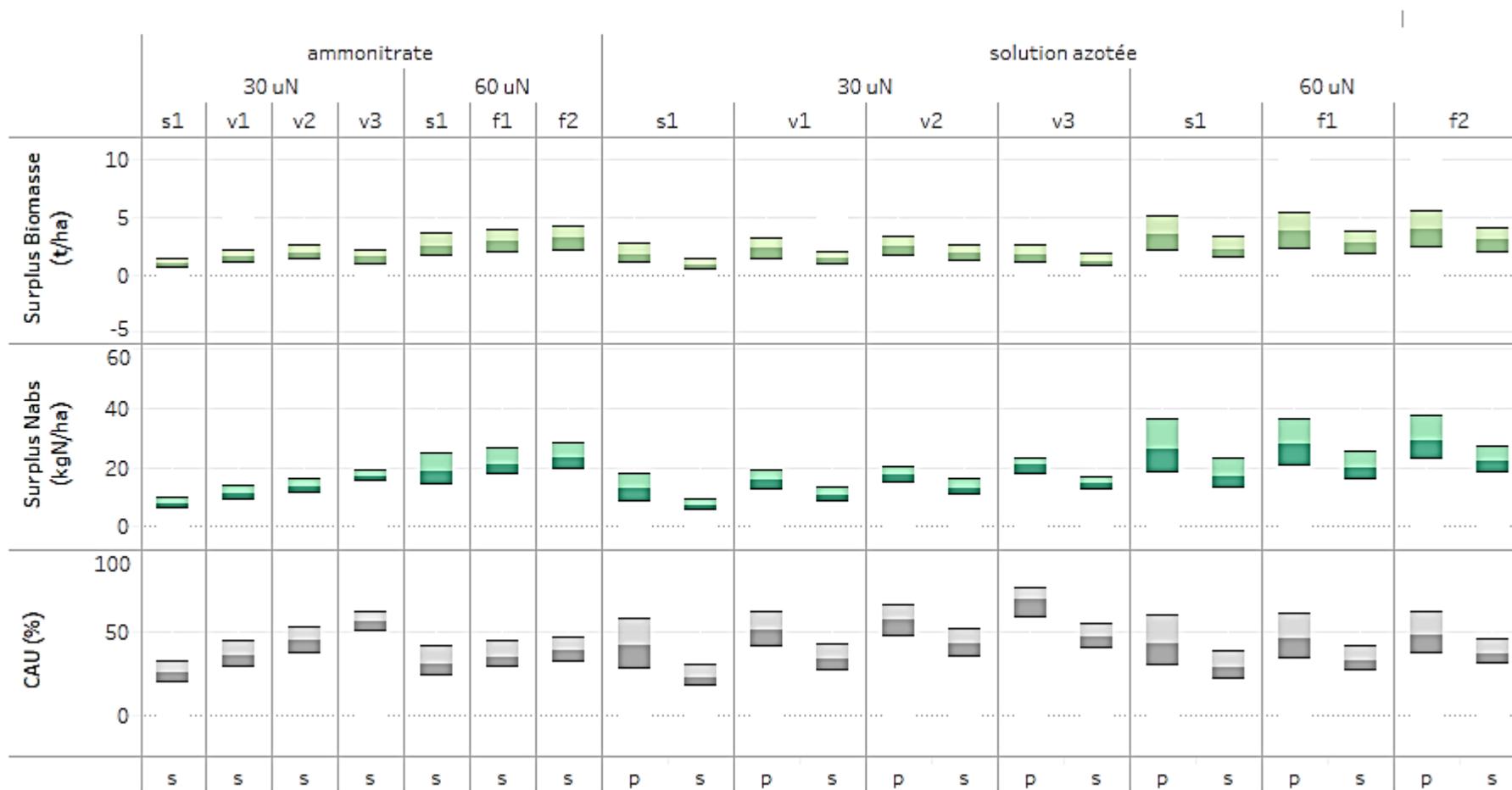


Figure 16 : Surplus de biomasse accumulée, d'azote absorbé et CAU jusqu' au 15/03 par rapport au témoin sans azote selon les pratiques de fertilisation dans le cas d'un semis pendant la période recommandée A) pour des sols à plus faible fourniture d'azote et B) pour un reliquat initial de 90 kgN pour 90 cm de sol et des sols à plus forte fourniture d'azote (modalités : s : apport en surface/p : injection/ s1 : 30 ou 60 uN apportées au semis/ v1, v2 et v3 : 30 uN apportées en végétation respectivement le 25/09, le 15/10 et le 15/01/ f1 et f2 : 60 uN apportées de manière fractionnée au semis puis en végétation respectivement le 25/09 et le 15/10) (borne inférieure : centile 25/borne centrale : médiane /borne supérieure : centile75)

## ANNEXE 6.5 : SCENARIOS FERTILISATION MODEREE D'AUTOMNE HIVER SUR COLZA - EFFET DE LA PLUVIOMETRIE D'AOÛT SUR LES PERTES AZOTEES EN AUTOMNE ET EN HIVER EN CAS D'APPORT DE FERTILISANTS AZOTES

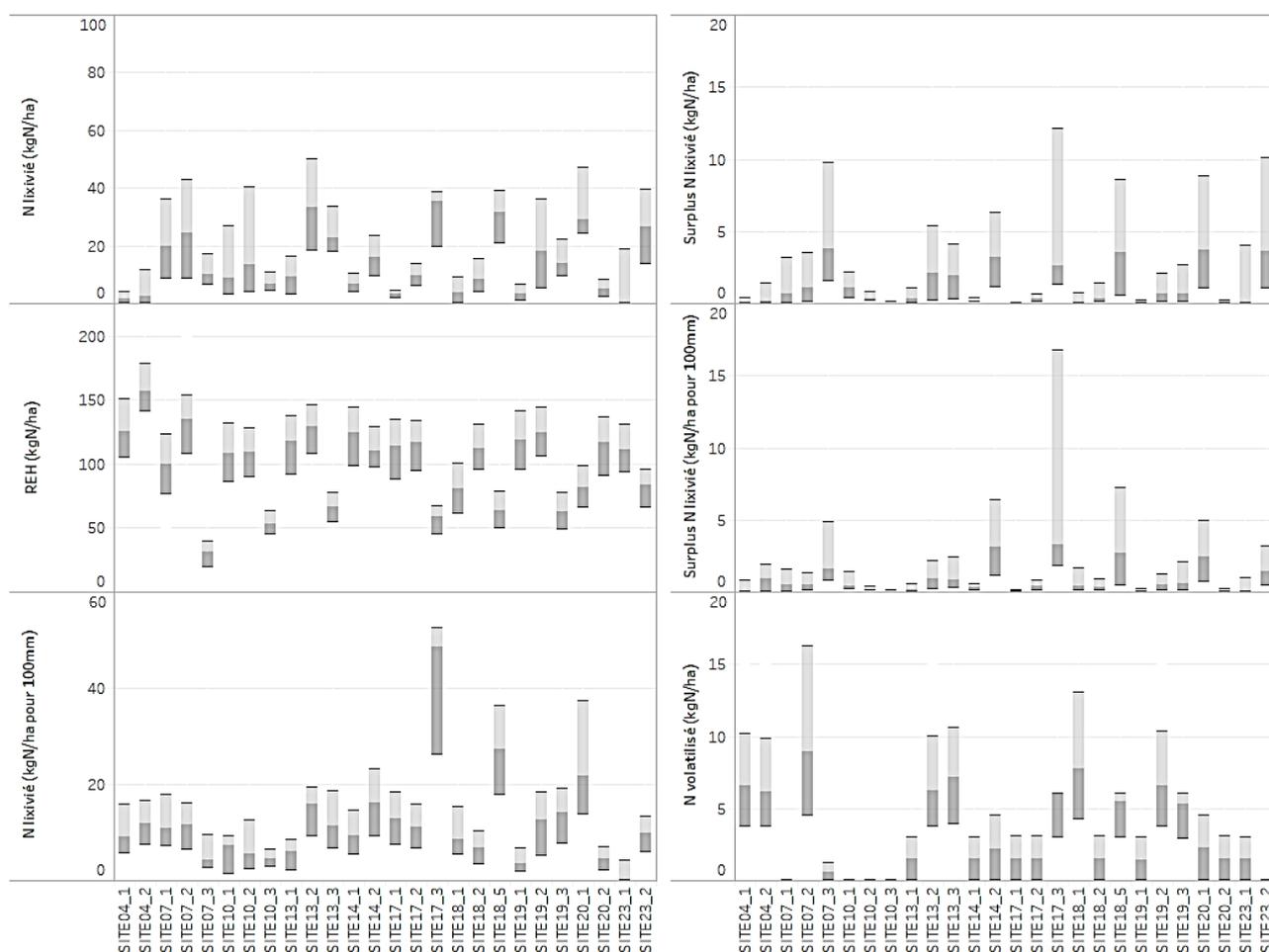


Figure 17 : Cumul d'azote lixivié et drainage pendant l'automne et l'hiver jusqu'au 15/03 et azote volatilisé pour les scénarios avec apport de fertilisant azoté pour un **cumul de pluie en août inférieur à 20 mm** (borne inférieure : centile 25/borne centrale : médiane /borne supérieure : centile75).

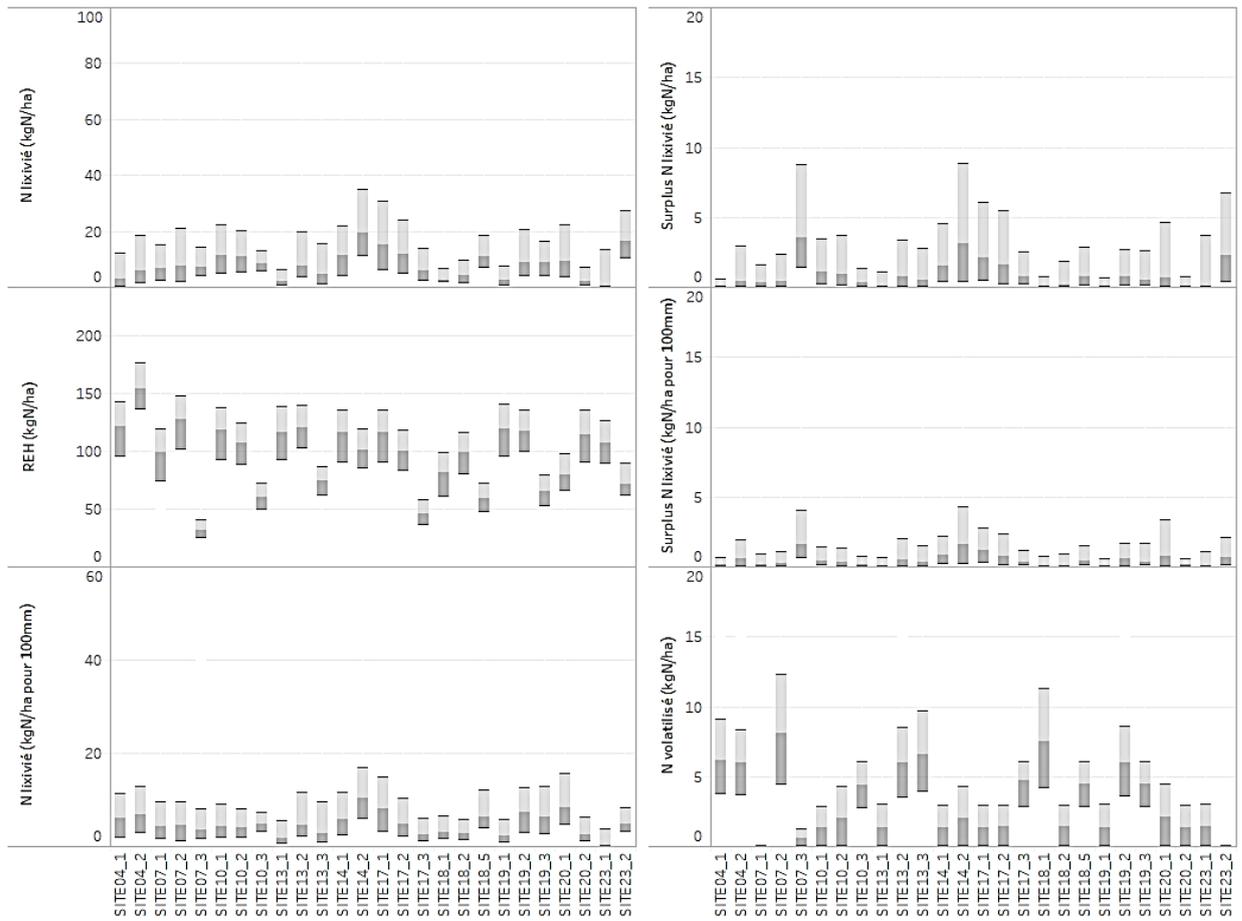


Figure 18 : Cumul d'azote lixivié et drainage pendant l'automne et l'hiver jusqu'au 15/03 et azote volatilisé pour les scénarios avec apport de fertilisant azoté pour un **cumul de pluie en août supérieur à 20 mm** (borne inférieure : centile 25/borne centrale : médiane /borne supérieure : centile75).

## ANNEXE 6.6: SCENARIOS FERTILISATION MODEREE D'AUTOMNE HIVER SUR COLZA - EFFET D'UN SEMIS PRECOCE SUR LES PERTES AZOTEES EN AUTOMNE ET EN HIVER EN CAS D'APPORT DE FERTILISANTS AZOTES

Les scénarios avec faibles cumuls de pluie en août ont été retirés de l'analyse ici.

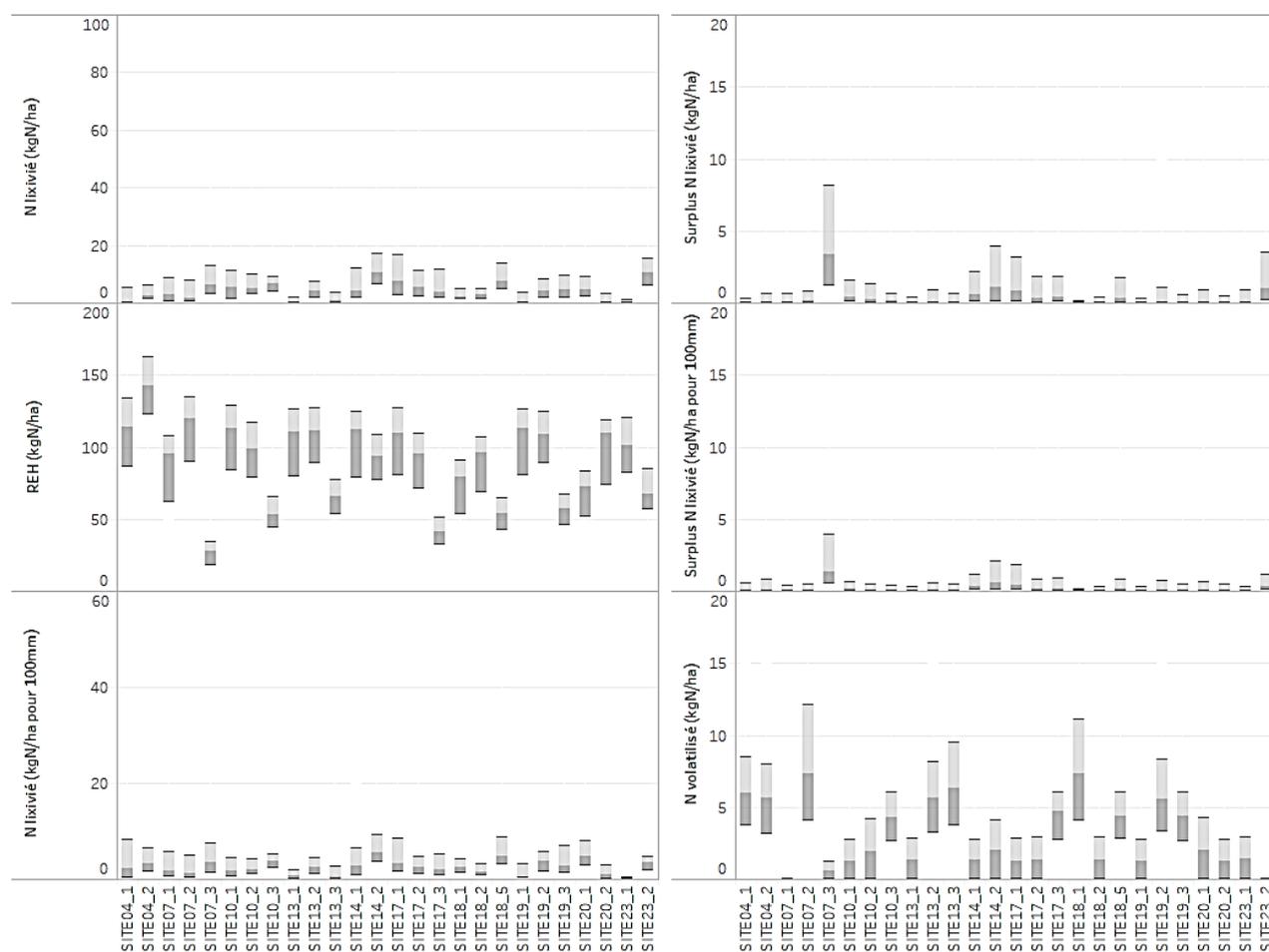


Figure 19 : Cumul d'azote lixivié et drainage pendant l'automne et l'hiver jusqu'au 15/03 et azote volatilisé pour les scénarios avec apport de fertilisant azoté pour un semis précoce (borne inférieure : centile 25/borne centrale : médiane /borne supérieure : centile75).

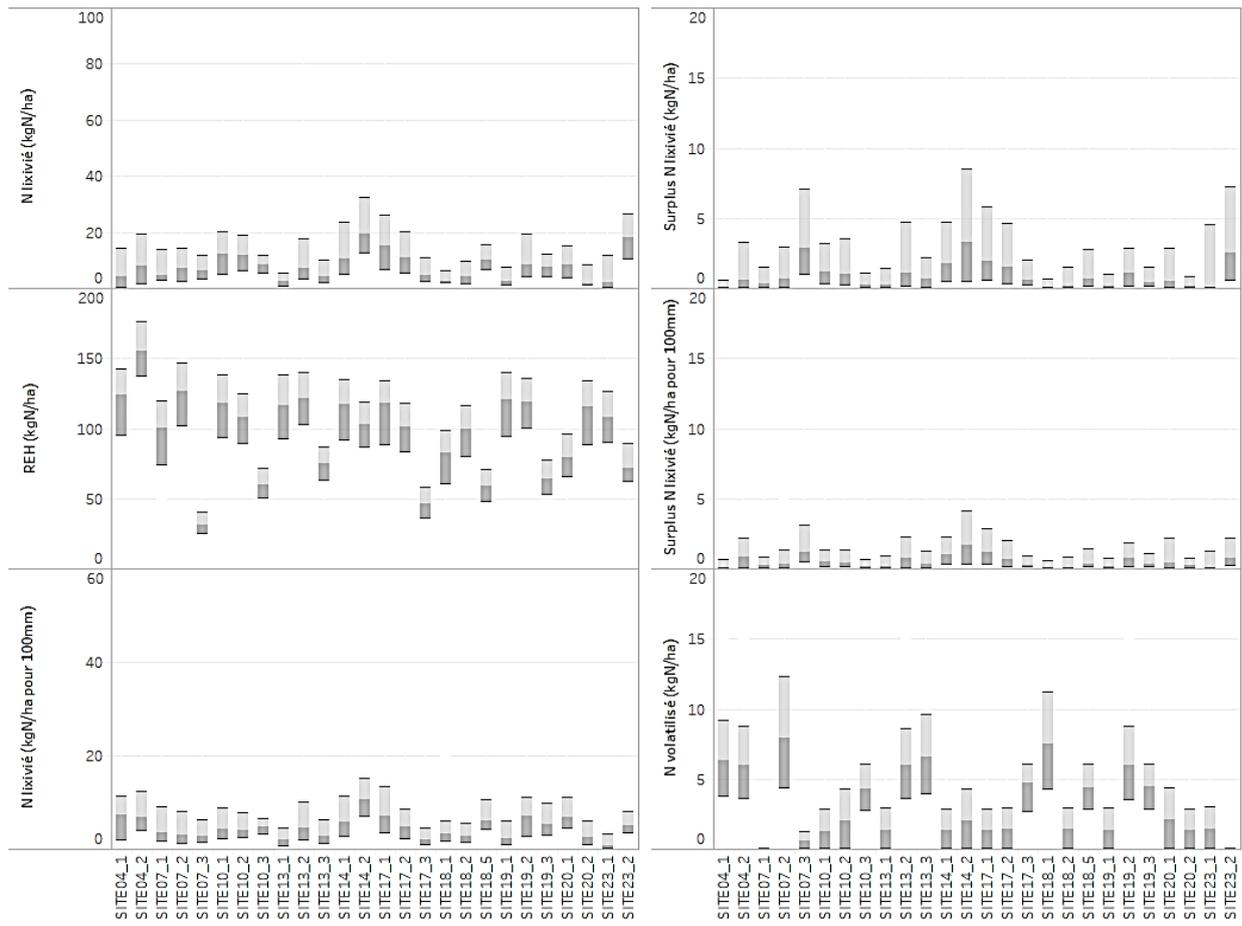


Figure 20 : Cumul d'azote lixivié et drainage pendant l'automne et l'hiver jusqu'au 15/03 et azote volatilisé pour les scénarios avec apport de fertilisant azoté pour un semis médian (borne inférieure : centile 25/borne centrale : médiane /borne supérieure : centile75).

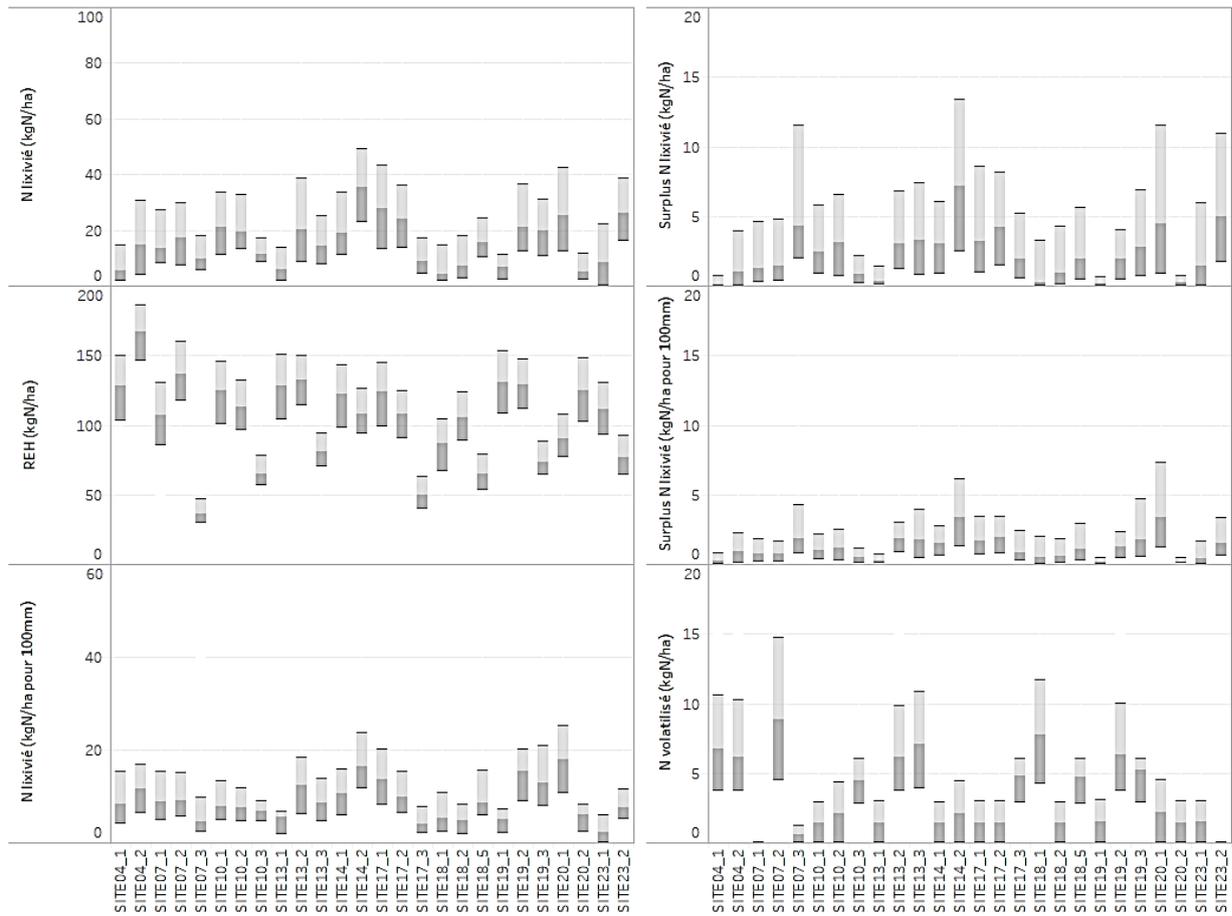


Figure 21 : Cumul d'azote lixivié et drainage pendant l'automne et l'hiver jusqu'au 15/03 et azote volatilisé pour les scénarios avec apport de fertilisant azoté pour un semis tardif (borne inférieure : centile 25/borne centrale : médiane /borne supérieure : centile75).

## ANNEXE 6.7 : SCENARIOS FERTILISATION MODEREE D'AUTOMNE HIVER SUR COLZA - EFFET D'UN APPORT EN PROFONDEUR SUR LES PERTES AZOTEES EN AUTOMNE ET EN HIVER EN CAS D'APPORT DE FERTILISANTS AZOTES DE CLASSE 8

Les scénarios avec faibles cumuls de pluie en août ont été retirés de l'analyse ici.

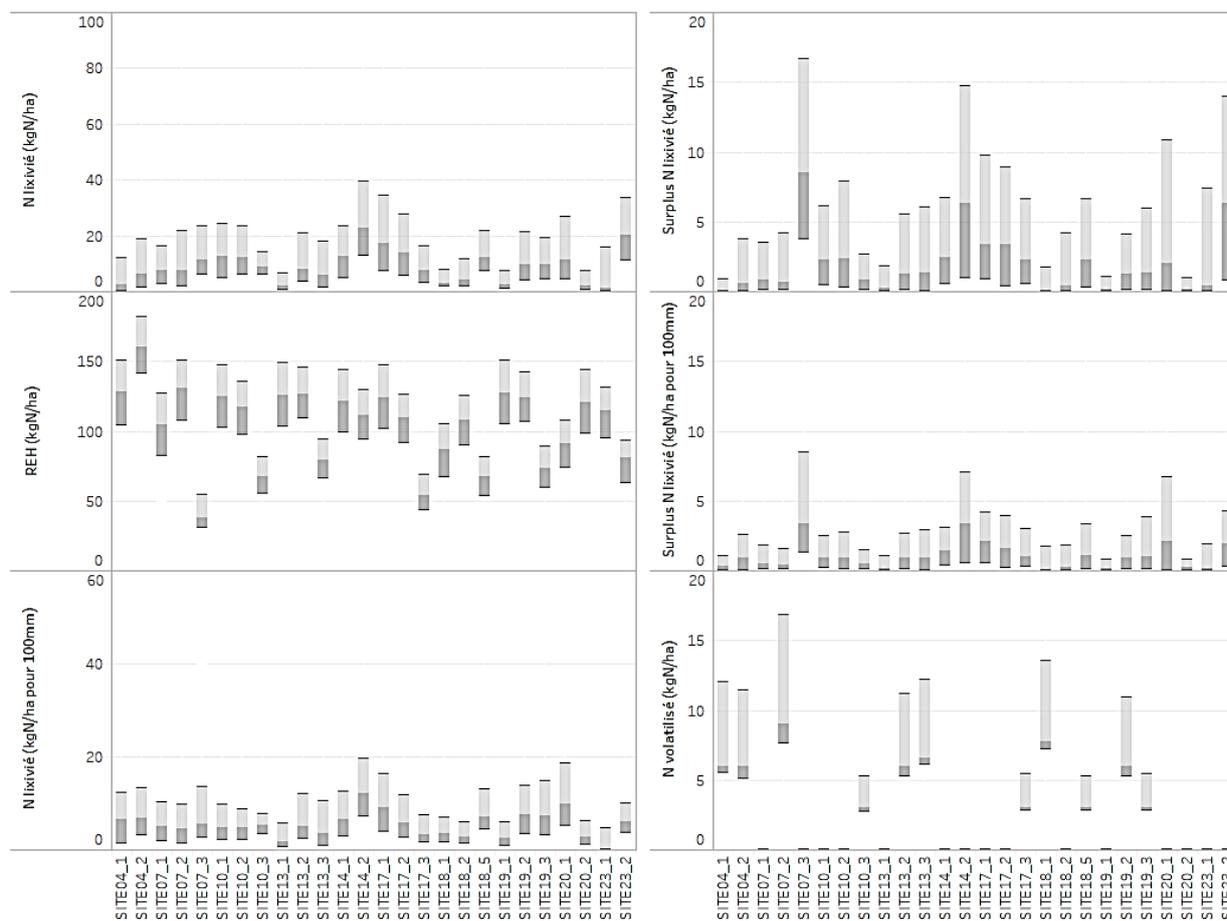


Figure 22 : Cumul d'azote lixivié et drainage pendant l'automne et l'hiver jusqu'au 15/03 et azote volatilisé pour les scénarios avec apport de fertilisant azoté pour un apport de classe 8 en profondeur (borne inférieure : centile 25/borne centrale : médiane /borne supérieure : centile75).

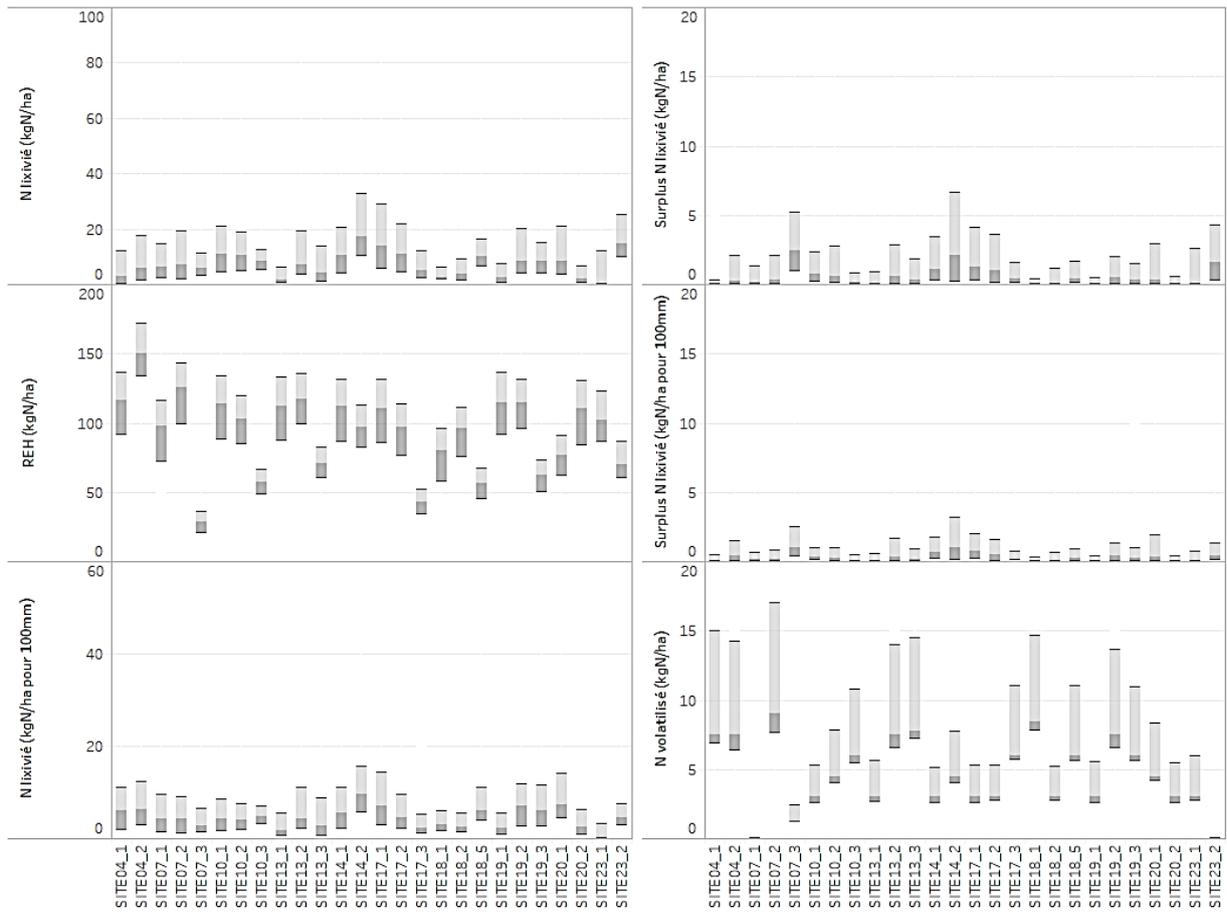
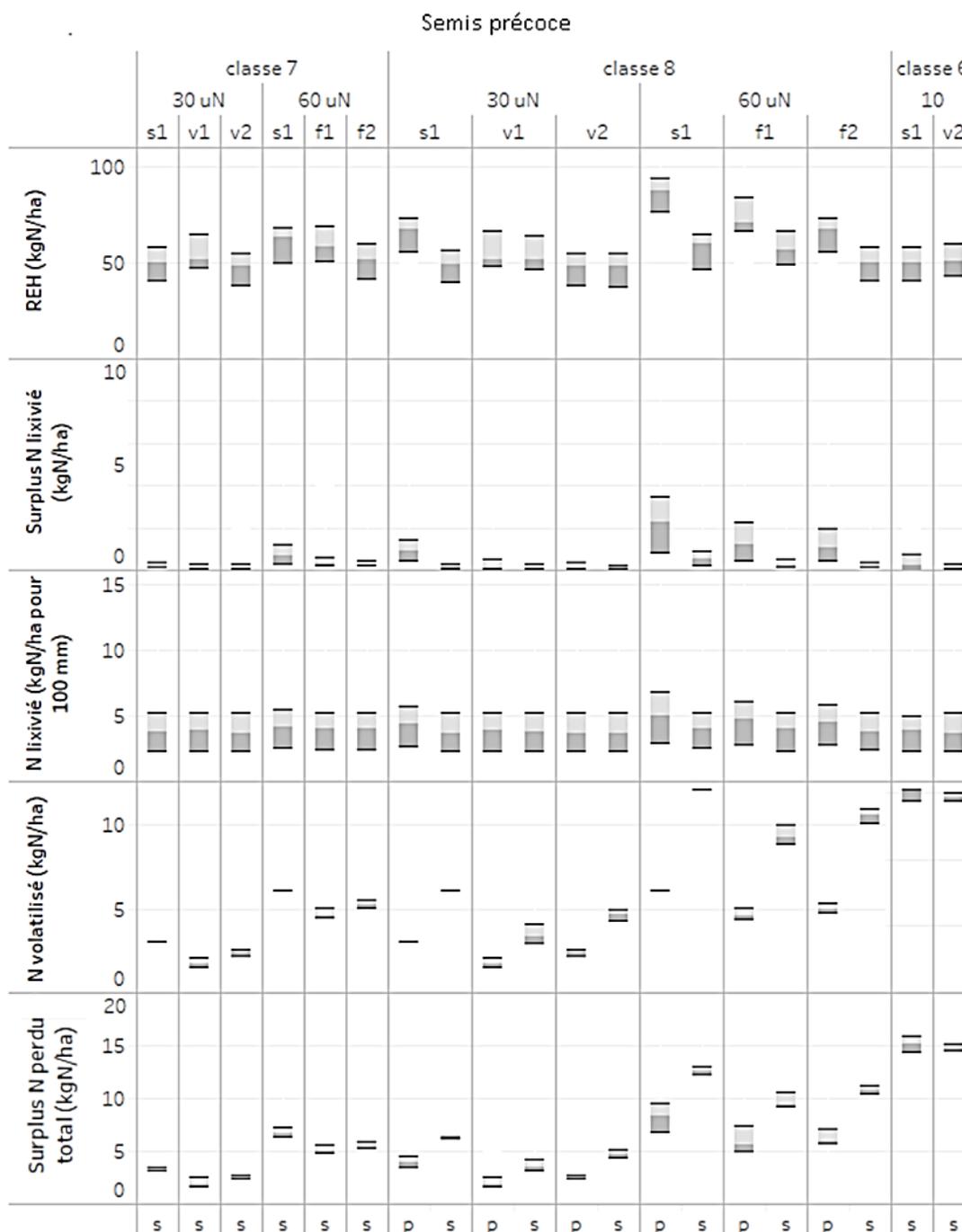


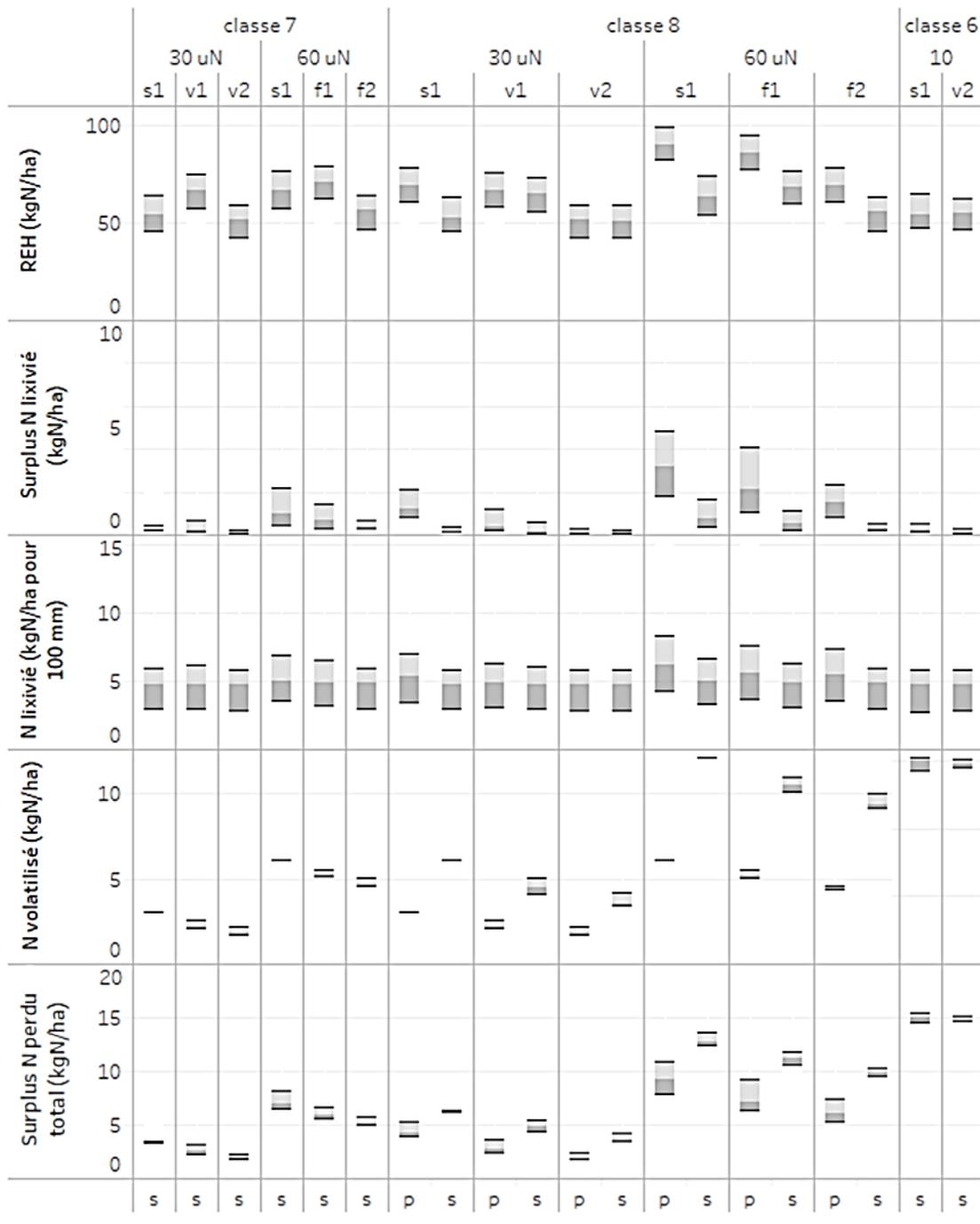
Figure 23 : Cumul d'azote lixivié et drainage pendant l'automne et l'hiver jusqu'au 15/03 et azote volatilisé pour les scénarios avec apport de fertilisant azoté pour un apport de classe 8 en surface (borne inférieure : centile 25/borne centrale : médiane /borne supérieure : centile75).

## ANNEXE 6.8 : SCENARIOS FERTILISATION MODEREE D'AUTOMNE HIVER SUR COLZA - EFFET DES PRATIQUES DE FERTILISATION SUR LES PERTES AZOTEES EN AUTOMNE ET EN HIVER POUR LE SITE-SOL 10\_3

Les scénarios avec faibles cumuls de pluie en août ont été retirés de l'analyse ici.



Semis médian



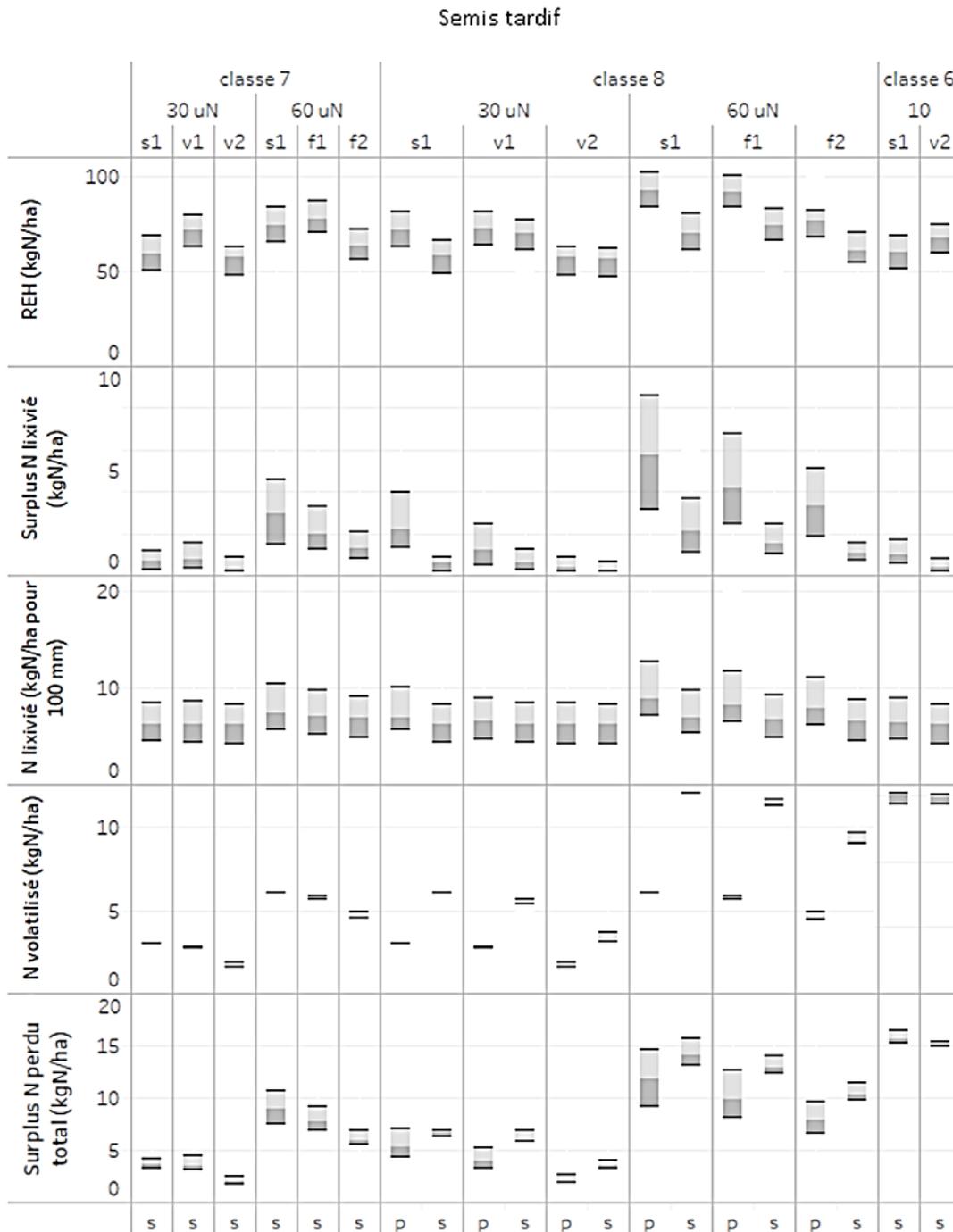
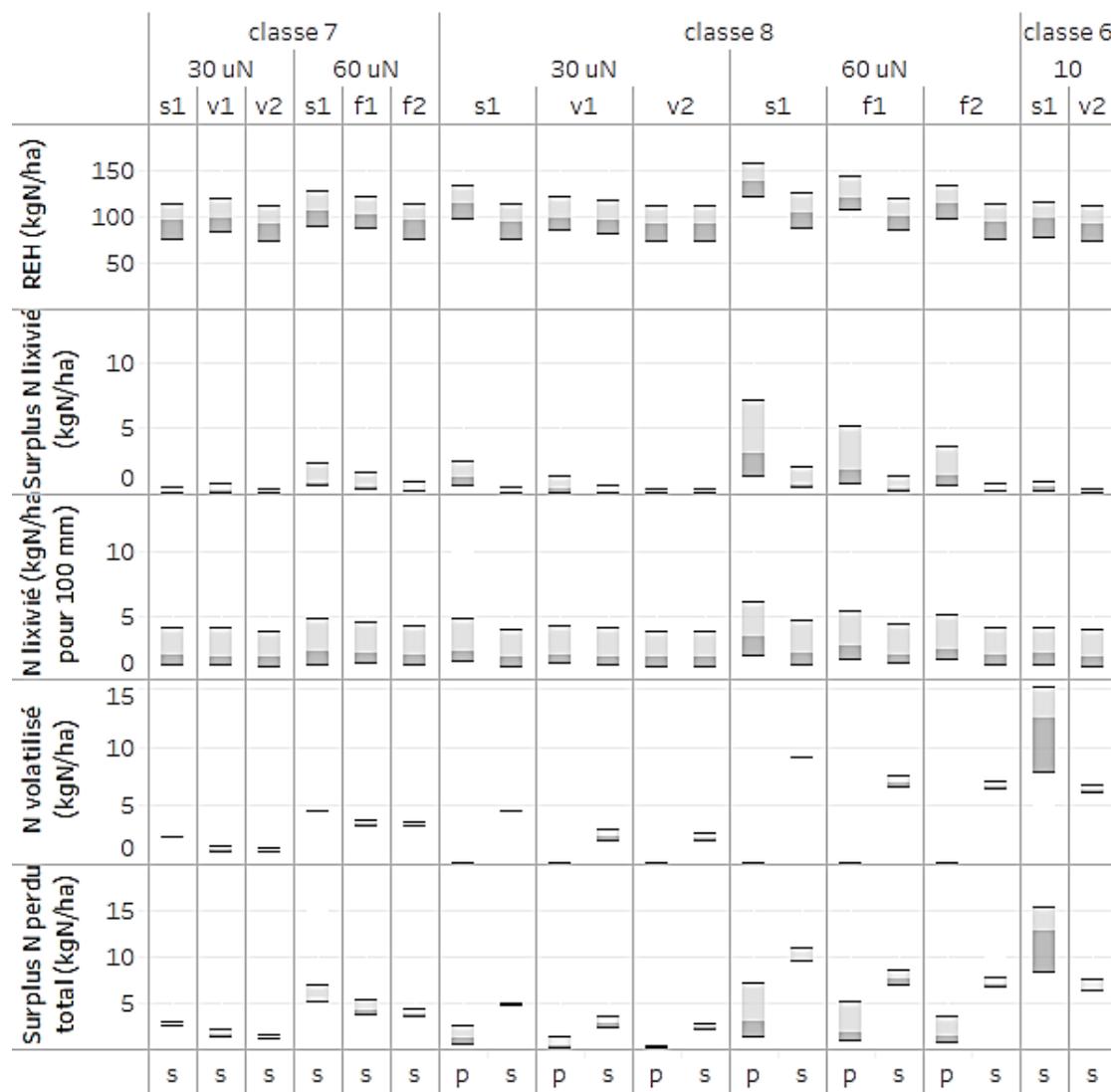


Figure 24 : Reliquat entrée d'hiver, azote lixivié et volatilisé pendant l'automne et l'hiver jusqu'au 15/03 en cas d'apport de fertilisant sur le site-sol 10\_3 (borne inférieure : centile 25/borne centrale : médiane /borne supérieure : centile75).

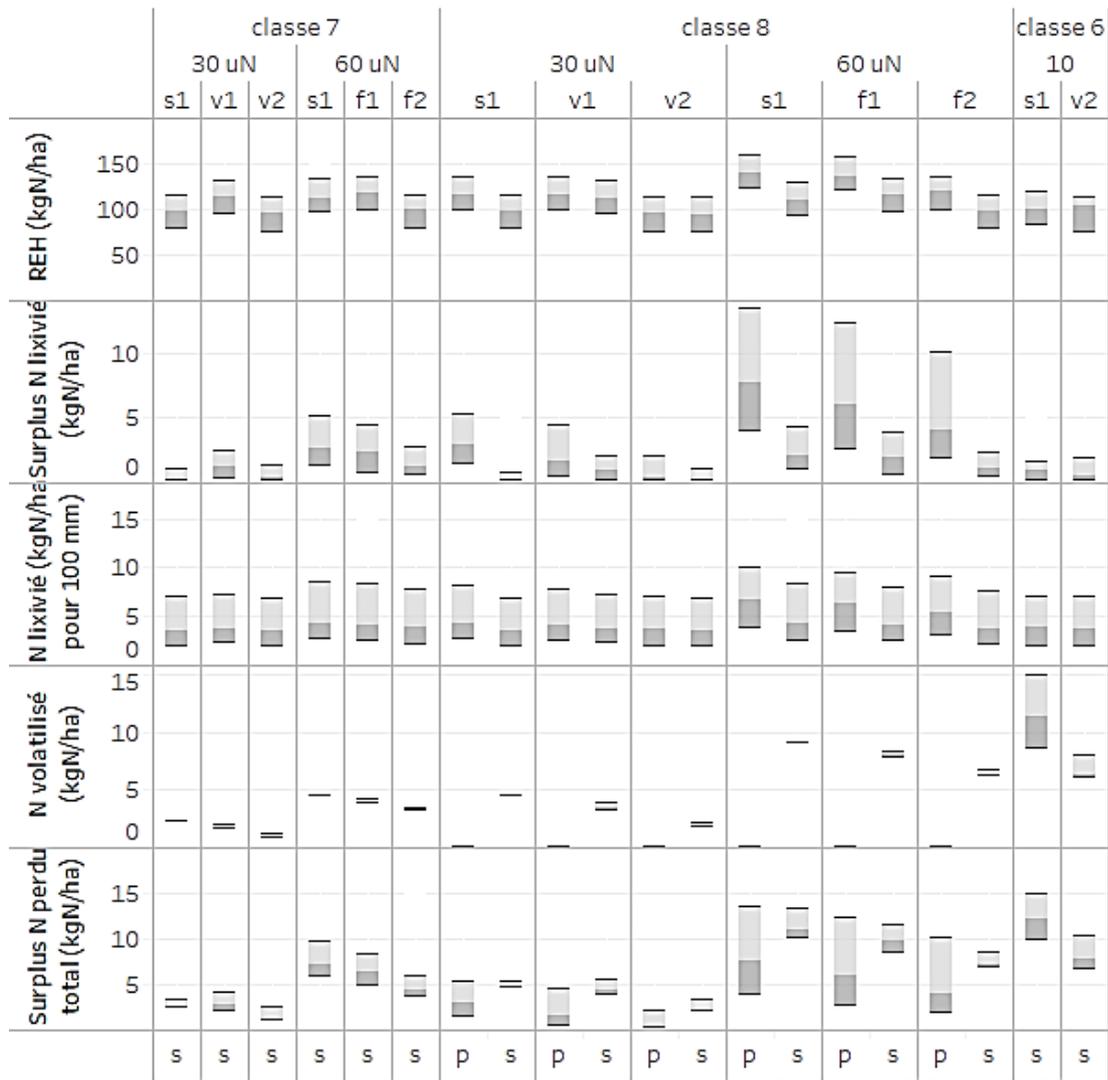
## ANNEXE 6.9 : SCENARIOS FERTILISATION MODEREE D'AUTOMNE HIVER SUR COLZA - EFFET DES PRATIQUES DE FERTILISATION SUR LES PERTES AZOTEES EN AUTOMNE ET EN HIVER POUR LE SITE-SOL 10\_2

Les scénarios avec faibles cumuls de pluie en août ont été retirés de l'analyse ici.

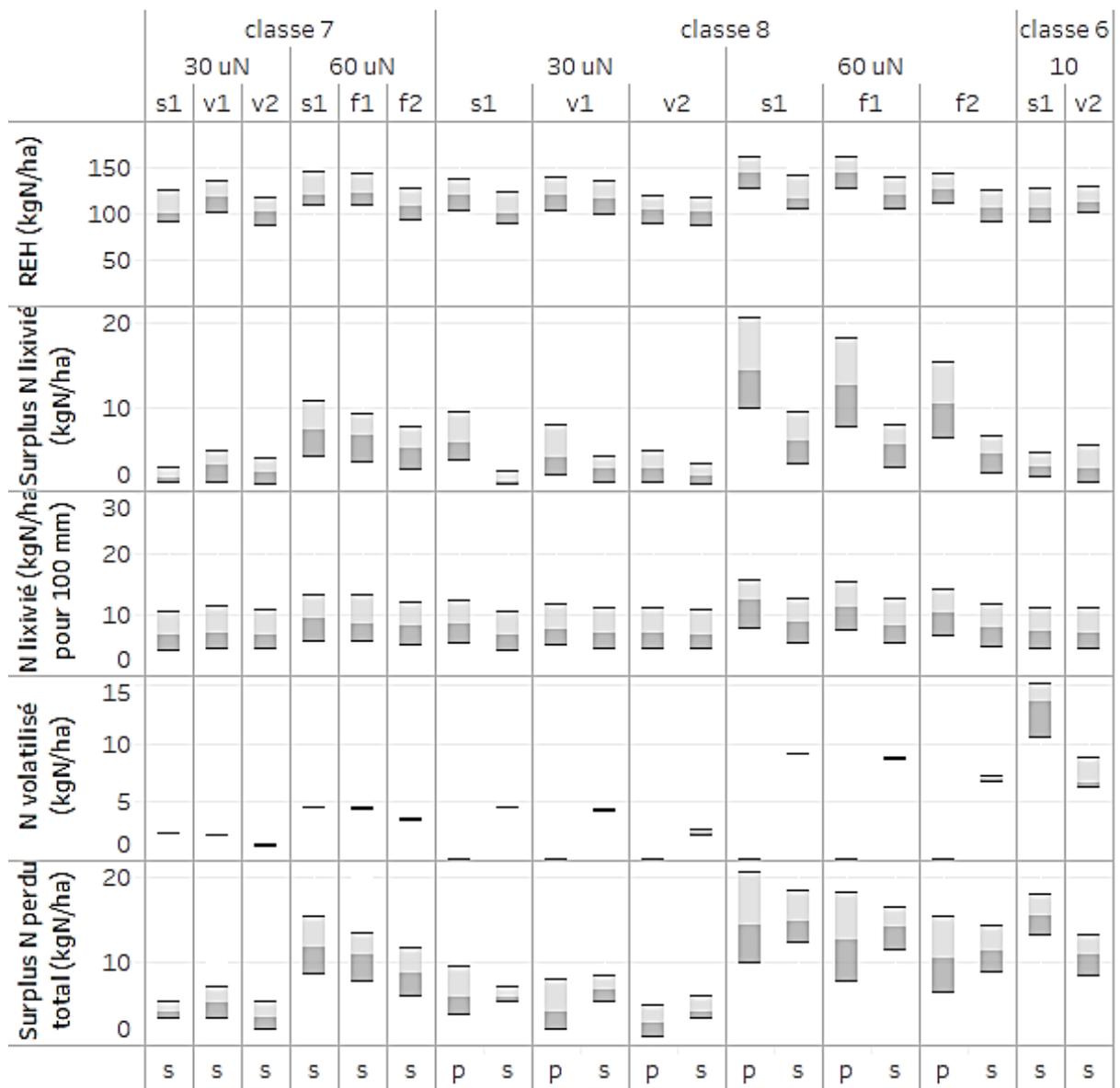
### Semis précoce



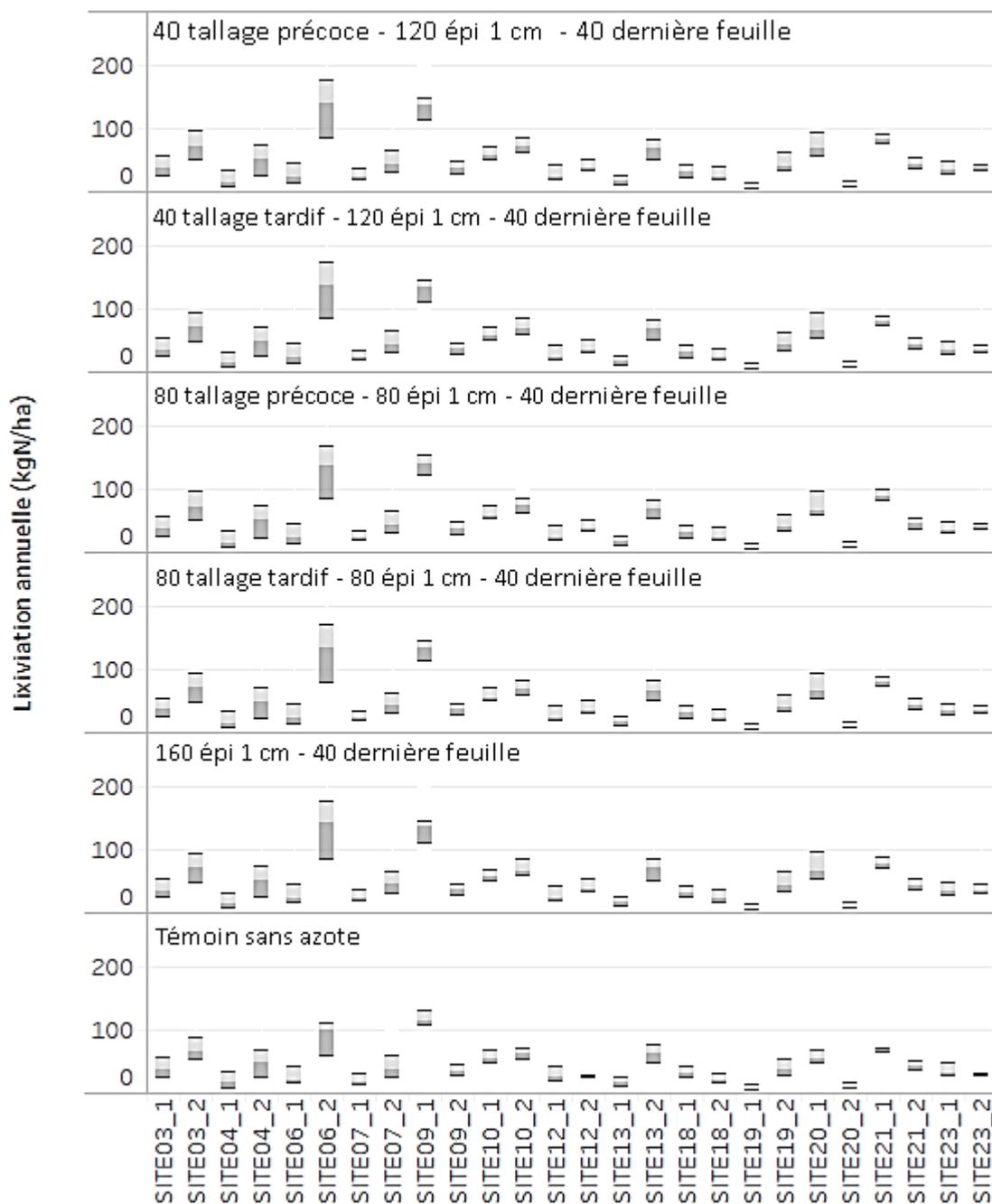
### Semis médian



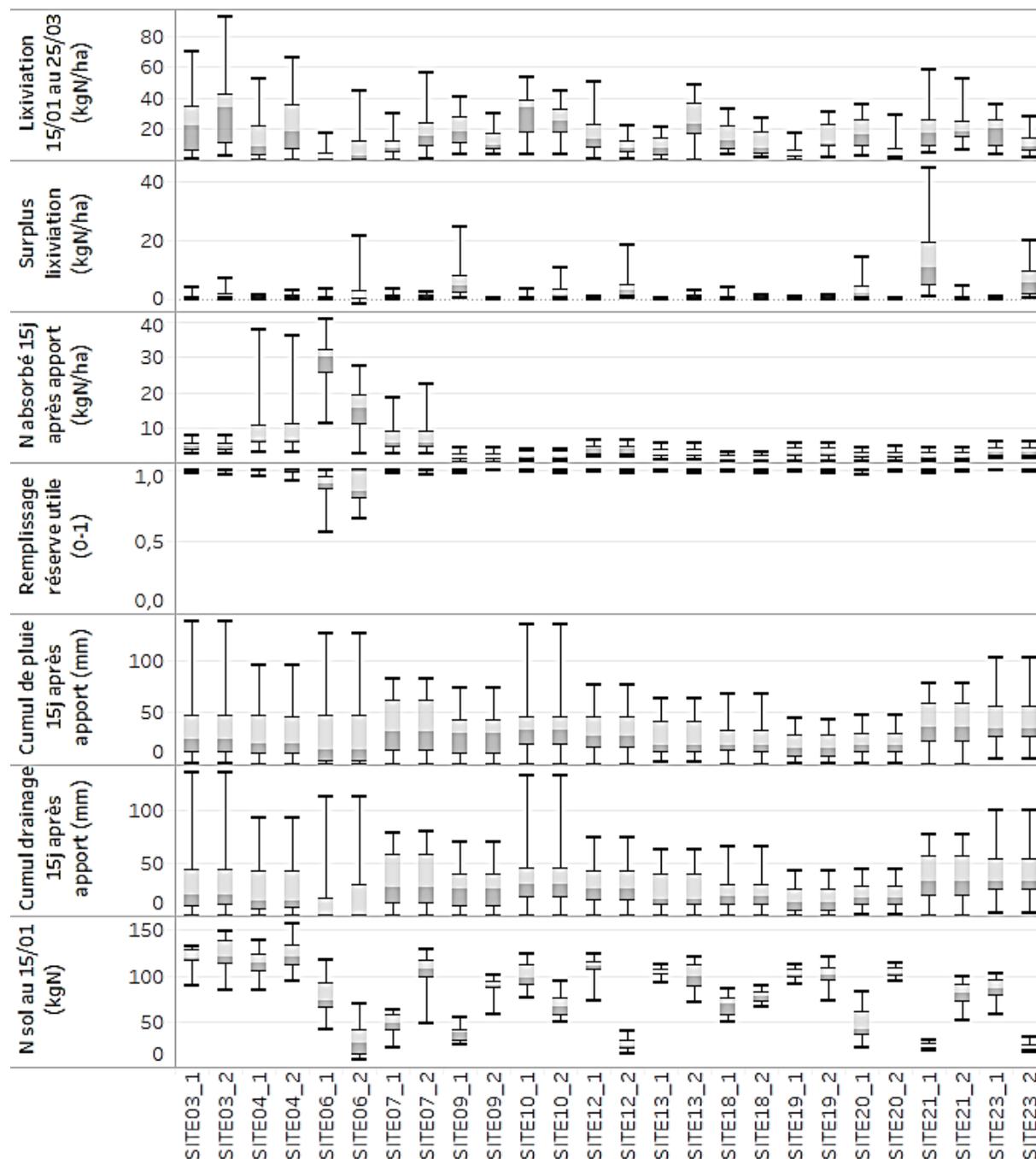
Semis tardif :



## ANNEXE 7.1 : FERTILISATION MINERALE SUR BLE D'HIVER - PERTES PAR LIXIVIATION ANNUELLE SELON LES SITES-SOLS ET LE TYPE DE FRACTIONNEMENT



## ANNEXE 7.2 : FERTILISATION MINERALE SUR BLE D'HIVER - ANALYSE DES CONDITIONS PEDOCLIMATIQUES SUITE A UN APPORT AU 15/01 DE 80 UN PAR SITE-SOL



### ANNEXE 7.3 : FERTILISATION MINERALE SUR BLE D'HIVER - PERTES PAR VOLATILISATION SUITE A CHAQUE APPORT SUR BLE D'HIVER SELON LES SITES-SOLS

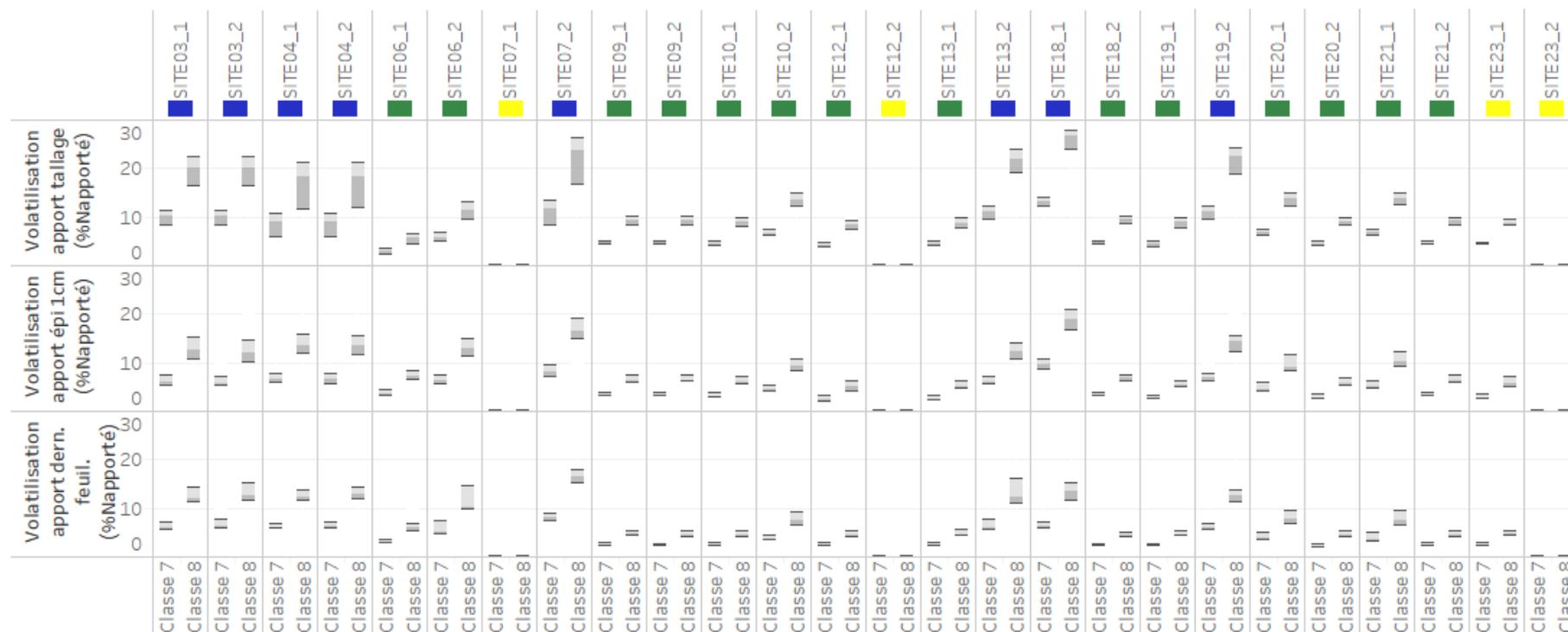


Figure 25 : Pertes par volatilisation suite à l'apport au tallage (A) ou au stade épi 1 cm (B) selon la dose apportée et le type d'engrais apporté (borne inférieure : centile 25/borne centrale : médiane /borne supérieure : centile 75) Les rectangles de couleur précisent les gammes de pH des sols de l'échantillon (en **jaune** : pH<6/en **vert** : 6≤pH<8/en **bleu** pH≥8)

## ANNEXE 9.1 : FERTILISATION SUR CIVE ET DEROBES D'HIVER - SURPLUS D'AZOTE ABSORBE EN CAS D'EPANDAGE DE FERTILISANTS AZOTES SELON LA CULTURE INTERMEDIAIRE ET LE SOL-SITE

Pour l'épandage de fertilisants organiques en deux apports (25 kgN eff au semis et 80 kgN total en sortie d'hiver)

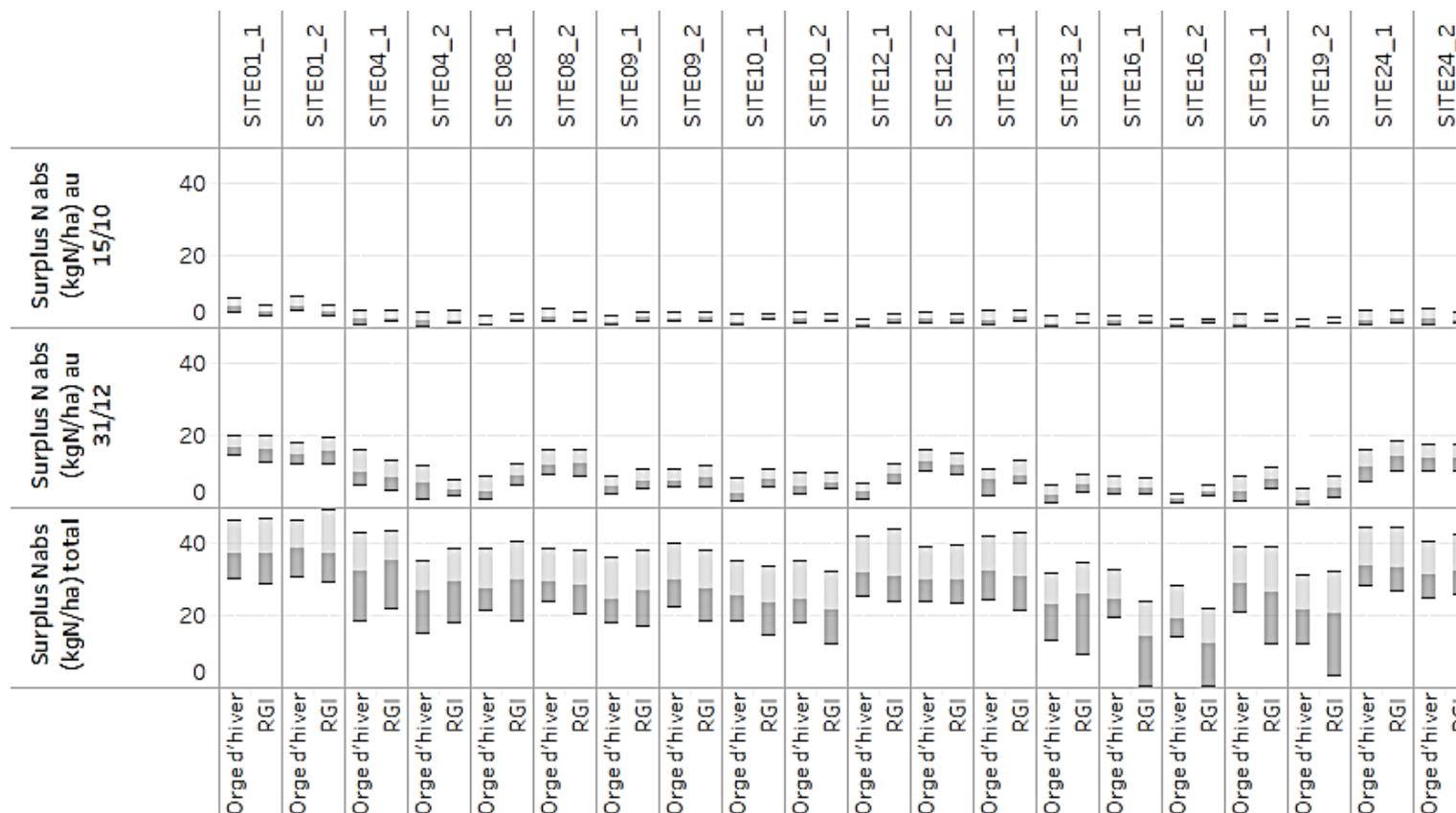


Figure 26 : Quantités supplémentaires d'azote absorbées par les CI à différents stades selon les sites et la culture pour l'épandage de fertilisants organiques en deux apports (25 kgN eff au semis et 80 kgN total en sortie d'hiver) (les boxplots présentent les valeurs de centiles 25, 50 et 75)

Pour l'épandage de fertilisants organiques en un apport en sortie d'hiver

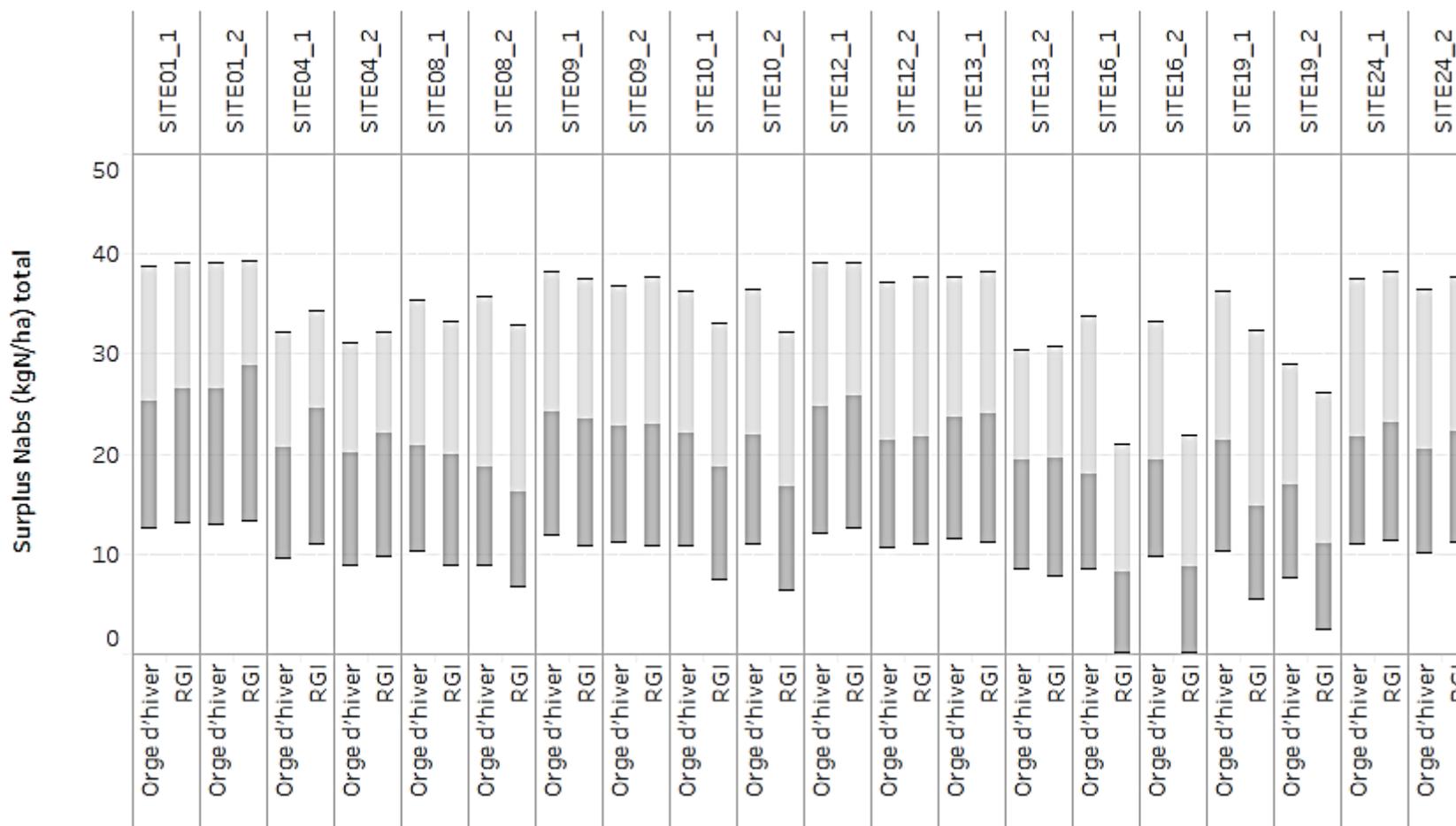


Figure 27 : Quantités supplémentaires d'azote absorbées par les CI à différents stades selon les sites et la culture pour l'épandage de fertilisants en un apport en sortie d'hivers (25 kgN eff au semis et 80 kgN total en sortie d'hiver) (les boxplots présentent les valeurs de centiles 25, 50 et 75)

## ANNEXE 9.2 : FERTILISATION SUR CIVE ET DEROBES D'HIVER - SCENARIOS TEMOINS – AZOTE LIXIVIE, DRAINAGE ET MINERALISATION DE L'HUMUS DU SOL

