

5. Les régulateurs de croissance

F. Vancutsem¹, B. Monfort², B. Bodson³

1	En froment d'hiver	2
1.1	Aperçu de l'année	2
1.2	Résultats d'expérimentation et perspectives.....	2
1.3	Recommandations pratiques.....	4
1.3.1	Les précautions : les bonnes pratiques agricoles	5
1.3.2	Les traitements régulateurs de croissance	5
2	En escourgeon et orge d'hiver.....	8
2.1	Aperçu de l'année.....	8
2.2	Résultats d'expérimentation	8
2.2.1	Les variétés et leur sensibilité à la verse.....	8
2.2.2	Les variétés et les tiges cassées en 2007.....	8
2.2.3	Influence de la fumure en sortie d'hiver et des régulateurs sur la verse en 2007	9
2.3	Les recommandations	9

1 F.U.S.A.Gx – Unité de Phytotechnie des régions tempérées – CePiCOP – Production intégrée des céréales, subsidié par la Direction « Développement et vulgarisation » section Générale de l'Agriculture
2 Projet APE 2242 (FOREM) et CePiCOP (Direction « Développement et vulgarisation » section Générale de l'Agriculture)
3 F.U.S.A.Gx – Unité de Phytotechnie des régions tempérées

1 En froment d'hiver

1.1 Aperçu de l'année

Les conditions météorologiques subies en avril 2007 n'ont pas été favorables à la croissance des froments. Les parcelles de froment présentaient une végétation peu dense et des plantes de petites tailles. Malgré ces conditions de développement des plantes peu favorables à la verse, de nombreux phénomènes de verse ont quand même été observés en juin et juillet suite à des pluies violentes accompagnées de bourrasques de vent. Le mauvais état sanitaire observé en fin de végétation ainsi que les pluies fréquentes durant la maturation ont encore aggravé l'intensité de la verse, avec des plantes qui se « couchaient » de plus en plus. Dans les parties versées, le nombre de grains germés était bien évidemment supérieurs à celui observés dans le reste de la parcelle.

1.2 Résultats d'expérimentation et perspectives

Un essai comparant 9 modalités de régulateur de croissance croisées avec deux régimes de fumure azotée a été mené ces dernières années à Lonzée (Gembloux). Les deux régimes de fumure ont été calculés selon la méthode du Livre blanc, en deux ou trois apports. La variété choisie était Centenaire, variété à grande paille, sensible à la verse. Chaque année, l'essai a été implanté à la mi-octobre sur un précédent betterave.

Tableau 1 : Indices de verse observés (%) sur la variété Centenaire pour 9 modalités de régulateur de croissance et 2 fumures – Lonzée 2007

Applications des régulateurs de croissance			Indice de verse*	
Stade 30 6-avr	Stade 31 12-avr	Stade 32 23-avr	50-60-75	80-105
témoin			47	35
CCC 1L	-	-	31	8
-	CCC 1L	-	10	0
-	-	CCC 1L	14	3
CCC 1L+ Moddus 0,25L	-	-	7	13
-	CCC 1L+ Moddus 0,25L	-	38	30
-	-	CCC 1L+ Moddus 0,25L	23	26
Météor 2L	-	-	2	8
-	Météor 2L	-	0	1
CCC 1L	-	CCC 0,5L	3	9
Moyenne			18	13

* 0: pas de verse => 100: parcelle entièrement versée et aplatie au sol

Les niveaux de verse observés dans les parcelles de l'essai peuvent être mis en relation avec deux facteurs distincts :

- le **traitement régulateur** choisi
- le **rythme d'apport** de la fumure azotée

Le tableau 1 met en évidence :

- un **indice de verse moindre** pour les parcelles témoins (absence de traitement régulateur) lorsque la fumure azotée est apportée en **deux fractions**. Pour une même fumure totale, l'apport en deux fractions permet de diminuer l'indice de verse de 12%. Cette constatation est aussi valable pour les modalités de régulateur à base d'un traitement unique avec 1 l/ha de CCC.
- des résultats décevants avec des indices de verse de 23 à 38 % pour les traitements CCC 1 l + Moddus 0.25 l appliqués aux stades 31 ou 32
- une très bonne réduction de la verse suite à la double application CCC (1 l/ha / 0.5 l/ha) ou aux traitements à base de Météor 2 l/ha.

Tableau 2 : Différences de rendement (qx/ha) observées sur la variété Centenaire pour 9 modalités de régulateur de croissance et 2 fumures – Lonzée 2005 à 2007

Applications des régulateurs de croissance			Différences de rendement par rapport au témoin (qx/ha)							
Stade 30 6-avr	Stade 31 12-avr	Stade 32 23-avr	2007		2006		2005		Moyenne	
			50-60-75	80-105	50-60-75	80-105	50-60-75	0-60-125	3 fractions	2 fractions
Rendements des parcelles témoins			91	92	106	109	104	106	100	102
CCC 1L	-	-	+3	+5	+4	0	+1	+3	+3	+3
-	CCC 1L	-	+4	+1	+2	+1	0	0	+2	+1
-	-	CCC 1L	+4	+2	+2	+1	0	-1	+2	+1
CCC 1L+ Moddus 0,25L	-	-	+3	-1	+3	+2	+3	+1	+3	+1
-	CCC 1L+ Moddus 0,25L	-	-4	-5	+5	-1	+3	+3	+1	-1
-	-	CCC 1L+ Moddus 0,25L	-7	-10	+1	-3	-1	0	-2	-5
Météor 2L	-	-	+1	-2	+5	+1	+2	+1	+3	0
-	Météor 2L	-	-2	-5	+4	-2	+1	+1	+1	-2
CCC 1L	-	CCC 0,5L	0	-1	+2	+1	+1	+3	+1	+1

Même avec une réduction de l'intensité de la verse, l'utilisation de régulateur de croissance ne **permet pas toujours d'augmenter le rendement**. Les mesures de rendement effectuées lors de ces trois dernières saisons ne mènent pas toujours aux mêmes conclusions.

En moyenne sur 2005 et 2006 :

- l'application de 1 l de CCC était proche du témoin en absence de verse et procurait entre 1 et 3 qx/ha selon le rythme d'apport de l'azote.
- le renforcement du CCC avec 0.25 l de Moddus a donné des rendements légèrement supérieurs à ceux obtenus avec le CCC seul dans la modalité d'application de la fumure en trois apports lorsque la fumure a été appliquée en deux fractions, l'utilisation du mélange CCC 1 l + Moddus 0.25 l n'a pas permis de gain de rendement. L'utilisation de ce mélange au stade 32 a donné systématiquement de moins bons résultats qu'au stade 31 et cela dans les deux modes d'apport de la fumure.
- le Météor a apporté un peu plus de rendement que le CCC surtout pour les applications au stade 30.
- le double passage avec du CCC peut se traduire par de petits gains par rapport à l'application unique mais ne permet pas de rentabiliser le second passage.

En 2007 :

- l'application de CCC 1 l/ha procurait entre 1 et 5 qx/ha selon le rythme d'apport de l'azote.
- le renforcement du CCC avec 0.25 l de Moddus entraîne des pertes de rendement non négligeables de l'ordre de 4 à 5 qx/ha pour des applications au 1^{er} nœud, de 7 à 10 qx pour des applications au 2^{ème} nœud. Ces pertes de rendement sont plus importantes lorsque la fumure azotée est appliquée en deux fractions (80-105 uN).
- contrairement à 2005 et 2006, l'impact du Météor sur le rendement est négatif par rapport aux applications de CCC seul.

Ces différences de résultats doivent être mises en relation avec différentes constatations :

- Peu de phénomènes de verse en 2005 et 2006
- En 2007, les conditions météorologiques durant la période des traitements régulateurs et jusque début mai ont été très particulières : **temps sec, forte luminosité et températures moyennes élevées**. Ces conditions ont entraîné, chez les plantes de froment, un stress hydrique important qui s'est aggravé tout au long du mois d'avril. Ceci peut, peut-être, expliquer en partie les pertes de rendement plus importantes observées dans les parcelles où les traitements ont été réalisés au 1^{er} ou 2^{ème} nœud.
- un **retard et un blocage du développement de la culture** au moment de l'épiaison ont été constatés dans les parcelles traitées avec un mélange **CCC + Moddus** au stade **2^{ème} nœud**. Ce blocage était plus important pour la modalité de culture ayant reçu l'azote en **deux fractions**. Au sein de ces parcelles, le nombre de **petits épis verts en sous étage** était plus important que dans le reste de l'essai.

1.3 Recommandations pratiques

La verse peut avoir **différentes origines**. Elle peut soit être **parasitaire** (Piétin verse, cfr chapitre 6. « Lutte contre les maladies ») ou **non parasitaire**. Dans ce second cas, les principales causes résident dans :

- de mauvaises conditions climatiques (violents orages, pluies battantes, rafales de vent...);
- de mauvaises pratiques culturales.

Pour lutter efficacement contre la verse, il faut à la fois :

- prendre des précautions, au niveau des modalités culturales ;
- utiliser correctement le ou les régulateurs de croissance.

Le risque de verse est particulièrement à prendre en considération dans les semis précoces, dans des champs où l'on suspecte des disponibilités importantes en azote minéral du sol, notamment dans le cas d'apports importants de matières organiques au cours de la rotation et/ou de précédent du type légumineuse, colza, pomme de terre, ou encore dans des systèmes de culture excluant l'emploi d'antiverse.

1.3.1 Les précautions : les bonnes pratiques agricoles

➤ **Choisir une variété résistante à la verse :**

Dans les situations à risque (forte disponibilité en azote), il est impératif de choisir une variété résistante à la verse.

Tableau 3 : Résistance à la verse des principales variétés recommandées dans l'édition du Livre Blanc de septembre 2006 et 2007.

Résistance à la verse	Variétés
Forte	Robigus, Tulsa, Toisondor, Waldorf
Moyenne	Campari, Contender, Corvus, Cubus, Deben, Dekan, Florett, Glasgow, Hatrick, Hausmann, Istabraq, Lion, Mulan, Potenzial, Quebon, Rosario, Tommi, Tuareg, Winnetou
Faible	Ararat, Centenaire, Kaspart, Patrel, Tourmalin

➤ **Modérer la densité de semis :**

Plus le nombre de tiges par m² augmente et plus le risque de verse s'accroît.

➤ **Raisonner la fumure azotée :**

Eviter les apports excessifs lors des applications de **tallage** et de **redressement** (1^{ère} et 2^{ème} fractions) ; de trop fortes fumures à ce stade entraînent des excès de densité de végétation. En cas de disponibilité importante en azote, **l'apport de la fumure azotée en deux fractions** sur une base de 80-105 uN est conseillé en veillant à bien apporter les corrections nécessaires lors du calcul de la fumure (cfr chapitre : « 4. La fumure azotée »).

1.3.2 Les traitements régulateurs de croissance

Remarques préliminaires

- **Les traitements régulateurs de croissance ne permettent pas d'éviter tous les risques.** Ils ne corrigent que très imparfaitement le non-respect des précautions au niveau cultural et, en tout cas, n'autorisent pas des renforcements injustifiés de densité de semis et/ou de fumure azotée;
- **Quel que soit le régulateur à action antiverse utilisé, il ne peut être appliqué que sur des céréales en bon état et en pleine croissance, et ce, dans des conditions climatiques favorables.**

Les régulateurs de croissance à action antiverse constituent en fait un frein que l'on met temporairement à la croissance de la céréale. Il faut absolument que la céréale continue à pousser pendant qu'on lui impose ce ralentissement de croissance. Dès lors, la culture ne peut à ce moment subir d'autres stress (faim d'azote, température trop basse ou trop élevée, sécheresse ou excès d'humidité, ...) qui freineraient également son développement. Dans le cas contraire, le régulateur risque d'une part de n'avoir que peu d'effet sur la résistance à la verse et, d'autre part, d'avoir des effets négatifs sur la croissance et le rendement de la culture.

1.3.2.1 Les traitements possibles

Une liste des régulateurs de croissance agréés est reprise dans les pages jaunes. Il est recommandé de toujours lire l'étiquette du produit avant l'utilisation.

Dose conseillée à l'hectare	Stades	Conditions	Remarques
Le CCC ou chlorméquat chlorure => nombreuses formulations commerciales			
<ul style="list-style-type: none"> Application unique : 720 – 750 g s.a. (substance active) Application fractionnée : 720 - 750 g s.a. / 360 - 375 g s.a. 	30-32 30 32	cultures en bon état ; température supérieure à 10°C	L'application fractionnée ne se justifie pas en conditions normales de culture, elle est réservée aux situations à hauts risques de verse : variété très sensible, fumure azotée trop élevée, densité de semis excessive
Le trinexapac-éthyl (250g/L) => Moddus			
0.4 - 0.5 l en application seule	31-32	L'efficacité du traitement est meilleure lorsqu'il est réalisé par beau temps (ciel lumineux).	<u>Déconseillé :</u>
0.2 - 0.25 l en mélange avec 1 l de CCC	31-32		<ul style="list-style-type: none"> en production de semences certifiées car le traitement peut parfois induire une irrégularité de hauteur de tiges qui pourrait être confondue avec un manque de fixité de la variété ; Lorsque le produit est utilisé seul et à 0,4 l/ha Lorsque la fumure azotée est apportée selon le mode de fractionnement sans apport au tallage.
L'association de chlorméquat chlorure (368 g/l) et d'imazaquin (0.8g/L) => Météor			
2 l/ha	30-32	cultures en bon état ; température supérieure à 10°	
Les produits à base d'éthéphon => nombreuses formulations commerciales			
360 à 480 g d'éthéphon	37-39	Éviter les traitements lors de fortes températures	Ce traitement raccourcit la distance entre la dernière feuille et l'épi, ce qui peut faciliter le transfert de maladies du feuillage vers l'épi
Les associations de l'éthéphon avec du chlorméquat et/ou du mépiquat			
360 à 480 g d'éthéphon	32-39	en cas de conditions de croissance défavorables, la sélectivité de ces traitements est aléatoire	Le raccourcissement des entre-nœuds qui se forment après le traitement est souvent assez important. En cas de traitement un peu tardif, l'épi reste très proche du feuillage et est donc plus susceptible d'être contaminé par les maladies cryptogamiques

1.3.2.2 Quel traitement choisir ?

- **En situation normale** : variété ne présentant pas de sensibilité particulière à la verse, densité de végétation normale, fertilisation raisonnée au tallage et/ou au redressement.
Le traitement à base de CCC est largement suffisant. Il offre de plus le meilleur rapport qualité/prix MAIS il faut veiller à l'appliquer en bonnes conditions.
- **En situation de risque élevé** : variété sensible à la verse, densité de végétation trop forte, fumure élevée au tallage et/ou au redressement.
Plusieurs possibilités existent :
 - une application fractionnée de produit à base de CCC ;
 - l'adjonction en mélange de CCC et d'une dose réduite de trinexapac-éthyl (0.2 à 0.25 l de MODDUS) ;
 - l'application de l'association de CCC et d'imazaquin (METEOR).
- **Si le risque s'aggrave après un premier traitement au CCC** : (erreur de fumure, forte minéralisation)
Un second traitement régulateur pourra être effectué :
 - une seconde application à 1/3 ou 1/2 dose avec un produit à base de CCC ou de trinexapac-éthyl (à condition de ne pas dépasser le stade 2^{ème} nœud !) ;
 - une application à 1/2 dose avec un produit à base d'éthéphon.

2 En escourgeon et orge d'hiver

2.1 Aperçu de l'année

Le climat exceptionnellement sec de la mi-mars à fin avril, pendant la montaison des escourgeons, a constitué un facteur favorable à la résistance à la verse, qui finalement a été peu présente en 2007.

Plus marquant, par contre, et inhabituel, est le phénomène de bris des tiges en fin de végétation, fréquent en 2007, qui a pu parfois entraîner la perte de nombreux épis à la moisson.

Le Moddus à 0.8 l appliqué le 28 mars pendant la sécheresse a provoqué des symptômes très marqués de phytotoxicité sur le feuillage (d'importantes et nombreuses taches brunes sont apparues après le traitement, sur les feuilles du bas de tiges) sans que l'on puisse attribuer cette action à la température qui était normale à ce stade de début montaison ; heureusement cela n'a pas eu de conséquence sur les rendements à Lonzée qui se sont avérés excellents en escourgeon.

2.2 Résultats d'expérimentation

2.2.1 Les variétés et leur sensibilité à la verse

Il y a eu donc très peu de verse à Lonzée en 2007. Le Tableau 4 résume les observations 2007. Le classement est indicatif de la sensibilité des variétés, mais ne préjuge pas du caractère dommageable de la verse.

Tableau 4 : Sensibilité des variétés à la verse à Lonzée en 2007.

Les plus sensibles	Lomerit, Jolival
Fort sensibles	Régalia, Alinghi
Sensibles	Franziska, Sequel, Yole
Peu sensibles	Amarilis, Cervoise, Epoque, Fridéricus, Marado, Natival
Moins sensibles	Cervin, Finesse, Laverda, Merylin, Pelican, Shangrila, Yatzi

2.2.2 Les variétés et les tiges cassées en 2007

2007 restera dans les mémoires pour l'importance des bris de tiges en escourgeon. Ces bris de tige ont été plus dommageables que la verse.

S'il y a une sensibilité variétale, elle semble surtout liée à la précocité des variétés, par exemple : Cervoise et Epoque, variétés précoces, sont plus touchées que Franziska, variété nettement plus tardive. Les régulateurs seuls ont eu peu d'impact sur le phénomène ; par contre la combinaison des régulateurs et des fongicides a manifestement été bénéfique. Il est toutefois difficile de lier rendement et bris de tiges : les variétés « brisées » n'améliorant pas nécessairement leurs rendements avec les traitements, alors que d'autres variétés peu concernées par ces bris de tiges les améliorent notablement.

Tableau 5 : Rendements et sensibilités des variétés au bris de tiges en fonction des modalités de traitements fongicides et régulateurs à Lonzée en 2007.

	rendements en %					tiges cassées le 27 juin				
	0F0R	0F2R	2F2R	1F0R	2F0R	0F0R	0F2R	2F2R	1F0R	2F0R
Alinghi	104	105	113	109	108	6	6	0	1	0
Amarilis	97	92	109	103	104	8	8	0	2	2
Cervin	91	90	110	104	108	10	7	0	7	7
Cervoise	97	88	110	102	106	9	10	0	8	7
Epoque	89	91	110	99	101	10	10	0	8	7
Finesse (2R)	83	82	90	95	95	7	1	0	0	1
Franziska	91	98	100	96	97	0	0	0	0	0
Fridéricus	105	102	110	108	109	4	7	1	0	0
Jolival	90	93	109	98	98	10	7	0	5	7
Laverda	94	87	102	94	96	10	10	0	9	9
Lomerit	101	101	112	109	110	4	2	0	0	1
Marado	90	85	112	104	110	10	9	0	2	2
Merylin	98	98	104	102	99	5	4	0	1	1
Natal (2R)	88	90	102	101	99	9	5	0	4	3
Pelican	91	94	111	106	107	10	8	0	6	3
Régalia	91	89	108	105	107	10	8	0	3	4
Sequel	94	91	107	106	109	9	7	0	7	5
Shangrila	92	96	110	107	107	3	0	0	0	0
Yatzi (2R)	87	89	109	102	100	10	4	0	8	5
Yole	97	93	105	103	105	8	3	0	1	1
	94	93	107	103	104	7	6	0	3	3

2.2.3 Influence de la fumure en sortie d’hiver et des régulateurs sur la verse en 2007

Dans le Livre Blanc de 2006, le bilan des dernières années d’observations sur les relations bien réelles entre fumure en sortie d’hiver pendant le tallage et sensibilité à la verse avait été dressé. L’expérimentation 2007, en escourgeon, confirme que la verse est plus importante quand une fumure est appliquée pendant le tallage. En absence de fumure tallage, l’apport trop tardif de la fumure redressement a été légèrement pénalisant (voir article « Fumure en escourgeon »).

2.3 Les recommandations

- **Lutte préventive par le choix des variétés les plus résistantes.** Les escourgeons ont la mauvaise réputation de ne pas pouvoir être cultivés sans emploi de régulateurs de croissance. C’est très exagéré, mais effectivement les variétés d’escourgeons sont en général plus sensibles à la verse que les froments. A Lonzée, cela fait maintenant plusieurs années que la majorité du champ escourgeon est cultivée sans emploi de régulateur et sans verse. Cela est particulièrement vrai dans la conduite des orges d’hiver brassicoles. Mais le choix du non emploi des régulateurs est indissociable du choix des variétés les plus résistantes et d’une conduite de la fumure azotée modérée en sortie d’hiver.
- **Lutte préventive contre la verse par une fumure tallage minimale.** Dans des conditions moyennes, avec une population de talles normale et un printemps normalement doux, la fumure tallage n’est pas conseillée. En conditions difficiles ou très froides, celle-ci ne devrait jamais dépasser 50 N au tallage, ni 110 N pour le total des fumures tallage + redressement. D’une manière générale, il faut également éviter les surdoses d’azote dans les redoublages et départs de rampe.

- **Lutte préventive par une bonne connaissance de la parcelle.** Après prairie permanente retournée même depuis 20 ans, il est très difficile d'y maintenir un esourgeon debout. Il faut y réserver les variétés les plus résistantes, y être très économe avec la fumure azotée et y prévoir un double traitement antiverse.
- **Un traitement antiverse est recommandé au stade «dernière feuille étalée».** Généralement avec les variétés moyennement sensibles, un traitement régulateur à base d'éthéphon appliqué à dose normale sur la dernière feuille jusqu'au stade barbe est largement suffisant. L'antiverse sera le plus souvent apporté en mélange avec le fongicide systématiquement appliqué à ce stade. Les doses d'applications sont reprises dans les pages jaunes du Livre Blanc.

Les conditions climatiques doivent être favorables à la croissance de la culture tant au moment du traitement que dans les jours qui suivent, pour assurer à la fois une bonne efficacité et une parfaite sélectivité du traitement. La température ne devrait pas dépasser 20 °C, et l'hygrométrie de l'air être supérieure à 50-60 %. Il faut éviter de traiter pendant les coups de chaleur. L'amplitude thermique entre le jour et la nuit ne devrait pas dépasser 15°. L'efficacité diminue en condition de déficit hydrique au moment du traitement.

- **Pour les parcelles à fort risque de verse.** Dans les situations à fort risque de verse, l'emploi supplémentaire du Moddus à 0.5 l pendant la montaison est une technique efficace mais coûteuse et pas sans danger de toxicité pour la culture.