

Sensibilité à la germination avant récolte et aux bas temps de chute de Hagberg : déterminants, enjeux et évaluation variétale

Philippe GATE*¹, Marie-Laure CASALS², Jean Albert FOUGEREUX², Pascal GIRAUDEAU³, Françoise CORBINEAU⁴, Benoît MÉLÉARD⁵, Philippe GRAPPIN⁶,

* **Coordinateur** : Philippe GATE, p.gate@arvalisinstitutduvegetal.fr, Tél. : 01 30 12 96 20

1 - ARVALIS - Institut du végétal - La Minière, 78280 Guyancourt

2 - FNAMS - Impasse Le Verger, 49800 Brain sur Authion

3 - CETAC - 7 rue Coq Héron, 75030 Paris Cedex 01

4 - LPVA - UPMC P6, Site d'Ivry, boîte 152 - 4 place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05

5 - ARVALIS - Institut du végétal - 91720 Boigneville

6 - UMR INRA INA PG, Biologie des Semences - 16 rue Claude Bernard, 75005 Paris

Étudiantes ayant effectué leur mémoire de fin d'études dans le cadre de ce projet :

Anne Dorothée Lesergent (2005) et Sophie Simon (2006) - DESS P et M Curie, Paris ; Virginie Lucas (2007) INH Angers.

Les aptitudes à la panification d'un blé sont largement affectées en présence de grains germés ou d'activité précoce des alpha-amylases.

Le déclenchement de ces deux phénomènes est fonction de facteurs génétiques et variétaux en relation étroite avec les conditions environnementales.

Par ailleurs, la germination avant récolte et l'indice de temps de chute de Hagberg (test prédictif de l'intensité de l'activité des alpha-amylases) ne sont pas toujours liés. Si effectivement le processus de germination requiert préalablement l'hydrolyse d'une partie des réserves amylacées, une activité alpha-amylasique peut apparaître indépendamment. En ce cas, le déclenchement est plus précoce et fait appel à d'autres mécanismes physiologiques et génétiques.

Dans le cadre de ce projet, nous tentons d'identifier les différents déterminants de la germination avant récolte et du temps de chute de Hagberg afin de formaliser leur rôle respectif dans l'expression de ces deux processus. Sur cette base de compréhension, nous proposons des indicateurs robustes capables de classer spécifiquement les variétés vis-à-vis de ces deux phénomènes.

► La germination sur pied

La germination sur pied des céréales correspond à la germination des grains dans l'épi avant la récolte (Gate, 1995). Elle résulte d'une levée de dormance accompagnée de conditions favorables à la germination. Rappelons que la germination sensu stricto correspond à la percée de la radicule hors des téguments de la graine. Elle dépend principalement de la disponibilité en eau et en oxygène et de la température (Finch-Savage et Leubner-Metzger, 2006).

La dormance constitue le facteur principal de la résistance à la germination sur pied. La dormance des céréales se définit comme une inaptitude de la semence à germer à des températures élevées, inaptitude qui est levée dès lors que les grains sont soumis à des températures fraîches. Une semence non dormante sera donc capable de germer dans une large gamme de températures alors qu'une semence

dormante germera uniquement à des températures basses de l'ordre de 10 °C (Corbineau *et al.*, 1993).

Il existe une relation très étroite entre la dormance et la germination sur pied : les variétés les plus sensibles à la germination sur pied sont aussi celles qui germent le plus facilement dans une large étendue de températures (Gate, 1995).

A partir de ces résultats, un indice de dormance (ID) a été défini par Gate (1995) comme suit :

$$ID = \frac{CG(10\text{ °C}) - CG(25\text{ °C})}{CG(10\text{ °C})}$$

où CG (10 °C) est la capacité germinative à 10 °C et CG (25 °C), la capacité germinative à 25 °C.

La sensibilité à la germination sur pied dépend des variétés, de par une dormance plus ou moins longue : la période de dormance peut aller de quelques jours à quelques mois selon les variétés (Belderok, 1965). Le niveau de tolérance des variétés est jugé au moment de leur inscription au Catalogue officiel par un test *in vitro* mis au point par le "GEVES" (Groupe d'Etude et de contrôle des Variétés et des Semences, par Renard et Lerebour).

Ces différences variétales peuvent s'expliquer par les variations de composition en composés phénoliques, composés qui piègent l'oxygène nécessaire à la germination (Corbineau *et al.*, 1993) et en inhibiteurs de la germination (catéchine) (King, 1989). Elles peuvent aussi être fonction de la structure de l'épi, de la présence ou non de barbes, de l'épaisseur des téguments, ces éléments pouvant réduire la disponibilité en eau et en oxygène du grain et inhiber la germination (Gate, 1998).

Le ratio acide abscissique (ABA) sur *gibbérélines* (GA), et non les quantités absolues de ces deux hormones, contrôlerait la dormance et la germination. Ainsi, le maintien de la dormance nécessite un haut ratio ABA/GA et la levée de dormance résulte d'une nette augmentation de la synthèse en GA et de la dégradation de l'ABA, amenant à un faible

ratio ABA/GA. Associé au ratio ABA/GA, le passage de l'état dormant à l'état non dormant se caractérise par une baisse de la sensibilité à l'ABA et une hausse de la sensibilité aux GAs (Finch-Savage et Leubner-Metzger, 2006).

Le climat exerce un rôle déterminant sur la germination sur pied dans la mesure où même une variété tolérante peut germer suite à des conditions climatiques particulières (Gate, 1998). Il semble que le climat intervienne à deux étapes distinctes, qui se succèdent dans le temps au cours du remplissage du grain : au début du remplissage, chaque parcelle se caractérise par une durée de dormance potentielle, fonction de la variété : cette durée est d'autant plus longue en jours que la variété est tolérante (Belderok, 1965 ; Gate, 1998). Cette durée serait par la suite plus ou moins rapidement réduite par le climat au cours du remplissage à partir d'un stade proche de la maturité physiologique (Belderok, 1965). D'après cet auteur, ce sont les excès de chaleur reçus par le grain ($T > 12,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, à partir de ce stade) qui sont à l'origine de la diminution de la durée de dormance. Cependant cette relation n'est pas corroborée par tous les auteurs (Lunn *et al.*, 2002 ; Strand, 1989). De plus, tous les auteurs ne sont pas d'accord non plus sur le début de la période de sensibilité du grain aux fortes températures établie par Belderok.

► Le temps de chute de Hagberg (TCH)

Une activité alpha-amylasique peut apparaître sans pour autant se traduire par un déclenchement de la germination (Lunn *et al.*, 2001). En ce cas, il s'agit de déclenchements précoces qui résultent de phénomènes d'entrées et de sorties d'eau (donc d'oxygène) dans les grains. L'étude de Sophie Simon (2006) a montré la significativité (70 %) du facteur pluie dans l'explication du TCH avec un effet préjudiciable des pluies seulement après la maturité physiologique. Cet effet fortement préjudiciable de la pluie se retrouve aussi dans une étude de Mares (1993), avec une relation significative entre la chute du TCH et le cumul des pluies pendant 20 jours avant la récolte.

Vis-à-vis de la sensibilité variétale à la germination, les acquis mettent en évidence deux freins directement conditionnés par le climat :

- un frein température, fonction de la variété et lié à la dormance du grain qui se formalise par le fait que les variétés germent dans une gamme plus ou moins large de température,
- un frein imbibition d'eau (et disponibilité en O₂), susceptible lui aussi d'être variétal.

Vis-à-vis du TCH, il apparaît aussi important de tester si le deuxième frein est également dans ce cadre d'origine variétale.

Par ailleurs, il apparaît important de vérifier si l'action des excès de chaleur débute à partir de la maturité physiologique ou si la dormance peut être modifiée par des événements plus précoces.

Les entrées d'eau dans le grain constituant un élément clé dans le déclenchement des deux phénomènes (germination et TCH), il nous a semblé nécessaire de concevoir un modèle de dessiccation capable de prendre en charge l'action des pluies.

Enfin, nous avons également comme objectif de construire un modèle dynamique d'évolution du TCH en fonction de la pluie ; les modèles actuels sont statiques et ne permettent pas de recalage en cours de dessiccation (Simon, 2006).

1. Matériel et méthode

Des expérimentations spécifiques comportant 4 variétés de sensibilité distincte (Soissons, Récital, Caphorn et Charger) ont été mises en place dans différents types de milieu et sur plusieurs années. Afin d'obtenir des conditions environnementales variées, des recours à des dates de semis échelonnées ou à la brumisation ont été effectués.

Au cours de la formation et de la dessiccation des grains, des grains ont été prélevés dans le but de décrire l'évolution de certains paramètres : teneur en eau des grains, faculté germinative à 4 niveaux de température, taux de germination *in vitro* et au champ, activité α -amylasique, ainsi que l'indice de temps de chute de Hagberg.

Les tests de germination aux différentes températures ont permis de calculer un indice de dormance.

Ce premier dispositif est complété par des expérimentations plus classiques de comparaison de variétés. Environ 25 variétés ont été semées sur 2 années et dans 8 lieux géographiquement distincts (réseau CETAC et réseau ARVALIS). Sur ces essais ont été effectués des prélèvements de grains issus de la récolte, destinés à l'estimation de l'indice de dormance et au TCH.

Nous avons également testé si la détection immunoenzymatique de la L-isoaspartylméthyltransférase (PIMT) peut constituer un marqueur biochimique d'évaluation de la sensibilité à la germination.

2. Principaux résultats

► Évolution de l'indice de dormance : sensibilité variétale à la température

Quelle que soit la sensibilité de la variété, cette dernière est capable de germer à basse température ($10\text{ }^{\circ}\text{C}$) à partir d'un stade identique que l'on peut estimer en quantité de chaleur reçue par le grain depuis la floraison.

La figure 1 rassemble les situations pour les deux variétés les plus éloignées vis-à-vis de leur sensibilité à la germination (Soissons, la plus tolérante et Récital, la plus sensible). Pour les différentes années et les deux lieux Brain sur l'Authion (Maine et Loire) et La Minière (Yvelines), on constate que la capacité germinative à $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ suit une loi identique. La capacité germinative à $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ est atteinte quels que soient les sites-années, à une date correspondant en somme de température à la maturité physiologique.

En revanche ce qui différencie le comportement des variétés est leur sensibilité propre à germer en fonction des températures plus élevées ($>10\text{ }^{\circ}\text{C}$).

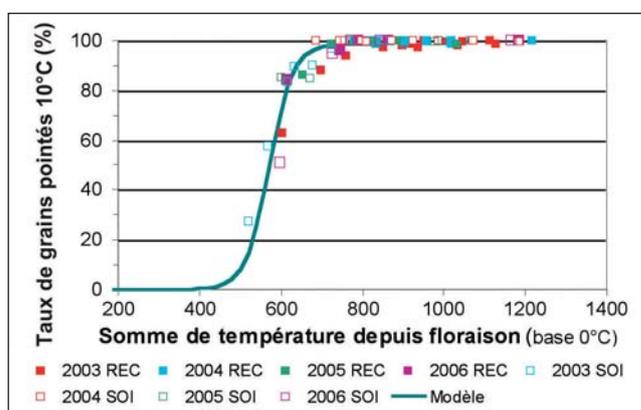


Figure 1 : Évolution du taux de grains germés à $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ pour Récital (sensible) et Soissons (tolérante) en fonction des sommes de $T\text{ }^{\circ}\text{C}$ depuis la floraison.

On note effectivement un écart d'indices de dormance quasi constant entre les deux variétés et significatifs (Figure 2). Une seule année sur le site de Brain fait exception, caractérisée par un indice bas y compris sur la variété tolérante.

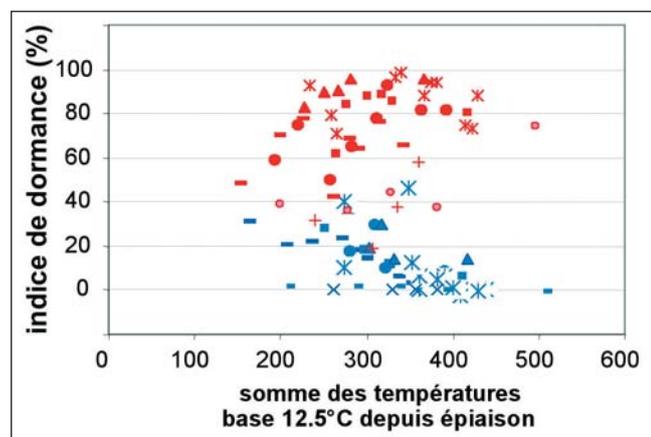
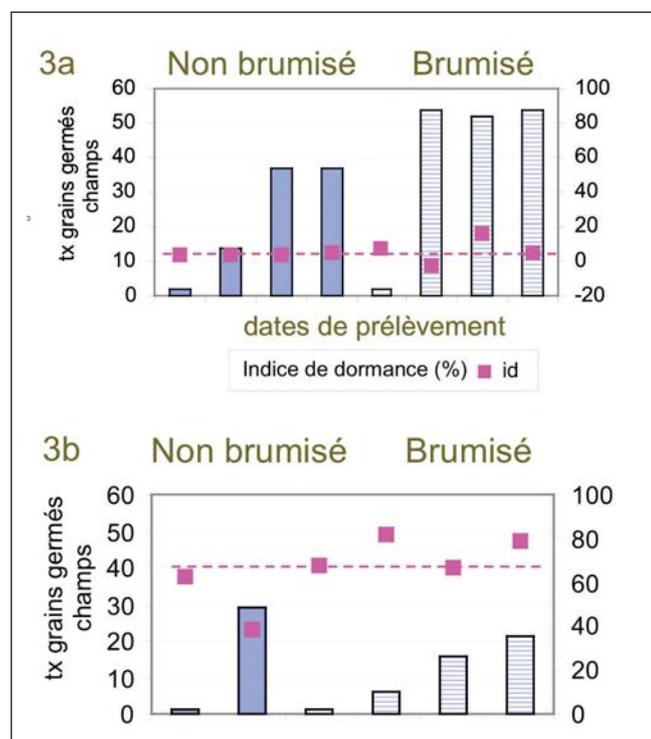


Figure 2 : Évolution de l'indice de dormance (10 et 25 °C) pour Réctal (points bleus) et Soissons (points rouges) en fonction de la quantité de chaleur reçue par le grain.

En fonction de la température reçue depuis la floraison, il est possible par variété d'évaluer son indice de dormance et d'en déduire par la suite son évolution. Comparativement à d'autres indicateurs comme le pourcentage de grains germés *in vitro* ou *in situ*, l'indice de dormance calculé sur la base de tests de faculté germinative à 2 températures (10 et 25 °C) s'avère beaucoup moins conditionné par les variations locales de l'environnement, notamment celles liées aux entrées d'eau. A titre d'exemple, les figures 3a et 3b illustrent sur une même parcelle, l'évolution comparée au cours du temps de l'indice de dormance et du taux de grains germés, avec et sans brumisation.



Figures 3a et 3 b : Évolution du taux de grains germés et l'indice de dormance (id) (à 10 et 25 °C) pour Réctal (a) et Soissons (b) en fonction des dates de prélèvement pour le témoin climatique (à gauche) et le traitement brumisé (résultats acquis à Brain).

Les mesures d'indice de dormance effectuées sur plusieurs années et un certain nombre de sites différenciés ont permis d'apporter des éléments nouveaux quant à son déterminisme climatique.

Tout d'abord, il apparaît clairement que l'indice de dormance pour une même variété peut être différent dès la maturité physiologique. Par exemple, pour Soissons si la moyenne est de l'ordre de 80 %, l'étendue varie de 20 à 100. En outre, le mode d'action de la température pour cette phase précoce précédant la maturité physiologique ne correspond pas à celui décrit dans la littérature ; nos références dévoilent en effet que la quantité de chaleur (température excédant 12,5 °C) augmente la dormance (Figure 4).

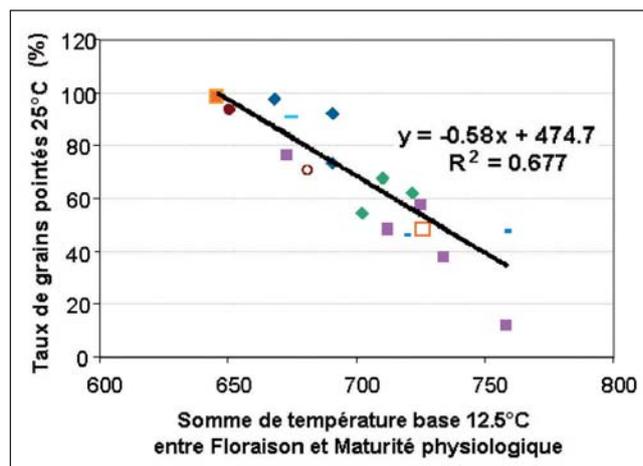


Figure 4 : Évolution du taux de grains germés à 25 °C en fonction de la somme de T °C base 12,5 entre la floraison et la maturité physiologique. Variété Soissons tous sites et années.

Entre la maturité physiologique et la récolte, nous retrouvons les mêmes lois que celles présentées dans la bibliographie : la quantité de chaleur lors de cette deuxième phase réduit la dormance. Avec notre jeu de données, nous concluons que la quantité de chaleur explique 70 % de la variation de l'indice relevé à la récolte ; toutefois, la valeur de l'indice à la maturité physiologique en explique plus de 80 %.

Par ailleurs, vis-à-vis de la dormance, nous n'avons pas trouvé de liens ou d'évolutions cohérentes entre le taux de grains germés et la quantité d'anticorps détectée. La quantité de PIMT induite au cours de la maturation n'est pas en relation avec la sensibilité variétale ; elle est en revanche davantage fonction du stade de prélèvement et des conditions hydriques.

► Le facteur hydrique : impact variétal marginal

L'expression de la germination nécessite une entrée d'eau dans le grain. D'après nos résultats, cette entrée d'eau ne correspond pas à une prise d'eau minimale, mais à l'atteinte d'une teneur en eau seuil, proche de 37 %. Cette valeur seuil a été établie *in vitro*, via des pesées de grains récoltés au moment du prélèvement (différents stades en ont fait l'objet) puis au moment du pointage. Également, l'analyse des situations aux champs a permis de faire le même diagnostic convergent.

Cette aptitude à l'entrée d'eau est fonction de la teneur initiale : plus un grain est sec et plus il est capable de prendre rapidement de l'humidité. En revanche, cette capacité n'est que très peu influencée par la variété, ce qui renforce la pertinence de l'indicateur indice de dormance pour caractériser la sensibilité à la germination sur pied.

Mais pour une variété sensible, si la germination s'exprime pour une même teneur en eau seuil, un séjour de quelques jours seulement à une telle humidité permet la germination. Pour une variété tolérante, la durée nécessaire à une telle humidité s'avère beaucoup plus grande.

Par ailleurs, l'ensemble des données de teneur en eau des grains a permis de construire un modèle de dessiccation simulant les sorties d'eau (dessiccation) et les entrées (imbibition, suite à la pluie). Il s'agit d'un modèle dynamique à pas de temps journalier.

Le classement des variétés à la germination sur pied : par l'indice de dormance

Compte tenu des résultats présentés ci-dessus, nous concluons que le comportement de la variété au champ dépend en premier lieu de son aptitude à la germination dans une gamme plus ou moins large de température. Le facteur hydrique indispensable à l'expression de la germination ne semble pas faire intervenir la variété.

Une première étude a permis de mettre en évidence la "fenêtre" de prélèvement permettant de discriminer au mieux les variétés. Pour cela, nous avons procédé à des ajustements mathématiques de l'évolution des indices de dormance en fonction des degrés jours depuis la date d'épiaison (Figure 5). Il en ressort que la date permettant de maximiser les écarts de dormance entre les variétés se situe aux alentours de 1150 °C, soit à une date correspond à la récolte (15% d'humidité).

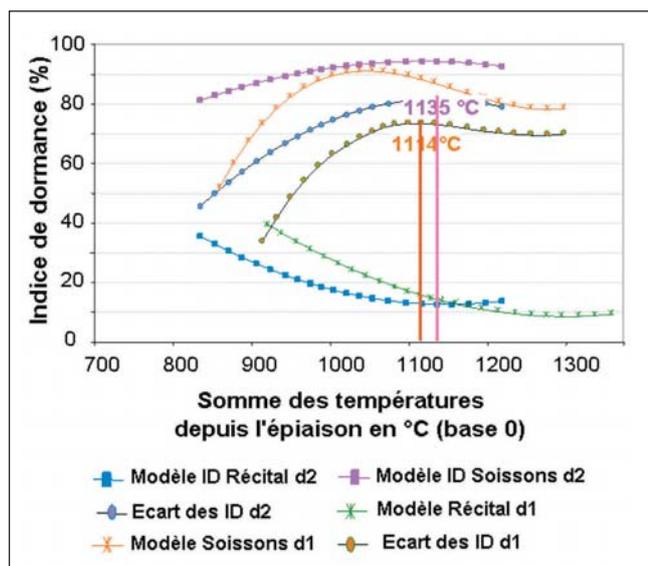


Figure 5 : Exemple d'évolution de l'indice de dormance de Soissons et de Récital, et de l'écart sur un essai. Les évolutions correspondent à des ajustements. d1 et d2 correspondant à 2 dates de semis échelonnées.

Ainsi, mis en œuvre sur le réseau variétal multi local et sur les deux années de l'étude, ce test permet de classer les variétés de manière correcte et robuste (Figure 6). Le test de germination *in vitro* a donné quant à lui des résultats moins satisfaisants, avec notamment une forte interaction avec l'année. Au contraire, les résultats de l'indice de dormance montrent que le classement variétal est très stable d'une année à l'autre.

Ce dernier peut être exprimé selon l'ordre de la variété dans la liste (Figure 6) ou bien avec la valeur de l'indice de dormance. Le point le plus éloigné de la tendance

correspond à une variété qui a versé une des deux années. La performance du classement est améliorée si l'on retire deux essais caractérisés par une dormance très faible, y compris des variétés tolérantes.

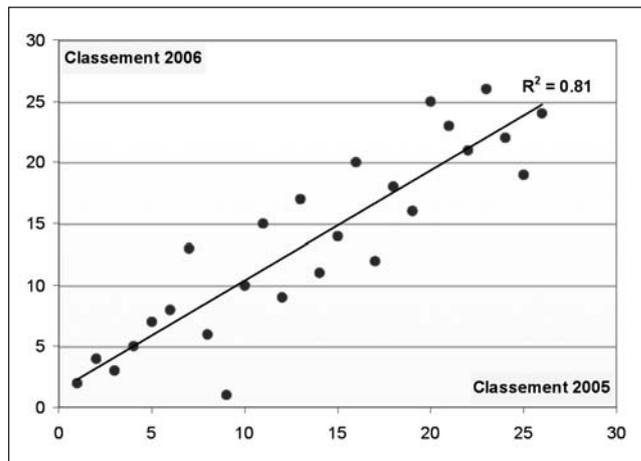


Figure 6 : Classement variétal avec l'indice de dormance effectué à partir de grains issus de la récolte. Chaque point correspond à l'ordre moyen d'une variété calculé par année.

► Temps de chute de Hagberg : regard critique et modélisation

Nos résultats montrent que le temps de chute est très peu lié à l'indice de dormance ou bien au pourcentage de grains germés *in vitro*.

Il y a de plus une dissociation nette entre le TCH et l'activité α -amylasique dans les essais 2007 sur Soissons et Récital. Jusqu'à une teneur en eau du grain de 20 %, l'activité α -amylasique de Soissons et de Récital reste à peu près identique alors que le TCH de Récital baisse et pas celui de Soissons. Ce fait pourrait s'expliquer par les causes suivantes :

- la mesure directe de l'activité α -amylasique mesure l'action des amylases de l'échantillon sur un substrat donné qui est toujours le même et non sur l'amidon de l'échantillon, alors que le test du TCH est un test avec l'amidon même de l'échantillon. Par conséquent, il peut être supposé que la valeur du TCH résiderait dans la sensibilité de l'amidon de la variété : Récital aurait un amidon qui se dégrade plus vite sous l'effet d'une même quantité α -amylasique que Soissons, d'où un TCH plus faible pour une même quantité α -amylasique,
- la structure de l'amidon, et principalement la viscosité intrinsèque indépendamment de l'activité α -amylasique intervient : les variétés ont une viscosité à chaud plus ou moins élevée (Massaux *et al.*, 2004). Récital et Soissons ayant le même TCH initial auraient initialement la même viscosité à chaud. Mais celle-ci diminuerait différemment sur Récital (sans lien et sans effet sur l'activité des α -amylases), provoquant ainsi une baisse de TCH. L'amidon de Soissons serait quant à lui moins sensible aux conditions environnementales et de ce fait sa viscosité à chaud resterait constante.

En conclusion, il faut distinguer 3 aspects dans le TCH : la quantité en α -amylases intrinsèque, la sensibilité de l'amidon de la variété à cette quantité d'amylases et les modifications de la structure et des propriétés de l'amidon, indépendamment de l'activité α -amylasique. Les deux premiers aspects auront un impact sur le TCH et la panification, car ils sont liés à la dégradation de l'amidon

par les α -amylases. Par contre, le dernier aspect pourra faire chuter le TCH sans intervenir sur la réussite de la panification. L'étude présente confirme donc les doutes sur la réelle interprétation du TCH : il y a amalgame entre la véritable intervention des α -amylases et le rôle de la structure de l'amidon dans la valeur du TCH. On ne peut, non plus, proposer la mesure directe de l'activité α -amylasique comme remplacement au TCH, car cette mesure ne prend pas en compte la sensibilité de l'amidon d'une variété à une quantité précise d' α -amylases. Il faudrait rajouter au test du TCH un test de viscosité à chaud.

Les données de suivi du TCH sur 3 années et 2 lieux ont permis de concevoir un modèle dynamique de son évolution. Cette dernière a été modélisée en prenant en compte l'action de la pluie et en formulant des hypothèses. Le TCH de départ avant l'action de la pluie est fixé à 350 s et celui-ci ne peut être dégradé qu'à partir de la maturité physiologique. L'analyse des données révèle que le TCH n'est dégradé qu'à partir d'un cumul de pluies minimal ; en cours de dégradation, l'action de la pluie peut durer jusqu'à 3 jours consécutifs, selon la valeur de la pluie du jour (effet report). L'ensemble des paramètres du modèle a fait l'objet d'une optimisation.

La RMSE est de 34.9 s pour l'ensemble des points, et de 29 s si l'on ne considère que les points correspondant à la récolte (Figure 7). Nous avons testé le modèle sur un jeu de données extérieures de 1995 à 2000 issues de sites différents, d'une variété de sensibilité proche (Trémie). Le modèle initial sans modification de paramétrage aboutit à une RMSE à peine dégradée (40 s).

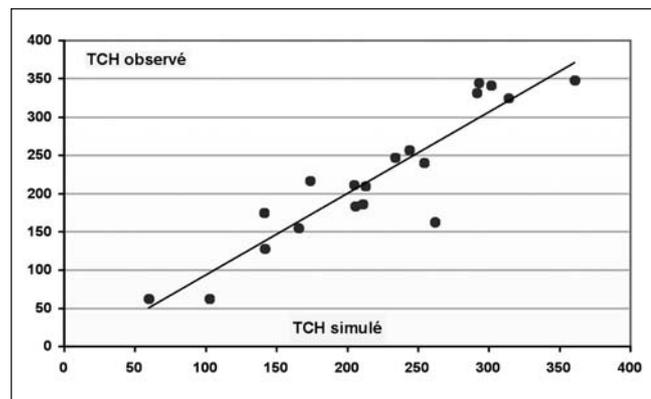


Figure 7 : Relation entre le TCH mesuré et simulé par le modèle. Ensemble des points de Réctal.

Conclusion et perspectives

La sensibilité à la germination d'une variété au champ dépend en premier lieu de son aptitude à germer dans une gamme plus ou moins étendue de température. L'évaluation de la sensibilité variétale à la germination sur pied peut donc être appréciée, via des tests de germination à 10 et à 25 °C, à condition de prélever les grains après un certain stade de croissance (aux alentours de la maturité récolte).

Nos résultats démontrent que l'évolution de l'indice de dormance répond à un mode d'action différencié de la température, fonction de son stade de croissance. Dès la maturité physiologique, la dormance peut fortement varier, ce résultat constituant une référence nouvelle. De plus, durant cette première phase qui précède la maturité physiologique, la quantité de chaleur augmente la dormance. Après la maturité physiologique, la loi d'action de la température est conforme à celle déjà mentionnée par différents auteurs : un excès de température réduit la dormance. Notre jeu de données est insuffisamment variable, si bien que nous ne pouvons conclure si la dormance à la récolte est plus sensible au rôle de la température après la maturité physiologique ou à l'état de dormance à la maturité physiologique.

Le fait que l'expression de la germination au champ met en jeu une durée d'exposition à une même teneur en eau seuil, mais plus ou moins longue selon les variétés, renforce l'hypothèse du rôle exercé par les composés phénoliques dans les téguments. On peut émettre l'hypothèse que la variation de cette durée est fonction de la quantité de ces composés.

Pour évaluer strictement la sensibilité variétale aux bas temps de chute de Hagberg, nous proposons de brumiser les cultures avant la période de dessiccation, à un moment où la dormance est encore présente.

Le modèle de simulation du TCH a donné des résultats satisfaisants. Néanmoins, il est possible que certaines de nos hypothèses soient dépendantes de notre jeu de données : pas de dégradation avant la maturité physiologique et valeur identique (350 s) quelle que soit la variété.

La conception du modèle agroclimatique de dessiccation des grains ouvre des perspectives opérationnelles, car il devient envisageable de déterminer un risque de germination ou de dégradation du temps de chute de Hagberg, à différents niveaux d'échelle (parcelle, région).

Références bibliographiques

- Belderock 1965.** Influence of preharvest weather on wheat dormancy and its tendency to sprout in the ear. *Z. Acker-Pflanzenbau*, 122, 297-313.
- Corbineau F., Benamar A., Couvreur F., Gate P. et Côme D., 1993.** La germination sur pied du blé tendre : recherche de critères prévisionnels. *Comptes-rendus de l'académie d'agriculture de France*, 79, 47-54.
- Finch-Savage W.E. et Leubner-Metzger G., 2006.** Seed dormancy and the control of germination. *New Phytologist*, 171, 501-523
- Gate P., 1995.** Ecophysiologie du blé : de la plante à la culture. Lavoisier Tec&Doc, Paris, 429p.
- Gate P., 1998.** Germination sur pied et poids spécifique : les enseignements de la récolte 1997. *Perspectives agricoles*, 235, 32-36.
- King R.W., 1989.** Physiology of sprouting resistance. In 'Pre-harvest field sprouting in cereals'. (Ed. NF Derera) pp. 27-60.
- Lenartz J., Massaux C., Sinnaeve G., Sindic M., Bodson B., Dardenne P., Falisse A. et Deroanne C., 2003.** Is the Hagberg falling number always linked to the α -amylase activity of wheat ? *Proceedings du "Third European Symposium on Enzymes in Grain Processing : Recent Advances in Enzymes in Grain Processing"*, Katholieke Universiteit Leuven, Leuven, Belgique, 25-27 septembre 2002, Delcour J. Editor - Laboratory of Food Chemistry, KUL, 29-31.
- Lunn G.D., Kettlewell P.S., Major B.J. et Scott R.K., 2002.** Variation in dormancy duration of the U.K. wheat cultivar Hornet due to environmental conditions during grain development. *Euphytica*, 126, 1, 89-97.
- Mares D.J., 1993.** Pre-harvest sprouting in wheat. I. Influence of cultivar, rainfall and temperature during grain ripening. *Aust J. Agric. Res.*, 44, 1259-72.
- Massaux C., Lenartz J., Sindic M., Sinnaeve G., Bodson B., Deroanne C., Dardenne P. et Falisse A., 2004.** L'amidon du grain de froment : une composante à valoriser par des productions différenciées ? Livre Blanc "Céréales" F.U.S.A et C.R.A. Gembloux. [<http://www.fsagx.ac.be/pt/LBfev2004/Amidon.doc>]
- Simon S., 2006.** Sensibilité à la germination avant récolte et aux bas temps de chute de Hagberg chez le blé tendre : déterminants, enjeux et évaluation variétale. Mémoire de fin d'études Master de Biologie Intégrative et Physiologie, spécialité Sciences du Végétal, Université Pierre et Marie Curie, Paris, 60 p.
- Strand E., 1989.** Studies on seed dormancy in small grain species. II. Wheat. *Norwegian Journal of agricultural Sciences*, 3, 101-115