

**VARIABILITE DE LA DIGESTIBILITE DE L'AMIDON D'ALIMENTS
A BASE DE BLE CHEZ LES POULETS DE CHAIR :
EFFET DE L'AGE ET DU COMPORTEMENT ALIMENTAIRE**

Danel Justine ^a, Métayer Jean-Paul ^b, Vilariño Maria ^a

^aARVALIS - Institut du végétal, Pouline, 41100 Villerable, France

^bARVALIS - Institut du végétal, 91720 Boigneville, France

j.danel@arvalisinstitutduvegetal.fr

RESUME

Plusieurs hypothèses, qui pourraient expliquer la variabilité de la digestibilité de l'amidon des blés, ont été évaluées au cours de trois essais. Dans le premier essai, nous avons évalué l'effet de la finesse de broyage du blé sur la teneur en amidon des fientes à 17 jours d'âge et sur les performances de 8 à 20 jours d'âge (n=12 poulets). Dans le second, les mêmes critères ont été évalués dans un dispositif similaire sur six aliments à base de blé, afin d'identifier deux blés extrêmes par leur digestibilité de l'amidon (bonne : Blé A+ ou mauvaise : BléA-) et la variabilité individuelle. Dans le troisième essai, les digestibilités fécales de l'amidon, de l'azote et de l'énergie des aliments à base de BléA+, BléA- et d'un maïs, avec ou sans enzymes (E+, E-), ont été déterminées à 5 âges (8, 13, 18, 23 et 28 jours). La consommation a été mesurée quotidiennement et de façon rapprochée (toutes les deux heures), les jours correspondant à trois des cinq bilans (7, 17, 27 jours). La finesse de broyage du blé réduit la teneur en amidon des fientes, mais seules les valeurs extrêmes sont significativement différentes ($P<0,05$), sans effet sur les performances. Parmi les six blés, le contenu en amidon des fientes des deux blés extrêmes a varié du simple au double (NS), sans effet sur les performances. L'azote des fientes diffère significativement ($P<0,01$) malgré une plage de variation faible (15 %). Avec l'âge (8 à 28 jours), la digestibilité de l'amidon (moyenne des 4 pools de 3 animaux) a diminué de façon significative ($P<0,001$) uniquement pour le BléA- et surtout à partir de 18 jours d'âge. Les digestibilités de l'azote et de l'énergie, quel que soit l'aliment, ont évolué de façon similaire et significative ($P<0,01$ et $P<0,001$) avec un pic entre 13 et 18 jours. La teneur en amidon des fientes, mesurée individuellement, est corrélée positivement avec la consommation d'aliment seulement pour le BléA- et à partir de 18 jours ($0,30<R^2<0,52$). La vitesse d'ingestion a varié au cours de la journée ($P<0,001$) avec des maxima en fin de journée (2 à 3 fois plus vite). Lors des deux dernières heures, cette vitesse est corrélée positivement ($R^2=0,56$) avec la teneur en amidon des fientes uniquement pour le BléA-E-.

ABSTRACT

Variability of starch digestibility in broilers fed with wheat-based diets: effects of age and feeding behaviour

Hypothesis which could explain starch digestibility of wheat have been studied in 3 trials. In the first trial, the effect of the fineness of grinding wheat was evaluated on excreta starch content at 17 days and on performances from 8 to 20 days of age (n=12 chickens). In the second one, the same criteria were estimated in the same conditions on six wheat-based diets, in order to highlight two extreme profiles of wheat as for the starch digestibility (good: BléA+ or low: Blé A-) and the individual variability. In the third trial, total tract digestibility of starch, nitrogen and energy of diets with BléA+, BléA- and one maize, with or without enzymes (E+, E-), were quantified in five ages (8, 13, 18, 23 and 28 days). The feed intake was measured daily and even closer (all the 2 hours) the days matching 3 of the 5 collections (7, 17 and 27 days). The fineness of grinding wheat decreases the starch excreta content, but only extreme values are significantly different ($P<0.05$), without any effect on performances. Among the six varieties of wheat, the starch excreta content varies by a factor of two (NS) without any effect on performances. Nitrogen excreta content differs significantly ($P<0.01$) despite a low range of variation (15 %). With age (8 to 28 days), the starch digestibility (average of 4 pools of 3 animals) is significantly reduced ($P<0.001$) but only for BléA- and especially from 13 to 18 days. The digestibility of energy and nitrogen, whatever the diet, vary significantly and similarly ($P<0.01$ and $P<0.001$) with the highest values between 13 and 18 days. The starch excreta content, measured individually, is positively correlated with daily intake only for BléA- from 18 days ($0.30<R^2<0.52$). The speed of ingestion has changed during the day ($P<0.001$) with maxima in the evening (two to three times speedier). For the last two hours, the value is positively correlated ($R^2=0.56$) with starch excreta content but only for BléA-.

INTRODUCTION

Le blé est une céréale d'intérêt pour l'alimentation des volailles. Cependant, intégré comme base à un aliment, il peut parfois générer une certaine variabilité de la digestibilité et donc de l'énergie disponible pour l'animal, et réduire les performances (Gutierrez *et al.*, 2008). Certains facteurs (viscosité, dureté) ont été mis en évidence sans expliquer toute la variabilité (Skiba *et al.*, 2003, Carré *et al.*, 2005). Or, Métayer *et al.* (2007) trouvent des résultats contradictoires sur l'influence de ces deux critères et avancent une relation positive entre la digestibilité de l'amidon et l'Energie Métabolisable Apparente à bilan azoté nul (EMAn). Un programme interne a été mis en place à ARVALIS - Institut du végétal afin de se concentrer sur l'étude de l'amidon des blés : « STARCHick ». Une méta-analyse de notre base de données nous a permis de quantifier l'importance de la fraction amidon dans l'élaboration de la valeur énergétique du blé, d'écarter un grand nombre de critères physico-chimiques comme prédictors potentiels de l'EMAn et de la digestibilité de l'amidon (Nugues *et al.*, 2013), et surtout de confirmer le rôle de l'animal et la difficulté de prédire la digestibilité uniquement à partir des caractéristiques des blés. Ce travail a été poursuivi afin de déterminer si des paramètres technologiques (blé) ou des mécanismes physiologiques (animal) pouvaient expliquer la variabilité observée. Plusieurs hypothèses ont été formulées : certaines variétés de blé pourraient-elles entraîner une variabilité plus importante de la réponse animale ? La finesse de broyage du blé pourrait-elle influencer sur la digestibilité de l'amidon par les poulets ? Le rythme d'ingestion aurait-il un impact sur la digestibilité des nutriments en fonction de l'âge ? Les enzymes pourraient-elles aider les poulets à mieux valoriser l'amidon du blé ? Trois essais ont donc été conçus afin d'étudier ces hypothèses.

1. MATERIELS ET METHODES

Les données matières premières non présentées dans l'article sont disponibles sur demande aux auteurs. Dans les trois essais, les animaux sont hébergés en cages individuelles.

1.1. Essai 1 : Effet de la finesse de broyage des blés

L'effet de la granulométrie (d_{50} =diamètre médian) des blés incorporés dans des aliments granulés a été testé sur les performances de 12 poulets mâles ROSS PM3 par traitement entre J8 et J20 (consommation, gain de poids moyen quotidien (GMQ) et indice de consommation (IC)) et sur les teneurs en amidon de leurs excréta, collectés à J17. Pour cela, quatre aliments à base maïs (11 %) et tourteau de soja 48 (22 %), avec 58 % de blé broyé avec des grilles de 1, 3, 4 et 5 mm (d_{50} de 253, 571, 881 et 1023 μ m) ont été formulés (EMAn=2750 kcal/kg ; MAT=19,8 %). En fin

d'essai, les animaux ont été euthanasiés et les gésiers prélevés, vidés et pesés.

1.2. Essai 2 : Variabilité intra blés et recherche de modèles extrémisés

La variabilité de la digestibilité de l'amidon du blé (CUDamidon) a été étudiée à l'aide de six lots de blé (variétés pures), de caractéristiques physico-chimiques différentes, qui ont été incorporés dans six aliments (EMAn=2750 kcal/kg et MAT=19,8 %) à des taux variant de 55 à 58 %. Les aliments ont été distribués en phase de croissance à 12 poulets mâles ROSS PM3 par traitement. Une mise en lot a été effectuée à J7, suivant un dispositif en blocs homogènes en poids. Les performances (consommation, GMQ et IC) ont été mesurées entre J8 et J20. Une collecte partielle des fientes a été réalisée à J21 et J22 afin de mesurer les teneurs en amidon enzymatique, critère utilisé comme prédicteur du CUDamidon (Coulibaly *et al.*, 2013), en azote total et en azote protéique (Terpstra) des fientes.

1.3. Essai 3 : Digestibilité des nutriments d'aliments à base de blé ou de maïs. Effets de l'âge, de l'ajout d'enzymes et du rythme d'ingestion

Deux blés sélectionnés suite à l'essai 2, comme étant extrêmes vis-à-vis de la digestibilité de leur amidon par les poulets (BléA-, amidon mal digéré et BléA+, amidon bien digéré), ont été testés et comparés à du maïs. Chaque aliment a été décliné sans et avec enzymes (activités xylanase et β -glucanase). Les aliments ont été notés : BléA-E-, BléA-E+, BléA+E-, BléA+E+, MaïsE- et MaïsE+, selon la matière première (MP) testée maximisée dans l'aliment et l'ajout (E+) ou non (E-) d'enzymes.

Les MP sont incorporées dans un aliment croissance (EMAn=2750 kcal/kg ; MAT=19,5 %) contenant un marqueur indigestible (TiO_2). Les aliments BléA- et BléA+ sont composés de 55,5 % de blé, 10 % de maïs et 28,5 % de tourteau de soja 48. Les aliments Maïs contiennent 60 % de maïs, 5,5 % de Blé A+ et 30 % de tourteau de soja 48.

Chacun des six traitements est distribué à 12 poulets mâles ROSS PM3. Les excréta ont été collectés individuellement afin de mesurer leur teneur en amidon. Quatre pools de trois individus ont été constitués par traitement, sur lesquels les coefficients d'utilisation digestive (CUD) de l'amidon, de l'azote, et de l'énergie ont été déterminés, et cela à 5 âges (J8, J13, J18, J23 et J28). Les performances de croissance des animaux (consommation, GMQ et IC) ont été mesurées entre J6 et J27. Les consommations individuelles ont été relevées tous les jours et à J7, J17 et J27 toutes les deux heures (entre 8h30 et 20h30 ; 12h lumière - 12h obscurité). Ces mesures de consommation rapprochées nous ont permis de déterminer des vitesses d'ingestion au cours de la journée à ces 3 âges. Les animaux ont été pesés en début et fin d'essai.

1.4. Statistiques

L'analyse des résultats a été faite à l'aide du logiciel R version 2.15.0. Les performances des animaux des deux premiers essais ont été comparées par analyse de variance à un facteur. Les comparaisons de moyennes ont été effectuées par le test de Tukey. Les données de l'essai 3, individuelles ou par pool, ont été analysées par ANOVA à 3 facteurs (Age, MP et E), sauf pour les performances totales (MP, E).

1.5. Analyses

Les analyses d'amidon et de protéines sur les fientes ont été réalisées par Spectrométrie dans le Proche Infrarouge (SPIR), par le Pôle Analytique d'ARVALIS - Institut du végétal (Boigneville, 91).

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Essai 1

La finesse de broyage du blé réduit la teneur en amidon dans les fientes, mais seules les valeurs extrêmes sont significativement différentes ($P < 0,05$; tableau 1), la plage de variation allant de 2,2 à 4,7 %MS d'amidon. Le développement plus important des gésiers avec les broyages plus grossiers ne semble pas suffire à réduire les particules à une taille permettant leur digestion complète. Des particules de blé non digérées ont été observées dans les fientes à des niveaux cohérents avec les teneurs en amidon.

Tableau 1 – Performances, teneurs en amidon dans les fientes et poids des gésiers des poulets

Ø grille broyeur	1mm	3mm	4mm	5mm	p
d50 (µm)	253	571	881	1023	
Conso J8-J20 g/poulet	1029	1027	1020	1033	NS
GMQ J8-J20 g/j	90,7	65,6	57,8	38,8	
IC J8-J20 g/g	62,1	62,2	62,4	63,2	NS
	6,1	4,8	4,1	3,3	
Amidon fientes % MS	1,38	1,38	1,37	1,36	NS
	0,03	0,04	0,02	0,04	
Poids gésier g/kg PV	2,2 ^b	4,1 ^{ab}	3,5 ^{ab}	4,7 ^a	*
	1,2	1,7	1,7	2,0	
	10,1 ^c	10,9 ^{bc}	12,5 ^a	12,1 ^{ab}	**
	1,2	0,8	1,8	1,7	

P : NS : $P > 0,05$; * : $P < 0,05$; ** : $P < 0,01$

L'hypothèse formulée quant au rôle de la granulométrie du blé dans les aliments sur la digestibilité de l'amidon n'est vérifiée qu'à des finesses de broyage très faibles. Ceci est en adéquation avec Péron *et al.* (2005) qui avaient montré une correction de la faible digestibilité de l'amidon d'un aliment base blé seulement pour un broyage à 2 mm de la céréale (vs. 6 mm).

2.2. Essai 2

Pour les blés, les teneurs en MAT variaient de 10,8 à 12,3 %MS, en amidon de 70,6 à 72,6 %MS, en parois de 10,3 à 11,1 %MS, leur dureté de 39 à 83 et leur viscosité spécifique de 1,2 à 5,3 mL/gMS (valeurs disponibles auprès des auteurs). Les résultats de la composition des fientes et de performances sont présentés dans le tableau 2.

Tableau 2 – Composition des fientes et performances des poulets de J8 à J20 par aliment base blé

Blé	B1	B2	B3	B4	B5	B6	P	ETR
Amidon	4,71	5,19	4,61	4,73	3,67	6,70	NS	2,7
NTerp	2,10 ^b	1,82 ^a	2,10 ^b	2,04 ^{ab}	2,14 ^b	2,06 ^{ab}	**	0,2
Conso	929	906	899	929	893	922	NS	71
PV J20	862	855	830	859	835	859	NS	59
IC	1,39	1,37	1,41	1,39	1,39	1,38	NS	0,04

Amidon et NTerpstra (NTerp) en %MS ; Conso et Poids Vif (PV) J20 en g ; IC en g/g ; P : NS : $P > 0,05$; ** : $P < 0,01$

La teneur en amidon des fientes n'est pas significativement différente entre blés, malgré des moyennes qui varient de 3,7 %MS pour B5 à 6,7 %MS pour B6. La variabilité individuelle diffère selon le blé utilisé, avec quelques individus qui se détachent et pour lesquels la teneur en amidon des fientes est de plus de 10 %. Il faut noter également que la hiérarchie entre les blés sur ce facteur n'est pas corrélée à la dureté ou à la viscosité, ce qui va dans le sens de l'étude de Nugues *et al.* (2013). En effet, dans cette étude, aucune corrélation forte entre les données de composition physico-chimique des blés et la digestibilité de l'amidon n'a été montrée.

Les teneurs en N total des fientes (non présentées) présentent la même hiérarchie que celles en N Terpstra, pour lesquelles la différence entre blés est significative ($P < 0,01$) malgré une plage de variation relativement faible (15 %). Une corrélation faible ($R^2 = 0,07$) mais significative ($P < 0,025$) existe entre la teneur en amidon des fientes et en N Terpstra, tous blés confondus, mais elle est plus élevée pour B2 ($R^2 = 0,25$), B4 ($R^2 = 0,26$) et B5 ($R^2 = 0,28$). Aucune relation avec les IC n'est mise en évidence.

Aucune différence significative n'a été observée sur les performances entre J8 et J20, avec en moyenne sur cette période une consommation de 913 g, et un IC de 1,39, pour un poids vif à J20 de 850 g.

Cet essai nous a permis de choisir les deux blés B5 et B6, ayant un comportement différent vis-à-vis de la teneur en amidon des fientes, très bon indicateur de sa digestibilité (Coulibaly *et al.*, 2013 ; Métayer *et al.*, 2015). Les caractéristiques de ces blés sont peu variables, avec des teneurs en MAT similaires (10,8 - 10,9 %MS).

2.3. Essai 3

Pour les 5 bilans, les **valeurs de digestibilité** de l'N, de l'amidon et de l'énergie obtenues sur les pools (4 pools de 3 individus) sont détaillées dans le tableau 3.

Les facteurs étudiés dans l'ANOVA du **CUDamidon** sont : MP, Age et E. L'interaction MP*Age ($P<0,01$) s'explique par une diminution avec l'âge du CUDamidon uniquement pour le BléA- de 2,2 (E-) et 3,2 (E+) points alors que la variation pour le Maïs est faible (-0,8 point) et que pour le BléA+, elle est de -1,2 et -0,8 point. Ce résultat confirme l'hypothèse de la dégradation de la digestibilité de l'amidon avec l'âge mais seulement pour certains blés. Cette dégradation est particulièrement marquée à deux périodes, à J18, ce que rapporte également Métayer *et al.* (2015) puis à J28 mais uniquement en présence d'enzymes, ce que nous ne savons pas expliquer.

Tableau 3 – Consommation et digestibilité des nutriments des aliments à base de BléA-, BléA+ et Maïs sans ou avec enzymes (E- ou E+)

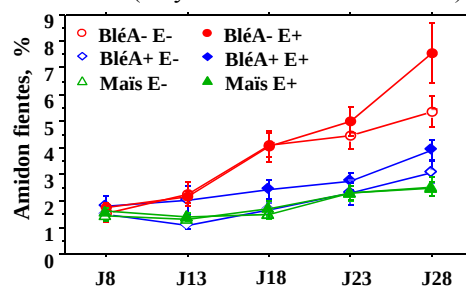
Jours	MP	E	CUDamidon	CUDaN	CUD E
J8	BléA-	E-	99,1	84,3	70,3
		E+	99,0	85,0	72,1
	BléA+	E-	98,9	83,8	71,2
		E+	99,1	84,7	71,4
	Maïs	E-	99,1	83,7	72,0
		E+	99,1	84,2	73,5
J13	BléA-	E-	98,7	85,2	72,0
		E+	98,8	84,7	72,8
	BléA+	E-	99,0	85,1	72,5
		E+	99,5	85,7	73,6
	Maïs	E-	99,3	84,6	73,5
		E+	99,2	86,0	75,1
J18	BléA-	E-	97,8	85,7	73,2
		E+	98,0	87,2	75,8
	BléA+	E-	98,5	84,1	72,5
		E+	99,0	85,7	73,1
	Maïs	E-	99,0	84,7	73,4
		E+	98,3	84,4	73,5
J23	BléA-	E-	97,3	84,1	71,4
		E+	96,9	83,2	71,6
	BléA+	E-	98,2	83,1	72,1
		E+	98,5	85,2	72,9
	Maïs	E-	98,5	84,3	73,4
		E+	98,3	84,5	73,6
J28	BléA-	E-	96,9	84,6	72,3
		E+	94,8	82,6	70,9
	BléA+	E-	97,7	84,0	72,5
		E+	98,3	84,3	72,3
	Maïs	E-	98,5	85,0	73,9
		E+	98,5	84,7	73,7
P	MP		***	NS	***
	Age		***	**	***
	Enzyme		NS	NS	**
	MP*Age		**	NS	**
	MP*E		NS	NS	NS
	Age*E		NS	NS	0,05
	MP*Age*E		NS	NS	NS
ETR / CVR (%)			0,9 / 0,9	1,4 / 1,7	1,2 / 1,6

P : NS : $P>0,05$; * : $P<0,05$; ** : $P<0,01$; *** : $P<0,001$

Thomas *et al.* (2008) rapportent une réduction de la digestibilité de l'amidon significative pour les jeunes poulets à croissance rapide de J5 à J7, avant retour à une valeur élevée à J14, plus marquée dans un régime blé en comparaison au sorgho et au maïs. Ils expliquent cette évolution par l'adaptation de l'activité enzymatique propre à l'animal.

Aux mêmes âges et de façon individuelle, nous avons également pu mesurer les **teneurs en amidon des fientes** des poulets. Les valeurs moyennes et leur variabilité (erreur standard) sont présentées dans la figure 1. Les réponses sont similaires à celles obtenues sur les pools de fientes mais la variabilité individuelle peut être analysée.

Figure 1 – Teneur en amidon des fientes chez le poulet de J8 à J28 (moyennes et erreurs standards).



Nous observons également une interaction MP*E ($P<0,01$) due essentiellement à un effet négatif des enzymes pour le BléA- (+ 2,2 points à J28 ; contraire à l'attendu) et dans une moindre mesure à un effet positif des enzymes pour le BléA+ (entre - 0,3 et - 0,9 point). Kiarie *et al.* (2014) avaient trouvé des effets des variables MP et E sans interaction, sur le CUDamidon. L'effet des enzymes n'est pas aussi net ici, puisqu'il n'y a pas ou trop peu de diminution de la teneur en amidon des fientes, même si les résultats obtenus avec le BléA+E+ se rapprochent de ceux du Maïs. En effet, la digestibilité de l'amidon du maïs est meilleure et moins variable (Métayer *et al.*, 2015) que celle du blé. Le BléA- est significativement moins bon que le Maïs sur ce critère alors que le BléA+ est intermédiaire. De plus, la variabilité augmente avec l'âge et est de 1,5 à presque 3 fois plus importante pour les blés que pour le maïs. L'intérêt de ces mesures individuelles était de comparer les performances des animaux à leur capacité propre à digérer l'amidon. Néanmoins, aucune relation n'a pu être établie entre la quantité d'aliment consommée et la teneur en amidon des fientes, tous aliments confondus. Or, des corrélations significatives sont observées pour le BléA-E- à J18, J23 et J28 ($R^2=0,30$ - 0,45 et 0,52, respectivement), pour le BléA-E+ à J18 ($R^2=0,42$) et pour le BléA+E+ à J18 et J23 ($R^2=0,31$ et 0,43). Dans tous les cas, l'hypothèse d'amélioration de la digestibilité de l'amidon par l'ajout d'enzymes n'est pas avérée.

Le CUDaN ne varie qu'avec l'âge ($P<0,01$). Tous aliments confondus, la valeur la plus élevée est observée à J18, ce qui diffère de la diminution linéaire avec l'âge (J6 à J20) rapportée par Métayer *et al.* (2015). L'amplitude de variation est de 2 points environ, excepté pour le BléA-E+ (4,6 points), mais l'écart moyen (tous traitements confondus) entre les différents âges n'est que de 1,2 point.

Pour la **digestibilité de l'énergie**, les variations sont similaires à celles du CUDaN mais avec un différentiel plus important entre deux traitements au même âge. Le CUD E et le CUDaN sont bien corrélés ($R^2=0,58$;

$P < 0,001$), en accord avec les résultats de Métayer *et al.* (2015). Cependant des interactions $MP \times Age$ ($P < 0,01$) et $Age \times E$ ($P = 0,05$) rendent difficile l'analyse. Les enzymes auraient tendance à améliorer le CUD E plutôt chez le jeune poulet (8-18 jours).

L'analyse de variance (MP, E) des **résultats de performances** n'a montré aucun effet significatif des enzymes (NS) sur la période J6-J27 (tableau 4), bien que des écarts moyens soient parfois observés sur les régimes blé. Les enzymes auraient tendance à améliorer la consommation et le poids vif, quel que soit le blé. L'IC ne serait amélioré que pour le BléA+.

Tableau 4 - Performances globales J6-J27 (g ou g/g)

MP	E	PoidsJ28	ConsoJ6-J27	ICJ6-J27
BléA-	E-	1266	1703	1,51
	E+	1338	1803	1,50
BléA+	E-	1290	1748	1,52
	E+	1358	1816	1,47
Maïs	E-	1428	1883	1,45
	E+	1446	1893	1,44
P	MP	0,07	NS	**
	E	NS	NS	NS
	MP*E	NS	NS	NS
ETR / CVR (%)		210 / 15,5	294 / 16,3	0,06 / 3,8

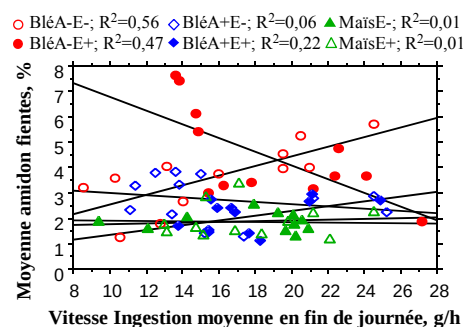
P : NS : $P > 0,05$; * : $P < 0,05$; ** : $P < 0,01$; *** : $P < 0,001$

Pour les régimes maïs, les valeurs sont similaires avec ou sans enzymes. L'IC des poulets ayant consommé les traitements Maïs est significativement amélioré ($P < 0,01$) par rapport aux régimes BléA+ et BléA- (1,44, 1,50 et 1,50 respectivement), sauf pour le BléA+E+, dont l'IC est similaire au Maïs (tableau 4).

Les **vitesse d'ingestion** (VI) ont été calculées à partir des mesures de consommation toutes les deux heures au cours de la journée à J7, J17 et J27. Quel que soit leur âge, les poulets ont une VI plus élevée ($P < 0,001$) dans les 2 heures qui précèdent l'extinction de la lumière (respectivement 5,0 g/h, 16,6 g/h et 30,5 g/h à J7, J17 et J27), soit 2 à 3 fois plus que la VI de n'importe quelle période de la journée, y compris à l'allumage. Aucun effet de la MP n'a été mis en

évidence, excepté à J17 ($P < 0,05$). La corrélation entre vitesse d'ingestion en fin de journée et teneurs en amidon des fientes s'est avérée positive uniquement pour le BléA-E- ($R^2 = 0,56$; figure 2), ce qui conforte notre hypothèse. Néanmoins, la relation est inversée pour le BléA-E+ ($R^2 = 0,47$) sans que nous puissions avancer une explication.

Figure 2 – Relation entre la teneur en amidon des fientes et la vitesse d'ingestion moyenne de la dernière période de 2 heures tous âges confondus



CONCLUSION

Quelle que soit la céréale, blé ou maïs, la digestibilité de l'azote comme celle de l'énergie varie avec l'âge, avec des valeurs maximales atteintes de 13 à 18 jours. La digestibilité de l'amidon est variable d'un blé à l'autre, aussi élevée et homogène que pour le maïs ou plus faible et avec une variabilité individuelle importante. Pour ces derniers blés, les poulets jeunes digèrent bien l'amidon, la dégradation n'est significative qu'à partir de 18 jours d'âge et une consommation élevée en fin de journée augmente la teneur en amidon retrouvée dans les fientes. Le broyage, à une granulométrie très fine, réduit significativement cette teneur. Par contre, dans cette étude, la digestibilité de l'amidon n'est pas améliorée par l'ajout des enzymes choisies.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Carré B., Muley N., Gomez J., Oury F.X., Laffitte E., Guillou D., Signoret C., 2005. Brit. Poultry Sci., 46(1), 66-74.
2. Coulibaly I., Métayer J.P., Chartrin P., Mahaut B., Bouvarel I., Hogrel P., Bastianelli D., 2013. 10^{èmes} Journ. Rech. Avicole et Palmipèdes à Foie Gras, La Rochelle, 26 et 28 mars 2013.
3. Gutierrez del Alamo A., Verstegen M.W.A., Den Hartog L.A., Perez de Ayala P., Villamide M.J., 2008. Poult. Sci., 87, 759-767.
4. Kiarie E., Romero L.F., Ravindran V., 2014. Poult. Sci., 93, 1186-1196.
5. Métayer J.P., Vilariño M., Gaüzère J.M., Skiba F., 2007. 7^{èmes} Journ. Rech. Avicole, Tours, 28 et 29 mars 2007, 154-158.
6. Métayer J.P., Lescoat P., Bastianelli D., Bouvarel I., Fournis Y., Vilariño M., 2015. 11^{èmes} Journ. Rech. Avicole, Tours, 25 et 26 mars 2015.
7. Nuges M., Métayer J.P., Duyme F., Skiba F., Vilariño M., 2013. 10^{èmes} Journ. Rech. Avicole et Palmipèdes à Foie Gras, La Rochelle, 26 et 28 mars 2013, 772-776.
8. Péron A., Bastianelli D., Oury F.X., Gomez J., Carré B., 2005. Brit. Poultry Sci., 46(2), 223-230.
9. Skiba F., Barrier-Guillot B., Métayer J.P., 2003. 5^{èmes} Journ. Rech. Avicole, 26-27 mars 2003, 129-132.
10. Thomas D.V., Ravindran V., Ravindran G., 2008. Brit. Poultry Sci., 49, 429-435.