

Article original

Valeur énergétique des co-produits de la pomme de terre chez le ruminant

Bernard VANABELLE^{a*}, Fabienne POUPARD^b,
Jean-Michel BESANCENOT^c, François MOREL D'ARLEUX^d,
Philippe WEISS^e, Yvan LARONDELLE^a

^a Unité de Biochimie de la Nutrition, Faculté des Sciences agronomiques,
Université catholique de Louvain, place Croix du Sud 2/8, 1348 Louvain-la-Neuve, Belgique

^b Groupement national Interprofessionnel des Pommes de Terre de transformation,
9 rue d'Athènes, 75009 Paris, France

^c Maison de l'Élevage, 418 avenue Aristide Briand, 77350 Le Mee s/Seine, France

^d Comité National des Co-produits, Institut de l'Élevage, 149 rue de Bercy,
75595 Paris Cedex 12, France

^e Institut Technique des Céréales et des Fourrages, 8 avenue du Président Wilson,
75116 Paris, France

(Reçu le 20 janvier 2000 ; accepté le 8 août 2000)

Abstract — Energy value of potato by-products in ruminant. A digestibility measurement aiming at determining the energetic values of the three most important by-products of the potato industry was performed in sheep maintained on metabolic pens under standard conditions. The “mash-peel”, a starch rich by-product resulting from a deep peeling of the tubers was compared to the “screening” (uncooked fault cuttings) and to the “proteopulp” (starch potato pulp supplemented with protein). All by-products were characterized by a digestibility of the organic matter higher than 80%. The same was true for the digestibility of the crude energy, except for the “proteopulp” where the value was slightly lower than 80%. The digestibility of the crude protein and of the crude fiber showed more important differences between the by-products. In particular, the crude protein was weakly digestible in the “screening” (26%) whereas the crude fiber was highly digestible in the “proteopulp” (80%). The net energetic values of the “mash-peel” and of the “screening” were close to 1.10 UFL and 1.05 UFV whereas for the “proteopulp”, they were of 0.96 UFL and 0.94 UFV.

by-products / potato / digestibility / energetic value

* Correspondance et tirés-à-part

Tél. : 32 10 47 37 22 ; fax : 32 10 47 37 28 ; e-mail : vanabelle@bnut.ucl.ac.be

Travail effectué à l'Unité de Biochimie de la Nutrition, Faculté des Sciences agronomiques, Université catholique de Louvain, place Croix du Sud 2/8, 1348 Louvain-la-Neuve, Belgique.

Résumé — Les valeurs énergétiques des trois principaux co-produits des industries de transformation de la pomme de terre ont été déterminées par un essai de digestibilité effectué sur des moutons maintenus en cage à métabolisme. La purée-pelure, un co-produit résultant d'un pelage profond des tubercules et donc riche en amidon a été comparée au « screening » (écarts de coupe crus) et au « protéopulp » (pulpes de pomme de terre de féculerie enrichies en protéines). Tous ces co-produits sont caractérisés par une digestibilité de la matière organique supérieure à 80 %. Il en est de même pour la digestibilité de l'énergie brute, sauf pour le « protéopulp » dont la valeur est légèrement inférieure à 80 %. La digestibilité des matières azotées et de la cellulose brute montre des écarts plus importants entre les différents co-produits. En particulier, les matières azotées du screening sont peu digestibles (26 %) alors que la digestibilité de la cellulose brute du « protéopulp » est élevée (80 %). La purée-pelure et le « screening » ont des valeurs énergétiques nettes proches de 1,10 UFL et de 1,05 UFV alors que celles du « protéopulp » sont de 0,96 UFL et 0,94 UFV.

co-produits / pomme de terre / digestibilité / valeur énergétique

1. INTRODUCTION

Les procédés de production que les industries de transformation de la pomme de terre doivent mettre en œuvre varient selon les produits finis qu'elles désirent commercialiser. Il en résulte des variations dans la composition et la valeur nutritive des co-produits générés. Dans la présente étude, nous avons comparé la composition chimique et la valeur énergétique pour ruminants de trois co-produits générés en grandes quantités par trois entreprises différentes : une purée-pelure issue du pelage profond des tubercules à la vapeur, des écarts de coupe crus (« screening ») et de la pulpe de pomme de terre de féculerie enrichie de protéines de pomme de terre (« protéopulp »).

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Constitution des rations

La purée-pelure, fournie par la société Lunor (Luneray et Chaulnes, France), a pu être conservée à température ambiante dans une enceinte fermée de manière hermétique durant toute l'expérience. En revanche, le « screening » provenant de la société Mc Cain (Harnes, France) et le « protéopulp » fourni par la société Roquette (Vic/Aisne, France) ont dû être gardés dans

des fûts hermétiquement fermés et placés en chambre froide (4 °C) afin d'éviter leur dégradation au cours de l'expérience.

Quatre rations ont été utilisées. La ration témoin était constituée de foin de prairie et d'un complément minéralo-vitaminé (CMV) alors que les rations expérimentales étaient composées, sur base de la matière sèche, de 40 % de foin et de complément minéralo-vitaminé et de 60 % de co-produit. De l'urée a été incorporée dans la ration « screening » à raison de 1,1 % de la matière sèche afin de pallier son déficit en matières azotées, une teneur en matières azotées minimale de 11 % de la matière sèche ayant été fixée pour couvrir les besoins azotés des animaux alimentés à un niveau énergétique proche de l'entretien et surtout pour assurer une digestion ruminale correcte. Les quantités de matière sèche des rations distribuées aux animaux ont été calculées d'après une estimation de la valeur énergétique du foin et des co-produits à partir de données bibliographiques [3, 8, 9] en vue de couvrir les besoins d'entretien.

2.2. Animaux et conduite expérimentale

Quatre agneaux Texel âgés de onze mois et pesant en moyenne $43,3 \pm 2$ kg en début d'essai ont été répartis selon un schéma

expérimental en carré latin comprenant 4 rations et 4 périodes expérimentales. Chaque période expérimentale comportait 11 jours d'adaptation suivis de 10 jours de mesures. Les animaux vermifugés et déparasités ont séjourné dans des cages à bilans durant toute l'expérience. Ils étaient alimentés en deux repas équivalents en quantité suffisante pour les maintenir à un niveau d'alimentation proche de l'entretien et disposaient en permanence et à volonté d'eau fraîche.

2.3. Méthodes analytiques

Les analyses des aliments et des fèces ont été effectuées selon les méthodes recommandées par l'A.O.A.C. [1] en ce qui concerne la détermination des teneurs en matière sèche (MS), en cendres totales (CT), en matière organique (MO), en matières azotées totales (MAT, Kjeldahl) et en cellulose brute (CB). Une correction de la teneur en MS visant à tenir compte des fractions volatiles a été appliquée pour les échantillons de co-produits. Ce facteur correctif considère que 85 % des acides gras volatils et 14 % de l'acide lactique sont volatilisés lors de la dessiccation à 105 °C [6]. La teneur en cellulose brute (CB) a été déterminée par pesée du résidu de la digestion de l'échantillon successivement par de l'acide sulfurique et de la soude tous deux à la concentration de 1,25 g par 100 mL. Les matières grasses (MG) ont été déterminées par la méthode d'extraction à chaud de Soxhlet utilisant l'éther diéthylique comme solvant organique. Le dosage de l'amidon a été effectué par une méthode enzymatique (kit 207 748, Boehringer Mannheim [2]) utilisant une amyloglucosidase pour hydrolyser l'amidon. La détermination de l'énergie brute (EB) des aliments et des fèces a été obtenue par la mesure de la chaleur de combustion sous oxygène (30 bars) dans un calorimètre adiabatique.

La qualité de conservation des co-produits de pomme de terre a été appréciée

selon la méthode de cotation de Flieg modifiée par Vanbelle [10] pour la mesure de la réussite des ensilages. Les critères considérés dans cette méthode sont le pH, la composition en acides organiques (acides lactique, acétique et butyrique) ainsi que l'importance de la dégradation ammoniacale des protéines (% N ammoniacal/N total). Le pH a été déterminé sur un extrait à l'eau distillée et l'ammoniac a été déterminé par une adaptation de la méthode de Kjeldahl qui est limitée à une distillation directe de cet extrait après neutralisation par de l'oxyde de magnésium en présence de phénolphtaléine comme indicateur. Les acides organiques ont été déterminés par chromatographie HPLC des extraits désucriés par l'ajout de sulfate de cuivre et de lait de chaux et déprotéinisés par l'ajout d'acide métaphosphorique à 25 % [5]. Les déterminations de CB, MG, amidon et EB des co-produits et des fèces ont été effectuées sur des échantillons lyophilisés.

2.4. Analyse statistique

Les analyses statistiques des résultats obtenus ont été réalisées selon le modèle statistique du carré latin [4] et une comparaison des moyennes 2 à 2 a été effectuée par la détermination de la PPDS (Plus Petite Différence Significative) dans le cas où des différences significatives ou hautement significatives étaient mises en évidence par l'analyse de la variance.

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1. Caractéristiques des co-produits

La composition chimique des matières premières est donnée dans le tableau I. Pour la purée-pelure, elle correspond à celle indiquée par Remy et al. [9], sauf pour la MG et l'amidon que ces auteurs situent respectivement à des teneurs moyennes de 5 g·kg⁻¹ MS (extrêmes : 1 et 15 g·kg⁻¹ MS) et de

Tableau I. Composition chimique des matières premières.

Aliments	Foin	CMV	Purée-pelure	Screening	Protéopulp	Urée
MS (%)	82,4	91,6	12,1	23,3	21,2	98,4
MO (g·kg ⁻¹ MS)	925	459	945	971	901	1 000
MAT (g·kg ⁻¹ MS)	118	99	121	72	134	2 827 ¹
CB (g·kg ⁻¹ MS)	328	40	47	28	158	–
MG (g·kg ⁻¹ MS)	27	15	53	5	24	–
Amidon (g·kg ⁻¹ MS)	–	–	295	584	103	–
EB (MJ·kg ⁻¹ MS)	18,4	7,2	17,8	17,2	16,9	10,4

¹ L'urée utilisée dosait 452 g d'azote par kg de MS ; MAT = azote × 6,25.

507 g·kg⁻¹ MS. La composition chimique du « screening » est proche de celle indiquée par Remy et al. [9]. Il en est de même pour le « protéopulp », sauf pour la teneur en amidon que ces auteurs situent à 200 g·kg⁻¹ MS (extrêmes : 145 et 265 g·kg⁻¹ MS). Entre eux, les trois co-produits présentent d'importantes différences de composition chimique, notamment en ce qui concerne leur teneur en MAT, particulièrement faible pour le « screening » et leur teneur en CB, relativement élevée pour le « protéopulp ».

Les caractéristiques fermentaires des co-produits de pomme de terre montrent un excellent état de conservation de la purée-pelure (Tab. II). Le pH est inférieur à 4 et la teneur en acide lactique est importante (environ 150 g·kg⁻¹ MS) alors qu'il n'y a aucune trace d'acide butyrique. La conservation du « screening » et du « protéopulp », s'est

révélée plus difficile. Le pH est de 4,6 dans les deux cas et les teneurs en acide lactique sont faibles alors que des traces d'acide butyrique sont détectées. Il en résulte une diminution des valeurs au niveau de la cotation de la réussite de la conservation.

3.2. Digestibilité des rations et des co-produits

Les résultats des mesures de digestibilité des principes alimentaires présentés dans le tableau III montrent, à l'exception des MAT, certaines différences significatives entre les rations. Pour les trois rations contenant des co-produits, les digestibilités de la MS, de la MO et de l'EB sont significativement supérieures à celles de la ration « témoin », probablement en raison de la présence d'une quantité importante d'ami-

Tableau II. Caractéristiques fermentaires des co-produits de la pomme de terre.

Co-produits	Purée-pelure	Screening	Protéopulp
pH	3,34	4,63	4,58
N. NH ₃ /N. total (%)	5,9	11,1	7,2
g·kg ⁻¹ MS			
Acide lactique	141	32	67
Acide acétique	15	5	18
Acide butyrique	0	0,1	0,1
Cotation Flieg-Vanabelle (sur 100 points)	97	78	89

Tableau III. Coefficients de digestibilité des principes alimentaires des rations et des co-produits (%) et valeurs énergétiques des co-produits.

Rations	Témoin	Purée-pelure	Screening	Protéopulp
Digestibilité des rations				
MS	61,7 ^a	76,2 ^b	75,9 ^b	75,2 ^b
MO	63,0 ^a	77,4 ^b	77,4 ^b	75,7 ^b
MAT	62,1 ^a	67,8 ^a	59,2 ^a	62,3 ^a
CB	65,5 ^a	61,0 ^a	63,0 ^a	71,9 ^b
EB	59,6 ^a	73,8 ^b	73,1 ^b	71,7 ^b
Digestibilité des co-produits				
MS	–	85,6	85,0	84,1
MO	–	86,2	85,8	84,1
MAT	–	71,4	26,2	62,5
CB	–	42,0	45,0	80,1
EB	–	82,9	82,0	78,6
Valeurs énergétiques nettes des co-produits				
UFL	–	1,08	1,05	0,96
UFV	–	1,07	1,04	0,94

Dans un même essai et pour un même critère d'évaluation, les valeurs suivies d'un même indice ne sont pas significativement différentes ($\alpha > 0,05$).

don hautement digestible. Pour la digestibilité de la CB, seule la ration « protéopulp » se distingue des autres, indiquant une digestibilité élevée de la CB présente dans le co-produit « protéopulp ». La digestibilité des principes alimentaires des co-produits a été calculée par différence, c'est-à-dire en attribuant au foin et au CMV les valeurs obtenues avec la ration « témoin ». Au niveau de la MS, de la MO et de l'EB, on observe peu de différences entre les co-produits, si ce n'est pour l'EB du co-produit « protéopulp » dont la valeur de digestibilité légèrement plus faible peut s'expliquer par la faible teneur en amidon et la teneur plus importante en CB. La digestibilité des MAT du co-produit « screening » est faible mais certainement sous-estimée étant donné que la méthode par différence est imprécise lorsque le pourcentage du principe alimentaire concerné est inférieur à 20 % [7]. Il en est de même pour la CB des co-produits « purée-pelure » et « screening ».

3.3. Valeurs énergétiques

À partir des résultats de digestibilité et des équations préconisées par l'INRA [8], nous avons calculé les valeurs énergétiques des rations et par différence, selon le principe utilisé pour les mesures de digestibilité celles des co-produits (Tab. III). Les valeurs énergétiques nettes obtenues pour la purée-pelure sont en accord avec celles observées par Ensminger et Olentine (1978, cités par Boucqué et Fiems [3]) qui situent la valeur énergétique nette de la pelure de pomme de terre à $7,61 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ MS ce qui correspond approximativement à 1,1 UFL. Par contre, Remy et al. [9] situent les valeurs énergétiques nettes des purée-pelures de pomme de terre vers 0,99 UFL et 0,98 UFV. Les valeurs énergétiques nettes obtenues pour le « screening » sont également élevées mais sont toutefois inférieures aux valeurs citées par Remy et al. [9] qui, estimant le « screening » à partir de sa composition chimique, situaient ses valeurs

énergétiques à 1,17 UFL et 1,19 UFV. Pour le « protéopulp », les valeurs énergétiques nettes obtenues par nos essais sont légèrement supérieures à celles de Remy et al. [9] qui attribuaient respectivement 0,90 UFL et 0,89 UFV à ce co-produit.

4. CONCLUSIONS

Les valeurs énergétiques nettes de la purée-pelure et du screening situent ces co-produits à un niveau voisin de celui des céréales et des aliments concentrés en général. Ces valeurs énergétiques élevées résultent de leur teneur élevée en amidon. Ces co-produits se substitueront donc, au moins en partie, aux aliments concentrés dans les rations, sans risquer de réduire la concentration énergétique de la ration et la production envisagée, à condition de veiller à combler le déficit en MAT dans le cas du « screening ». Le « protéopulp », caractérisé par une teneur plus faible en amidon mais nettement plus élevée en CB présente une densité énergétique sensiblement plus faible que les autres co-produits testés. Intégré à des rations pour bovins, il remplacera en partie les fourrages de haute valeur alimentaire et les aliments concentrés.

REMERCIEMENTS

Les essais présentés ont bénéficié de l'aide technique du Comité National des Co-produits et du GIPT (Groupement national Interprofessionnel des Pommes de terre de transformation) et de l'aide financière du GIPT et de l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie). Les auteurs remercient les entreprises privées qui ont assuré la fourniture des co-produits. Au sein de celles-ci, ils ont pu compter sur le dévouement de Messieurs Decool (S.A. Mc Cain, France), Delhom (S.A. Lunor, France) et Gehin (S.A. Roquette, France). Ils tiennent

également à remercier Madame C. Givron et Monsieur S. Dethine pour leur collaboration technique ainsi que Mademoiselle A. Gauvin qui a participé aux essais dans le cadre de son travail de fin d'étude.

RÉFÉRENCES

- [1] A.O.A.C., Official methods of analysis of The Association of Official Analytical Chemists, 16th ed., Arlington, 1995.
- [2] Boehringer Mannheim GmbH Biochemicals, Enzymatic bioanalysis. Starch UV method, Methods of enzymatic bioanalysis and food analysis using test-combinations, 68298 Mannheim, Germany, 1997, 159 p.
- [3] Boucqué Ch.V., Fiems L.O., Vegetable by-products of agro-industrial origin, *Livest. Prod. Sci.* 19 (1988) 97–135.
- [4] Cochran W.G., Cox G.M., *Experimental designs*, Wiley ed., New York, 1957, pp. 127–131.
- [5] De Vuyst A., Vervack W., Vanbelle M., Moreels A., Arnould R., Comparaison du dosage des acides gras volatils dans les ensilages et le liquide du rumen par la méthode de chromatographie en phase gazeuse (gas-liquid chromatography) et la méthode de Lepper-Flieg, *Agricoltura XII (2^e Sér.)* (1964) 223–236.
- [6] Dulphy J.P., Demarquilly C., Problèmes particuliers des ensilages, in : *Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants*, INRA Ed., Versailles, France, 1981, pp. 81–105.
- [7] Giger S., Sauvant D., Comparaison de différentes méthodes d'évaluation du coefficient d'utilisation digestive des aliments concentrés par le ruminant, *Ann. Zootech.* 32 (1983) 215–246.
- [8] Institut National de la Recherche Agronomique, in : Jarrige R. (Ed.), *Alimentation des bovins, ovins et caprins, Tableaux de la valeur nutritive des aliments*, INRA Ed., Paris, 1988, 476 p.
- [9] Remy D., Poupard F., Pilard J.L., Weiss P., Chapoutot P., Morel d'Arleux F., fiches utilisation par les animaux : pelure de pomme de terre, purée-pelure de pomme de terre, pulpe de pomme de terre de féculerie, Comité National des co-produits, Institut de l'Élevage, Paris, 1996.
- [10] Vanbelle M., Arnould R., Deswysen A., Moreau I., L'ensilage, un problème d'actualité, Université catholique de Louvain, Belgique, 1981, 89 p.