

	AZOTE.	HUMIDITÉ.	CENDRES.	REMARQUES.
Alsace, récolte de 1835.	1,04	11,0	»	
— 1837.	1,15	12,0	»	
— 1841.	1,19	13,5	»	
Envir. de Paris. 1841.	1,21	10,0	»	
Alsace. 1844.	1,13	13,6	6,2	Pré de Kutzenhausen, non irrigué.
—	1,30	15,6	7,2	— Dürrenbach, irrigué.
—	1,06	14,0	8,9	— Surbourg, inondé.
—	1,40	13,6	8,9	— Lembach, irrigué.
—	1,07	13,0	7,6	— Hoffmatt, irrigué.
—	1,00	12,0	»	— Daubloch, non irrigué.
—	1,41	14,0	6,6	— Lampertsloch, irrigué.
MOYENNE . . . .	1,15	13,0	7,6	
Regain, récolte de 1844.	1,77	12,3	»	
— 1844.	2,16	14,3	7,7	Pré de Dürrenbach, irrigué.
— 1838.	2,02	15,8	8,4	
MOYENNE . . . .	1,98	14,4	8,0	

Puisque l'albumine, que je confonds ici avec le gluten, la caseine et la légumine, contient 16 d'azote pour 100, il en résulte que la matière animalisée, la viande du foin, est représentée, à l'état sec, par 7, 2. Dans 100<sup>kil.</sup> de regain, il y aurait 12. 4 de viande sèche.

On voit, d'après l'analyse, que le regain serait plus nutritif que le foin ; c'est ce que j'ai maintes fois constaté ; mais on croit, je ne sais pour quel motif, qu'il convient moins à la nourriture des chevaux. La cause en est peut-être dans ce que, rentré le plus souvent par un temps humide, il s'altère facilement dans le fenil.

L'importance d'une table des équivalents des fourrages est sentie par tous les agriculteurs ; et l'on doit savoir gré aux praticiens des efforts qu'ils ont faits pour arriver à la connaissance de la valeur relative des aliments végétaux. L'usage des tables d'équivalents est très-simple : les nombres placés à la suite de la valeur du foin indiquent les quantités des fourrages désignés qui peuvent remplacer 100 parties de foin. Ainsi :

Selon Block, 366<sup>kil.</sup> de carottes peuvent être substitués à 100<sup>kil.</sup> de foin de prairie. D'après Pabst, 60<sup>kil.</sup> d'avoine équivalent, comme nourriture, à 100<sup>kil.</sup> de foin.

Une connaissance certaine de la valeur nutritive des aliments consommés par le bétail offrirait des avantages réels à la spéculation agricole ; c'est elle qui guiderait l'éleveur dans ses acquisitions, sur la préférence qu'il devrait donner à tel ou tel fourrage. Supposons, par exemple, que, sur le marché :

100 kil. de pommes de terre, coûtent	4 fr. 50 c.
100 de foin	6 00

Admettons comme vraies les données théoriques, établissant que 100<sup>kil.</sup> de foin, équivalent, comme nourriture, à 287<sup>kil.</sup> de tubercules. Il est clair, en comparant les prix à ces équivalents, qu'il y a intérêt à acheter des pommes de terre, car les 287<sup>kil.</sup> devant remplacer les 100<sup>kil.</sup> de foin ne coûteraient que 4 fr. 30. Dans ces conditions de prix, il y aurait même avantage à vendre du foin, pour amener en retour des pommes de terre.

digestion, la fécule amylacée se transforme en gomme et en sucre, qui sont alors absorbés directement ; les substances grasses se divisent à l'infini, et, en s'émulsionnant, elles pénètrent dans l'organisme ; mais la fibre ligneuse, à l'état où elle se rencontre dans les plantes, ne paraît pas concourir à la nutrition : on la retrouve intacte dans les déjections des animaux.

Ces principes admis, on conçoit qu'il n'est pas indifférent qu'à proportion égale de matière animalisée, un fourrage contienne en plus de l'amidon, du sucre ou du ligneux. Les propriétés nourissantes de l'amidon et de ses congénères contribuent évidemment à l'alimentation, tandis que le ligneux se comporte comme un corps inerte.

Le foin et la pomme de terre, amenés au même état de dessiccation, ont, à peu de chose près, les mêmes proportions d'azote, 1, 3 et 1,6 pour 100, c'est-à-dire environ 9 pour 100 de viande. Dans la pomme de terre sèche, 90 parties sont formées en grande partie par de l'amidon. Dans le foin, il y a au contraire, dans le résidu, une forte proportion de ligneux. Ces faits sont de nature à expliquer pourquoi, malgré à peu près le même contenu en matière animalisée, la pomme de terre sèche peut réellement être plus nutritive que le foin sec. Pour donner aux équivalents théoriques toute la précision désirable, il convenait donc de déterminer, pour chaque espèce d'aliment, la quantité de matière organique qui échappe à la digestion : c'est un travail que j'ai exécuté. On a ainsi, pour chaque fourrage, trois

éléments qui permettent de comparer leur valeur nourissante, à savoir, la proportion de la substance azotée ; celle de la matière non azotée, sucre, gomme, amidon, pectine ; enfin, le contenu en principe inerte.

En réunissant à ces données celle non moins importante de la proportion de la matière grasse, j'ai pu présenter, dans un tableau, l'ensemble de la constitution des substances alimentaires dont il a été fait un examen chimique.

La connaissance de la proportion de principes analogues au sucre ou l'amidon, de celle des matières grasses contenues dans un aliment, peut servir à corriger ce qu'aurait de trop absolu un équivalent nutritif déduit uniquement de la proportion de l'élément azoté, de la viande. Les substances alimentaires qui ne renferment pas d'azote sont, comme je l'ai dit, absorbées rapidement pendant la digestion, et, parvenues dans le sang, elles y subissent une véritable combustion ; elles concourent ainsi à la production de la chaleur animale, en même temps qu'elles économisent, au profit de l'assimilation directe, une partie des matières azotées. Il faut en effet concevoir que l'albumine, la légumine, sont aptes à remplir dans la nutrition deux fonctions essentiellement distinctes ; elles peuvent brûler, comme brûlent l'amidon et le sucre, ou bien être assimilées après avoir éprouvé de légères modifications. Il résulte de là, que de deux rations renfermant chacune précisément le même poids d'albu-

mine ou de légumine, celle là sera réellement la plus nutritive qui contiendra une plus forte dose d'amidon, de sucre, de graisse, en un mot, une plus forte proportion d'aliments respiratoires; cette ration donnera plus de poids vivant, plus de chair, par la raison que, plus riche en éléments combustibles, il y aura moins de principes azotés assimilables, détruits par la respiration.

La valeur alimentaire des principes non azotés, d'après le rôle qu'ils jouent dans la nutrition, doit nécessairement dépendre de leur élément combustible; et, comme par une circonstance heureuse, leur composition est peu différente, en exceptant toutefois celle des graisses, il n'est pas nécessaire de fixer cette valeur pour chacun d'eux; ces principes ont d'ailleurs ceci de commun, que leur constitution se représente assez exactement par du carbone et de l'eau, de sorte que le carbone est le seul élément combustible qu'il y ait à considérer dans leur action. En effet, leur composition est exprimée ainsi qu'il suit :

	Carbone	Eau
Amidon.....	44,4	55,6
Sucre.....	42,1	57,9
Glucose.....	36,3	63,7
Inuline.....	44,2	55,8
Pectine, acide pectique.	43,0	57,0

Comme ces substances sont le plus souvent associées dans la nourriture végétale, il est permis de prendre pour la proportion du carbone de la matière

digestible non azotée, de ce genre d'aliments, le nombre moyen 42.

Les corps gras, par leur composition et leurs propriétés, diffèrent essentiellement du sucre, de l'amidon. Ils sont riches en carbone; de plus, une partie de l'hydrogène s'y trouve en excès par rapport à l'oxygène nécessaire pour former de l'eau. Ainsi, on a pour la composition générale des huiles et des graisses, quelle que soit leur origine :

Carbone.....	79
Hydrogène....	11
Oxygène.....	$\frac{10}{100} + H 1,25 = \text{Eau } 11,25$

Il reste par conséquent 9,75 d'hydrogène libre, c'est-à-dire d'hydrogène pouvant brûler en s'unissant à l'oxygène de l'atmosphère. Or, comme l'hydrogène absorbe trois fois autant d'oxygène et dégage environ trois fois autant de chaleur que le carbone, les graisses ou leurs analogues doivent nécessairement produire, dans la combustion respiratoire, un effet calorifique bien supérieur à celui occasionné par le sucre ou l'amidon. Cet effet, nous pouvons l'apprécier, en substituant à 9,75 d'hydrogène libre, son équivalent combustible en carbone, c'est-à-dire 29,25. En ajoutant ce nombre au 79 de carbone indiqué par l'analyse, on voit que 100 kil. de graisse ou d'huile dégagent, en brûlant, autant de chaleur que 108,25 kil. de carbone pur. On peut donc admettre, en restant au dessous de la réalité, que les substances grasses, quand on les considère comme

aliment combustible, c'est-à-dire quand elles sont absorbées pendant la digestion, équivalent à leur propre poids de carbone. Les autres principes digestibles non azotés, comme l'amidon, ne représentent en carbone que les 0,42 de ce poids.

La présence de l'huile ou de la graisse est d'autant plus avantageuse dans la nourriture, que ces matières participent de la double propriété que possèdent les substances azotées de s'assimiler ou de brûler; ainsi la graisse n'est pas seulement un aliment combustible, elle concourt encore directement à la production du tissu adipeux; aussi, dans certaines circonstances, lorsque, par exemple, il s'agit de provoquer un engraissement rapide, l'expérience prouve qu'il est très-utile de la faire intervenir dans l'alimentation.

Bien que l'intervention des principes digestifs à composition ternaire soit indispensable, il ne faut pas cependant exagérer son importance. Des expériences que j'ai faites sur ce sujet établissent que, données seules, l'albumine, la fibrine, la caséine, sont impropres à entretenir la vie, mais elles montrent aussi qu'il leur suffit d'être unies à de faibles doses d'aliments facilement absorbables, pour devenir éminemment nutritives. Enfin, ces expériences prouvent qu'au delà d'une certaine limite, l'amidon, le sucre, les graisses mêmes, ne produisent plus aucun effet utile, puisque ces matières échappent à la digestion et qu'on en retrouve une grande partie dans les déjections.

Toute ration alimentaire doit renfermer une certaine proportion de substances albumineuses, au-dessous de laquelle elle cesse d'être propre à entretenir la vie, quelle que soit d'ailleurs la quantité de principes à composition ternaire qui s'y trouve associée. Cette proportion varie nécessairement selon l'espèce, l'âge et le poids des individus, et sa détermination m'a paru assez importante pour entreprendre quelques expériences dont je présenterai ici les résultats principaux.

J'ai d'abord fait porter mes recherches sur une tourterelle, parce que les observations faites sur les oiseaux sont susceptibles d'une grande précision.

La tourterelle était parfaitement rationnée avec 14 grammes de millet par jour. Sous ce régime son poids s'accroissait lentement, mais régulièrement: en vingt quatre heures elle émettait par la respiration 3,40 gr. de carbone, à l'état d'acide carbonique. On a diminué graduellement la dose de millet, en n'en faisant plus consommer successivement que 6 gr. 4 gr., 3 gr., 1 gr., et en ayant soin de substituer au grain retranché de la ration, de l'amidon, du sucre, du beurre, de manière à remplacer largement l'aliment respiratoire qui existait dans le millet soustrait; aussi la tourterelle, soumise à ce régime mixte, produisait en respirant sensiblement la même quantité d'acide carbonique. Le poids initial s'est maintenu jusqu'à ce que la dose de millet fut réduite à 1,5 gr., avec 1 gr. de millet la perte diurne était très-peu prononcée; mais au-dessous de 1 gr. le régime

devint insuffisant, bien que l'animal digérât chaque jour beaucoup plus de beurre et d'amidon qu'il n'en fallait pour satisfaire à la dépense en carbone occasionnée par la fonction respiratoire. On doit en conclure que l'albumine renfermée dans 1,5 gr. de millet, c'est-à-dire dans 0,31 gr. ne suffit pas pour rendre nutritive la ration que consomme dans un jour une tourterelle du poids de 130 grammes, quelle que soit la quantité de matières digestibles non azotées associée à cette albumine. Des observations analogues, mais naturellement moins précises, me portent à croire que malgré la surabondance et la nature des aliments auxiliaires non azotés, la nourriture est insuffisante quand l'albumine ou la légumine, dans la ration d'un jour, est au-dessous de :

1 kil.	20	pour une vache laitière pesant 600 kil.	
1	00	pour un cheval de travail, id.	500
0	90	pour un cheval	id. 400
0	12	pour un porc	id. 85

Dans le cas le plus général une ration alimentaire contient, en principes digestibles, une quantité de carbone bien supérieure à celle que l'animal auquel on la destine émet par la respiration ; dans de telles conditions on peut, lorsqu'il s'agit de substituer une ration à une autre, faire usage des équivalents basés sur le contenu en principes azotés. Ces équivalents renferment tous une quantité de matière azotée égale à celle renfermée dans l'équivalent pris pour base. Ainsi 100 kilog. de foin contiennent, d'après l'analyse, 7,2 kilog. d'albumine, et dans 348 kilog.

de topinambours, leur équivalent, il entre aussi 7,2 kilog. d'albumine. Le défaut de ces équivalents c'est de ne pas représenter les principes digestibles à composition ternaire. Il est cependant hors de doute que dans nombre de rations mixtes, l'utilité alimentaire de la paille est plus grande que ne l'indiquerait son équivalent azote. Ainsi, pour certaines pailles de blé, il en faudrait, suivant la théorie, 383 kilog. pour équivaloir à 100 kilog. de foin. Dans ces 383 kilog. il y a, en effet, l'albumine de 100 kilog. de foin, mais, de plus, on y compte 138 kilog. d'aliments non azotés, tandis que le foin n'en renferme que 44,4 kilog. Dans tous les cas analogues, la ration sera réellement plus nourrissante que le foin auquel on la substitue. Il peut aussi arriver, par une raison contraire, que la ration substituée soit moins nutritive, malgré l'égalité de principes azotés, et, même, dans telle circonstance, la dose de l'aliment substitué sera insuffisante, parce qu'elle ne comportera pas la quantité des éléments combustibles indispensables pour satisfaire à la respiration de l'animal rationné ; ce point mérite d'être éclairci par un exemple.

Les légumineuses, les graines oléagineuses, les tourteaux, résidus de la fabrication de l'huile, sont placés, avec toute raison, au nombre des aliments les plus substantiels. L'analyse sanctionne l'opinion de la pratique, en montrant que de toutes les matières végétales organisées, ce sont les plus riches en albumine, en légumine ; et ce qui ajoute encore à leur qualité alimentaire, ce sont les corps gras dont

quelques-unes sont abondamment pourvues. Cependant les équivalents théoriques, tirés du dosage de l'azote, s'éloignent beaucoup de ceux admis par la pratique. Ainsi l'analyse conduit à 30 pour l'équivalent des pois, lorsque les nombres donnés par les praticiens sont généralement compris entre 40 et 66; le dosage de l'azote indique 22 pour l'équivalent du tourteau de lin, quand Block, Weber et Pétri donnent 42, 57 et 108. Comme des différences de cet ordre se présentent pour le même genre d'aliment, on doit présumer que les équivalents théoriques sont trop faibles, ou ce qui revient au même qu'ils expriment des pouvoirs nutritifs trop élevés. Il est, en effet, facile de prouver que l'erreur est du côté de la théorie. Supposons qu'il s'agisse de remplacer 16 kilog. de foin rationnant un cheval de 500 kilog. par des pois. Suivant les équivalents fondés sur les proportions de la matière azotée, 4,80 kilog. de pois équivaldraient à 16 kilog. de foin; or, on sait qu'en vingt-quatre heures ce cheval émet par la respiration, par les sécrétions urinaires et intestinales environ 3 kilog. de carbone qui, nécessairement, doivent préexister dans la partie *digestible* de la ration. En consultant le tableau de la constitution des substances alimentaires, nous trouverons que, dans 16 kilog. de foin, il y a en principes digestibles :

	kil.		kil.	
Matières analogues à la graisse	0,61	= carbone	0,61	} 3,59
Matières non azotées.....	7,10	= carbone	2,98	
Albumine.....	1,15			

Les matières digestibles non azotées, de la ration de foin, renferment donc à elles seules plus d'éléments combustibles que le cheval n'en émettra en vingt-quatre heures.

Dans les 4,80 kil. de pois, il y a :

	kil.		kil.	
Matières grasses.....	0,10	= carbone	0,10	} 1,30
Matières non azotées...	2,86	= carbone	1,20	
Légumine.....	1,15	= carbone	0,65	
Total des éléments combustibles....			1,95	

Cette quantité de pois est évidemment insuffisante, puisque, même en faisant intervenir le carbone de la légumine, elle ne renferme pas encore les éléments combustibles que le cheval consomme en un jour; pour la rendre réellement équivalente à 16 kilogr. de foin, il faut y joindre un aliment riche en graisse, en amidon, ou en sucre; c'est ce qu'on fait ordinairement, en mêlant des racines aux légumineux et aux tourteaux. Cependant, si la substitution devait être faite uniquement avec des pois, on voit, qu'à la ration calculée d'après l'équivalent fondé sur le contenu en principe azoté, il y aurait lieu d'ajouter un supplément apportant les éléments combustibles qui manquent à cette ration. Ce ne serait plus alors 4,80 kil. de pois qu'on substituerait à 16 kil. de foin, mais un poids plus fort, qui équivaldrait exactement au foin; car, dans chacune des deux rations, on aurait, en sus de la même proportion d'albumine ou de légumine, des principes digestibles, représentant la même valeur comme aliment respiratoire. Dans

Si les équivalents que j'ai déduits de l'analyse s'accordent, dans plusieurs cas, avec les nombres donnés par les praticiens; dans d'autres, ils en diffèrent très-notablement. Mais il faut observer que les équivalents pratiques présentent entre eux des différences du même ordre. Ainsi, nous voyons que pour nourrir comme 100<sup>kil.</sup> de foin, il faut en paille de froment 666<sup>kil.</sup> suivant Schnee et Thaer, et 175<sup>kil.</sup> selon Flottow. D'après Meyer, 290<sup>kil.</sup> de navets équivalent à 100<sup>kil.</sup> de foin, tandis que Middleton prescrit 800<sup>kil.</sup> pour l'équivalent de cette racine, nombre qui coïncide avec celui de la théorie. Block donne 30 pour l'équivalent des pois, et Thaer, autorité tout aussi respectable, indique 66. Le même agronome assigne à la betterave champêtre l'équivalent de 460, lorsque Meyer et Pabst le portent à 250, et M. de Dombasle à 261. Quelque large que soit la part que l'on fasse aux difficultés que présentent les recherches sur l'alimentation, on se rend difficilement raison de différences aussi fortes. Quant à l'accord surprenant qu'offrent dans plusieurs cas les résultats pratiques, on doit être convaincu que cet accord n'est qu'apparent, car il est certain que la plupart des auteurs se sont copiés en silence. Il est souvent impossible de décider dans les écrits des agronomes si la valeur nutritive qu'ils donnent à une substance a été fixée par leurs propres observations, ou simplement adoptée sous la responsabilité d'un autre observateur. Toute personne qui n'est pas complètement étrangère à l'art de faire des expériences, ne se persuadera jamais que

onze expérimentateurs soient arrivés isolément à trouver, pour l'équivalent du foin de luzerne, le nombre exact de 90; ou bien que cinq observateurs distincts aient été conduits au chiffre de 600 pour l'équivalent du chou.

La fixation de la valeur nutritive des fourrages, par la détermination de l'azote, est loin d'être à l'abri d'objections : cette méthode tend à donner des équivalents trop bas, parce qu'elle est sujette à porter un peu trop haut la quantité de viande contenue dans les fourrages. L'azote, recueilli dans l'analyse, peut provenir, pour une très-faible partie, des nitrates qui se rencontrent dans les plantes, et dont l'utilité est nulle dans la nutrition. Généralement cette cause d'erreur n'exerce qu'une influence à peine appréciable; mais il est des feuilles, des racines qui, venues dans certains terrains, même très-peu salpêtrés, sont assez riches en nitrates.

Par la détermination de l'azote, on se borne uniquement à évaluer la quantité de viande renfermée dans un fourrage; c'est bien certainement là l'une des matières qu'il importe le plus de doser, c'est celle qui existe en proportion moindre; et son abondance ou sa rareté dans un aliment, décide, à n'en pas douter, du plus ou moins de valeur nutritive qu'on doit lui attribuer. D'ailleurs, les autres substances non azotées, comme le sucre, l'amidon, la gomme, se trouvent presque toujours en grand excès par rapport à la substance azotée. Ces matières sont les auxiliaires indispensables de l'aliment végétal. Dans l'acte de la