

Synthèse Sur

LES DRÊCHES DE BRASSERIE

**COMITÉ DES SOUS-PRODUITS
RNED BOVIN - JUILLET 1991**

SYNTHESE SUR LES DRECHES DE BRASSERIE

Document réalisé par :

MM. ARNOLD et SANGEL (E.D.E. Bas-Rhin)

M. BLANCHART (E.N.S.A.I.A. Nancy.)

M. CADOT (I.T.E.B.)

M. CHEVERRY (ANRED - LES TRANSFORMEURS)

M. CHILLON (E.D.E. Marne)

Mme. DOREAU (INRA Theix)

M. FRANCK (E.N.V. Lyon)

M. KOLLER (D.D.A. Bas-Rhin)

888390 11

M. MOREL D'ARLEUX (I.T.E.B.)

M. PARRASSIN (INRA Mirecourt)

M. ROUSSEL (E.D.E. Moselle)

M. RUELLE (E.D.E. Nord)

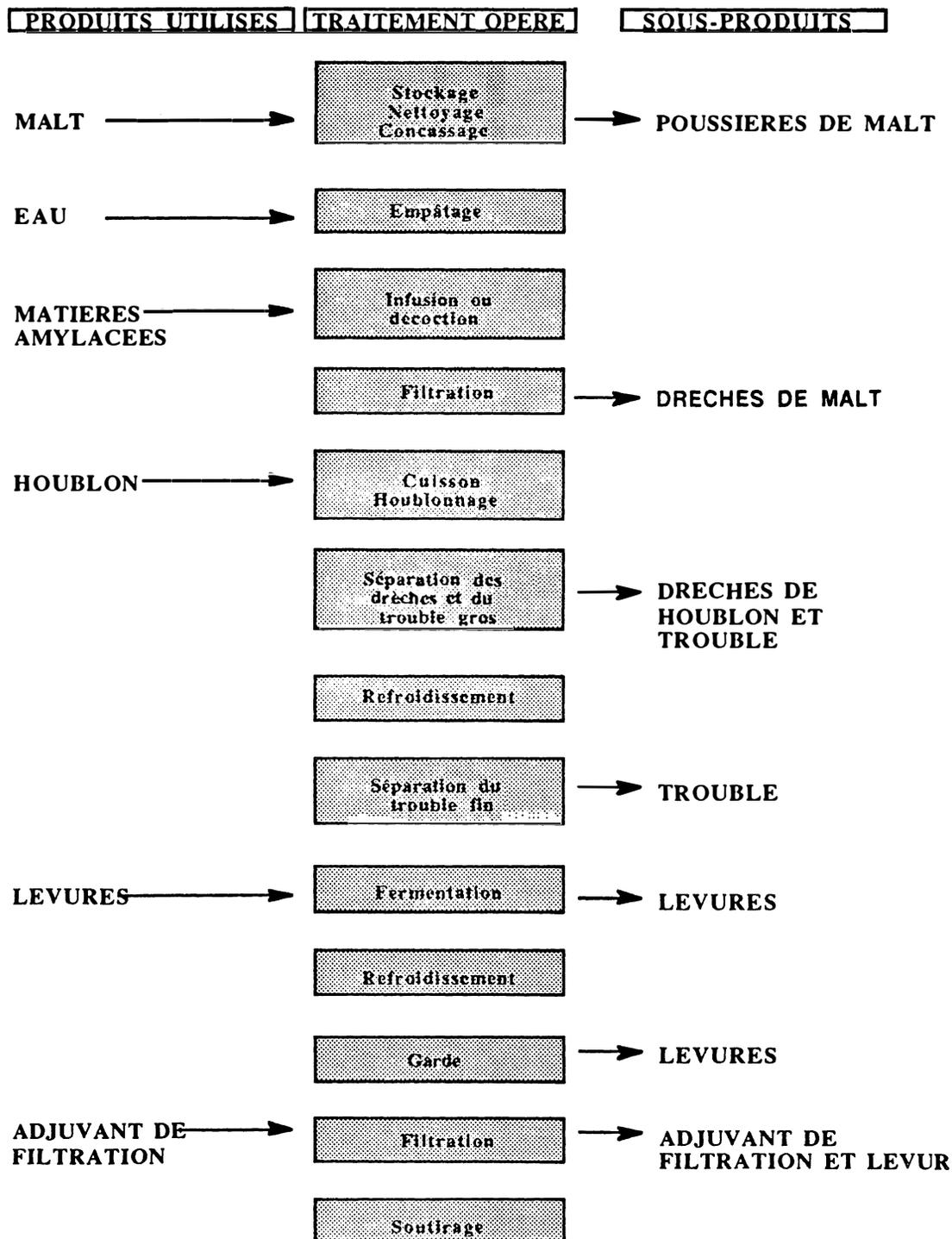
M. SAUVANT (I.N.A. Paris grignon)

I - ORIGINE DES DRECHES

1 Diagramme de fabrication de la bière et sous-produits obtenus

Les drèches constituent le principal sous-produit des brasseries. Le terme de drèches englobe en fait une famille de produits à base de drèches de malt. Elles sont constituées des résidus de filtration du moût et sont utilisées depuis longtemps en alimentation du bétail.

Avant d'examiner la disponibilité de ce sous-produit au niveau national, rappelons succinctement le processus de fabrication de la bière et les différents stades où apparaissent les sous-produits de brasserie.



(d'après A. MEUNIER - INRA)

Ce processus de fabrication comprend les étapes suivantes :

- la préparation du malt (c'est-à-dire de l'orge germée artificiellement et séchée) : nettoyage, concassage. Les poussières de malt issues de cette dernière étape représentent des quantités très faibles proportionnellement aux quantités de malt mises en oeuvre, de l'ordre de 1,5 %. Leurs destinations actuelles sont :

- L'alimentation du bétail (incorporées aux drèches),
- La fabrication de bières spéciales,
- La mise en décharge,
- L'incinération si elles sont infectées;

- l'empâtage, opération qui consiste à mettre en solution le malt broyé. Au cours de ce processus, les brasseurs enrichissent le produit obtenu en sucres fermentescibles avec des matières amylacées de maïs par exemple (c'est-à-dire les "gritz" de maïs, fournies en semouleries). La loi française limite à 30 % l'adjonction de ces matières amylacées;

- l'infusion ou la décoction qui a pour but d'hydrolyser l'amidon du "brassin" en sucres fermentescibles. L'infusion consiste à chauffer progressivement la totalité du brassin, de 40 à 70 ° C (méthode anglaise). L'élévation de température peut être également obtenue en portant à ébullition une partie du brassin qui est ensuite réintroduite dans la masse, c'est la méthode par décoction;

- la filtration : la plupart des particules solides sont éliminées lors de cette opération et constituent les drèches de malt. Elles contiennent environ 80 % d'eau ; un pressage mécanique modéré est parfois réalisé par les brasseurs et permet de ramener ce taux à 70-75 %;

- la cuisson et le houblonnage, étapes qui permettent la stabilisation du moût issu de la filtration et son aromatisation;

- de nouvelles filtrations : à ce stade sont récupérées les drèches de houblon. Elles peuvent être mélangées aux drèches humides de malt, mais elles sont amères. Dans les brasseries utilisant des houblons en granulés, on récupère les drèches de houblon en même temps que le trouble du moût. Ce dernier se caractérise par un taux d'humidité de 75 à 88 % et retient environ 0,2 % du volume total du moût. Il est parfois mélangé aux drèches de malt;

- La fermentation constitue la phase de transformation des sucres solubles en alcool et en gaz par des microorganismes. Elle conduit à un sous-produit riche en levures, bières et alcool. Les levures, quand elles sont récupérées, sont recueillies à l'état liquide, sinon dans les brasseries plus anciennes, elles partent avec les eaux résiduelles. La teneur en matière sèche de ces levures est variable :

- 12 à 15 % pour les levures de 1ère fermentation,
- 6 à 7 % pour les levures de "fond de tank", Cette plus faible concentration s'explique par la dilution qui a lieu lors du rinçage des cuves.

Les levures sont le plus souvent vendues à des entreprises spécialisées qui les déshydratent et parfois ajoutées aux drèches après séchage ou après filtration pour en accroître la teneur en matières azotées.

2 Influence des paramètres technologiques sur la qualité des drèches

Les drèches diffèrent en fonction du type de bière produite (bière blonde ou bière brune), d'une brasserie à l'autre et d'une année sur l'autre.

Les principaux paramètres technologiques qui influencent la qualité des drèches outre ceux déjà mentionnés sont :

- a) le type de malt employé. Pour la fabrication de certaines bières, le brasseur peut utiliser des malts spéciaux : malt caramélisé, malt torréfié. D'autre part, en fonction de la qualité du malt, le brasseur utilise plus ou moins de matières amylacées pour corriger la composition du brassin et notamment sa teneur en matières azotées.
- b) La finesse du concassage du malt qui conditionne la facilité de transformation de l'amidon en sucres et l'efficacité de la filtration du moût en fin de brassage.
- c) La durée, la température et la méthode de brassage utilisées (infusion ou décoction) qui déterminent la teneur résiduelle en amidon et azote soluble.
- d) Le premier traitement des drèches. Le jus de pressage des drèches contient des solides en suspension qui peuvent être séparés par centrifugation et incorporés aux drèches de malt.

II. DISPONIBILITE DES DRECHES

Il existait en 1988, 32 brasseries réparties sur 18 départements, dont 21 pour la région Nord-Pas de Calais-Somme, représentant 20 % de la production française de drèches et 9 brasseries dans le Bas-Rhin, représentant 50 % de cette production (graphiques 1 et 2).

On estime que 100 kg de malt donnent 113 kg de drèches à 90 % d'humidité, soit 10 à 22 kg de drèches par hectolitre de bière, suivant les établissements, avec une moyenne d'environ 15 kg/hl dans la région Nord-Pas-de-Calais (source : INRA Lille) et d'environ 19 kg/hl en Alsace (DDA 67, non publié). Sur la base d'une production française de bière de 20,1 millions hl en 1988, on peut évaluer le tonnage de drèches disponibles à environ 300 000 à 380 000 tonnes.

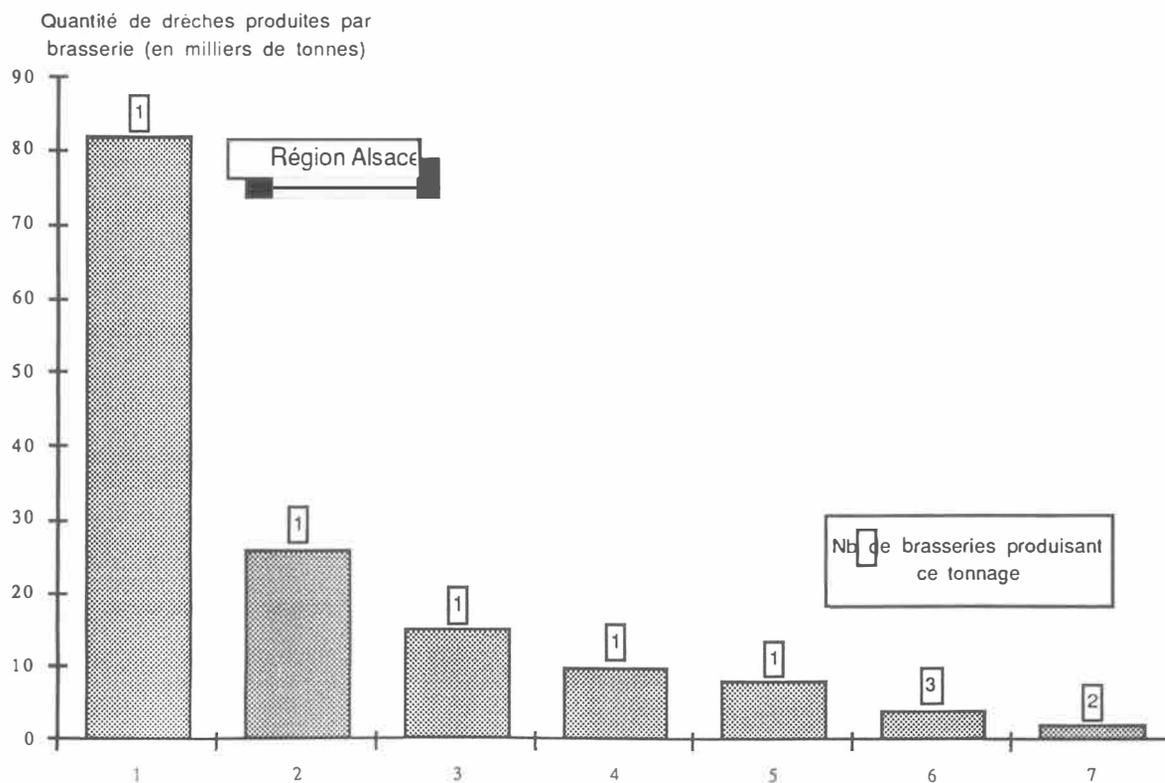
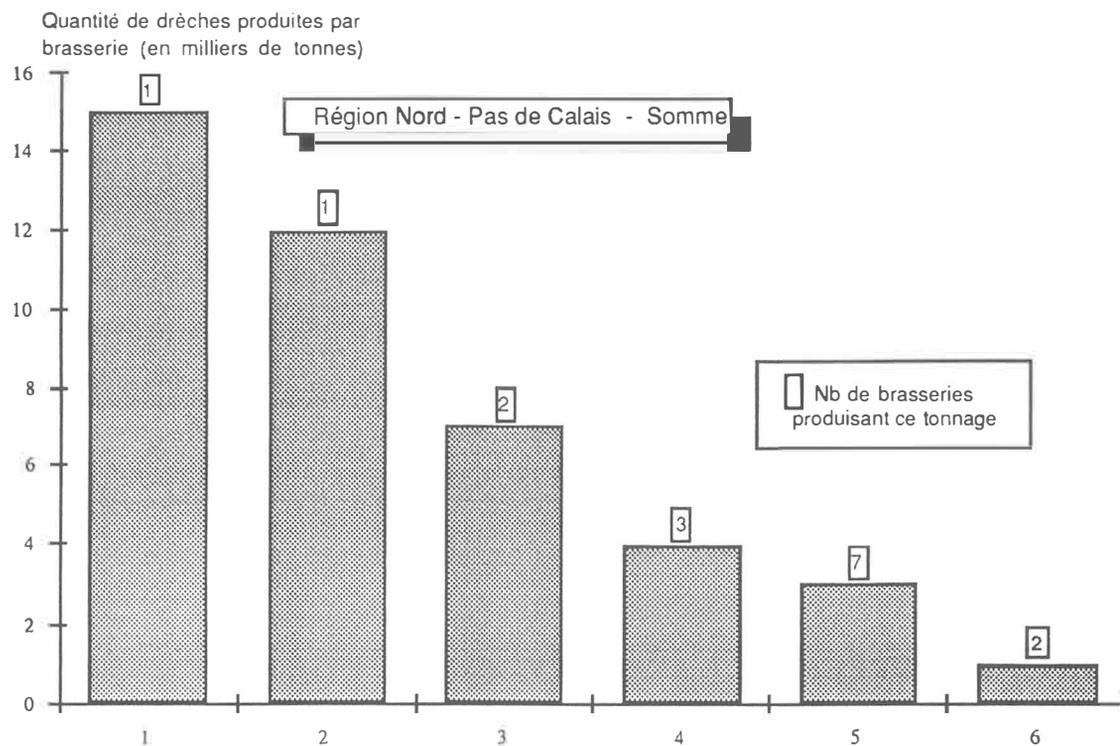
se alcool

Graphique 1 : REPARTITION GEOGRAPHIQUE DES BRASSERIES



Répartition géographique des Brasseries

Graphique 2 : REPARTITION DES BRASSERIES SUIVANT LEUR PRODUCTION



III. COMMERCIALISATION ET CONSERVATION

Les possibilités d'approvisionnement en drèches de brasserie sont liées au rythme de production de celles-ci et par conséquent, au rythme de production de la bière.

Cette production de drèches se caractérise par un effet saisonnier : elle est deux fois plus élevée en été qu'en hiver; le maximum de production se situe au cours des mois de mai et juin, c'est-à-dire à une période où les éleveurs ont des disponibilités en herbe importante (graphique 3). Les petites unités de brasserie, très nombreuses il y a une vingtaine d'années, disparaissent. Actuellement, deux groupes de brasseries contrôlent plus de 50 % de la production de bière française (et donc de drèches).

1 Circuits de commercialisation et d'approvisionnement

Actuellement toutes les drèches fraîches sont vendues, au départ des brasseries, sur la base d'un prix au kg brut de produit fixé en accord avec le Syndicat des Brasseurs. Cependant, exception faite de KRONENBOURG, les brasseries vendent leurs drèches à l'unité de volume (brassin). Cette unité est variable d'une brasserie à l'autre et dépend du système de distribution (de 80 à 155 kg). Cette variabilité entraîne des différences de prix au kg entre brasseries.

L'enlèvement des drèches est assuré par des circuits commerciaux divers selon l'importance de la brasserie et sa situation géographique.

Les drèches des petites et moyennes brasseries sont vendues à des éleveurs dans un rayon de 20 à 50 km,

- soit directement,
- soit par l'intermédiaire de coopératives agricoles, groupements d'éleveurs...

Les grandes brasseries vendent leurs drèches surtout à des négociants français et étrangers sous contrat, négociants qui se chargent de leur enlèvement régulier.

Chacun de ces deux circuits collecte environ 50 % des drèches.

2 Formes de commercialisation et de conservation

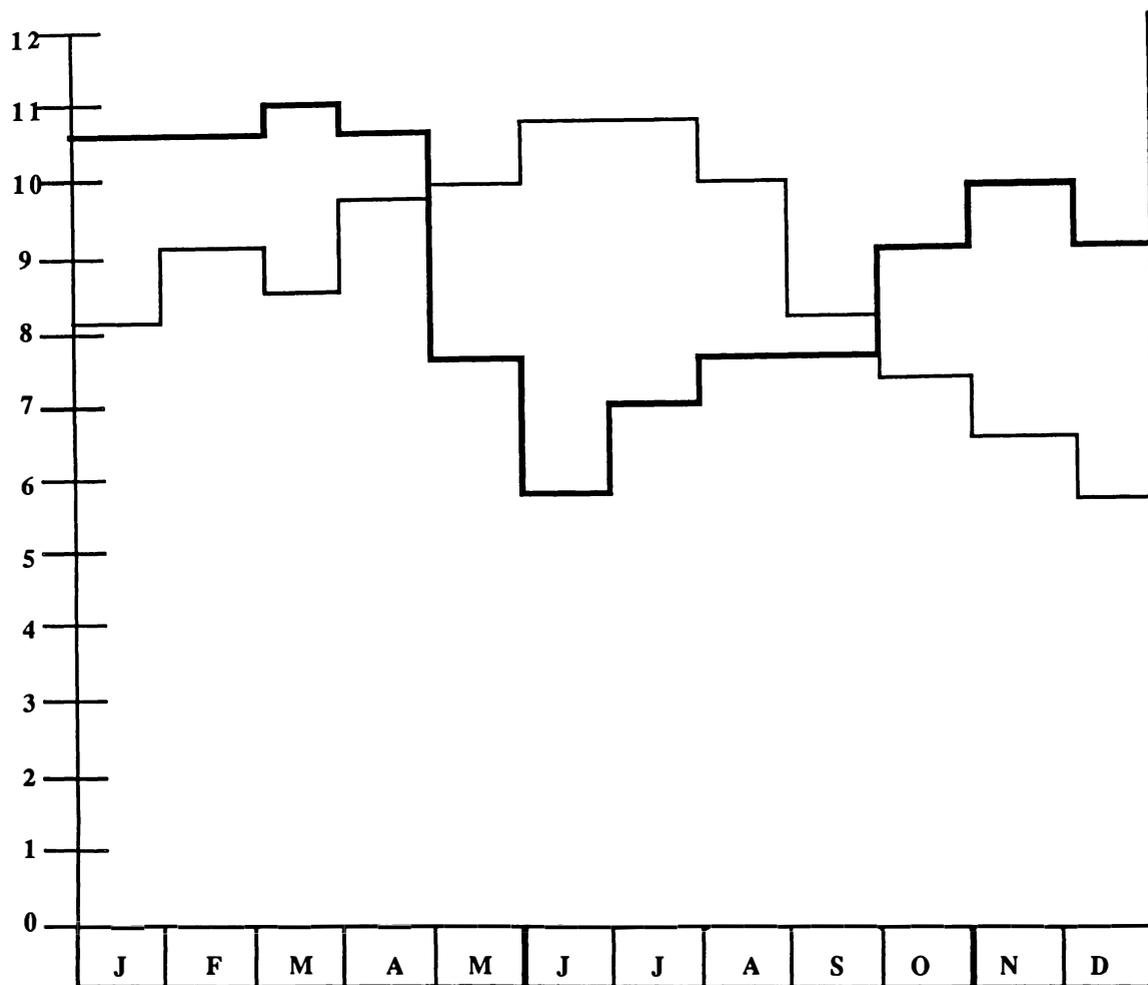
Les drèches de brasserie sont commercialisées et stockées :

- fraîches,
- ensilées,
- ou déshydratées.

a. drèches fraîches

Des études de conservation ont été menées sur des drèches fraîches, stockées à l'air libre (tableau 1). La teneur en MS à la livraison était proche de 20 % et augmentait progressivement par suite des pertes en jus jusqu'à 25 %, du moins dans les essais français, alors que la teneur en MS restait stable, avec des drèches surpressées. Au cours du stockage, le pH diminue, les teneurs en N ammoniacal et acide acétique augmentent (ALLEN et al., 1975). Parallèlement, le produit s'altère rapidement, les pertes par moisissures peuvent devenir importantes quand la durée de stockage excède 7 jours ou quand les conditions météorologiques sont mauvaises (augmentation de la température et/ou de la pluviométrie). Différents conservateurs ont été testés par ALLEN et al. (1975) pour diminuer ces pertes : acide formique, acide propionique, ou mélasse, seul le mélange acide formique + acide propionique en proportion 50/50 a donné des résultats satisfaisants. Les drèches fraîches restent néanmoins un produit instable qui ne peut se conserver que quelques jours ; il est nécessaire de prévoir un approvisionnement hebdomadaire, cette forme de commercialisation est donc réservée aux élevages situés à proximité des brasseries.

Graphique n°3 : VARIATION DE LA PRODUCTION ET DE LA CONSOMMATION DES DRECHES DE BRASSERIE



Source : Société BETAIGNE, 1982

— Consommation des drêches en alimentation animale au cours de l'année
(en % de la consommation totale annuelle)

— Production de la brasserie KRONENBOURG au cours de l'année
(en % de la consommation totale annuelle)

Tableau 1 : Evolution du pH et de la teneur en MS des drèches fraîches de brasserie en fonction du temps de stockage.

AUTEUR S	DRECHES FRAICHES				DRECHES FRAICHES SURPRESSEES	
	Vignon et Blanchard (1973)		Allen et al (1975)		David et al. (1983)	
JOURS	MS %	pH	MS %	pH	MS %	pH
1	20,6	4,5	23,0	4,7	31,0	3,9
5	23,2	3,8	-	6,4	31,6	3,5
10	-	-	-	4,1	31,5	3,8
14	-	-	-	3,9	-	-

Tableau 2 : Qualité de conservation d'ensilages de drèches en grands silos

	MS	pH	% N total		Acides organiques et alcools (g/kg MS)					
			N-NH3	N sol	Acide lact.	Acide acét.	Acide prop.	Acide butyr.	Acide valér.	Alcools
INRA, Orcival (1980)	26,0	4,7	11,2	23,8	7,0	8,3	14,2	11,7	7,4	4,8
INRA, Mirecourt (1979)	27,0	4,1	-	13,2	-	26,9	5,2	6,9	2,0	5,6
INRA, Mirecourt (1980)	24,4	4,0	-	11,0	-	-	-	-	-	-
COTTYN et al (1975)	25,0	3,9	0,9	-	5,4	4,0	-	1,3	-	-

Tableau 3 : Influence des conservateurs sur la qualité de conservation des ensilages de drèches (silos expérimentaux de 4 m3)

Type d'ensilage	% MS	pH	MAT en % MS	en % N total		Acides organiques et alcools (g/kg)				
				N-NH3	N soluble	Acide Lact.	Acide Acét.	Acide Prop.	Acide Butyr.	Alcools
Sans conservateur	23,8	4,5	33,1	0,2	3,0	6,2	3,6	2,3	0	1,3
ferments lact. +céréales (50 kg/t)	23,9	4,0	30,1	0,5	6,7	24,9	4,4	0,7	0	11,2
Acide formique (4,5 l/t)	22,5	3,3	31,0	0,5	5,3	38,6	4,9	0,7	0	1,9

b. drèches ensilées

L'utilisation des drèches sous forme d'ensilage est classique en Hollande et se développe plus largement en France.

Qualité de conservation des ensilages

Des études de conservation ont été réalisées en laboratoire avec des drèches ensilées à 20 % (graphique 4). Le nombre de lactobacilles a fortement augmenté dans les deux premiers jours qui suivaient la mise en silo pour ensuite diminuer jusqu'à la fin de l'essai. Parallèlement, le pH tombait en dessous de 4,0 au cours des deux premiers jours. Après 18 jours de conservation, la valeur du pH et les teneurs en acide acétique et en azote ammoniacal sont tout à fait satisfaisantes.

Parallèlement, des études en grands silos ont confirmé que les drèches se conservent bien, fermentent très peu : elles contiennent très peu d'azote ammoniacal ou soluble, et peu d'acides organiques et d'alcools (tableau 2). En effet, le pouvoir tampon des drèches est faible (ALLEN et STEVENSON, 1975), ce qui facilite l'abaissement du pH.

Règles à suivre pour réussir un ensilage et intérêt des conservateurs

Les drèches de brasserie peuvent s'ensiler facilement ; néanmoins, elles constituent un milieu de culture très favorable au développement des moisissures, aussi est-il nécessaire de prendre un certain nombre de précautions :

- *un ensilage rapide* : il est recommandé de récupérer les drèches dès la sortie des cuves de fermentation et la durée de remplissage du silo ne devra pas excéder 12 heures.

- *une herméticité du silo* : il est préférable de disposer de silos parfaitement étanches, construits de préférence en dur (silo béton / silo taupinière). Aussitôt le silo rempli, il faut fermer hermétiquement à l'aide d'une bâche plastique, puis le charger afin d'obtenir une parfaite adhésion entre la bâche et l'ensilage sans création de poches d'air. Il est inutile de tasser la drêche.

- *une adéquation de la taille du silo* aux besoins de l'exploitation : la hauteur du silo ne doit pas dépasser 1,50 m pour limiter les risques d'éboulement. La largeur du silo sera calculée de manière à faciliter la manutention de l'ensilage (au moment de la mise en silo et au désilage) et à maintenir un prélèvement quotidien suffisant sur le front d'attaque du silo. Quant à la longueur du silo, elle sera déterminée par la quantité nécessaire de drèches, disponible au niveau de la brasserie (du moins pour les petites brasseries).

Pertes au silo

La conservation dans des silos hermétiques limite les pertes en cours de conservation par rapport aux drèches fraîches.

Les observations faites sur des silos de grande capacité (100 m³) font ressortir des pertes totales se situant entre 20 et 25 % de la matière sèche (tableau 4). Ces pertes se font essentiellement :

- par écoulement des jus,
- par fermentation et moisissures.

GRAPHIQUE 4 : EVOLUTION DE LA QUALITE DE CONSERVATION DES DRECHES ENSILEES (ALLEN et STEVENSON, 1975)

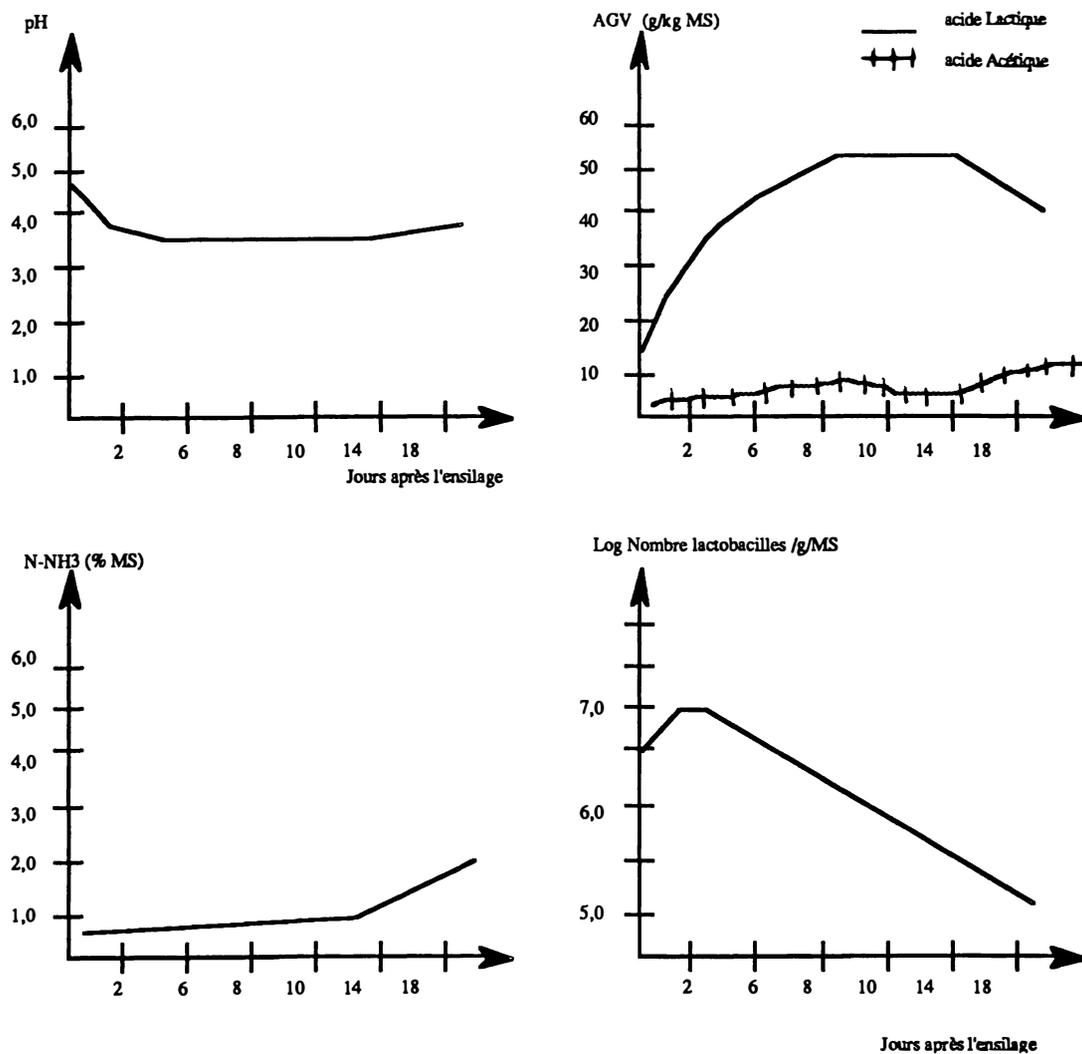


Tableau 4 : Bilans de pertes au silo

	Teneur en MS des drèches à la mise en silo	% de pertes totales
E.D.E.	20,5	25
INRA Mirecourt 1979	20,9	20
1980	20,5	20
1981	21,2	21
1982	20,9	26

Peu d'éléments nous permettent de distinguer la part de chacune de ces pertes car les bilans de silos disponibles englobent les pertes par jus au cours du transport, durant le stockage et les pertes par fermentation.

Toutefois, selon des observations faites par l'EDE du Bas-Rhin, les pertes par fermentation, sur la base de la matière sèche, seraient de 10 % quelle que soit la teneur en matière sèche des drèches au départ des brasseries. Par contre, les pertes par jus sont d'autant plus importantes que cette teneur en matière sèche est faible.

Enfin, il est important de noter que, comme pour les pulpes de betteraves, le surpressage des drèches dès leur sortie des cuves de filtration est une technique intéressante, dans la mesure où elle diminue les frais de transport et supprime totalement les pertes en jus en cours de conservation. Ce surpressage qui amène la teneur en MS vers 30 % environ est déjà utilisé dans certaines installations de déshydratation ou pour les ensilages sous vide en sacs plastiques de 50 kg, conditionnement qui simplifie beaucoup les problèmes de transport et évite la construction d'un silo. Mais les intérêts pratiques et économiques restent à démontrer.

c. drèches déshydratées

La déshydratation des drèches, non négligeable il y a une vingtaine d'années, est pratiquement abandonnée aujourd'hui en raison du coût de l'énergie. Elles étaient essentiellement utilisées dans la fabrication d'aliments du bétail.

IV. COMPOSITION CHIMIQUE

1 Caractéristiques générales de composition et variation

a. teneur en matière sèche

A la sortie de l'usine les drèches fraîches présentent une teneur en matière sèche moyenne de près de 20%. Cette teneur est susceptible de varier d'une brasserie à l'autre. Ainsi pour 6 brasseries enquêtées par l'E.D.E. 67 (1979), les teneurs moyennes inter-usines étaient significativement différentes et échelonnées entre 19,2 et 22,9 %. En outre, pour une même brasserie, les teneurs en MS des livraisons peuvent être très différentes ; la même enquête a en effet montré que ces teneurs variaient dans une fourchette de près de 7 points.

Cette variabilité des teneurs en MS des drèches fraîches présente une signification économique (prix d'intérêt) et technique (perte de transport et de conservation - tableau 4) non négligeable. Les différences de teneurs en MS des drèches fraîches se répercutent en partie sur l'humidité de l'ensilage. Ainsi, dans l'enquête évoquée ci-dessus la teneur moyenne en MS de 7 silos a été de 24,2 % avec des valeurs extrêmes de 20,6 et 26,6 %.

Lorsqu'elles sont déshydratées, les drèches de brasserie peuvent également présenter des variations non négligeables d'humidité. Ainsi, les tables du GERNA signalent que pour 188 échantillons de drèches sèches analysées, la teneur moyenne en MS était de 90,9 % avec des valeurs extrêmes de 83,5 et 96,8 %.

b. constituants de la matière sèche

Évaluée à travers les caractéristiques analytiques classiques, la composition des drèches de brasserie est susceptible de varier assez largement. D'après la littérature, les plages de variation des principales caractéristiques sont les suivantes (en % de M.S.) :

	Plage de variation	Tables INRA 1988
Cellulose brute	12 à 22	15,0
Matières azotées totales	20 à 40	30,0
Matières grasses	5 à 12	8,6
Matières minérales	3,5 à 6	5,0

Cette composition se caractérise par des teneurs élevées en matières grasses et en matières azotées totales.

Les variations des caractéristiques analytiques les plus importantes ne sont pas indépendantes les unes des autres. Ainsi, le regroupement des principales références de composition permet de mettre en évidence une relation de substitution étroite entre les teneurs en matières azotées totales et en glucides (estimées par la somme cellulose brute + extractif non azotée ; graphique 5)

$$CB + ENA = 87,89 - 0,99 MAT \quad (n = 51, r = 0,90)$$

Outre la substitution moyenne "point en point" entre matières azotées totales et glucides, les coefficients de cette équation indiquent que la somme lipides + cendres représente en moyenne 12 % de la matière sèche des drèches.

Lorsque la cellulose brute est considérée seule, la relation devient moins étroite :

$$CB = 26,58 - 0,37 MAT \quad (n = 54, r = 0,55)$$

Différents facteurs sont à l'origine de ces variations de composition des drèches de brasserie. Ils peuvent être groupés en deux ensembles :

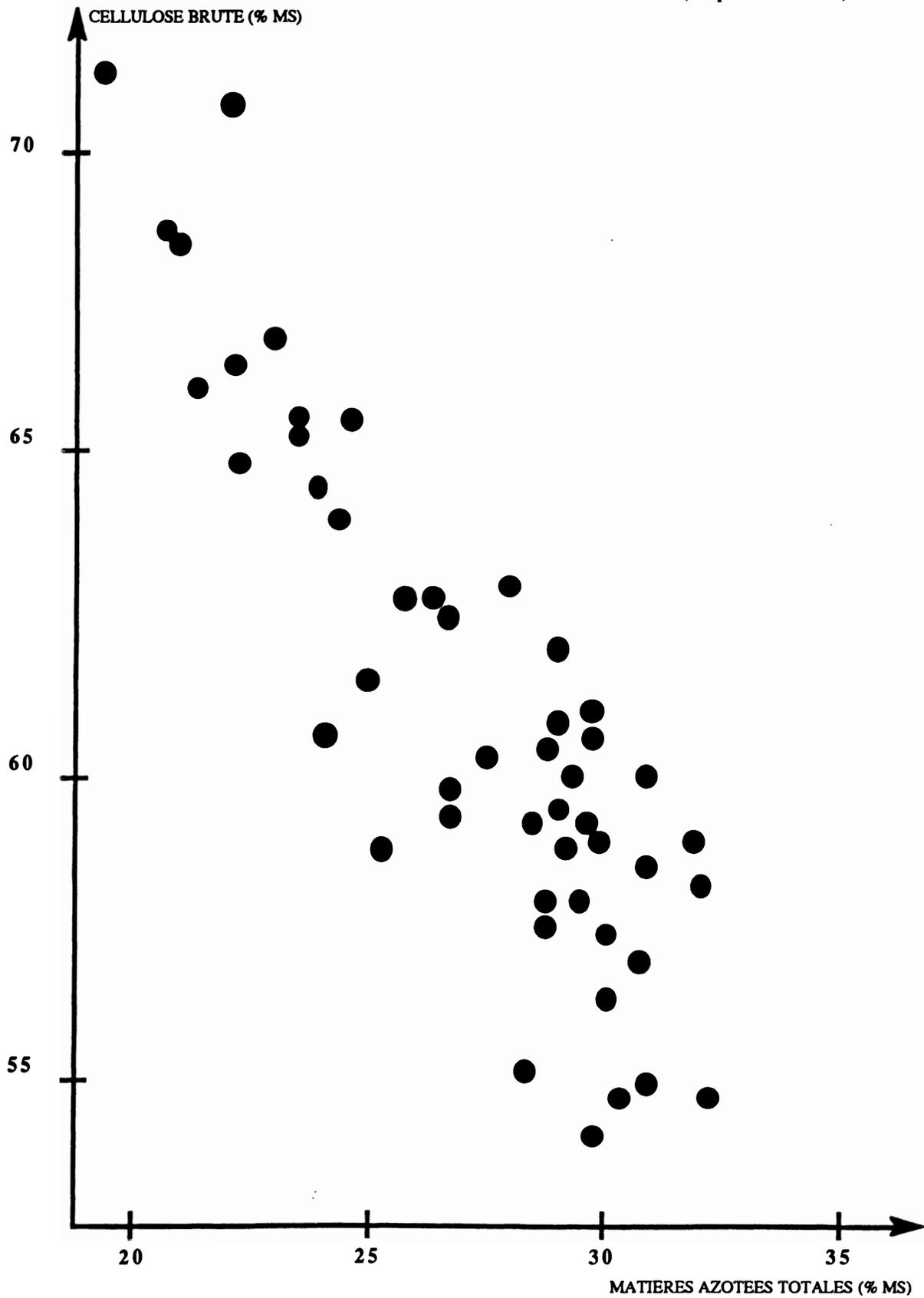
- les facteurs associés aux variations de la qualité de l'orge et au degré d'addition d'autres grains au malt,
- les facteurs liés aux différentes technologies de brassage.

c. Effets des paramètres technologiques du brassage

Il a déjà été montré que, pour une même période, la composition des drèches d'une même région n'était pas la même d'une brasserie à l'autre et pouvait varier d'un jour à l'autre pour une même usine. Ainsi, le graphique 6 traduit les variations inter et intra brasserie observées en 1979 (enquête EDE du Bas-Rhin) pour les teneurs en matières azotées totales et cellulose brute des drèches. L'amplitude totale observée a été de plus de 5 points pour la cellulose brute et de près de 10 points pour les matières azotées totales. Considérées à l'échelle d'une usine, ces valeurs sont ramenées à environ 3 et 5 points respectivement.

**Graphique 5 - RELATION ENTRE LES TENEURS EN MATIERES AZOTEES
TOTALES ET CB + ENA DES DRECHES DE BRASSERIE**

(Enquête E.D.E. 67)



Une étude récente réalisée dans le cadre du RNED BOVIN (DIB J.M. - SLANNARD G. - MOREL D'ARLEUX F. - 1986) a permis de mesurer les effets des procédés technologiques du brassage sur la composition des drêches. (de 1 à 5.)

Des échantillons de drêches sont prélevés à la sortie du filtre, avant le pressage. Dans le cas de filtres-presses, 10 prises au moins sont réparties le long du filtre et à différents niveaux des cadres. Dans les cuves-filtres 3 prises au moins sont pratiquées.

Les prises sont regroupées par brassin puis analysées en vue de la détermination des teneurs en :

- matière sèche, par séchage à l'étuve à 80°C pendant 48 heures
- azote total, par méthode de Kjeldahl sur des prises d'essai de 20 g de drêches fraîches
- azote soluble, par la méthode de Kjeldahl sur des prises d'essai de jus obtenu par pressage des drêches fraîches.

Lors de chaque prélèvement, les conditions de brassage sont enregistrées :

- les caractéristiques du malt utilisé
- le versement, les proportions de malt et de grains crus
- la température d'empâtage
- les conditions de la protéolyse, de l'amylolyse et de la saccharification : températures, durées, dilutions
- la conduite de la filtration et du lavage : volumes de premier bouillon, d'eau de lavage, densités, température et durée
- la durée d'égouttage
- la correction éventuelle du pH de l'eau

Six brasseries en Alsace et en Lorraine ont accepté de participer à ce travail.

Les 105 échantillons de drêches ainsi prélevés représentent un échantillonnage de 1000 quintaux de drêches produites d'avril à août, c'est-à-dire 30% de la production annuelle de la région et 15% de la production annuelle française.

1 - Composition chimique des drêches (tableau 5)

La variabilité de la composition chimique des drêches est ici confirmée, aussi bien entre brasseries qu'à l'intérieur d'une même brasserie. Les teneurs en matière sèche et en matières azotées totales présentent des variabilités (coefficients de variation) comparables, de 6 à 22%. La solubilité de l'azote est beaucoup plus variable, en raison des faibles valeurs moyennes prises par ce critère.

La brasserie n° 6 se distingue par une forte variabilité des teneurs en matière sèche et en matières azotées totales, alors que la brasserie n° 2 présente, au contraire, des teneurs en ces éléments assez stables.

Tableau 5 : Nombres et pourcentages d'échantillons de drêches analysés par brasserie et teneurs en matière sèche (MS), en matières azotées totales (MAT) et solubilité de l'azote (NS/NT) de ces drêches (valeurs moyennes - Ecart types - variabilité relative)

Brasseries	1	2	3	4	5	6	Total
Effectifs :							
- nombre	19	17	19	11	27	12	105
- %	18,1	16,2	18,1	10,5	25,7	11,4	100
MS en % :							
- moyenne	21	22,4	22	20,8	18,3	19,2	20,5
- écart-type	2,2	1,9	1,4	2,1	1,6	3,5	5,1
- variabilité relative %	10	8,3	6,5	10	9	18,4	2,6
MAT/MS en %							
- moyenne	29,7	28,3	28,2	29,5	28,9	32,3	29,3
- écart-type	3,6	1,8	2,9	2,4	2,6	7,2	3,6
- variabilité relative %	12,1	6,4	10,5	8,1	9	22,3	12,5
NS/NT en %							
- moyenne	2,2	1,1	1,7	1	1,5	1,2	1,5
- écart-type	1,1	0,7	0,7	0,4	0,4	0,4	0,8
- variabilité relative %	52	60	40	40	29	33	51

2 - Paramètres technologiques du brassage (tableau 6)

Le malt : les analyses de malt sont trop rarement disponibles pour être utilisées dans cette enquête.

Tableau 6 : Variabilité des paramètres technologiques : valeurs extrêmes sur l'ensemble des enregistrements et, pour chaque brasserie, existence (+) ou absence (-) de variation entre brassins

Paramètres technologiques	Valeurs extrêmes	Brasseries					
		1	2	3	4	5	6
Empâtage							
- qualité du malt	moutures	+	+	+	+	+	+
- malt/versement (%)	67 à 80	+	-	-	+	+	-
- T° C d'empâtage	37 à 63	+	-	+	-	-	-
Grains crus							
- T° C d'apport	50 à 66	+	-	+	-	-	-
- durée de cuisson (mn)	155 à 240	+	-	-	-	-	-
Protéolyse							
- T° C	37 à 63	+	-	+	-	-	-
- durée (mn)	2 à 120	+	-	+	+	+	-
- dilution (hl/ql)	2,8 à 4,4	+	-	+	+	+	-
Amyolyse							
- T° C	63 à 71	+	-	+	-	-	-
- durée (mn)	15 à 150	+	-	+	-	-	-
- dilution (hl/ql)	3 à 4,2	+	-	+	+	-	-
Saccharification							
- T° C	72 à 82	+	-	+	-	-	-
- Durée (mn)	40 à 150	+	+	+	+	+	+
Nombre de trempes	1 ou 2	-	-	+	-	-	-
Lavage							
- eau/versement (hl/ql)	1,7 à 6,7	+	-	+	-	+	+
- T° C	50 à 80	+	+	+	-	-	-
- correction du pH	oui ou non	-	-	-	-	-	-
Système de filtration	FP ou CF (1)	FP	FP	FP	CF	CF	CF
Addition du trouble	oui ou non	-	+	-	+	+	+

(1) FP : filtre presse - CF : cuve filtre

La mouture : les malts se distinguent souvent par leur type de mouture. Les types de mouture rencontrés sont :

- la mouture sèche (n = 52)
- la mouture sèche conditionnée (n = 12)
- la mouture humide (n = 27)
- la mouture humide conditionnée (n = 12)

Le système de filtration : les deux systèmes, filtre presse et cuve-filtre, sont représentés.

Dans tous les cas, l'eau est décarbonatée à la chaux et le pH au brassage est ajusté entre 5,5 et 5,7, soit avec de l'acide sulfurique (2 cas), soit avec de l'acide phosphorique (4 cas).

3 - Relations entre les paramètres technologiques du brassage et la composition chimique des drêches

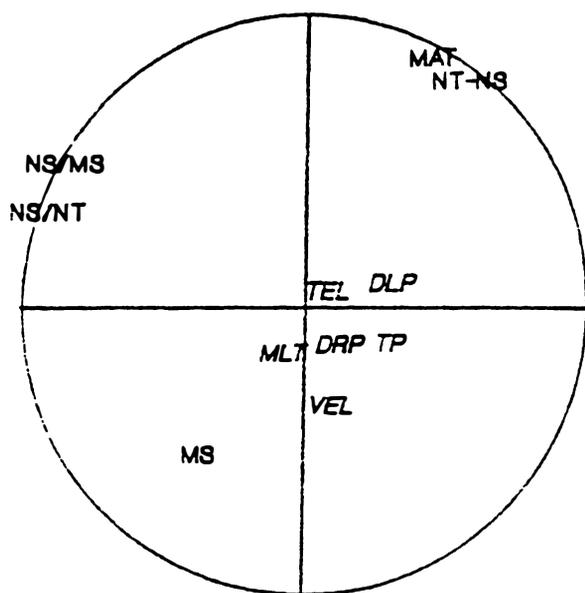
3.1 Variabilité totale

L'analyse en composantes principales présentée dans la figure 1 met en évidence que les paramètres technologiques du brassage expliquent assez mal la variabilité de la composition chimique des drêches. La raison en est probablement que ces paramètres sont nombreux, et relativement indépendants dans la mesure où le maître brasseur décide souvent, d'une manière empirique liée à la tradition, l'adaptation d'un paramètre à une situation donnée. Parmi les paramètres étudiés, ceux qui montrent les effets les plus significatifs sont la proportion de malt dans le versement, les conditions de la protéolyse (température, durée et dilution) et les conditions de lavage (volume et température de l'eau).

Cependant les échantillons de drêches tendent à se comporter dans l'ACP de manière différente selon qu'ils proviennent d'une installation comportant un filtre-presse ou une cuve filtre. Dans le premier cas, ils sont surtout discriminés par les aspects de solubilité de l'azote (solubilité de l'azote et teneur de la matière sèche en azote soluble); dans le cas des installations comportant des cuves-filtres, c'est plutôt en fonction des teneurs en matières azotées totales et en matière sèche que les échantillons se distinguent.

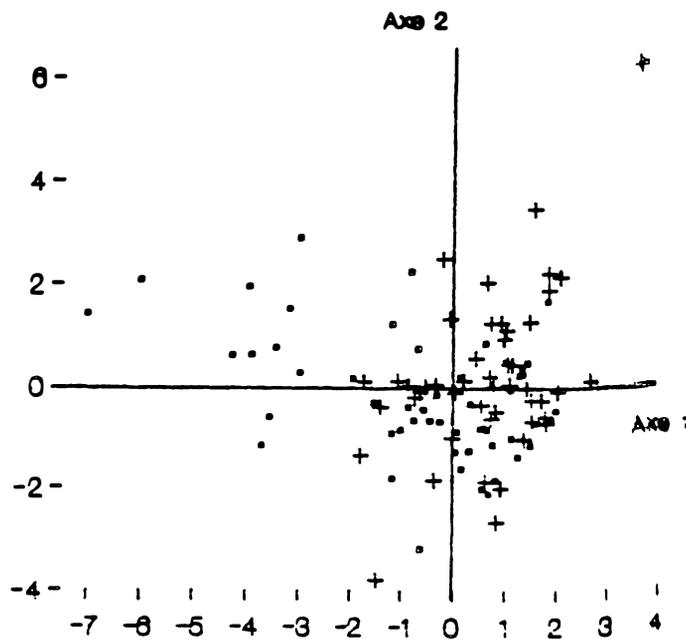
Figure 1 : Résultats de l'analyse en composante principales

Cercle des corrélations



En Italiques, paramètres technologiques
entrés comme variables supplémentaires

Représentation des individus



• Filtres-presses + Cuves-filtres

Pour 105 échantillons, les variables étudiées sont :

MS : teneur en matière sèche
MAT : teneur en matières azotées totales de la matière sèche
NT/NS : teneur en azote non soluble de la matière sèche
NS/MS : teneur en azote soluble de la matière sèche
NS/NT : solubilité de l'azote

MLT : pourcentage de malt dans le versement
TP : température de protéolyse
DLP : dilution à la protéolyse
DRP : durée de protéolyse
VEL : volume d'eau de lavage par masse de versement
TEL : température de l'eau de lavage

Les deux premiers axes expliquent 85% de la variation totale.

3.2 - Teneur en matière sèche

Sur l'ensemble des échantillons la teneur en matière sèche est corrélée positivement avec le rapport "volume d'eau de lavage/versement" ($r = 0,35$), ce qui exprime que la qualité du lavage, en augmentant l'extraction des drêches, favorise l'élimination de l'eau.

Globalement, les drêches provenant d'un filtre-pressé sont plus riches en matière sèche que celles provenant d'une cuve-filtre.

Dans le cas des filtres-pressés, le passage d'air avant l'ouverture du filtre favorise probablement le déplacement de l'eau résiduelle du gâteau de drêches. De plus, dans les cas rencontrés, le rapport "volume d'eau de lavage/versement" est en général supérieur à celui utilisé en cuves-filtres, ce qui favoriserait l'élimination des substances dissoutes et, en conséquence, réduirait la rétention de l'eau. Dans ces installations, il n'apparaît pas de corrélation significative entre la teneur en matière sèche des drêches et les autres paramètres technologiques du brassage.

Dans le cas des cuves-filtres, la température ($r = 0,37$), la durée ($r = 0,31$) et la dilution ($r = -0,41$) de la protéolyse sont liées à la teneur en matière sèche des drêches. Plus ces conditions sont favorables à la protéolyse, plus la libération de composés azotés complexes augmente. Ces composés occasionneraient une augmentation de la viscosité du moût qui rendrait le lavage plus difficile et, en conséquence, augmenterait la rétention de l'eau dans le gâteau de drêches.

3.3 - Teneur en matières azotées totales

Sur l'ensemble des échantillons étudiés, le seul paramètre semblant jouer un rôle sur la teneur en matières azotées totales des drêches est le pourcentage de malt dans le versement. Cette variable est corrélée négativement mais assez peu étroitement avec la teneur en matières azotées totales des drêches ($r = -0,21$). Les enzymes protéolytiques sont le plus souvent considérées comme limitantes par rapport au substrat. Le malt est la principale source de ces enzymes dans la maïsche, et une augmentation de sa proportion dans le versement peut occasionner un accroissement de la protéolyse et de la solubilisation des matières azotées. En revanche il n'est pas apparu d'effet des conditions de la protéolyse ni du lavage sur la teneur en matières azotées totales des drêches.

Lorsqu'on limite l'étude aux échantillons issus d'installations comportant des filtres-pressés, aucun paramètre technologique ne semble expliquer les variations de la teneur en matières azotées totales des drêches.

Dans le cas des drêches prélevées dans les cuves-filtres, la durée de la protéolyse paraît avoir un effet négatif ($r = -0,30$) sur la teneur en matières azotées non solubles. En effet, la quantité d'azote solubilisée ainsi que son degré d'hydrolyse augmentent avec la durée de protéolyse. En revanche la température de protéolyse ne varie pas suffisamment dans ce groupe d'observations pour entraîner des variations notables de la protéolyse.

3.4 - Solubilité de l'azote

La solubilité de l'azote est le paramètre qui présente la plus grande variabilité (exprimée par le coefficient de variation), spécialement dans le cas d'installations comportant des filtres-presses. Cependant compte tenu de la faiblesse des teneurs en azote soluble, un coefficient de variation très élevé peut être dû à de très petits écarts entre échantillons. La variabilité de la solubilité de l'azote est donc accrue par la faiblesse de la précision relative du dosage et les variations s'expliquent alors d'autant moins par les paramètres technologiques du brassage.

La protéolyse pourrait avoir différents effets sur la teneur en azote soluble. Son effet le plus marqué serait de solubiliser des protéines et, à ce titre, de concourir à l'augmentation de la teneur en azote soluble des drêches. L'expression de cet effet est cependant atténuée par l'efficacité du lavage. Une activité protéolytique incomplète, aboutissant à la libération de substances complexes capables de flocculer, serait de nature à réduire l'efficacité du lavage, mais s'accompagnerait d'une moindre solubilisation des protéines.

L'étude de la composition chimique des drêches de brasserie a bien permis de mettre en évidence la grande variabilité de leurs teneurs en matière sèche, en matières azotées totales et en azote soluble entre brasseries et à l'intérieur même de chaque brasserie. En revanche il n'est pas apparu d'évolution dans le temps (semaine ou saison de brassage) de cette composition chimique.

Les principaux facteurs technologiques ayant un effet assez net sur la composition des drêches sont le système de filtration, la proportion de malt dans le versement, les conditions de la protéolyse et l'efficacité du lavage. L'interaction de ces facteurs conditionne, en particulier, les teneurs en matière sèche et en matières azotées totales des drêches.

La multiplicité des paramètres technologiques ainsi que les choix d'intervention des maîtres brasseurs rendent hasardeuse une interprétation plus poussée des variations de la composition chimique des drêches.

d. les constituants minéraux

Le tableau 7 présente les valeurs de la composition minérale des drêches de brasserie proposées dans les tables INRA. Comme les céréales, les drêches se caractérisent par des teneurs faibles en calcium et élevées en phosphore. Une enquête effectuée en 1979 sur 17 silos de drêches de brasserie du Bas-Rhin a abouti à des teneurs comparables aux références citées en calcium 4,3 (1,3 à 7,5), phosphore 5,9 (5,3 à 7,2) et magnésium 0,9 (0,7 à 1,2)g/kg MS. En outre, le même travail a permis de montrer que, pour une région et une période données, les différences moyennes entre brasseries, des teneurs en Calcium et Phosphore peuvent être considérées comme faibles (1 g/kg MS au maximum).

2 Caractéristiques analytiques fines

a. glucides et constituants pariétaux

Pour des drêches contenant 16,5 % de cellulose brute (sur la base de la MS), les teneurs en NDF (paroi végétale), ADF (lignocellulose) et AD (lignine) sont respectivement de 62,6, 20,5 et 4,5 %.

Graphique 6 - EXEMPLE DE VARIATION INTER ET INTRA DES BRASSERIES DI TENEURS EN CELLULOSE BRUTE ET MATIERES AZOTEES TOTALES DES DRE

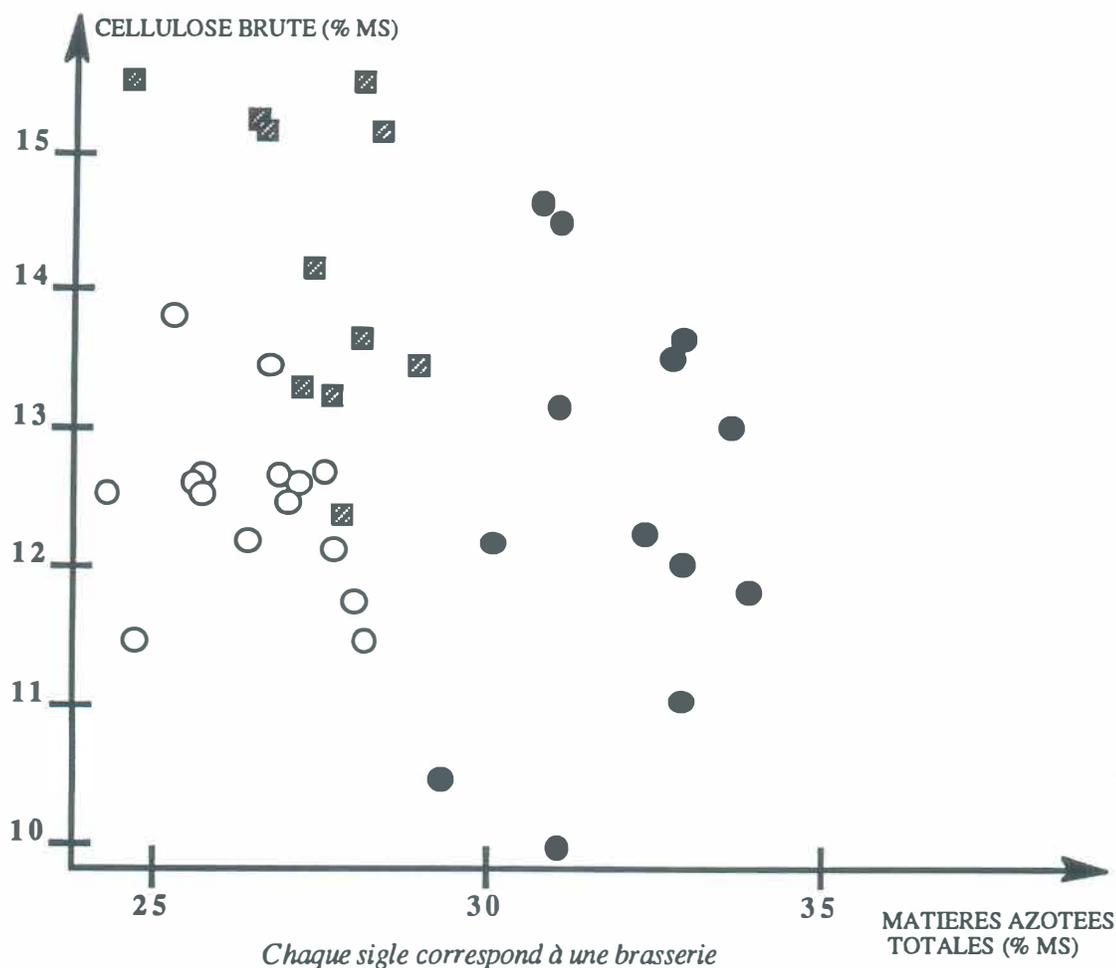


Tableau 7 : Composition minérale moyenne des drèches de brasserie

Éléments majeurs (g/kg MS)			Oligo-éléments (mg/kg MS)	
	INRA 1988	Plage de variation		INRA 1988
Ca	3,3	1,7-6,2	Cu	22,2
P	5,7	4,0-9,0	Zn	85,0
Mg	1,4	0,6-3,0	Mn	38,5
K	0,8	0,2-1,6	Mo	0,5
Na	-	0,1-4,0	Co	0,08
			Se	0,06

Par rapport aux autres aliments, les drèches se caractérisent par un pourcentage important de matières azotées dans les résidus NDF et ADF, respectivement : 40 % environ dans la fraction NDF et 12 % dans la fraction ADF (KRISHNAMOORTHY et coll., 1982).

Des analyses plus poussées des fractions glucidiques ont été réalisées sur des drèches présentant un taux azoté de 29,6 % (RIQUET, 1979). Ces drèches contiennent très peu d'amidon (1,8 %) et de glucides solubles plasmatiques (1,5 %). Les glucides des drèches sont donc essentiellement des constituants de la paroi végétale, les glucides pariétaux représenteraient 48,2 % MS. La somme cellulose brute + ENA (figure 5) qui représente environ 58 % peut être considérée comme une estimation par excès de la teneur en paroi végétale des drèches. Une analyse plus poussée des composés pariétaux indique qu'ils sont constitués de pentosanes (24,6 %), cellulose vraie (13,7 %) et lignine (9,9 %). Cette richesse en pentosanes par rapport à la cellulose est une caractéristique de la famille des graminées à laquelle appartient l'orge.

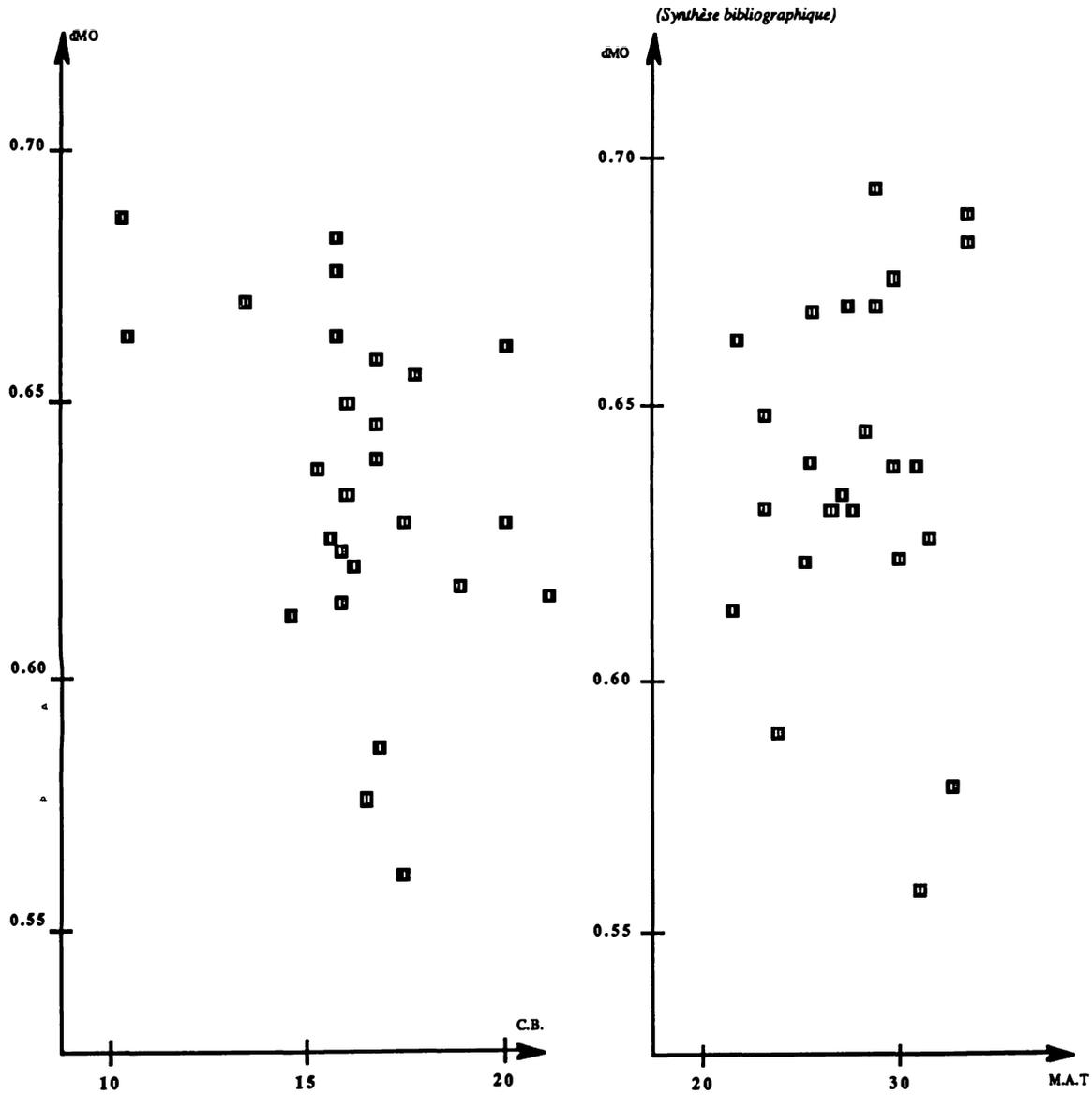
b. fraction azotée

La fraction azotée des drèches de brasserie, qui a résisté à l'action des microorganismes au cours du processus de fabrication, se caractérise par une très faible solubilité (3,2 %) et, de ce fait, une fermentescibilité réduite dans la panse (environ 10 %) (VERITE, SAUVANT, 1981). La composition en acides aminés des drèches est assez comparable à celle de l'orge. Ainsi, rapportées aux protéines, les teneurs des principaux acides aminés des drèches sont les suivantes :

Lysine	3-3,5 %
Méthionine	2-2,5 %
Méthionine + cystine	3,5-4,0 %
Thréonine	3,5 %
Tryptophane	0,9 %

Graphique 7 : Variation de la digestibilité des drèches en fonction de leur composition chimique (Synthèse bibliographique)

Graphique 7 - VARIATION DE LA DIGESTIBILITE DES DRECHES EN FONCTION DE LEUR COMPOSITION CHIMIQUE



V. VALEUR ALIMENTAIRE DES DRECHES

1 Valeur énergétique

La digestibilité de la matière organique est relativement faible d'après les 25 résultats recensés dans la bibliographie et varie dans des proportions très importantes : de 0,55 à 0,68. Ces variations semblent indépendantes de :

- la méthode de mesure de la digestibilité (distribution des drèches à volonté ou en quantité limitée, mesures réalisées sur moutons ou sur chèvres),
- la forme de présentation de ces drèches (fraîches, ensilées ou déshydratées),
- la composition chimique de ces drèches (teneur en MAT et en cellulose brute) comme le montre le graphique 7.

Ces variations sont vraisemblablement à attribuer à des différences dans la technologie de brassage (enrichissement du malt en produits amylacés divers, finesse de concassage du malt, ...).

Il est donc difficile d'estimer la digestibilité, et par là la valeur énergétique des drèches à partir des résultats de l'analyse classique.

Au niveau de la valeur énergétique, la faible digestibilité des drèches est partiellement compensée par une teneur en énergie brute élevée (5 100 kcal/kg MS) par suite de la richesse de ces sous-produits en matières grasses (voisine de 8,5 %). A une digestibilité de 0,66 correspond donc une valeur énergétique de 0,92 UFL/kg MS et 0,84 UFL/kg MS.

2 Valeur azotée

La valeur azotée d'un aliment, qui est la quantité d'acides aminés absorbables dans l'intestin grêle, dépend directement de la fraction de ses protéines qui a échappé à la dégradation microbienne dans le rumen. La quantité de protéines d'origine alimentaire qui arrivent dans l'intestin grêle a été mesurée in vivo sur des vaches ayant un régime contenant des drèches ou du tourteau de soja. la dégradation de l'azote dans le rumen était plus importante avec le tourteau (70%) qu'avec la drèche (52%) (SANTOS et al, 1984).

Parallèlement la mesure de fermentescibilité in vitro ou de la solubilité dans une solution tampon a montré que les matières azotées de la drèche sont peu dégradables dans le rumen, respectivement 10% et 3% (VERITE et SAUVANT, 1981).

Cette faible digestibilité est due en partie au fait que les matières azotées des drèches sont "piégées" dans les parois végétales, ce qui les rend peu accessibles aux microorganismes du rumen (KRISHNAMOORTHY, 1982) mais digestibles dans l'intestin comme le montre la constance des teneurs en PDIA (150 g environ).

Compte tenu de ces résultats, on a pu calculer pour des drèches de 20% où 40% de matières azotées, les teneurs en M.A.D. et P.D.I. suivantes, exprimées en g/kg M.S. (d'après la méthode calcul INRA 1988).

M.A.T.	M.A.D.	P.D.I.A.	P.D.I.N.	P.D.I.E.
200	160	105	150	140
300	239	156	223	189
400	320	210	300	245

I. UTILISATION DES DRÈCHES POUR LA PRODUCTION DE VIANDE

1 Modalités d'incorporation des drèches aux régimes pour animaux en croissance-finition

La plupart des essais zootechniques d'utilisation des drèches ont été menés chez des vaches laitières. Les expérimentations visant l'étude de la valorisation des drèches pour la production de viande sont beaucoup moins fréquentes. Dans ces expérimentations, les drèches sont employées essentiellement comme complément azoté des aliments pauvres en azote. Le plus souvent, elles sont distribuées avec de l'ensilage de maïs. Il arrive cependant que les drèches s'ajoutent à des rations constituées de maïs grain ou d'épis de maïs pour la production intensive de jeunes bovins. Enfin, certaines rations sont particulières à la région où elles sont étudiées (ensilage de pulpes de pomme de terre en Belgique).

Les drèches sont employées à l'état sec ou humide et dans ce dernier cas, il existe peu de renseignements sur la conservation.

Lorsque les expérimentations portent sur des comparaisons entre des régimes différents par la nature du complément azoté, les drèches sont employées seules ou additionnées d'urée et comparées à des sources d'azote non protéique (ammoniac anhydre, urée) ou à des tourteaux ou encore à d'autres résidus (résidus de distillerie).

Le taux d'incorporation est extrêmement variable entre essai : de 2% de la ration globale correspondant à l'incorporation des drèches dans un aliment concentré, à 60% de la matière sèche totale de la ration. Le plus souvent, le taux d'incorporation se trouve compris entre 10% et 40%.

2 Résultats zootechniques

a. Ingestion de matière sèche

Aucun auteur ne signale d'effet important de l'incorporation des drèches sur l'ingestion totale de matière sèche. Pour CRICKENBERGER et JOHNSON (1982) des génisses ont consommé autant de matière sèche avec une ration constituée de 2/3 d'ensilage de maïs et 1/3 de drèches qu'avec une ration d'ensilage de maïs seul. Une observation semblable avait été faite par BALZER et al. (1974) sur des taurillons recevant des rations équilibrées soit avec du tourteau d'arachide soit avec des drèches. Ces auteurs signalent cependant que chez certains lots d'animaux, la distribution de matière sèche a été plus forte lorsque la ration contenait des drèches, sans en conclure à une augmentation de la consommation.

Dans un régime classique à base d'ensilage de maïs, CADOT, GINSBURGER et HERR (1979) constatent que le remplacement de tourteau de soja par des drèches (régimes isoazotés) s'accompagne d'une forte diminution de la consommation de maïs (- 16%) et d'une légère diminution de la consommation de matière sèche totale (- 5%).

Dans le cas de certains régimes particuliers, la distribution de drèches peut provoquer une augmentation notable de la consommation. Pour PRESTON, VANCE et CAHILL (1973), l'incorporation de 25% de drèches dans une ration contenant initialement 95 % de maïs grain supplémenté en urée s'accompagne d'une augmentation de l'ingestion d'environ 30 %, mais l'augmentation du taux d'incorporation à 50 % de MS globale n'a plus d'effet sur l'ingestion volontaire.

b. Croissance

Les vitesses de croissance obtenues avec des drèches sont généralement proches de celles obtenues lorsque le complément azoté est du tourteau de soja.

Chez des taurillons, RISK et Al. (1982), obtiennent les mêmes croissances, que les animaux reçoivent du tourteau de soja ou des drèches, en régimes isoazotés. Ils observent cependant une diminution du GMQ lorsque l'incorporation des drèches se fait au dépend du tourteau de soja et du maïs grain distribués dans le lot témoin (1010 g/j contre 1200 g/j). ROUNDS et KLOPFENSTEIN (1975) signalent par contre une légère amélioration du GMQ lorsque le tourteau de soja est remplacé par des drèches (970 g/j contre 930 g/j et 930 g/j contre 870 g/j selon l'essai).

BALZER et al. (1974) n'observent que très peu d'écart de vitesse de croissance entre les taurillons recevant soit du tourteau d'arachide, soit des drèches (1056 et 1091 g/j respectivement). Un écart un peu plus marqué est signalé par CADOT, GINSBURGER et HERR (1979) sur une période d'environ 300 jours (1199 g/j, pour le régime contenant des drèches contre 1114 g/j pour le régime témoin), malgré une légère diminution de l'appétit (5 %). Le remplacement isoazoté d'azote non protéique, et en particulier d'urée, par des drèches permet souvent une augmentation de vitesse de croissance. Ce résultat est signalé en particulier par PRESTON, VANCE et CAHILL (1973), par ROUNDS et KLOPFENSTEIN (1975), par HANSON et KLOPFENSTEIN (1979) et par RISK et al. (1982).

Pour ROUNDS et KLOPFENSTEIN (1975) l'association drèches + urée permettrait d'obtenir des résultats de croissance aussi bons qu'avec du tourteau de soja, tout en valorisant de l'azote non protéique.

c. Efficacité alimentaire

Tous les essais montrent une diminution de l'indice de consommation lorsqu'on remplace l'azote non protéique, et en particulier l'urée, par des drèches. L'écart varie selon les auteurs entre -8 % et -24% (5,8 contre 6,3) chez des taurillons alimentés au maïs grain entre 250 kg et 450 kg (PRESTON, VANCE et CAHILL, 1973) et 24 % (9,11 contre 11,95) chez des taurillons à partir de 260 kg et recevant pendant 4 mois de l'ensilage de maïs et des balles de céréales traitées à la soude (HANSON et KLOPFENSTEIN, 1979). RISK et al. (1982) considèrent que l' indice de consommation obtenu quand le complément azoté est constitué de drèches est très voisin de celui mesuré avec du tourteau de soja et qu'il diminue lorsque le taux d'incorporation de drèches dans la ration augmente entre 12 % et 62 %.

d. Rendements et qualités de carcasse

Les observations faites sur les rendements et les qualités de carcasse sont peu nombreuses. Pour COTTYN et al. (1975) qui ont travaillé sur des broutards ayant reçu des rations à base d'ensilage de drèches et d'ensilage de pulpe de pomme de terre (50 / 50) distribués à volonté, les rendements sont " normaux". Ces auteurs considèrent que les animaux étaient plutôt maigres à l'abattage, bien que le pourcentage de gras dans la carcasse soit en moyenne de 18,5 %.

BALZER et al, considèrent que le remplacement du tourteau d'arachide par des drèches n'entraîne pas de modification du poids de carcasse ni de la classification des carcasses.

L'étude la plus complète, menée par PRESTON, VANCE et CAHILL, (1973) montre au contraire une augmentation du poids de la carcasse en liaison avec une augmentation de la quantité de muscle et de l'état d'engraissement quand le taux d'incorporation de drèches dans la ration augmente. Ces auteurs n'observent pas de modification du rendement.

e. Autres observations

Les travaux de CRICKENBERGER et JOHNSON (1982) portant sur l'utilisation par des génisses Angus de 201 kg de régimes constitués soit d'ensilage de maïs et de drèches (33,8%) soit de foin et de fétuques, soit de maïs grain et de drèches (62,2%) n'ont montré aucun effet, favorable ou défavorable des drèches sur les performances de reproduction. ces auteurs n'ont constaté aucun problème pendant ou après le vêlage des 22 génisses qui avaient reçu les drèches.

L'incorporation de drèches à des régimes composés presque exclusivement de maïs grain permet de réduire le développement en nombre et en gravité des abcès du foie. Cette observation a été faite pour des taux d'incorporation de 5 % par JOHNSON et THOMPSON (1975) et de 25 % pour PRESTON, VANCE et CAHILL (1975). Ces derniers auteurs ont également constaté une diminution sensible des phénomènes de kératose.

f. Propositions d'utilisation

Les essais effectués sur bovins en croissance et à l'engrais montrent que les drèches peuvent être utilisées pour compléter des régimes pauvres en azote, par exemple l'ensilage de maïs. Il est alors nécessaire de veiller à ce que l'apport d'azote soluble soit suffisant et éventuellement d'en ajouter la ration.

Dans ce type de régime, les drèches se substituent fortement au maïs. L'apport de drèches ne constitue donc pas une modalité permettant l'augmentation de la valeur énergétique de la ration.

Les croissances permises par les rations comportant des drèches sont très proches de celles obtenues quand le complément azoté est constitué de tourteau. Les carcasses produites ne sont généralement pas différentes, ni en poids, ni en état d'engraissement, ni en classement. Cependant chez certains types de production il peut se révéler utile d'augmenter l'apport énergétique, par la distribution de céréales par exemple.

Ration type pour taurillons tardifs (exemple broutards charolais croisés salers) de 400 kg pour une croissance de 1 200 g par jour :

	kg brut
Ensilage maïs à 28 % de M.S. à volonté	20
Drèches à 22 % de M.S. et 30 % de M.A.T.	5
Orge	1
Urée	0,04
Aliment minéral. type 8-20 P-Ca	0,13

VII. UTILISATION DES DRÈCHES POUR LA PRODUCTION LAITIÈRE

Quelques essais ont été réalisés ces dernières années sur vaches laitières, en France et à l'Étranger, avec des drèches fraîches, ensilées ou surpressées.

L'apport des drèches a varié de 2,2 kg à 6,6 kg de matière sèche par vache et par jour, la distribution se faisant en 1 repas pour les plus faibles quantités et en 2 repas par jour pour les plus fortes quantités.

1 Effet des drèches sur la consommation

Dans un essai de 18 semaines PARRASSIN et al (1979) ont utilisé 3,3 kg de matière sèche de drèches ensilées (à 28% de M.S.) dans un régime à base d'ensilage de maïs + urée. L' introduction de drèches n'a pas modifié la consommation totale (17,7 kg de M.S.), les drèches représentant environ 19% de la ration totale; de BRABANDER et al (1975) ont utilisé 3 kg de matière sèche de drèches ensilées en remplacement de l'ensilage de maïs + urée; les drèches représentaient 23% de la ration totale. DAVIS et al (1982) ont utilisé au cours d'essais de quatre semaines, de 3,6 à 5,9 kg de matière sèche de drèches surpressées (à 31,3 % de M.S.) en substitution de l'ensilage de maïs et de concentré. Les drèches représentaient de 20 à 40 % de la matière sèche totale ingérée.

Dans ces deux essais, l'introduction de drèches dans la ration a entraîné une diminution de la consommation totale, diminution d'autant plus marquée que les quantités de drèches étaient importantes.

D'autres essais ont été réalisés dans le but de substituer les drèches au concentré (d'équilibre ou de production).

Dans deux essais PARRASSIN et al (1980) ont étudié pendant 12 semaines l' effet de l'apport de 2,7 kg de matière sèche de drèches ensilées en remplacement du concentré (nature et quantité).

Dans le 1er essai les drèches étaient associées à de l'ensilage d'herbe. Les drèches ont remplacé une partie de la ration de base (1,7 kg de M.S.) et une partie du concentré (1,5 kg de M.S.). les animaux ayant reçu des drèches ont eu une consommation totale un peu inférieure à ceux n'en ayant pas eu (16,0 kg de M.S. contre 16,5 kg).

Dans le 2ème essai où les drèches (2,7 kg de M.S.) étaient associées à de l'ensilage de maïs (9,4 kg de M.S.) l'ingestion totale a été inférieure (14,1 kg contre 16,4 kg de M.S.) pour les vaches ayant consommé des drèches.

A l'étranger, quelques essais ont été réalisés. Au cours d'un essai de 6 semaines VALENTINE et al (1980) ont utilisé de 2,2 à 6,1 kg de matière sèche de drèches fraîches (à 24% de M.S.) dans un régime constitué d'environ 11 kg de matière sèche de foin. Le concentré a été supprimé et la consommation totale s'est trouvée diminuée par rapport au lot témoin lorsqu'il n'y avait que 2,2 kg de matière sèche de drèches. Par contre elle a progressé lorsque les drèches augmentaient (+ 2 kg de M.S. ; 17,0 kg de M.S. totale avec 6,1 kg de M.S. de drèches contre 15,0 kg pour le lot sans drèches.)

Dans deux essais de 20 semaines MURDOCK et al (1981) ont utilisé soit 3,0 kg, soit 6,6 kg de matière sèche de drèches fraîches (à 25,6 % de M.S.) avec une ration à base de foin (3,7 kg de M.S.) et d'ensilage de maïs (environ 5 kg de M.S.) les drèches représentaient respectivement 14 et 35 % de la matière sèche totale ingérée.

Dans les 2 essais les drèches se sont substituées à peu près totalement au concentré d'équilibre composé d'orge et de tourteau de soja.

2 Effet des drèches sur la production laitière

a) Lorsque les drèches remplacent une partie des fourrages la production de lait brut est améliorée dans l'essai de PARRASSIN (1982) (24,9 kg contre 22,2 kg - différence significative s: 5%) et dans celui de BRABANDER (14,7 kg contre 12,8 kg). Par contre elle est inférieure dans l'essai de DAVIS (1983) (25 kg contre 25,6 kg). cet écart est encore plus grand lorsque les quantités de drèches augmentent (22,2 kg de lait avec 5,9 kg de M.S. de drèches).

Les taux butyreux sont toujours inférieurs en présence de drèches (1 à 4 points en moins) mais exprimés en lait 4%, la production de lait est généralement un peu supérieure. les taux protéiques ne sont pas modifiés.

La reprise de poids des animaux est un peu meilleure avec des drèches dans les 2 premiers essais, l'inverse se produisant dans le 3ème essai.

b) Lorsque les drèches se substituent au concentré dans l'ensemble des essais la production de lait brut est améliorée et ceci quelque soit la quantité de drèches (de 2,2 à 6,6 kg de M.S.).

Le gain est de l'ordre du kilo lorsque les productions laitières sont élevées (22 kg et plus) l'écart étant supérieur avec une faible production, environ 2,5 kg de lait en plus pour une production de 13 kg -VALENTINE et al (1982)-. Dans tous les cas les différences ne sont pas significatives.

L'effet sur le taux butyreux est variable.

Ainsi dans 3 essais (MICHELET - DOREAU non publié - MURDOCK (1981) le taux butyreux est amélioré (+ 1,6 point) mais le taux butyreux du lot témoin est relativement faible 32 à 36 points, alors que dans les autres essais PARRASSIN - VALENTINE (1982) il est diminué (de 1,7 à 4 points environ) le taux butyreux du lot témoin étant à un niveau satisfaisant (respectivement 39,3 et 43,9).

Exprimé en lait 4% les performances des animaux recevant des drèches sont toujours supérieures.

L'apport de drèches n'a pas d'effet sur le taux protéique.

En présence de drèches la reprise de poids des animaux est soit égale, soit supérieure.

3 Propositions d'utilisation

L'effet bénéfique des drèches constaté dans plusieurs essais peut provenir d'un effet associatif entre les drèches et les autres constituants de la ration par le biais de l'amélioration de la nutrition azotée, les drèches apportant une quantité importante d'azote peu dégradable.

Avec des fourrages pauvres en azote soluble (ensilage de maïs...) Il sera intéressant d'utiliser une source d'azote non protéique.

INFLUENCE DE L'INCORPORATION DE DRECHES SUR LES PERFORMANCES DES VACHES LAITIÈRES

Auteurs années	Durée	Effectif	Fourrages		Concentré		Forme des drèches et % MS	Drèches		Lait		Taux butyr.	Taux Prot.	variat. poids vif (kg)	
			Ration	Quantités kg MS	Ration	Quantités kg MS		kg MS	% MS totale	kg brut	kg 4 %				
Valentines et Al. 1980	6 sem.	7 V.L. par traitement	Foin	11,1	orge	3,9	fraîches	-	-	13,3	14,1	43,9	33,6	-0,23	
			•	11,3	•	-	-	2,2	16	13,2	13,2	39,8	31,0	-0,27	
			•	10,4	•	-	-	4,3	29	15,6	15,2	38,8	31,9	-0,14	
			•	11,1	•	-	-	6,1	35	16,4	15,8	37,3	32,8	+0,02	
Murdock et Al. 1981 essai n°1	20 sem.	8 V.L. par traitement	Foin + Ens. maïs	8,9 8,7	orge+soja	12,2 9,3	fraîches	-	-	35,5 36,1	31,6 33,0	32,4 34,2	29,7 30,0	+0,19 +0,11	
	20 sem.	8 V.L. par traitement	Foin + Ens. maïs	8,9 9,2	orge+soja	12,3 6,4	fraîches	-	-	33,8 34,1	31,7 32,8	35,9 37,5	28,8 28,9	+0,10 +0,21	
De Brabander et Al. 1975			Ens. maïs	13,1	concentré	1,6	ensilées	-	-	13,7	12,4	34	32	+0,18	
			Ens. maïs + urée	12,8	•	0,7	-	-	12,8	11,7	35	31	-0,21		
			Ens. maïs	9,5	-	-	3,0	23	14,7	12,9	32	31	-0,08		
Mlchalet-Doreau 1981 non publié	10 sem.	16 V.L. par traitement	Foin + pulpe	10,7	tourteau arachide maïs grain	4,2	ensilées	-	-	21,9	20,4	35,7	30,4	+0,17	
			•	10,8	-	2,2	27,4	2,8	18	22,8	21,7	37,3	29,4	+0,24	
Parrassin et Al. 1979	18 sem.	16 V.L. par traitement	Ens. maïs + urée	14,8 11,3	concentré	2,7 2,9	ensilées	-	-	22,2 24,9	22,3 24,6	40,4 39,5	31,4 31,6	-0,23 -0,02	
			•	9,4	concentré	5,2 3,5	ensilées	-	-	25,8 26,7	25,5 25,8	39,3 37,6	31,8 31,4	-0,52 -0,40	
Parrassin et Al. 1980 essai n°1	12 sem.	12 V.L. par traitement	Ens. herbe	11,1	concentré	5,2	ensilées	-	-	25,8	25,5	39,3	31,8	-0,52	
	12 sem.	10 V.L. par traitement	Ens. maïs	12,7 9,4	concentré	3,5 1,8	ensilées	-	-	24,3 25,5	24,6 25,7	40,6 40,4	32,1 32,4	-0,49 -0,54	
Davis et Al. 1982	4 sem.	20 V.L. par traitement	Ens. maïs	7,9	concentré	11,8	-	-	25,6	24,5	37	-	-	-	
			•	7,3	•	7,3	-	-	3,6	20	25,0	22,4	33	-	-0,29
			•	6,8	•	5,1	-	-	5,2	30	24,4	21,8	33	-	-0,39
			•	5,9	•	3,0	-	-	5,9	40	22,2	20,5	35	-	-0,91

Si par leur composition chimique les drèches sont considérées comme un fourrage, on a intérêt, compte tenu des résultats obtenus dans les essais, à utiliser cet aliment comme substitut du concentré de rééquilibrage de la ration de base. On peut recommander pour les vaches laitières un apport quotidien de 3 kg de matière sèche de drèches.

Rations types pour vaches laitières (en kg brut/animal/jour)

Ensilage de maïs à 28% de M.S.	40	Ensilage d'herbe 1er cycle stade épiaison	20
Orge	2,6	Pulpe surpressée	25
drèches à 20% de M.S.	10	drèches	10
Urée	0,1	Orge	2,2
ration équilibrée pour couvrir 19 kg de lait		17 kg lait	

VIII. EXEMPLES DE RATIONS BREBIS

Ration type pour une brebis de 65 kg (en kg brut/animal/jour)

	Fin de gestation		Début de lactation		
	1	2	1	2	3
Ensilage de RGI (20% MS)	3,00	-	5,00	-	-
Ensilage de maïs (25% MS)	-	2,00	-	5,00	-
Foin de pré	0,90	0,95	-	-	1,00
Foin de luzerne-dactyle	-	-	1,10	-	-
Foin de luzerne	-	-	-	0,80	1,00
Drèches	1,00	1,00	1,20	1,15	0,85
Orge	0,10	0,13	0,35	0,30	0,70
Aliment minéral	0,030	0,030	0,015	0,010	0,020
(type P - Ca)	(0-20)	(0-20)	(5 - 25)	(8 - 16)	(0 - 20)

IX. EXEMPLE DE RATION CHEVRE LAITIERE

Pour une production de 4 kg de lait/jour :

- 4 kg de drèches
- 1,2 kg de foin de prairie naturelle
- 1 kg d'orge

X. INTERET ECONOMIQUE - APPROCHE D'UN PRIX D'OPPORTUNITE

L'utilisation des drèches de brasserie dans l'alimentation est décidée par l'éleveur au vu des données techniques et économiques disponibles, concernant tout à la fois les drèches elles-mêmes, mais aussi la situation de sa propre exploitation, caractérisée par :

- un système de culture (dont les productions fourragères sont un aspect)
- un troupeau dont l'état détermine le potentiel de production;
- un environnement économique déterminant le prix de vente des productions animales élaborées.

Dans ces conditions, il est illusoire de vouloir établir un prix d'opportunité des drèches valable partout et pour tous, car il s'agit plutôt de raisonner l'introduction éventuelle des drèches dans le système fourrager en tenant compte autant que possible des différents paramètres évoqués plus haut.

Dans une première étape, nous nous attacherons à calculer le prix de revient des drèches rendues à la gueule de l'animal sur l'exploitation, ramené au kg de Matière Sèche réellement consommable, à partir du prix de vente proposé à l'éleveur. Cette démarche, très linéaire, est simple et peut être mise en œuvre par chacun.

La seconde étape de la démarche est une introduction à la recherche d'une optimisation de la ration alimentaire sur la base de critères tant techniques (valeur alimentaire des aliments, production du troupeau), qu'économiques (coût des aliments et prix de vente des productions). Elle suppose que l'éleveur définisse avec précision le prix de chacun des aliments constitutifs de la ration de base, ainsi que leur valeur alimentaire. A ce stade intervient donc la valeur alimentaire qui peut être attribuée au kg de Matière Sèche de chaque aliment (et dont la variabilité a été soulignée pour ce qui concerne les drèches, au chapitre " Valeur alimentaires des drèches").

1 Prix de revient des drèches rendues à la gueule de l'animal

(ramené au Kg de Matière Sèche consommable)

Il s'agit d'établir la relation entre prix d'achat des drèches et coût de l'aliment drèche distribué, en fonction des diverses modalités

- d'achat,
- de transport,
- de stockage et de conservation.

La Matière Sèche a été retenue comme unité de référence tout au long de la démarche, les teneurs en eau pouvant varier dans une large proportion au départ de la brasserie, à l'arrivée chez l'éleveur et à la distribution, et la valeur alimentaire se rattachant bien évidemment à la seule matière sèche des drèches fraîches ou ensilées.

L'achat et le transport des drèches peuvent se faire selon deux circuits différents :

- soit directement auprès de la brasserie lorsque l'élevage est situé dans une région de production;
- soit par l'intermédiaire de négociants le plus souvent transporteurs qui peuvent livrer les drèches à des distances très importantes (de 100 à 400 kms de la brasserie d'origine).

Quelle que soit la situation, l'acheteur doit porter son attention sur la façon dont lui sont facturées les drèches afin de pouvoir calculer le prix de revient effectif du kg de drèches à l'arrivée sur l'exploitation.

Les drèches sont-elles facturées au poids ou à l'unité de volume ,

- Si elles sont facturées au poids, il s'agit en général d'un poids départ; des pertes de jus par égouttage ont lieu au cours du transport qui amènent à un poids livré chez l'éleveur inférieur;
- Si elles sont facturées à l'unité de volume, il faut connaître l'équivalent en poids de ce volume (cette équivalence varie d'une brasserie à l'autre, cf. Chapitre III § 1), départ brasserie, mais surtout après transport pour les mêmes raisons que précédemment.

Quelle est la teneur moyenne en Matière Sèche des drèches livrées ?

Celle-ci est variable et dépend :

- de la brasserie (teneur en MS au départ),
- du transport (perte en eau importante dans les jus).

Sa connaissance est importante pour estimer le tonnage de MS livré et payé et pour prévoir également la qualité de conservation du produit.

Quel est le prix de revient du transport ?

Cette question est surtout importante pour l'éleveur s'approvisionnant lui-même à la brasserie. Il peut être évalué à partir des barèmes d'entraide machinisme mis à jour annuellement.

La prise en compte de ces trois facteurs doit permettre à l'éleveur de calculer le prix de revient des drèches arrivées à l'exploitation, ramené au kg de MS, comme il peut être établi pour tout autre aliment du commerce.

Le stockage et la distribution des drèches sur l'exploitation

La encore, deux circuits différents sont possibles :

- soit stockage et distribution "en frais", qui n'intéresse que des élevages proches de brasseries car il nécessite un approvisionnement hebdomadaire du fait de la mauvaise conservation du produit (cf Chapitre III §2);
- soit consommation des drèches après ensilage, demandant la préparation d'un silo.

Dans chacun des cas, le coût du stockage et de la distribution doit être estimé, car il peut être important compte tenu :

- des pertes de conservation
- des investissements particuliers éventuellement nécessaires (silo par ex.)

- du surcroît de travail éventuel pour la distribution de cet aliment par rapport à d'autres rations possibles, qui doit être réfléchi par l'éleveur, surtout si la main-d'œuvre est limitée sur l'exploitation (rappelons que le libre service n'est pas recommandé pour les drèches). ce surcroît de travail peut être comptabilisé, mais il peut aussi s'agir d'une appréciation qualitative.

Si les drèches sont consommées fraîches

Les pertes au stockage sont constituées par

- Les jus d'égouttage, fonction de la teneur en MS des drèches reçues. Elles sont très faibles pour une teneur en MS initiale de l'ordre de 25%.
- Les moisissures qui peuvent se développer selon la durée de stockage et les conditions de température de la saison.

Les investissements sont réduits au minimum.

Le travail concerne la distribution, mais aussi l'approvisionnement hebdomadaire, voire bi-hebdomadaire, si l'agriculteur effectue lui-même le transport des drèches.

Si les drèches sont ensilées

Les pertes au silo varient de 10 à 38 %, selon la teneur en MS des drèches reçues (cf. Chapitre III, tableaux 4 & 5).

La construction d'un silo particulier est-elle nécessaire ?

Les coûts d'amortissement doivent être pris en compte, ils sont fonction :

- du coût total de l'investissement réalisé,
- de la durée d'amortissement prévisible,
- du nombre de remplissages prévus chaque année par des drèches, ou d'autres aliments.

Un agent de conservation est-il utilisé, du fait de mauvaises conditions de remplissage du silo ?

Les conditions d'emploi et le type de conservateur utilisable sont décrits dans le chapitre III, § 2.2). Son coût doit être pris en compte s'il en est fait usage.

Le travail concerne surtout la distribution.

En ayant répondu à ces questions, il est possible d'estimer le prix du kilo de drèches (en poids brut, ou mieux en MS) rendu à la gueule de l'animal.

Vient ensuite la seconde étape de la démarche qui va chercher à optimiser le coût et l'efficacité de la ration alimentaire proposée à l'animal, en faisant éventuellement appel aux drèches.

2 Introduction des drèches dans la ration alimentaire

Les drèches constituent un aliment concentré en azote mais, présentent l'inconvénient d'être sous forme humide et d'avoir une valeur énergétique inférieure à un concentré classique. Ceci limite leur utilisation en tant que concentré de production pour les vaches laitières. Il sera donc question ici de l'introduction des drèches dans la ration de base.

Il s'agit pour l'éleveur de décider s'il a intérêt ou non à incorporer des drèches dans la ration compte tenu :

- des informations disponibles sur les drèches (prix d'achat, prix de revient qu'il aura calculé en suivant la démarche ci-dessus, valeur alimentaire estimée à partir des données du chapitre V).
- de l'ensemble des données de son exploitation (nature et type de fourrages produits, autres aliments disponibles - y compris autres sous-produits -, autres cultures non fourragères possibles, données générales sur les bâtiments, la disponibilité de la main-d'œuvre).
- du prix de commercialisation des productions animales et végétales.

Dans cette perspective, les questions que doit se poser l'éleveur sont les suivantes :

Quel est le coût des aliments produits sur l'exploitation ?

Cette question est la plus délicate à résoudre car :

- soit il peut s'agir du prix de revient vrai de l'aliment produit, (dans un système d'élevage ruminant exclusif, ou bien pour une STH non labourable par exemple).
- soit il faut considérer un coût supérieur si une autre culture, possible dans les mêmes conditions, est capable de mieux valoriser les surfaces que ne peut le faire l'aliment au travers des productions animales (par exemple maïs grain, betterave sucrière, cultures légumières, tabac peuvent peut-être se substituer dans l'assolement au maïs fourrage ou à la betterave fourrage).

Quel est le prix de revient des aliments disponibles hors de l'exploitation (pulpes de betteraves par exemple)?

Quelle est la valeur alimentaire de chacun d'eux, et comment peut-on les combiner pour fournir aux animaux une ration de base adaptée à leurs performances ?

Quelles conséquences l'introduction des drèches dans la ration a-t-elle sur l'économie des fourrages ou du concentré de correction ?

Différentes rations avec et sans drèches apparaissant possibles pour atteindre les mêmes objectifs de production, quelle sera la moins coûteuse ?

La contrainte en travail sera-t-elle supportable ?

Le prix de revient de cette ration sera-t-il très affecté par une éventuelle variation de prix des aliments achetés à l'extérieur de l'exploitation ?

BIBLIOGRAPHIE

ALLEN W.R., STEVENSON K.R., 1975

Influence of additives on the ensiling process of wet brewers' grain.
Can. J. Anim. Sci., 55, 391-402

ALLEN W.R., STEVENSON K.R., BUCHANAN-SMITH J., 1975

Influence of additives on short-term preservation of wet brewers' grain stored in uncovered piles.
Can. J. Anim. Sci., 55, 609-648

BALZER G., FEGER R., MORHAIN B. et VIGNON B. 1974

Les drèches de brasserie dans l'alimentation de bovins à viande. Bul. Tech. Inf., 294, 827-836.

BERTRAND, 1982

Communication personnelle (Société BETAIGNE)

BIOS - Vol 20 n° 12, décembre 1989 - La bière en chiffre.

BLANCHART G, 1976.

Valeur nutritive des drèches de brasserie (non publié)

C.V.N. (1973 & 1977)

Tables hollandaises pour les aliments concentrés.

Veevoedertabel, Ed. Centraal Veevoederbureau in Nederland, Lelystad, Nederland.

CADOT M., GINSBURGER M. et HERR M. 1979.

Ensilage de maïs plante entière pour l'engraissement de taurillons frisons. étude ITEB N° 79.021 pp. 32.

COTTYN B.G.,BOUCQUE C.V., AERTS J.V., BUYSSE F.X. ,1973.

Digestibilité et valeur alimentaire des drèches de brasserie fraîches ou ensilées.
Rev. Agric. , 1519-1525.

COTTYNB.G., BOUCQUE C.V., DE BRABANDER D.L. et BUYSSE F.X., 1975.

L'utilisation d'ensilage de drèches de brasserie et d'ensilage de pulpes de pomme de terre dans des rations pour taureaux de boucherie. Rev. Agric. 6, 1527-1539.

CRICKENBERGER R.G. et JOHNSON B.H., 1982.

Effect of feeding wet brewers grains to beef heifers on wintering performance, serum selenium and reproductive performance. J. Anim. Sci., 48, 3, 474-479.

DAVIS C.L. - GRENAWALT D.A. - Mc Coy G.G., 1983.

Feeding Value of Pressed Brewers' Grains for lactating dairy Cows. J. dairy Science 66 73-79.

DE BRABANDER D.L. - AERTS J.V. - BOUCQUE Ch. V. - BUYSSE F.X., 1975.

Alimentation de vaches laitières avec de l'ensilage de maïs. Quantités ingérées et production : Influence de la hauteur de coupe du maïs et de la distribution d'un supplément de foin, d'urée ou de drèches de brasserie. Revue de l'Agriculture N° 3 - Mai Juin 593-624.

DELAGE J., 1974.

Memento sur l'alimentation des animaux domestiques. INRA Paris.

DEMARQUILLY C., ANDRIEU J., SAUVANT D., 1978

Alimentation des ruminants.
Ed. INRA Publications, 519-555.

DEMARQUILLY C., 1979

Valeur nutritive et utilisation des drèches de brasserie
B.T.I., 343-344, 389-393

DIB M.J. (ENSAIA) - 1986

Effets de la technologie de brassage sur la valeur nutritive des drèches de brasserie. Mémoire de fin d'études, INPL-ENSAIA Nancy - RNED BOVIN

E.D.E. Bas-Rhin, 1986

Valeurs alimentaires et incidence économique des drèches de brasserie dans les rations.

E.D.E. Bas-Rhin, 1981 (même titre, réactualisation)

VIGNON B., BLANCHART G., 1973

Résultats "Etudes drèches 1972-1973", E.N.S.A.I.A., NANCY, non publié.

E.D.E. Chambre Agriculture du Nord

La valorisation des sous-produits des industries agro-alimentaires par les bovins dans la région du Nord-Pas-de-Calais.
Rapport de stage 1982.

HATCH C.F., PERRY T.W., MOHLER M.T. et BEESON W.M., 1972.

Effect of corn distillers solubles and brewers dried grains with yeast in urea-containing rations on steer performance. J. Anim. Sci., 34, 2, 326-331..

JOHNSON R.A. et THOMSOM G.B., 1975.

Effect in cattle rations of brewers dried grains. J. Anim. Sci. 41, 1, 406 (Abstr).

KELLNER O., BECKER M., 1966.
Tables allemandes. Grundzüge des füttrungslehre.

KRISHNAMMOORTHY V., MUSCATO T.V., SNIFFEN C.J., VAN SOEST P.J., 1982.
Nitrogen fractions in selected feedstuffs.
J. Dairy Sci., 65, 217-225.

MEUNIER A. 1979
Inventaire des déchets solides des industries alimentaires de la région du Nord-Pas-de-Calais. Rapport interne.

MICHELET - DOREAU B.,
non publié.

MURDOCK F.R. - HODGSON A.S. - ROBERT E. RILEY, Jr. 1981.
Nutritive Value of Wet Brewers Grains for lactating dairy Cows.
Journal of dairy Science, Vol. 64 n°9 1826-1832.

N.A.S., 1971.
Atlas of nutritional data on United States and Canadian feeds. National Academy of Sciences. Washington, USA.

N.J.F., 1969.
Tables scandinaves.
Foddermiddeltabel, Nordiste Jord brugsforskeres forening, Argons, Mariendas boktrykkeri a/s, Gjøvick.

A.N. RIQUET, 1979
thèse de 3^{ème} cycle, Université PARIS XI

PARRASSIN P.R. - VERITE R. - HODEN A., 1982.
Utilisation des drèches de brasserie ensilées par les vaches laitières.
Bulletin technique C.R.Z.V. Theix INRA - 47 33-36.

PRESTON R.L., VANCE R.D. et CAHILL V.R., 1973.
Energy evaluation of brewers grains for growing and finishing cattle. J. Anim. Sci., 37, 1, 174-178.

RISK J.E., EHNDRIX K.S., PERRY T.W. et LEMENAGER R.P., 1982.
Brewers wet grains and distillers wet grains as protein and energy sources for beef cattle. J. Anim. Sci. 55, sup. 1, 109 (Abstr).

ROUNDS W. et KLOPPENSTEIN T., 1975.

Brewers dried grains in ruminant rations. J. Anim. Sci. 41, 1, 415-416 (Abstr).

S.U.A.E. du Bas-Rhin, 1974.

Engraissement de taurillons avec des sous-produits de brasserie-malterie, p. 67.

SANTOS K.A., STERN M.D., SATTER L.D., 1984

Protein degradation in the rumen and amino acid absorption in the small intestine of lactating dairy cattle fed various protein sources.

J. Anim. Sci., 58, 224-255.

SAUVANT D.

Non publié.

SCHNEIDER B.H., 1947.

Feeds of the world, their digestibility and composition.

West Virginie. Univ. Morgentown, USA.

VALENTINE S.C. - WICKES R.B., 1982.

The production and composition of milk from dairy Cows fed hay and supplemented with either brewer's grains or rolled barley grain.

Aust - J. Exp. Agric. Anim. Husb. 22 155-158.

VERITE R, 1983 .

Effet des drèches de brasserie ensilées pour la production laitière.

in : Quels aliments concentrés pour les vaches fortes productrices de lait ?

C.A.A.A. 13-10-83 H5 - 10.

VERITE R., SAUVANT D., 1981.

Valeur azotée des concentrés.

in "Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants". 279-296.