

LA DÉSHYDRATATION INDUSTRIELLE D E L A L U Z E R N E

LA DESHYDRATATION INDUSTRIELLE MODERNE EST UN PHENOMENE TECHNIQUE ET ECONOMIQUE DONT L'APPARITION DANS LA VIE CONTEMPORAINE EST RELATIVEMENT récente. Cependant, le développement rapide des productions annuelles de fourrages déshydratés — au cours de ces dernières décennies — est devenu pour nous un fait d'observation dont la banalité est certaine. Une nouvelle tradition technique s'instaure dans le domaine de la conservation des fourrages. Elle s'insère progressivement dans l'économie moderne, dont les besoins sans cesse mieux définis et plus différenciés trouvent un certain nombre de solutions intéressantes dans la technologie de la déshydratation industrielle des fourrages.

C'est au cours des années qui ont suivi immédiatement la fin de la dernière guerre que la France a réalisé ses premières installations de séchoirs et ses premières productions de Luzerne déshydratée. En 1951, la production française se situait au niveau de 4.500 tonnes. Elle s'est élevée rapidement depuis lors. En 1953, elle était de 25.000 tonnes ; en 1960, de 65.000 tonnes ; en 1965, de 170.000 tonnes et en 1967, elle a été de l'ordre de 320.000 tonnes.

Les Anglais, dès 1927, ont été les pionniers en ce domaine. Les Américains déshydrataient depuis de nombreuses années lorsque nous avons commencé à le faire. Leur potentiel de production est considérable. En 1964, les U.S.A. ont produit 1.500.000 tonnes de Luzerne déshydratée ; en 1967, ils ont atteint 1.700.000 tonnes.

Si, ces dernières années, la production française représentait environ la moitié de la production de la Communauté Européenne, elle n'était pas supérieure au dixième de la production des U.S.A.

LA LUZERNE

La Luzerne est une plante dont la culture comporte un certain nombre d'avantages à la fois pour le planteur et pour l'industriel déshydrateur. Je voudrais essayer de les définir rapidement. Cette légumineuse constitue une bonne tête d'assolement, s'adaptant remarquablement à certaines terres calcaires, comme en Champagne, notamment. Ses longues racines lui permettent d'aller chercher l'humidité en profondeur — jusqu'à 5 et 6 mètres — et de mieux résister à une sécheresse relative. On sait, depuis l'Antiquité, que les légumineuses sont des plantes améliorantes. Cette propriété, due à la fixation de l'azote de l'air, est liée à la formation de nodosités sur les racines de la plante. Celles-ci sont constituées par des radicelles renflées dont le parenchyme central est constitué de cellules géantes envahies par les bactéries : c'est le « tissu bactérien ». Le *bacillus radicolus*, découvert en 1888 par BEYERINCK, est une bactérie symbiotique dont la zone de température est comprise entre 3° et 46° C, et dont la zone de pH va de 4,9 à 9,5. Le pH optimum pour la Luzerne est 7,8. On désigne plus souvent maintenant cette bactérie sous le nom de *rhizobium leguminosarum*. La présence dans le sol d'une certaine quantité d'azote assimilable favorise l'apparition et le développement des nodosités. Mais si la nutrition azotée est trop abondante, la formation des nodosités est retardée et même totalement inhibée. Il a été observé qu'en sol riche en chaux, la bactérie symbiotique peut survivre une quinzaine d'années, même en l'absence de légumineuses, alors qu'en sol acide elle disparaît rapidement. On estime qu'une culture de légumineuses permet de fixer et d'apporter au sol une quantité d'azote, par hectare et par an, de l'ordre de 50 à 150 kg. Une population microbienne insuffisante du sol correspond à une inhibition de l'alimentation azotée de la légumineuse. On peut faciliter le développement de ces bactéries par inoculation des graines avec des souches sélectionnées. De la sorte, l'alimentation azotée de la Luzerne est toujours assurée au niveau maximum, permettant une bonne implantation, un plus grand rendement en fourrage d'une richesse supérieure en protéine, et un enrichissement plus important du sol en azote. C'est pourquoi cet aspect microbiologique de la production de la Luzerne présente un intérêt certain aussi bien pour le planteur que pour le déshydrateur.

Si la Luzerne, sur le plan agronomique, se révèle une véritable « plante-miracle », elle présente, sur le plan industriel, des possibilités de cultures à grande échelle susceptibles de permettre une organisation rationnelle et méthodique de la récolte.

La sélection d'un certain nombre de variétés de Luzerne — telles que Du Puits, Émeraude et quelques autres — particulièrement adaptées à la déshydratation industrielle, associée à la culture en terre nue, a permis de parvenir à des rendements quantitatifs de l'ordre de 10 à 15 tonnes de matière sèche à l'hectare ainsi qu'à des rendements qualitatifs remarquables en taux de protéine et de carotène, pouvant atteindre respectivement 25 % à 27 % et 250 mg/kg à 300 mg/kg.

LA RECOLTE

La récolte de la Luzerne se présente comme une opération apparemment simple. Cependant, elle constitue le premier stade évident d'une industrialisation de la production. En tant que telle, elle doit s'insérer parfaitement dans le rythme de l'usine de déshydratation. D'une part, une synchronisation doit s'établir entre la puissance d'évaporation du séchoir et le tonnage horaire de Luzerne verte à fournir. D'autre part, le stade végétatif de la plante au moment de la récolte devra être optimum — soit au bourgeonnement ou aux premiers jours de la floraison — afin de concilier le rendement maximum en matière sèche à l'hectare avec le rendement qualitatif maximum en protéine, carotène et cellulose. Les idées principales qui viennent d'être énoncées nous amènent tout naturellement à la notion de planning de récolte. Une organisation rationnelle des relations plaine-usine présente cependant des difficultés pratiques en relation avec les éléments suivants :

- la variation du taux d'humidité initiale de la Luzerne, en fonction des conditions climatiques du moment ;
- la variation du rendement en matière sèche à l'hectare ;
- la constance du pouvoir d'évaporation du séchoir à une température donnée ;
- le respect d'un cycle végétatif de quarante à quarante-cinq jours par coupe ;
- la recherche du meilleur rendement qualitatif et quantitatif.

L'usine commence aux champs ; ou plutôt, l'usine prolonge la Nature. Si la mécanique permet de « conditionner » la matière première, de « fabriquer », ou mieux d'élaborer le produit fini, c'est la matière végétale vivante qui réalise les synthèses biologiques et qui « produit » réellement les matières protéiques ou les vitamines que nous recherchons.

Le planteur laisse au déshydrateur le soin d'organiser et de réaliser la récolte. Ce passage de relais — pour être parfaitement réalisé au stade optimum de maturité évoqué précédemment — doit être pris « dans la foulée », comme dans une compétition sportive. Cela suppose :

- une concordance de phases entre la récolte et la déshydratation ;
- un planning de récolte préalablement étudié, déterminé avant la campagne et ajusté périodiquement en fonction des conditions climatiques de végétation.

En l'occurrence, il n'existe pas de solution mathématiquement définie pour prévoir et réaliser une synchronisation des opérations de récolte et de déshydratation. En effet, les deux phénomènes en présence évoluent de façon variable et imprévisible *a priori* :

- la récolte peut être caractérisée différemment — selon les époques — par sa vitesse de végétation, son rendement en matière sèche à l'hectare, sa teneur en humidité tissulaire et périphérique ;
- la déshydratation produit un tonnage horaire de matière sèche qui est sous la dépendance de la teneur en eau de la Luzerne verte et des conditions thermiques opératoires.

Il en résulte que les deux courbes de puissance de production de la récolte et de puissance de déshydratation en fonction du temps présentent une faible probabilité statistique de concordance de phases. C'est une raison supplémentaire pour veiller jalousement à tenter de s'approcher de cette situation idéale. Et pour ce faire, il est impératif de pouvoir agir simultanément sur les deux phénomènes à maîtriser :

- la récolte prévue ou prévisible devra être établie sur des bases chiffrées raisonnables en ce qui concerne le calendrier de chaque coupe, le nombre d'hectares par coupe, le rendement moyen en matière sèche à l'hectare. Une possibilité de délestage d'excédents éventuels de récolte — en première et en deuxième coupes — doit être envisagée ;
- la puissance d'évaporation moyenne retenue pour le séchoir sera référencée à des températures raisonnables d'entrée et de sortie. Ainsi, une réserve de puissance demeurera pour faire face aux humidités élevées éventuelles des Luzernes vertes. Cette puissance calorifique supplémentaire qui est un véritable danger lorsqu'on traite des Luzernes vertes à basse teneur en humidité initiale, devient un

secours précieux lorsqu'on doit traiter des Luzernes vertes très humides. Enfin, la production moyenne horaire statistique du séchoir en matière sèche sera calculée sur la base d'une humidité initiale moyenne — ni trop forte, ni trop faible — de la Luzerne verte.

Dans ces conditions, le déshydrateur disposera d'une « fourchette » de réglage de cadence pour chacune des deux opérations à harmoniser, à synchroniser : la récolte et la déshydratation. Il aura mis le maximum de chances de son côté.

LA DESHYDRATATION

Le fourrage « vert » étant livré à l'usine après une récolte effectuée par hypothèse dans de bonnes conditions, va être soumis à la déshydratation.

Mais que faut-il entendre par déshydratation industrielle ?

Cette notion, au sens restreint du terme, évoque — à juste titre — l'opération de séchage qui permet de réaliser l'évaporation de la majeure partie de l'eau périphérique ou tissulaire contenue dans le végétal traité.

La notion de déshydratation industrielle des fourrages — au sens large — est à la fois plus complexe et plus complète. Elle évoque essentiellement et fondamentalement une opération de conservation dans le temps de l'intégralité de la valeur alimentaire du végétal traité. C'est pourquoi, elle englobe, non seulement l'opération de séchage proprement dite, mais encore les opérations situées en amont, comme la récolte et son organisation, et les opérations situées en aval, telles que la granulation, le refroidissement et le stockage.

Il apparaît ainsi que la déshydratation industrielle n'est pas une opération instantanée, bien qu'elle fasse appel à des techniques modernes de « Flash-drying ». Elle est une industrie agricole et alimentaire et comme telle elle se trouve confrontée avec des phénomènes évolutifs de la matière vivante dans le temps, qu'elle a pour mission de contrôler.

Les problèmes posés par la déshydratation de la Luzerne sont nombreux et variés, depuis le niveau du « carreau » de Luzerne verte jusqu'au niveau du stockage final en passant par le séchage proprement dit, le broyage, l'agglomération à la presse, le refroidissement, sans parler des nouvelles techniques de blutage.

sibilités de réhydratation — un véritable point de « non-retour ». Il en résulte que la valeur alimentaire du produit s'en trouve sensiblement diminuée. Ces difficultés peuvent être évitées en tenant compte des indications que nous avons évoquées il y a quelques instants.

En fonction de l'hétérogénéité de la matière première et des variations de son taux d'humidité, en fonction des paramètres intervenant dans la conduite du séchage, nous avons été amenés à rechercher une méthode de contrôle analytique de la qualité technologique de la déshydratation de la Luzerne. Le laboratoire « FRANCE-LUZERNE » a effectué un certain nombre de recherches qui nous ont permis d'aboutir à une méthode de caractérisation de la qualité technologique de la déshydratation réalisée industriellement par une usine déterminée.

La méthode est simple dans son principe. Mais elle est révélatrice de la physionomie réelle du séchage par la mise en évidence de courbes caractéristiques de l'évolution des teneurs en humidité, en matières protéiques, en matières cellulosiques, et en carotène. Le prélèvement d'un échantillon de 4 ou 5 kilos de Luzerne déshydratée à la sortie du cyclone principal permet, après tamisage sur un jeu de tamis à ouvertures de mailles décroissantes, d'obtenir une classification des particules de Luzerne déshydratée en fonction de leur granulométrie. On calcule la composition pondérale centésimale de cette analyse granulométrique. Et, particulièrement, on procède à l'analyse chimique des différentes fractions granulométriques. Les dosages d'humidité, de protéine, de cellulose et de carotène effectués sur chaque fraction permettent d'établir une corrélation entre les conditions thermiques de séchage et les courbes de variation de la protéine et du carotène dans les différentes fractions étudiées. Graphiquement, on porte en ordonnées les teneurs en protéine des extractions des différents tamis et en abscisses l'évolution de 0 à 100 % du poids de l'échantillon étudié. L'examen des courbes que nous avons pu établir révèle des inflexions caractéristiques des courbes de carotène et de protéine dans la zone des fines granulométries, uniquement dans le cas où des conditions thermodynamiques de séchage trop poussées ont déterminé une altération des tissus végétaux. La courbe d'évolution de la cellulose indique un rebroussement comparable, mais inverse. Cette méthode a été pratiquée pour la première fois au cours de la campagne dernière. Nous pensons qu'elle devrait être améliorée et qu'elle devrait pouvoir fournir des renseignements intéressants susceptibles de faciliter la mise au point d'une technique de séchage.

Le broyage :

L'opération de broyage qui suit immédiatement le séchage constitue parfois un goulot d'étranglement pour la production horaire de l'usine. Un remède, pire que le mal, consiste à abaisser le taux d'humidité de la Luzerne déshydratée à des valeurs de l'ordre de 6 % ou au-dessous afin de permettre un broyage plus rapide. Il est évident que les praticiens qui procèdent de cette façon vont à l'encontre de leur propre intérêt en altérant la qualité de leur produit. La puissance de broyage d'une installation est calculée pour une humidité normale de l'ordre de 12 à 16 % et pour un tonnage horaire de matière sèche moyen, en relation avec la puissance nominale d'évaporation du séchoir. Il est raisonnable de se tenir dans ces limites. Il convient de noter que l'humidité finale du granulé — située entre 9 et 10 % — est en relation avec les pertes d'humidité au cours des opérations de fin de diagramme, à savoir : le broyage, le mélange, l'échauffement dans la matrice de presse et le refroidissement par ventilation aérodynamique.

Le blutage :

La structure physique hétérogène de la Luzerne correspond à une hétérogénéité de qualité entre les feuilles et les tiges.

Les feuilles sont riches en protéine et en carotène et pauvres en cellulose.

Les tiges sont riches en cellulose et relativement pauvres en protéine et carotène.

Les recherches effectuées en ce domaine par le laboratoire « FRANCE-LUZERNE » depuis 1960 nous ont permis de procéder à la mise au point d'une technique industrielle de blutage de la Luzerne déshydratée tendant à valoriser au maximum les feuilles et les tiges.

Cette nouvelle technique est actuellement mise en œuvre dans plusieurs de nos usines, suivant une technologie spécialement étudiée en fonction de nos débouchés.

La granulation :

Après le séchoir qui nous fournit des brins de Luzerne déshydratés dont le volume d'encombrement est énorme et en fonction des impératifs de stockage et de conservation, la « condensation » en pelettes assure la transition technique sans laquelle bien des problèmes demeureraient sans solution pratique et rentable.

La pelette de Luzerne déshydratée tend à constituer l'homologue fourrager du « grain » de Blé ou de Maïs, pour nous permettre de répondre aux préoccupations suivantes :

- Obtention d'un faible volume élémentaire ;
- Obtention d'un poids spécifique relativement élevé ;
- Réalisation d'un granulé de bonne compacité avec élimination simultanée des farines, génératrices de pertes à divers stades ;
- Élimination de l'oxygène occlus dans la farine et bonne rétention de la Pro-vitamine A ;
- Facilité de manutention ;
- Facilité de stockage ;
- Facilité de contrôle qualitatif et de formulation analytique.

Si telles sont les caractéristiques idéales des pelettes, la réalité industrielle nous révèle des variations pratiques — parfois importantes — dans leur réalisation concrète. Et ces variations se traduisent par des taux de compacité différente. C'est pourquoi, nous avons cherché une méthode de mesure du taux de compacité, qui permette d'obtenir un critère de référence objectif. On utilise un micro-broyeur Dangoumau équipé d'un pot en acier inox et de billes d'acier. Un poids déterminé d'échantillon est broyé pendant un temps normalisé. Après tamisage on obtient trois fractions granulométriques qui permettent de déterminer :

- un coefficient d'éclatement,
- un coefficient de pulvérisation,
- un coefficient de compacité des granulés, dont l'expression est donnée par un chiffre allant de 0 à 100 %.

Cette méthode a été appliquée au cours de la campagne 1967. Les résultats comparatifs obtenus ont permis d'attirer notre attention sur de nombreux facteurs intervenant dans la détermination de la nature physique des pelettes produites et de leur taux de compacité. Parmi ces facteurs, l'un des plus importants, sinon le plus important, s'identifie avec la qualité technologique de la déshydratation qui précède immédiatement la granulation à la presse.

La déshydratation, en effet, peut être réalisée industriellement dans des conditions thermiques variées, en harmonie totale, partielle ou précaire avec les impératifs qualitatifs du produit fini, et de sa granulation.

La qualité de la granulation et la valeur de la compacité des pelettes sont en relation directe avec la non-altération ou le degré d'altération relative des constituants suivants :

- les matières grasses naturelles ;
- les matières pectiques ;
- les matières protéiques ;
- les matières cellulosiques ;
- les vitamines.

Les matières grasses et les matières pectiques sont des liants naturels favorables à l'obtention d'une bonne granulation. Les matières cellulosiques non altérées contribuent — par le réseau de fibres entrelacées qu'elles constituent — à donner une cohésion mécanique appréciable à la structure du granulé.

Dans le cas d'une déshydratation conduite dans des conditions thermiques anormalement élevées, la pyrolyse des tissus végétaux qui en résulte entraîne une altération profonde de la nature physicochimique du végétal :

— les matières grasses subissent une dénaturation chimique qui tend à annuler leur pouvoir liant ;

— il en va de même des matières pectiques qui perdent leur structure de réseau élastique et se transforment en micro-granules élémentaires d'aspect corné comparables à des grains de sable dispersés ;

— les matières cellulosiques, sous l'effet d'une chaleur excessive, perdent leur souplesse. Les fibres durcies deviennent cassantes et se brisent en éléments plus fins, pulvérulents. La proportion de brins longs diminuant sensiblement, la structure entrelacée, qui était antérieurement possible et résistante mécaniquement, devient plus difficile, sinon impossible à réaliser pratiquement.

— la Pro-vitamine A ou carotène, très sensible à une élévation de température, est rapidement dégradée dans des proportions notables. Et la valeur finale du rapport carotène/protéine est caractéristique de ce résultat défavorable.

Dans une telle conjoncture de facteurs défavorables, on comprend aisément que l'obtention d'une bonne granulation présentant un taux de compacité de 80 % ou 90 % devient une véritable gageure. La nature physicochimique du produit déshydraté devient le facteur prépondérant qui détermine effectivement la possibilité ou l'impossibilité de réaliser une granula-

tion convenable. Toutes choses égales d'ailleurs — états de surface des matrices et galets, humidité de la farine avant cubage, etc... — l'expérience industrielle de ces dernières années a prouvé que les usines qui obtiennent :

- la meilleure granulation,
 - les meilleurs taux de compacité entre 80 % et 95 %,
- sont aussi celles qui présentent simultanément :
- le meilleur rapport carotène/protéine,
 - la plus belle couleur verte,
 - le meilleur taux de rétention de carotène après six mois de conservation de pelettes en atmosphère naturelle.

Le refroidissement :

Le dégagement de chaleur qui se produit au cours de la compression dans la matrice n'est pas négligeable. Des températures de 60° à 90° C sont enregistrées dans les granulés à la sortie de la presse.

Il importe de refroidir rapidement le granulé au niveau de la température ambiante ou au-dessous. En effet :

1. — La dégradation du carotène est en relation directe avec l'élévation de la température de stockage ; les pertes peuvent atteindre 20 % de la teneur initiale en carotène en moins d'une semaine pour des pelettes mal refroidies en sortie de presse ;

2. — Le stockage de granulés chauds en cellules provoque une évaporation avec condensation de vapeur d'eau sur les couches froides de granulés ou sur les parois froides. Dans les deux cas, on provoque l'élévation locale du taux d'humidité des pelettes. Dans ces conditions, on peut atteindre des teneurs de 20 % d'humidité et au-delà. Des moisissures se développent progressivement et viennent altérer sensiblement la valeur marchande du produit.

Toutes ces raisons — et il en existe d'autres relativement secondaires mais pratiquement préjudiciables — militent en faveur d'une technique puissante et adaptée pour le refroidissement des granulés avant livraison au silo de stockage.

Le stockage :

L'opération de stockage au silo, qui suit la fabrication à l'usine, répond à un triple objectif :

1. — Identification analytique et sélection des qualités différenciées par le contrôle de laboratoire à l'entrée au silo ;
2. — Le stockage proprement dit dans les conditions optimales en vue d'une bonne conservation ; le stockage sous gaz neutre nous permet d'obtenir des taux de rétention de carotène de l'ordre de 80 à 90 % de la teneur initiale après six mois ;
3. — Préparation des expéditions en fonction des analyses garanties par les contrats de ventes.

CONCLUSION

Après ce rapide examen des problèmes que pose la déshydratation industrielle des fourrages, nous pouvons peut-être mieux mesurer les difficultés technologiques que l'on peut rencontrer, mais aussi mieux prendre conscience des solutions intéressantes réalisées et des avantages techniques et économiques concrets que l'on peut en attendre.

Le bilan de ces dix dernières années de production industrielle de Luzerne déshydratée nous permet de constater que des progrès sensibles ont été réalisés dans un certain nombre de directions. Au niveau de la culture, les rendements et les qualités se sont améliorés. L'organisation de la récolte devient plus méthodique. L'étude et le perfectionnement de la technique de séchage sont envisagés par les déshydrateurs avec une rigueur accrue. Le stockage du produit fini atteint un niveau appréciable de garantie de conservation. Enfin la sélection et la différenciation analytique des tonnages et qualités stockés nous permet désormais de réaliser toute l'année la fabrication d'un certain nombre de qualités normalisées de Luzerne déshydratée, répondant précisément aux besoins alimentaires spécifiques des différents secteurs de l'alimentation animale.

C. GASTINEAU,

*Directeur Technique
de la S.I.C.A. « France-Luzerne »,*

173, avenue des Alliés, Châlons-sur-Marne.