

*NOTE CONCERNANT LES RÉPERCUSSIONS
DU SÉCHAGE A L'AIR SUR LA
COMPOSITION CHIMIQUE DES FOURRAGES*

LE SÉCHAGE A L'AIR RESTE, DANS LA PRATIQUE AGRICOLE, UNE TECHNIQUE CLASSIQUE POUR LA CONSERVATION DES VÉGÉTAUX. ON NE SE DISSIMULE POURTANT PAS les inconvénients inhérents à cette façon de procéder : au cours d'une exposition plus ou moins prolongée à l'air et à la lumière, les constituants d'un matériel végétal doivent subir des transformations profondes. Il n'empêche que le procédé est toujours en honneur dans certaines des unités de recherche dont la mission consiste à évaluer la valeur d'herbes et de fourrages.

Du point de vue analytique pourtant, des échantillons préparés de pareille manière ne sont plus guère représentatifs de la plante originale et les résultats obtenus doivent être interprétés avec précaution.

Si WOHLBIER caractérisait encore en 1964 la technique du séchage à l'air d'appropriée pour la préparation de matériel analytique, il attirait néanmoins l'attention sur la nécessité d'en réduire la durée à un strict minimum. A cet effet, il recommandait d'étaler les plantes en couche mince et d'assurer une bonne ventilation (21). Il importe encore de préciser qu'il y a lieu de les protéger contre l'action des rayons solaires afin d'éviter des réactions photochimiques (20).

Nous aimerions dans la présente note faire le point des connaissances acquises dans ce domaine à la lumière des données de la littérature.

I. — INFLUENCE DU SECHAGE SUR LA COMPOSITION CHIMIQUE DES VEGETAUX

1) Circonstances aérobies.

Nombre d'auteurs se sont préoccupés de déterminer la nature des phénomènes qui se poursuivent pendant le séchage des végétaux à l'air, d'en mesurer l'incidence sur les constituants et de là, à préciser l'importance des pertes subies.

Certains établissent une distinction assez subtile entre les variations observées lors du flétrissement et lors du séchage *sensu stricto*.

Flétrissement :

Flétrissement — au sens strict du mot, « séchage sur pied » — est employé dans la littérature dans un sens élargi indiquant un séchage moins poussé, aérobie, durant lequel le matériel végétal, même en perdant sa turgescence par transpiration excessive, reste vivant. HIRST et RAMSTADT ont trouvé pour *Lolium perenne* une perte en matière sèche de l'ordre de 1 % pendant une période s'étendant sur 48 heures.

Elle va de pair avec une perte en acides malique, citrique, succinique (11). Pour la même espèce, Mc PHERSON et SLATER concluent à une protéolyse bien que les quantités d'acides aspartique et glutamique trouvées ne correspondent pas à celles calculées. Par contre, ils observent une teneur élevée en acide α -aminobutyrique, provenant vraisemblablement d'une décarboxylation de l'acide glutamique. D.I.H. JONES donne pour les feuilles finement hachées de chou fourrager les pertes suivantes exprimées sur matière sèche :

sucres totaux	3,00 %
sucres réducteurs	2,20 %
pentosanes	0,11 %

ce qui signifie, pour le matériel en question, une perte d'environ 25 % des sucres totaux et réducteurs et de plus de 30 % des pentosanes (12).

Séchage :

Des recherches plus approfondies ont été consacrées aux répercussions sur la composition chimique des végétaux d'un séchage proprement dit qui consiste en une évaporation rapide, forcée, de l'eau tissulaire.

Dans ces conditions :

1) La respiration continue mais avec une intensité moindre ; elle cessera lorsque la teneur en eau atteindra 35 % (17, 9).

2) Les pertes en matière sèche diminuent avec une vitesse de séchage croissante. A vitesse constante, elles augmentent simultanément avec la température.

Les auteurs ne sont pourtant guère d'accord sur l'ordre de grandeur des pertes subies par les végétaux, ce qui résulte des données reproduites au tableau ci-après :

<i>Espèces</i>	<i>Pertes matière sèche pendant le séchage à l'air, en % de la matière sèche primitive</i>	<i>Auteurs</i>
<i>Bromus inermis</i>	7,5	Ekelund (7)
<i>Heliotropus</i> sp. (Tournesol)	5,26 - 22,71	Mc Rostie et Hamilton (15)
<i>Lolium multiflorum</i>	5,35 - 7,23	Greenhill (9)
<i>Medicago sativa</i>	8,78 - 12,06	Mc Rostie et Hamilton (15)
<i>Trifolium</i> sp. (Trèfle rouge)	2,50 - 11,97	Mc Rostie et Hamilton (15)
<i>Trifolium pratense</i>	5,89 - 8,67	Mc Rostie et Hamilton (15)
<i>Trifolium pratense</i>	7,15 - 7,21	Greenhill (9)

3) Les pertes en matière sèche observées par gravimétrie correspondent sensiblement à la destruction des hydrates de carbone.

MELVIN et SIMPSON ont constaté que les pourcentages en fructosanes et les restes de fructose diminuent durant toute la période de séchage alors que les teneurs en saccharose s'abaissent au début pour augmenter dans la suite (17).

4) Le quotient respiratoire est inférieur à l'unité pendant la première phase du temps de séchage, ce qui correspondrait, selon CURTISS et CLARCK, à une transformation d'hydrates de carbone en acides organiques (4).

Quant à la suite du cycle de séchage, on ne peut pas établir de rapport précis entre les pertes en hydrates de carbone et la production de CO₂ telle qu'elle fut observée par MELVIN et SIMPSON (17).

5) La proportion d'acides organiques non azotés s'accroît en général pendant le séchage : tel est le cas pour les acides malique, quinique, shikimique ; seul l'acide citrique paraît se dégrader alors que la dose d'acide succinique reste sensiblement constante. Sous l'influence des rayons solaires, lors du séchage en plein air, les acides organiques se photolysent (SPOEHR, 1913) (20).

6) La formation d'acides aspartique et glutamique s'explique par une protéolyse. Les teneurs restent pourtant inférieures aux prévisions. Peut-être que la présence d'acide pyrolidonecarbonique, absent dans l'herbe fraîche, mais apparaissant dans les stades ultimes de la période de séchage, fournirait une explication à ce phénomène. En opposition avec les auteurs précédents, DROZDENKO (6) a trouvé, au cours du séchage à l'air d'un mélange de Fléole des prés et de Trèfle, une perte en azote aminé et plus particulièrement en tryptophane.

Nos propres recherches ont mis en évidence, pour le Ray-grass anglais, qu'un séchage à l'air n'entraîne pas plus de protéolyse qu'une déshydratation artificielle, mais que, par contre, une prolongation du temps de séchage par une forte humidité relative de l'air mène à une protéolyse et à une désamination.

7) En ce qui concerne les dérivés phosphorylés, la littérature ne fournit pratiquement pas de données quant à leur comportement à l'air. BENSON (1) admet que toutes les méthodes courantes de conservation entraînent une hydrolyse rapide des esters phosphorés. Les phosphatases restent actives entre des limites de température très étendues et jusqu'à des températures inférieures à -50°C , même en milieu non aqueux. Des recherches personnelles (non encore publiées) ont permis de mettre l'accent sur une autohydrolyse des esters phosphorés et une dégradation d'acides nucléiques lors du séchage de *Lolium perenne*.

8) La phytine est moins attaquée que les esters phosphorés. Elle est même tellement résistante que, lors de la pourriture de matériel végétal, elle reste comme telle dans le sol (COURTOIS) (3).

9) Une dégradation des acides gras s'opère lors du séchage à l'air. Elle est plus prononcée chez les acides insaturés que chez les acides saturés et est renforcée par la lumière solaire. BROUWER signale que la teneur en acides gras de l'herbe passe de 3,3 % à 2,4 % (sur matière sèche) avec une diminution concomitante de l'indice d'iode de 187 à 165 (2).

78 10) La destruction du carotène est quasi totale (5).

11) En ce qui concerne la chlorophylle, sa dégradation finale est déterminée par la teneur en chlorophylase. La destruction est moindre chez les monocotylédones que chez les dicotylédones. On signale en outre des phénomènes de photo-oxydation (5).

2) Circonstances anaérobies.

Les considérations qui précèdent ont trait à un séchage à l'air dans des circonstances favorables. Si les couches de végétaux sont trop épaisses et que l'humidité relative est trop élevée, non seulement les pertes s'accroissent, mais des réactions de condensation et des transformations anaérobiques peuvent également intervenir.

A la suite de quoi on pourra observer que :

1) La teneur en pentosanes s'abaisse, lentement au début, rapidement peu après. Il en résulte une formation de furfural, qui se lie aux acides aminés et aux protides du milieu. Cette réaction de condensation est favorisée par une élévation de température due à un échauffement ou tout simplement à un séchage subséquent. Il en résulte que la digestibilité des protéines (pepsine-HCl) ne peut plus être estimée avec toute la rigueur voulue et que les données obtenues sont habituellement trop faibles.

2) La teneur en cellulose brute s'abaisse au début du séchage à cause de l'activité cellulytique, pour augmenter ensuite. De ce fait, la teneur en azote de la cellulose brute augmente considérablement. Dans un foin fermenté, HERBERTS et IMMINK trouvèrent une fixation d'azote sur la cellulose qui correspondait à 2 à 6,6 % de l'azote total (10).

3) En milieu anaérobique, des réductions peuvent se produire entraînant notamment la formation de nitrites. Lors d'une élévation de la température, il se forme des oxydes d'azote gazeux, qui sont déjà éliminés en grande partie à 30° C (13).

II. — RESUME ET CONCLUSIONS

Il résulte de l'examen de données éparses de la littérature que tant le flétrissement que le séchage de matériel végétal à l'air et à la lumière peuvent donner lieu à une série de phénomènes parmi lesquels nous retiendrons plus particulièrement :

jusqu'à ce que le taux d'humidité de la plante tombe à 35 %. Ce sont principalement les hydrates de carbone qui sont réduits en acides organiques, dont la dégradation peut se poursuivre éventuellement par photo-oxydation.

2) Les acides gras insaturés sont oxydés, le carotène est détruit quasi totalement, alors que la dégradation de la chlorophylle est fonction de la teneur en chlorophylase du matériel de départ.

3) Une protéolyse est suivie de réactions de décarboxylation et de condensation, éventuellement d'une désamination.

4) Dans des circonstances défavorables, les réactions de condensation s'accroissent alors que se produit également une réduction de nitrates en nitrites.

5) Si l'on peut observer une autohydrolyse des esters phosphorés, la phytine de son côté n'est probablement pas détruite.

La complexité des phénomènes physiologiques et biochimiques qui se poursuivent dans les tissus végétaux au cours du séchage à l'air n'échappera à personne. Leur connaissance permettra non seulement de mesurer l'étendue des dommages que subissent les plantes à la suite d'opérations de séchage conduites dans des conditions peu judicieuses, mais en ordre principal, d'étudier les moyens de les pallier, voire de les éliminer le plus parfaitement possible.

**

Mes remerciements les plus profonds vont au Dr ADRIAENS, Directeur de l'I.R.C., Tervuren, pour l'intérêt constant qu'il a consacré à mes recherches et à la rédaction de cette note.

M.J.A. HOFMAN ir.,
Institut de Recherches Chimiques, Tervuren.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) BENSON A.A. (1955) : *In Moderne Methoden der Pflanzenanalyse, Springer Verlag, Berlin, pp. 113-143.*
- (2) BROUWER E. (1944) : « Sur les modifications de la composition des acides gras de l'herbe pendant la maturation et la conservation ». *Rec. Trav. Chim. des Pays-Bas, 63, 35.*
- (3) COURTOIS J. (1951) : « Les esters phosphoriques de l'Inositol ». *Bull. Sté Chim. Biol., 33, n° 9, pp. 1075-1112.*
- (4) CURTISS et CLARCK (1950) : *Plant Physiology, Mac Graw Hill, p. 524.*
- (5) DANIEL P. (1966) : « Chlorophyll und Carotin in Futterpflanzen ». *Das Wirtschaftseigene Futter H 4 M° 12.*
- (6) DROZDENKO N.P. (1965) : « Changes in nitrogenous compounds in different methods of drying grass for hay ». *Nutr. Abstr. Rev., 35, (4), 945.*
- (7) EKELUNDS S. (1949) : « Carbohydrates in Hay ». *Lambr. Hogsk. Anh., 16, 179.*
- (8) GREENHILL A.W. (1963) : *Agric. Prog., 163.*
- (9) GREENHILL W.L. (1959) : « The respiration drift of harvested pasture plants during drying ». *J. Sci. Food Agric., 10, pp. 495-501.*
- (10) HARBERTS G.L. - IMINK H.-J. (1959) : « De ruwe celstof in gebroeid hooi (I.B.S. Mededeling 87) ». *Jaarboek, 1959 van het I.B.S.*
- (11) HIRST E.L. - RAMSTAD S. (1957) : *J. Sci Food Agric., 8, 29.*
- (12) JONES D.I.H. (1962) : « Note on the pretreatment of herbage samples for determination of soluble carbohydrate constituents ». *J. Sci. Food Agric., 13, pp. 83-86.*
- (13) JONES D.I.H. - GRIFFITH G. (1965) : « Reduction of nitrate to nitrite in moist feeds ». *J. Sci. Food Agric., 16, pp. 721-725.*
- (14) KREYGER J. - HUISMAN M.-H. : « Het tegengaan van de caroteenafbraak in opgeslagen kunstmatig gedroogde groenvoeders ». *Veeveelt en Zuivelproducten, 7° jaargang, n° 4, 1964, pp. 207-213.*
- (15) Mc ROSTIE C.P. - HAMILTON R.-I. (1927) : « The accurate determination of Dry matter in Forage Crops ». *J. Amer. Soc. of Agron., 19, p. 243.*
- (16) MELVIN J.-E. (1965) : « Non volatile organic acids of Rye-grass ». *J. Sci. Food Agric., 16, pp. 612-614.*
- (17) MELVIN J.F. - SIMPSON Beulah (1963) : « Chemical changes and respiratory drift during air drying of Rye-grass ». *J. Sci. Food Agric., 14, pp. 228-234.*
- (18) SCHAAF D. VAN DER, - DEYS W.-B. - BOSCH S. (1955) : « Chemisch onderzoek van in verschillende mate gebroid hooi ». *Verslag C.I.L.O., 1954, pp. 148-157.*
- (19) SIMPSON Beulah (1961) : « Effect of crushing on the respiratory drift of pasture plants during drying ». *J. Sci. Food Agric., 12, pp. 706-712.*
- (20) SPOEHR H.-A. (1913) : « Photochem. Vorgänge bei d. diurnalen Entsäuerung d. Succulenten ». *Biochem. Z., 57, pp. 95-111.*
- (21) WOHLBIER W. - OELSCHLAGER W. (1964) : « Die bei der Vorbereitung von Futtermitteln zur Mengen und Spuren elementenbestimmung mögliche Fehler ». *Landwirtschaftliche Forsch., 17.*