

L'ALIMENTATION EN EAU D'UNE FERME LAITIÈRE

ROBERT NEWTON CLARK, C.E., M.S.*

L'hygiène du lait à la ferme n'est pas concevable sans un approvisionnement suffisant en eau satisfaisante. Cette affirmation exige la définition des trois concepts: «hygiène du lait», «approvisionnement suffisant» et «eau satisfaisante». En précisant ces trois points qui sous-entendent trois éléments: usage, quantité et qualité, on fera beaucoup pour éclaircir nombre de détails techniques relatifs à l'alimentation en eau de la ferme. Or cette eau est indispensable non seulement pour assurer l'hygiène du lait, mais aussi pour répondre à de nombreuses autres fins, telles que l'abreuvement du cheptel, et pour satisfaire divers besoins de l'homme: boisson, cuisine, hygiène personnelle et ménagère. Abstraction faite des cas où l'on dispose d'une source d'eau indépendante pour l'irrigation, la même source subvient généralement à tous les usages. Aussi, en analysant les trois éléments précités est-il nécessaire de considérer l'approvisionnement en eau dans son ensemble et de ne pas se limiter à la fraction utilisée pour assurer l'hygiène du lait.

Utilisation de l'eau

Bien qu'il s'agisse ici d'étudier l'alimentation en eau de la ferme du point de vue de l'hygiène du lait, cette utilisation de l'eau n'est pas la plus importante de toutes. L'eau est nécessaire en premier lieu à la vie de l'homme, puis à celle des animaux. Sans une quantité suffisante d'eau de boisson, il n'y aurait pas de ferme et pas d'animaux à traire. Une fois ce besoin essentiel satisfait, il faut de l'eau pour les autres utilisations domestiques: cuisine, bains, lessive, vaisselle, ménage et souvent évacuation des excréta et autres déchets. Viennent ensuite les utilisations fermières. L'eau est nécessaire à l'irrigation des cultures, à l'abreuvement du cheptel et de la basse-cour, au nettoyage des bâtiments et du matériel, au traitement des produits de la ferme, à la confection des préparations liquides d'engrais et d'insecticides, etc. Dans toute ferme productrice de lait, l'une des utilisations importantes de l'eau est d'assurer une bonne hygiène laitière.

* Conseiller principal en Génie sanitaire, Division de l'Hygiène du Milieu, Organisation mondiale de la Santé, Genève, Suisse.

Que faut-il entendre par hygiène du lait? A la ferme elle vise non seulement à la production de lait exempt de bactéries et autres agents susceptibles de provoquer des maladies parmi les consommateurs ou une détérioration trop rapide du lait, mais encore à une bonne conservation de ce lait jusqu'au départ de la ferme. L'eau destinée à assurer l'hygiène du lait est celle qui sert à laver les animaux laitiers, à nettoyer les installations et le matériel laitiers et, dans bien des cas, à refroidir le lait et à le conserver froid en attendant le ramassage ou la distribution. Il ne faut pas oublier non plus les quantités nécessaires au nettoyage du sol et des autres parties des bâtiments où l'on abrite ou traite les animaux. Dans les régions sèches, il en faut aussi pour arroser les environs immédiats des laiteries de manière à prévenir la contamination du lait par des poussières.

Quantités d'eau nécessaires

Chaque utilisation doit être examinée en détail afin de déterminer les quantités nécessaires. C'est en apparence un simple exercice d'addition, mais que compliquent de nombreux facteurs. En premier lieu, dans bien des régions on ne trouve pas de l'eau partout ni en quantité illimitée. En fait, c'est le cas le plus fréquent et il est rare que l'insuffisance des ressources ne pose pas un problème saisonnier ou annuel. Cette situation impose des limites d'utilisation, oblige le fermier à affecter l'eau disponible à certains usages prioritaires et, dans de nombreux cas, restreint l'échelle de son exploitation. Il faut chercher à établir un équilibre et il est prudent, dans chaque cas, d'évaluer les ressources et d'examiner les possibilités.

Consommation humaine

La quantité d'eau nécessaire à la vie de l'homme varie avec l'âge, le poids corporel, les conditions climatiques, l'énergie dépensée et les éléments du régime alimentaire. Houssay et al. (1955) donnent les renseignements suivants:

ÉQUILIBRE HYDRIQUE D'UN HOMME ADULTE DONT L'ACTIVITÉ EST MODÉRÉE, À LA TEMPÉRATURE DE 18°-20°C

Absorption		Elimination	
Source	Volume (ml)	Voie	Volume (ml)
Boissons	1000	Reins	1500
Aliments	1200	Peau	600
Oxydations	300	Poumons	300
		Fèces	100
Total	2500	Total	2500

Dans un climat chaud, surtout dans le cas d'un travailleur manuel, la consommation peut atteindre 2 litres par heure et 10 à 13 litres par jour. Dans un désert chaud, la consommation quotidienne de 6 litres est tout à fait courante.

Des valeurs approximatives légèrement différentes ont été fournies par S. Wright (1952) qui a évalué comme suit les échanges d'eau quotidiens entre l'organisme humain et le milieu ambiant :

<i>Consommation d'eau:</i>	directe	1500 ml (de 0 à plusieurs litres/heure)
	provenant des aliments	1000 ml (selon la composition du régime)
	provenant des oxydations tissulaires	300 ml
<i>Elimination d'eau:</i>	dans l'urine	1500 ml (de moins de 20 ml à plus de 1200 ml/heure)
	par la peau	transpiration insensible (constante de l'ordre de 600 à 800 ml)
		sueur (de 0 à près de 2 litres/heure)
	par les poumons	400 ml
	dans les fèces	100 ml (plus en cas de diarrhée)

D'autres auteurs confirment la valeur élevée de la perte hydrique par la sueur. Lee (1953) rapporte qu'un adulte effectuant un travail modéré dans des conditions de chaleur sèche peut perdre par jour jusqu'à 15 litres d'eau qu'il doit remplacer par des boissons.

Pour la seule boisson, on peut conclure que les besoins quotidiens d'un adulte d'activité modérée varient d'un litre sous les climats tempérés à près de 16 litres sous les climats chauds et secs.

Autres usages domestiques

La boisson mise à part, les autres usages de l'eau sont les suivants : préparation des aliments, lavage de la vaisselle, nettoyage des mains, bains, lessive et chasses d'eau. Les chiffres donnés dans la monographie N° 42 de l'OMS (p. 48) par Wagner & Lanoix (1959), qui ont rassemblé des renseignements en de nombreux points représentatifs de diverses régions du monde, montrent que la consommation domestique journalière par personne varie de 10 litres, quand il faut chercher l'eau à l'extérieur, à 190 litres quand la maison a l'eau courante chaude et froide dans la cuisine, la buanderie et la salle d'eau. Les quantités qu'ils recommandent (p. 222) sont les suivantes :

- 15 litres par personne et par jour pour les robinets publics ;
- 250 litres par personne et par jour pour les raccordements privés.

Swift (1958) citant les chiffres officiels adoptés en Angleterre indique qu'il est maintenant courant de prendre comme base des besoins domestiques 136 litres par personne et par jour dans les zones rurales. Bidaut (1958) cite la *Circulaire interministérielle du 12 décembre 1944* (France) qui indique pour les besoins des populations rurales françaises 50-60 litres

par personne et par jour pour la boisson, la cuisine et le lavage. F. B. Wright (1956) table sur 46 litres par personne et par jour lorsque seule la cuisine est équipée en eau courante et sur 152 litres lorsqu'il y a l'eau courante dans la cuisine, la salle d'eau et la buanderie.

Consommation animale

F. B. Wright donne aussi quelques indications intéressantes sur la consommation d'eau qu'exige la production alimentaire. Il déclare que pour produire 1 litre de lait une vache consomme de 3,5 à 5,5 litres d'eau. Il préconise de prévoir pour les animaux les chiffres de consommation quotidienne suivants :

	<i>Animaux</i>	<i>Litres</i>
Par:	cheval	45,5
	bœuf, génisse ou vache sèche	45,5
	vache laitière (production élevée).	133
	porc	15,2
	mouton	5,7
	100 dindes	68
	100 poulets	19

Bidaut, d'après les chiffres recueillis en France, indique les consommations suivantes par tête et par jour :

	<i>Animaux</i>	<i>Litres</i>
Par:	bœuf, vache ou cheval	50
	porc	20
	mouton	5 - 10

En Grande-Bretagne, le Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, cité par Swift (1958), prévoit les volumes suivants par tête et par jour :

	<i>Animaux</i>	<i>Litres</i>
Par:	vache laitière	136
	autre bovin	45,5

Wagner & Lanoix, citant le US Joint Committee on Rural Sanitation, présentent les estimations suivantes, par tête et par jour (p. 48) :

	<i>Animaux</i>	<i>Litres</i>
Par:	cheval, mulet ou bœuf	45
	vache laitière (abreuvement seulement)	57
	vache laitière (abreuvement et service de laiterie)	132
	porc	15
	mouton	7,5
	100 poulets	15
	100 dindes	26,5

Hygiène du lait

La quantité d'eau nécessaire pour assurer l'hygiène du lait est celle que demandent les opérations de nettoyage et de refroidissement du lait. Ces opérations comprennent la toilette des pis, le lavage du matériel et des locaux ;

elles ont fait l'objet d'estimations variées. En procédant par soustraction, on constate que Wagner & Lanoix (p. 48) prévoient 75 litres par vache laitière et par jour. F. B. Wright (1956), en examinant la pratique américaine, indique 228 litres par jour pour un troupeau de 30 têtes, soit 7,6 litres par tête et par jour. Julitte & Pezard (1958) suggèrent 5 litres d'eau par litre de lait récolté.

La quantité d'eau nécessaire pour refroidir le lait dépend de la quantité à refroidir, de la température de l'eau de refroidissement, de la température à laquelle le lait doit être refroidi, et de la méthode de refroidissement. Le lait ayant pratiquement la même chaleur spécifique que l'eau, dans un système d'échange thermique simple, comme un réfrigérant à ruissellement, la température finale théorique du lait et de l'eau de réfrigération s'obtient facilement à partir des masses en jeu et de leur température initiale. Exemple :

5 litres de lait à 36°C	180
40 litres d'eau à 5°C	200
Total: 45	380
Température résultant de l'échange $380/45 = 8,5^{\circ}\text{C}$.	

Cependant, dans la pratique, l'échange thermique est imparfait et il faut mettre en œuvre plus d'eau que ne l'indique le calcul, car après le refroidissement la température du lait est un peu plus élevée que celle de l'eau de refroidissement évacuée.

La température de l'eau de puits ou de sources superficielles est facile à mesurer. Les fluctuations saisonnières peuvent être très grandes et varient suivant la source. Les eaux de surface peu profondes — mares ou cours d'eau — sont sujettes à des variations journalières et saisonnières. Une couche d'eau peu épaisse exposée à un fort ensoleillement s'échauffe rapidement jusqu'à la température à laquelle les pertes par évaporation et rayonnement équilibrent l'apport dû au soleil. La température exacte dépend des conditions atmosphériques, mais il n'est pas rare, dans les pays chauds, qu'elle atteigne en surface plus de 26°C pendant la journée. Les changements diurnes n'affectent pas aussi fortement la température des masses plus profondes, qui, cependant, peut varier saisonnièrement entre 0° et 25°C, selon le climat. Les besoins en eau de refroidissement sont donc plus grands pendant la saison chaude; or, on peut rarement utiliser les eaux de surface en cette saison, car elles ne sont guère propices au refroidissement. Il y a, toutefois, des exceptions à cette règle. Les couches profondes des lacs ou autres réservoirs sont souvent beaucoup plus froides que celles de la surface, on peut donc installer des pompes à prise profonde. Par ailleurs, la température des cours d'eau et des lacs alimentés par des sources est parfois très stable.

L'eau des puits est à une température relativement constante. Selon Todd (1959) l'intervalle des variations de température de la terre à 9 mètres de profondeur en un an est inférieur à 0,5°C. L'analyse de milliers d'enregis-

trements de la température de l'eau souterraine effectués aux Etats-Unis a révélé que, dans les eaux situées entre -9 et -18 mètres, la température moyenne excède celle de l'air de 1° à 1,5°C. L'analyse de Todd indique, pour les eaux situées à cette profondeur, un intervalle de température allant de 5,5°C dans le nord du Maine (45°N) à 25°C dans le sud de la Floride (27°N).

Au-delà de ces profondeurs, la température croît conformément au gradient géothermique de la croûte terrestre. Todd donne pour ce gradient la valeur de 1°C par tranche de 30,48 mètres. Dumbleton (1953) indique qu'en Grande-Bretagne on admet habituellement un gradient moyen de 1°C par 30,80 mètres. Il cite la valeur trouvée par Walferdin à Paris: 1°C par 30,87 mètres. A Rouen, on a observé des valeurs comprises entre 1°C pour 20,20 mètres et 1°C pour 30 mètres. Des observations plus rigoureuses faites sur le puits artésien de Grenelle ont montré qu'au-delà de 28 mètres de profondeur la température augmente, avec une régularité remarquable, de 1°C par 31,8 mètres.

Compte tenu de ces observations, on peut admettre que l'eau prélevée à 20 mètres de profondeur environ est à une température constante supérieure de 1° ou 2°C à celle de la température annuelle moyenne de l'air au point considéré, et qu'à plus grande profondeur il faut prévoir une augmentation d'environ 1°C par 31 mètres. La température de l'eau prise dans des puits profonds de moins de 20 mètres peut varier quelque peu avec la saison. Il existe, évidemment, de nombreuses zones où le gradient géothermique s'écarte de la normale: régions volcaniques et secteurs de sources chaudes, par exemple; la température des eaux sub-superficielles est alors imprévisible.

Qualité de l'eau

Quand on se pose la question de savoir si une eau peut être utilisée dans une ferme, il faut considérer deux éléments de la qualité. Le premier a trait aux facteurs qui peuvent affecter la santé humaine: présence dans l'eau d'organismes infectieux ou quantités excessives de poisons ou de substances chimiques dangereuses. Le second porte sur les substances qui nuisent aux propriétés utiles de l'eau, par exemple quantités excessives de calcium et de magnésium, qui provoquent la formation de tartre dans les conduites, présence de fer et de manganèse qui diminuent les qualités dissolvantes de l'eau.

Bactéries de l'eau

L'innocuité de l'eau pour la consommation humaine a fait l'objet de nombreuses études. L'examen bactériologique de l'eau est complexe; il exige non seulement des techniques de laboratoire mais encore un contrôle sanitaire complet de la source et un programme systématique d'échantillonnage. L'une des principales difficultés tient au fait qu'il faut se baser sur

les résultats de laboratoire d'un seul échantillon pour juger de la qualité de plusieurs milliers de litres. Or, l'échantillon examiné peut ne représenter qu'imparfaitement les conditions régnant au moment du prélèvement. Une soudaine chute de pluie et d'autres phénomènes peuvent modifier grandement la qualité de l'eau entre deux échantillonnages. Aussi, dans la pratique, est-il rarement possible ou judicieux d'évaluer la qualité des approvisionnements en eau d'une ferme d'après des contrôles bactériologiques de laboratoire. Dans ses *Normes internationales applicables à l'eau de boisson* (1958) l'OMS examine avec soin tous les aspects de cette complexe question.

La façon la plus constructive d'aborder le problème pratique des approvisionnements en eau d'une ferme est de prendre toutes les précautions raisonnables contre la contamination, et de compter sur l'efficacité des mesures de protection plutôt que sur les examens bactériologiques pour s'assurer de l'innocuité permanente d'une eau.

On ne peut pas considérer l'eau des sources superficielles comme constamment exempte de micro-organismes pathogènes. C'est là un axiome de santé publique. Il en résulte que, si elles sont les seules sources d'eau disponibles, ces eaux superficielles doivent être traitées pour en éliminer les organismes dangereux. Clark (1956), examinant les modes de purification de petites quantités d'eau pour la boisson, indique trois méthodes générales de traitement: l'ébullition, la désinfection chimique et la filtration. Les types de traitement qu'il recommande sont applicables à des volumes ne dépassant pas 1000 litres/jour. Wagner & Lanoix ont examiné à fond les méthodes de filtration et de chloration des eaux rurales. On trouve d'ailleurs des renseignements à ce sujet dans presque tous les bons manuels qui traitent des approvisionnements en eau.

Cependant, les eaux superficielles traitées ne doivent être utilisées dans une ferme laitière qu'en dernier ressort, car le traitement de l'eau doit se faire chaque jour. Même dans les grandes usines de filtration, bien surveillées, le traitement n'est pas toujours continu. Selon Wagner & Lanoix (p. 182): «L'expérience acquise en de nombreuses régions a montré qu'une fois la station construite les opérateurs et les organismes de contrôle doivent faire preuve d'une vigilance constante pour éviter que la station elle-même ne puisse devenir une cause de propagation d'épidémies soudaines. La littérature, ancienne et contemporaine, abonde en récits d'apparition de cas de fièvre typhoïde et paratyphoïde, de choléra et d'ictère épidémique, dus à des interruptions dans le traitement (chloration, par exemple) dont était responsable un personnel inexpérimenté ou non qualifié.» Si cela peut arriver dans les grandes stations de traitement, les risques sont encore bien plus grands dans une ferme.

Le système le plus sûr consiste à utiliser l'eau de puits convenablement protégés. A certaines exceptions près, l'eau souterraine profonde est exempte de bactéries pathogènes. La principale exception est celle des régions à dolo-

mite ou calcaire, traversées de fissures et cavernes où l'eau peut circuler sans être soumise à l'action filtrante du sol ou des roches perméables. Plus rarement, les autres formations rocheuses peuvent présenter des voies souterraines résultant de fractures du sol ou de la présence de plans de clivage.

On souligne souvent exagérément le danger de contamination des puits de ferme par infiltration souterraine. Latrines, fosses d'aisance, fosses septiques et puisards doivent évidemment être suffisamment éloignés de tout puits; il en va de même des étables, des tas de fumier et de toute autre source de pollution; mais c'est surtout par leur ouverture que les puits sont le plus souvent contaminés. La couverture du puits et les deux premiers mètres du revêtement sont les zones les plus vulnérables. Dans la plupart des cas, en prévoyant dans cette partie une construction rigoureusement étanche, prévenant toute infiltration d'eau superficielle, on supprimera tout danger de contamination par des bactéries pathogènes. La qualité de la construction de la partie supérieure du puits constitue un indice assez sûr de la qualité bactériologique de son eau.

Substances minérales de l'eau

Nombreuses sont les substances minérales qui diminuent les qualités de l'eau pour divers usages. Dans les *Normes applicables à l'eau de boisson* (1958), l'OMS énumère les principales d'entre elles sous les deux titres suivants: *Substances toxiques, Substances chimiques et propriétés pouvant affecter la potabilité de l'eau* (pp. 28, 29-30):

«Substances toxiques

»Il existe un certain nombre de corps qui, s'ils sont présents dans l'eau de boisson en quantités dépassant un certain maximum, sont immédiatement dangereux pour la santé. On trouvera ci-après une liste de ces substances avec indication des teneurs limites admissibles pour l'eau potable des réseaux de distribution.

<i>Substances</i>	<i>Teneur maximum admissible</i>
Plomb (sous forme de Pb)	0,1 mg/l
Sélénium (sous forme de Se)	0,05 mg/l
Arsenic (sous forme de As)	0,2 mg/l
Chrome (sous forme de Cr hexavalent)	0,05 mg/l
Cyanures (sous forme de CN)	0,01 mg/l

»Si la teneur en l'une quelconque de ces substances dépasse la limite indiquée, l'eau ne pourra être distribuée au public pour l'usage domestique.

»En fait, le maximum indiqué pour le chrome est fort inférieur à la dose toxique; mais on estime que cet élément devrait être complètement absent de l'eau de boisson, et c'est pourquoi il a été prévu une concentration limite très faible afin de faire rejeter l'eau ainsi contaminée.

»Substances chimiques et propriétés pouvant affecter la potabilité de l'eau

»Pour évaluer la potabilité de l'eau, il importe de prendre en considération les critères qui suivent. La composition chimique de l'eau différant beaucoup d'une région du monde à l'autre, on ne saurait établir de normes strictes de qualité chimique. Les limites indiquées ci-dessous comme «admissibles» définissent une eau généralement acceptable par le consommateur. Au-delà des teneurs indiquées comme «excessives», la potabilité de l'eau serait nettement diminuée.

»Les concentrations limites données dans le tableau suivant n'ont cependant qu'une valeur indicative et peuvent être négligées dans des cas particuliers.

	<i>Teneur admissible</i>	<i>Teneur excessive</i>
Matières solides totales	500 mg/l	1500 mg/l
Couleur	5 unités *	50 unités *
Turbidité	5 unités **	25 unités **
Goût.	Acceptable	—
Odeur	Acceptable	—
Fer (Fe)	0,3 mg/l	1,0 mg/l
Manganèse (Mn)	0,1 mg/l	0,5 mg/l
Cuivre (Cu)	1,0 mg/l	1,5 mg/l
Zinc (Zn)	5,0 mg/l	15 mg/l
Calcium (Ca)	75 mg/l	200 mg/l
Magnésium (Mg)	50 mg/l	150 mg/l
Sulfates (SO ₄)	200 mg/l	400 mg/l
Chlorures (Cl)	200 mg/l	600 mg/l
pH	7,0-8,5	Moins de 6,5 ou plus de 9,2
Sulfate de magnésium + sulfate de sodium . .	500 mg/l	1000 mg/l
Composés phénoliques (sous forme de phénol)	0,001 mg/l	0,002 mg/l»

Les deux catégories de substances chimiques examinées ci-dessus l'ont été du point de vue de la potabilité de l'eau. Or, dans une ferme laitière, où il faut chauffer l'eau pour nettoyer l'équipement et le matériel, les dépôts de tartre posent souvent un problème difficile à résoudre. Ils peuvent se former en telle abondance dans les canalisations et dans les tuyaux des chaudières qu'ils finissent par les obstruer complètement; ils se forment dans les bouilloires et autres récipients, ce qui est gênant à tous points de vue.

Le tartre se forme par dépôt des sels minéraux de l'eau, à la suite d'une modification de l'équilibre chimique. Les propriétés entartrantes de l'eau sont étroitement apparentées à son agressivité. Selon son équilibre chimique, l'eau est corrosive, neutre ou entartrante. Ces propriétés dépendent de la concentration en ions hydrogène, du degré d'alcalinité et de l'équilibre de saturation du carbonate de calcium. Ce dernier facteur dépend lui-même d'un grand nombre d'autres facteurs tels que la teneur en gaz carbonique et la température. Les eaux de dureté et d'alcalinité faibles ou de teneur élevée en gaz carbonique sont habituellement corrosives; inversement, les eaux de dureté et d'alcalinité élevées, comme les eaux de puits très minéralisées sont généralement incrustantes et entartrantes. L'eau tirée d'un puits peut être en équilibre chimique, mais cet équilibre peut varier rapidement. Il peut y avoir dégagement de gaz carbonique uniquement par exposition à l'air, surtout si cette exposition est turbulente comme en cas d'éjection par une pompe, et ce dégagement peut provoquer la précipitation de carbonate de calcium. Le chauffage de l'eau modifie lui aussi l'équilibre chimique à la fois parce qu'il déplace le point d'équilibre et parce qu'il chasse

* Echelle colorimétrique au platino-cobalt.

** Unités turbidimétriques.

le gaz carbonique; il provoque généralement un entartrage rapide. Les réactions chimiques et physiques en jeu ont été décrites par Langelier (1936) et par Fair & Geyer (1954).

Pour lutter contre l'entartrage, on dispose de deux méthodes générales: l'adoucissement de l'eau et l'addition de composés qui altèrent les caractéristiques de l'eau. On peut adoucir par l'un des deux procédés suivants: *a*) précipitation du calcium, du magnésium et du fer par addition de chaux, et *b*) double décomposition, dans le procédé à la zéolite, par exemple (un cation, généralement le sodium, est remplacé par un autre, généralement le calcium ou le magnésium). L'eau adoucie par la zéolite est encore minéralisée mais par des produits qui ne rendent l'eau ni dure ni entartrante.

Hoover (1943) a minutieusement décrit l'adoucissement à la chaux. Cette méthode est rarement praticable à la ferme en raison de l'opération délicate qu'elle exige chaque jour.

L'adoucissement à la zéolite est en revanche souvent possible et s'il est nécessaire de régénérer périodiquement l'échangeur, cette opération est simple et peu fréquente. Fair & Geyer (1954) ont décrit la chimie de ce procédé, et on en trouve des applications pratiques dans la monographie précitée de Wagner & Lanoix (pp. 204-205) et dans l'ouvrage de Wright (1956). Il convient de recourir à des avis techniques pour choisir le type d'adoucisseur, car l'eau à traiter peut contenir des substances minérales qui obligent à prendre des précautions spéciales. L'adoucissement par la zéolite d'une eau qui contient du fer nécessite, par exemple, un équipement spécial.

On peut traiter l'eau par des produits chimiques, comme les polyphosphates, qui réduisent la quantité de tartre formé sur les surfaces de chauffe, en maintenant les minéraux précipités en suspension dans l'eau. On les appelle généralement adoucisseurs ou complexants. On peut utiliser aussi des produits complexes contenant du savon et autres détergents qui réduisent l'épaisseur du dépôt ou des incrustations sur l'appareillage et le matériel. L'utilisation de ces produits constitue vraisemblablement le traitement le plus pratique à la ferme pour les eaux dures. Freyman (1955) a décrit la chimie de l'action adoucissante de certains de ces composés, tels que le phosphate trisodique, la soude, le carbonate de sodium et le sulfate de sodium. L'American Society of Heating and Air-Conditioning Engineers (1959) a établi un texte exhaustif concernant le tartre, ses causes et les moyens de l'éviter, notamment en recourant aux polyphosphates.

Captage des eaux

Le captage des eaux est un terme qui s'applique à la détection de la source, à la conception et à la construction des ouvrages nécessaires pour que cette source soit exploitable, ainsi qu'à la mise en œuvre de l'équipement destiné à amener l'eau au point d'utilisation ou de redistribution. Dans le cas d'un puits de ferme, cela signifie en langage plus simple déceler l'eau souterraine, creuser un puits et installer une pompe.

Détection de la nappe aquifère

Trouver de l'eau dans le sol est un travail délicat, surtout quand il s'agit d'un puits de ferme. Les services de géologie travaillant à grande échelle et les municipalités qui ont besoin de milliers de mètres cubes par jour peuvent s'équiper en matériel moderne d'étude géophysique et faire de vastes travaux de prospection. Ils poursuivent souvent leurs recherches dans plusieurs zones très éloignées les unes des autres. Le fermier, qui ne dispose que de ses propres ressources, dans les limites de sa propriété, ne peut pratiquement jamais utiliser de telles méthodes. Sa recherche se borne donc à quelques investigations fondamentales.

La première mesure qu'il doit prendre est de s'enquérir de la nature des puits dont disposent ses voisins et de ceux qui sont situés sur ses terrains. Cela consiste à noter trois caractéristiques de chaque puits : la profondeur du puits, la hauteur de l'eau dans le puits et les possibilités de débit pendant la saison sèche. Chacune de ces déterminations est relativement complexe.

La profondeur du puits est facile à mesurer : il est généralement préférable de procéder à cette mesure que de se fier à des souvenirs plus ou moins précis. Cette caractéristique est importante pour la localisation de la nappe aquifère ou de la couche sur laquelle elle repose. Elle peut être considérée comme représentative de l'épaisseur du matériau (terre, roche, sable ou gravier) qui surmonte la nappe. Cette épaisseur varie suivant la topographie de la nappe et de la surface du sol. Il importe donc, lorsqu'on mesure la profondeur d'un puits, de bien noter la physionomie du terrain — éminence, dépression — ainsi que la disposition par rapport à l'emplacement du nouveau puits. On peut ainsi faire une meilleure estimation de la profondeur à laquelle doit descendre le puits pour atteindre la nappe.

On peut aussi mesurer la hauteur de l'eau dans le puits ; il suffit pour cela — au cours de la mesure de la profondeur totale du puits — de repérer et de mesurer la partie humide de la sonde. Mais cette hauteur subit d'importantes variations ; dans un puits au repos, c'est-à-dire qui n'a pas ou guère été exploité depuis plusieurs jours, la surface de l'eau indique exactement le niveau de la nappe phréatique ; au contraire, dans un puits en service où l'on puise des quantités relativement importantes d'eau, le niveau est abaissé, créant un cône de dépression dans la nappe. Il importe donc de connaître les antécédents d'exploitation du puits dans les jours qui précèdent la mesure, car le niveau du puits peut avoir baissé jusqu'au fond sans que le niveau de la nappe ait changé.

Il faut, si possible, faire une série de mesures à différentes saisons, mais il importe surtout d'effectuer des mesures à la saison de l'année où le niveau de la nappe phréatique est à son minimum. S'il y a dans le voisinage des puits qui sont réputés « ne jamais tarir » ou qui « n'ont pas tari l'année où tout le monde manquait d'eau », il faut de toute évidence en mesurer la

profondeur, car, en creusant assez profond pour obtenir la même hauteur d'eau, on arrivera presque certainement au-dessous du niveau saisonnier minimal de la nappe phréatique.

Il n'est pas particulièrement difficile d'évaluer le rendement d'un puits, mais il faut apporter à l'estimation un certain soin. En premier lieu, s'il s'agit d'approvisionner une ferme isolée, le rendement n'est pas important tant qu'on dispose de quantités d'eau suffisantes. Si les voisins font de leur eau un usage sensiblement analogue à celui que pense en faire le fermier, et si leurs puits produisent suffisamment sans baisse excessive du niveau et sans autres difficultés, il va de soi que le même type de puits, dans le même type de formation, produira le même rendement satisfaisant. Mais si des difficultés ont surgi, il est utile de s'assurer du rendement de chacun des puits existants.

Pour mesurer le rendement d'un puits, on peut pomper à débit constant jusqu'à obtention d'un état stable (il faut souvent persévérer de 12 à 24 heures); on mesure alors la baisse de niveau. La théorie mathématique sur laquelle est fondé le rapport entre le rendement et la baisse de niveau a été exposée par Fair & Geyer (1954). Pour obtenir le rendement, on divise le taux de pompage par la baisse finale du niveau; le résultat donne la capacité spécifique, c'est-à-dire un nombre de litres par minute et par mètre d'abaissement du niveau. Entre certaines limites, le rendement est directement proportionnel à l'abaissement de niveau; par conséquent, si un puits produit un certain volume d'eau pour une baisse de niveau d'un mètre, ce même puits ou un puits analogue dans la même formation produira vraisemblablement deux fois plus pour une baisse de niveau de deux mètres.

La baisse de niveau et le taux de régénération peuvent être fortement influencés par les obstacles à la pénétration de l'eau dans le puits. Cette difficulté est particulièrement grave lorsque le puits est formé d'un simple tube enfoncé dans le sol et dont l'extrémité est munie d'un filtre. Le filtre, lorsqu'il se corrode et s'incruste, offre une grande résistance au passage de l'eau; dans ce cas, la baisse de niveau ne permet guère qu'une évaluation douteuse du rendement.

Les renseignements recueillis au sujet des puits voisins et les autres informations rassemblées permettront de juger de l'emplacement probable et de la profondeur de l'eau souterraine. Si possible, cette estimation devra être contrôlée par un ou plusieurs forages d'essai. Si la nappe est située profondément et s'il faut un forage coûteux pour l'atteindre, celui-ci sera probablement hors de question; mais lorsqu'il est praticable, la dépense sera justifiée.

Construction du puits

Il existe de nombreux textes excellents concernant la construction des puits. Mention spéciale doit être faite de l'ouvrage de Wagner & Lanoix (1959) qui contient des informations recueillies dans toutes les parties du

monde et applicables à peu près partout. Du point de vue pratique, qui est habituellement celui du fermier, il convient de tenir grandement compte de l'expérience locale. On peut certes apporter des améliorations aux types de puits locaux, mais leurs caractères généraux reflètent les besoins, les ressources, les compétences et les méthodes de travail régionaux.

Quel que soit le type de puits utilisé, l'une des principales exigences est d'éviter que le puits ne soit contaminé par des infiltrations de surface. Il est utile d'observer comment le ruissellement superficiel, porteur de bactéries dangereuses, peut s'infiltrer vers le puits. En fait, il peut pénétrer à travers les deux mètres supérieurs du cuvelage. Le sol à proximité immédiate du puits est souvent saturé d'eau répandue involontairement ou à dessein; il n'est, en effet, pas rare que les gens se lavent la face et les mains et s'aspergent le corps devant le puits. L'état de saturation du sol favorise la percolation à travers les pierres, les briques ou autres matériaux de revêtement du puits. Pour éviter ces infiltrations, il faut prévoir autour de chaque puits une plate-forme étanche de 3 ou 4 mètres de diamètre et l'édifier sur un terre-plein surélevé, en pente rayonnante autour du puits.

On éloigne ainsi l'eau répandue et on évite que la terre qui est en contact avec le cuvelage, ne soit continuellement gorgée d'eau. De plus, toute la partie extérieure du cuvelage et les deux premiers mètres (ou plus) de cuvelage enterrés doivent être absolument étanches.

Le puits ouvert est inadmissible dans une ferme laitière. Cette affirmation est amplement justifiée par les débris que l'on ramène du fond lors du curage des puits ouverts. La couverture du puits doit être construite de telle façon que l'eau versée ou tombant accidentellement à la surface ne puisse absolument pas pénétrer dans le puits.

Enfin la contamination du puits peut se faire par la pompe. Tel est le cas lorsqu'on utilise une pompe aspirante qu'il faut amorcer. Les pompes auto-amorceuses, à corps disposé à l'intérieur du puits au-dessous du niveau de l'eau, sont plus coûteuses, mais offrent une bien meilleure protection sanitaire et sont habituellement moins sujettes aux avaries.

Utilisation de la force motrice

On sera d'autant plus tenté d'utiliser de l'eau qu'on se donnera moins de mal pour se la procurer. On peut réduire cet effort humain de plusieurs façons. L'eau d'une source située à flanc de colline peut être amenée au point d'utilisation dans des conduites, par gravité. Dans les régions éventées, l'emploi d'éoliennes est avantageux. On peut aussi utiliser la force hydro-motrice. Dans le monde entier, on emploie des pompes mues par des moteurs à combustion interne et, dans toutes les régions où elle est disponible, l'énergie électrique apporte une solution idéale au problème du pompage.

L'écoulement par gravité de l'eau d'une source élevée peut être mis à profit de deux façons. La première consiste à utiliser une conduite qui relie la source à un réservoir élevé situé près des bâtiments fermiers et de la maison

d'habitation; de ce réservoir l'eau peut être ensuite amenée par d'autres conduites aux points désirés. La seconde consiste à construire près de la source un bassin assez élevé pour fournir la pression nécessaire à l'alimentation de la maison d'habitation et des dépendances, puis à disposer une canalisation entre ce bassin et les points à alimenter. Le choix entre ces deux systèmes se fera dans chaque cas particulier en comparant les coûts respectifs d'installation.

Le prix des canalisations dépend de leurs dimensions qui, à leur tour, dépendent d'un certain nombre de facteurs. L'eau d'un réseau d'adduction est rarement tirée à régime constant. Selon les heures de la journée, elle est utilisée pour différents usages, à divers débits, allant d'une consommation nulle pendant la nuit à des valeurs relativement très élevées pendant les heures de lavage, de refroidissement du lait et d'autres opérations. Les quantités quotidiennes d'eau consommée par une ferme laitière ont été évaluées. Il y a 1440 minutes dans une journée mais si une ferme consomme 2880 litres/jour, le débit ne sera pas de 2 litres/minute; il variera de 0 à 40 litres/minute suivant l'heure de la journée. Pour satisfaire à ces pointes de demande, la canalisation qui relie la source aux points de ponction doit être suffisamment grosse pour évacuer le débit maximal. En outre, compte tenu du rendement de la source et du cycle quotidien d'utilisation, le réservoir ou le bassin construit près de la source doit être suffisamment grand pour faire face aux pointes soudaines lorsqu'elles excèdent le rendement de la source.

Quand on construit un réservoir surélevé, à proximité de la zone d'utilisation, on peut faire en sorte que la conduite qui relie la source au réservoir délivre l'eau à un débit constant 24 heures sur 24. Les lourdes ponctions du jour seront compensées, la nuit, par le régime constant. Le réservoir surélevé doit être de dimensions suffisantes pour faire face à la demande quotidienne; il doit, en général, contenir toute une journée de réserve.

Par contre, quand on construit le réservoir près de la source, il faut que la conduite issue de la source soit beaucoup plus large. Si la source est assez éloignée de la zone d'utilisation, l'économie réalisée sur les canalisations en adoptant la deuxième disposition mentionnée ci-dessus compensera le coût du réservoir.

Quand on utilise des moto-pompes, un raisonnement analogue est applicable à la taille des pompes; l'aménagement d'un réservoir de stockage élevé ou sous pression réduit généralement le coût du pompage (mise de fonds et frais d'exploitation).

Il est curieux de constater qu'aucune pompe satisfaisante actionnée par l'énergie animale n'a été mise au point. On a certes parfois utilisé la cage à écureuil et d'autres dispositifs pour entraîner une véritable pompe, mais l'emploi de cette méthode ne s'est pas généralisé. On recourt fréquemment aux animaux pour puiser de l'eau, mais les dispositifs généralement utilisés sont anti-hygiéniques et contaminent toujours l'eau. Parmi ces dispositifs,

signalons les ingénieux sacs en peau de chèvre à auto-emplissage utilisés en Afrique du Nord, et les moulins persans que l'on rencontre dans certaines parties d'Asie. Il y a là des possibilités de recherche et de perfectionnement, car l'énergie animale est la plus commune des ressources énergétiques dans les fermes du monde entier.

L'élément humain

En dernière analyse, la production d'eau saine dans une ferme laitière dépend de l'être humain en cause, le fermier. Chaque ferme possède des ressources hydriques et, par conséquent, il s'agit le plus souvent de les améliorer ou, éventuellement, de les remplacer par d'autres plus satisfaisantes. Mais le fermier a généralement tendance à être conservateur; il n'est pas rare qu'il soit très attaché à son mode d'approvisionnement en eau. C'est une part de sa vie, presque comme un membre de son corps, et il peut éprouver du ressentiment à l'égard des critiques qui en sont faites. Son puits peut servir depuis des temps immémoriaux, il fait alors partie de la tradition ancestrale. Le changer signifierait non seulement une altération de sa propre vie, mais une rupture avec le passé. Malgré ces difficultés, il s'impose parfois de faire comprendre au fermier que son approvisionnement en eau n'est pas aussi bon qu'il devrait l'être et que certaines mesures s'imposent pour le rendre admissible. C'est au fermier qu'il incombe d'assurer l'approvisionnement en eau de sa ferme; il faut donc qu'il soit à tout instant convaincu qu'il est de son intérêt d'y consacrer l'effort nécessaire. Des personnes différentes réagissent différemment et les méthodes d'éducation doivent être adaptées aux circonstances. L'essentiel est que le producteur de lait soit persuadé qu'il doit accorder à l'hygiène de son eau la même attention qu'à celle de son lait.

BIBLIOGRAPHIE

- American Society of Heating and Air-Conditioning Engineers (1959) *Heating, ventilating and air-conditioning guide*, vol. 37, New York
- Bidaut, M. (1958) *La technique sanitaire*, Paris, Presses universitaires de France
- Clark, R. N. (1956) *Bull. Org. mond. Santé*, **14**, 820
- Dumbleton, J. E. (1953) *Wells and bore-holes for water supply*, Londres, Technical Press
- Fair, G. M. & Geyer, J. C. (1954) *Water supply and waste water disposal*, New York, Wiley
- Freyman, M. (1955) *Traitements spéciaux pour eaux de chaudières*, *Livre de l'eau*, Bruxelles, CEBEDEAU
- Hoover, C. P. (1943) *Water supply and treatment*, Washington National Lime Association
- Houssay, B. A. et al. (1955) *Human physiology*, New York, McGraw-Hill
- Julitte, P. & Pezard, R. (1958) *L'eau à la ferme et aux champs*, *Encyclopédie des connaissances agricoles*, Paris, Hachette
- Langelier, W. F. (1936) *J. Amer. Waterworks Ass.*, **28**, 1500
- Lee, D. H. K. (1953) *Physiological objectives in hot weather housing*, Washington, USA Housing and Home Finance Agency

- Organisation mondiale de la Santé (1958) *Normes applicables à l'eau de boisson*, Genève
- Swift, S. (1958) *Sanitary officers' practice: environmental hygiene*, Londres, Butterworth
- Todd, D. K. (1959) *Ground water hydrology*, New York, Wiley
- Wagner, E. G. & Lanoix, J. N. (1959) *Approvisionnement en eau des zones rurales et des petites agglomérations*, Genève (Org. mond. Santé, Série de Monographies, N° 42)
- Wright, F. B. (1956) *Rural water supply and sanitation*, New York, Wiley, p. 54
- Wright, S. (1952) *Applied physiology*, Londres, Oxford University Press
-