

AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT
 WASHINGTON, D. C. 20523
BIBLIOGRAPHIC INPUT SHEET

FOR AID USE ONLY

Batch 71

1. SUBJECT CLASSIFICATION	A. PRIMARY Food production and nutrition	AP10-0000-0000
	B. SECONDARY Water resources and management	

2. TITLE AND SUBTITLE
 L'aménagement de points d'eau dans les pacages

3. AUTHOR(S)
 Hamilton, C.L.; Jepson, H.G.

4. DOCUMENT DATE 1967	5. NUMBER OF PAGES 92p.	6. ARC NUMBER ARC
--------------------------	----------------------------	----------------------

7. REFERENCE ORGANIZATION NAME AND ADDRESS
 AID/AFR/RTAC

8. SUPPLEMENTARY NOTES (*Sponsoring Organization, Publishers, Availability*)
 (In Collection: techniques am., 121)

9. ABSTRACT

10. CONTROL NUMBER PN-AAE-727	11. PRICE OF DOCUMENT
12. DESCRIPTORS Livestock Water storage Water supply Water wells	13. PROJECT NUMBER
	14. CONTRACT NUMBER AID/AFR/RTAC
	15. TYPE OF DOCUMENT
Springs Ponds	

L'AMENAGEMENT
DE
POINTS D'EAU
DANS
LES PACAGES

AVANT-PROPOS

La présente brochure est une traduction du petit ouvrage intitulé « Stock Water Developments - Wells, Springs and Ponds » élaboré par des ingénieurs agronomes du Service de Conservation des Sols des Etats-Unis d'Amérique. L'ouvrage original, publié en anglais, s'adresse à un public américain et décrit naturellement des conditions existantes aux Etats-Unis. Mais étant donné l'immensité de ce pays et la grande diversité de ses climats, les mêmes conditions se retrouvent un peu partout dans le monde. Le lecteur, où qu'il se trouve, pourra donc toujours tirer profit des enseignements qui lui sont prodigués et qui, sous réserve des adaptations nécessaires, sont sans doute applicables dans son propre pays.

Pour tirer pleinement parti des immenses pâturages que l'on trouve dans la plupart des régions du monde, et pour les exploiter efficacement, il est indispensable de recueillir et de stocker l'eau partout où on peut la trouver. Pour cela, il faut aménager, à moindre frais, des réserves d'eau suffisantes et judicieusement réparties sur la base d'un plan établi en fonction des ressources hydrauliques et du terrain. Il faut également établir et imposer certaines pratiques de conservation de l'eau et des sols.

La présente brochure s'applique à définir les conditions requises pour utiliser pleinement et efficacement les réserves en eau dans les terrains de pacages. Les suggestions offertes sont fondées sur l'expérience et les observations de techniciens et d'éleveurs compétents en la matière. Elles ne prétendent pas se substituer aux avis autorisés que l'on peut obtenir localement, mais simplement à relever les principaux facteurs dont l'exploitant devra tenir compte en lui offrant les moyens de résoudre ses problèmes.

Dans la plupart des pays, des textes législatifs et réglementaires régissent la construction des barrages, le captage et la distribution des eaux; il faudra donc s'y conformer.

Les barrages décrits dans le présent ouvrage sont du type remblayés en terre et ils sont conçus pour des petites retenues. Ils dépassent rarement 5 m de hauteur et ne concernent que l'aménagement hydraulique de superficies relativement faibles.

LES POINTS D'EAU DANS LES PACAGES ET PATURAGES

Quelles que soient la sapidité et l'abondance du fourrage d'un pacage ou d'une pâture, le bétail qui s'en nourrit doit pouvoir trouver toute l'eau qu'il lui faut, sinon il ne profitera pas. De l'eau à intervalles réguliers est tout aussi essentielle qu'une bonne provision de fourrage pour que le bétail se présente bien à la vente. L'insuffisance de points d'eau dans les terres de pacage et de pâture provoque non seulement une certaine instabilité et de lourdes pertes dans l'industrie de l'élevage, mais empêche aussi l'exploitation rentable des pacages précieux, tout en entraînant une mise à nu destructive des terres au voisinage des points d'eau existants.

Pour approvisionner convenablement le bétail en eau dans les pacages point ne suffit de créer assez de puits, de sources ou de retenues pour amener l'eau dont ce bétail a besoin. Il faut que les points d'eau soient bien répartis en fonction des disponibilités en fourrage (fig. 1). Une zone susceptible de fournir un fourrage abondant ne peut être exploitée à plein si l'eau n'est pas accessible au bétail à l'engrais sur toutes les parties de cette zone. Inversement, s'il y a déjà assez d'eau pour le nombre de bêtes que les terres avoisinantes peuvent nourrir, l'aménagement de points d'eau nouveaux ne saurait que provoquer un pacage excessif et des dépenses superflues.

Le bétail a besoin de points d'eau sûrs et approvisionnés en toute saison. Tout le monde a connu au cours d'une même année la surabondance d'eau, surtout dans les ruisseaux et les étangs, en saison humide, et le manque d'eau en saison sèche. Les fluctuations annuelles des précipitations et du ruissellement compliquent le problème d'un approvisionnement stable en eau. La quantité des pluies et du ruissellement dans un même bassin versant peut varier énormément non seulement d'une saison à

l'autre, mais d'une année sur l'autre. Pendant les années pluvieuses, les retenues peuvent être remplies plusieurs fois. Pendant les années sèches, alors qu'on a le plus besoin d'eau et que les pertes par évaporation sont habituellement les plus fortes, le ruissellement peut être insuffisant pour les remplir une seule fois. C'est en ces périodes critiques que l'on subit habituellement de lourdes pertes de bétail par manque d'approvisionnement en eau.



FIGURE 1 (*haut*). — Un excellent lot planté en herbe: diverses dans une exploitation du Sud-Ouest des Etats-Unis où l'on a réparti le bétail et l'eau selon de bonnes pratiques de conservation. *Bas*. — Un pacage trop pâturé offre peu de fourrage au bétail et le laisse dans un tel état d'affaiblissement qu'il succombe facilement à la sécheresse ou à la maladie.

Du temps des pionniers, les éleveurs de l'Ouest des U.S.A. s'installaient et lâchaient leur bétail dans des pâtures proches de cours d'eau ou autres points d'eau naturels. La « Loi des Prairies » décrétait que le premier exploitant d'une terre avait un droit de préemption sur l'eau et les pacages dont il avait besoin. En ces temps de pacages ouverts où les clôtures étaient rares, le fourrage et l'eau étaient abondants. De plus, les troupeaux étaient plus ou moins migrateurs, suivant la pousse de l'herbe et les réserves d'eau en fonction des saisons. De vastes étendues de bonnes pâtures ne servaient que pendant les périodes où il pleuvait en suffisance; dès que le fourrage ou l'eau s'y faisaient rares, le bétail était acheminé vers des terres plus riches. Ces conditions permettaient une exploitation des terres très souple et facilement adaptable à l'évolution climatique (fig. 2).

L'élevage se développant, les pacages furent de plus en plus peuplés. Les délimitations cadastrales, les clôtures et d'autres obstacles vinrent s'opposer aux déplacements du bétail. Les points d'eau naturels et sûrs devinrent une rareté, et les éleveurs durent souvent se battre pour s'en emparer. L'exploitation continue et intensifiée des prairies obligea à créer de nouveaux points d'eau. Les premiers efforts d'aménagement de ces points d'eau se limitaient le plus souvent à creuser des puits peu profonds, à tracer des sillons ou des fossés à la charrue pour détourner l'eau vers des mares ou des poches naturelles, à curer ou à améliorer grossièrement des sources ou des fontaines et à ériger de petits barrages de retenue en terre. L'élevage continuant à se développer et les points d'eau saisonniers s'asséchant, on dut en venir à des



FIGURE 2. -- Riche herbage tel qu'en voyaient les pionniers.

retenues d'un caractère plus permanent, au forage de puits et à d'autres aménagements coûteux.

On pense couramment que l'aménagement de points d'eau pour le bétail n'est une nécessité que dans les pâtures des régions arides ou semi-arides. C'est évidemment là que le besoin s'en fait le plus sentir, mais dans bien des contrées plus humides les exploitations ne comportent pas les points d'eau voulus. Des périodes de sécheresse récentes ont fait ressortir ce défaut. Des points d'eau, même bien placés et remplissant bien leur fonction depuis plusieurs années, se tarissent souvent pendant ou juste après des périodes de sécheresse répétées. Ceci s'applique spécialement aux sources et ruisseaux de faible débit, aux puits trop peu profonds et aux mares de fermes. Trop souvent, le bétail mis à l'engrais assez loin ne peut être abreuvé que sur la provision d'eau de la ferme même. Il en résulte un épuisement et un piétinement du pâturage le plus proche de ce point d'eau central, et la gêne d'avoir à ramener le bétail de son pacage à ce point d'eau.

La création des points d'eau nécessaires dans les pâturages contribue indirectement à mettre en œuvre de salutaires pratiques de conservation des sols et de l'eau tant sur les terres d'élevage que sur celles en culture. Grâce à des points d'eau bien aménagés et bien répartis, on peut éviter de laisser paître le bétail sur des terres mises à nu, menacées d'érosion ou épuisées et le faire tourner systématiquement sur d'autres parcs en fonction de ce qu'ils peuvent donner. Dans les régions de culture, des points d'eau adéquats dans les pâturages permettront une pâture plus uniforme, faciliteront l'entretien des prairies et retarderont les dégâts de l'érosion. Ils permettront également de tirer utilement profit en pâturage des cultures de conservation des sols et de parcelles menacées d'érosion ou abruptes convenant mal aux cultures.

TYPES DE POINTS D'EAU POUR LE BETAIL

Les points d'eau pour le bétail se répartissent en deux types principaux (Tableau 1) : (1) naturels, et (2) artificiels. Les sources, cours d'eau et lacs sont habituellement considérés comme naturels. Les points d'eau artificiels sont ceux qui exigent beaucoup de forages, de terrassements ou de travaux de construction pour amener l'eau : puits, retenues artificielles ou fossés. Les deux principales sources dont l'eau est tirée sont (1) les eaux de surface, et (2) les eaux souterraines. Les cours d'eau et les retenues sont habituellement alimentés en majeure partie, sinon en totalité, par le ruissellement en surface. Les sources et les puits tirent leurs réserves de nappes souterraines.

Les points d'eau pour le bétail peuvent encore être classés en saisonniers et permanents suivant qu'on peut compter y trouver toujours de l'eau ou non. Les cours d'eau à débit périodique et les puits ou retenues peu profonds ne donnent habituellement de l'eau qu'en certaines saisons ou épisodiquement. Les bonnes sources, les fleuves et les puits ou retenues profonds sont plus susceptibles de fournir une provision d'eau en permanence. La rosée ou la pluie sur les prairies constituent pour le bétail un complément dont on peut tirer profit. La neige peut également devenir un approvisionnement en eau pour le bétail.

Chaque point où le bétail vient boire est habituellement indépendant des autres de la même exploitation et n'est pas forcément du même type. L'un d'eux peut être un cours d'eau, l'autre un puits, une source ou une retenue. Parfois une conduite sert à raccorder deux ou plusieurs points d'eau à une même origine. Par exemple, si une provision d'eau exceptionnellement bonne est aménagée en un endroit, il peut être préférable de détourner une partie de cette eau vers d'autres lieux d'utilisation par des conduites que de créer de nouveaux points d'eau. Cette pratique est courante dans les cultures et pâturages de l'Est des Etats-Unis où les points d'eau ne sont pas trop éloignés les uns des autres. Dans les élevages de l'Ouest, des kilomètres de conduite peuvent être nécessaires pour raccorder deux points.

TABLEAU 1. — Types de points d'eau pour le bétail.

ORIGINE DE L'EAU	POINTS D'EAU NATURELS	POINTS D'EAU ARTIFICIELS
Surface ¹	Retenues (étangs et lacs). Cours d'eau (saisonniers et permanents)	Retenues (creusées et barrages) Fossés (irrigation et drainage)
Souterraine	Sources (stagnantes et vives)	Puits (pompés ou à écoulement)

1. Origine principale sauf pour les fossés de drainage.

BESOINS EN EAU DU BETAIL

Il faut connaître les besoins du bétail en eau pour procéder à des aménagements qui remplissent mieux la fonction qui leur est assignée aux moindres frais et avec moins de déboires. Les points d'eau sur pacages et pâtures doivent répondre aux besoins du bétail à l'engrais sur les terres qu'ils desservent. La quantité d'eau nécessaire, la fréquence à laquelle le bétail vient boire et la distance qu'il peut parcourir pour cela sans inconvénient sont des éléments importants dont il faut tenir compte. Ceux-ci varient fortement selon les races de bétail et en fonction des conditions de l'exploitation, de la prairie et du climat.

Contraindre les bêtes à parcourir de longues distances pour aller boire est préjudiciable tant à la prairie qu'au bétail. Sur des terres ouvertes et relativement plates, les points d'eau ne devraient pas normalement se trouver à plus de 8 kilomètres l'un de l'autre. Ils doivent être répartis de manière que le gros bétail n'ait pas à parcourir plus de 3 à 5 kilomètres pour les atteindre, et les moutons 6,5 kilomètres. Dans certaines conditions, le bétail peut être mis au pâtre plus loin d'un point d'eau, mais on ne peut plus compter alors sur une bonne répartition des zones broutées. Des Lètes en bonne condition se déplaceront plus facilement que si elles ne le sont pas; de jeunes bœufs et génisses iront plus loin que d'autres catégories de bétail; des troupeaux de moutons iront moins loin s'ils comprennent des brebis pleines. Toutefois ces variantes ne joueront pas beaucoup sur l'espacement entre les points d'eau étant donné que divers bétails se présenteront sur les mêmes terres.

En terrain accidenté, montagneux, où des troncs d'arbres, des rochers ou des pentes abruptes entravent les déplacements, il ne faut pas s'attendre à ce que le bétail fasse plus de 1,5 kilomètre pour aller boire. Si les sentiers vers les points d'eau suivent des crêtes ou des surplombs présentant peu de dénivellations, les bêtes peuvent aller plus loin sans inconvénient. Comme le bétail en quête d'eau suit habituellement le parcours le plus aisé, on facilitera ses déplacements en dégagant simplement des sentiers ou des pistes en terrain accidenté, boisé ou rocheux.

A la pâture, la consommation moyenne par jour et par tête des bovins, chevaux ou mulets est d'environ 38 à 45 litres d'eau; un mouton se contente d'environ 3,5 litres par jour. La quantité effectivement bue et la fréquence varient considérablement avec la saison et les conditions locales. Le bétail consomme plus d'eau et s'abreuve plus souvent pendant les mois chauds de l'été et lorsque l'herbe ou le fourrage sont secs. Par temps chaud la plupart des bêtes boivent tous les jours, mais souvent les moutons ne boivent que tous les deux ou trois jours. Par temps frais, et surtout lorsque l'herbe est très mouillée après la pluie, la rosée

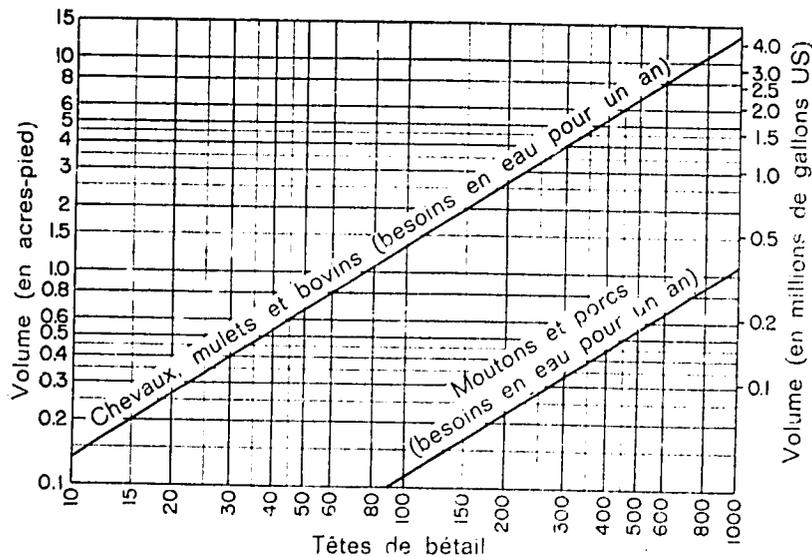


FIGURE 3. — Ce diagramme aidera à estimer les besoins en eau. Il est basé sur la consommation d'une année. Ordinaiement, tout point d'eau recevra un complément pendant cette période, sauf dans des cas de grave sécheresse où il faut recourir aux abreuvoirs clé. Ce diagramme s'applique facilement à des fractions ou multiples d'années ainsi qu'à des nombres de bêtes supérieurs à ceux indiqués. Par exemple, 150 bovins ayant besoin de 2 acres-pied d'eau pour 1 an, 1 500 bovins auront besoin de 10 2 : 20 acres-pied. (Un acre-pied d'eau représente un volume d'eau uniformément réparti sur 1 acre de superficie (0,4 hectare) et sur un pied de profondeur (30 centimètres), soit 1 230 000 litres).

ou la neige, les bovins au parc peuvent passer plusieurs jours sans eau, et les moutons plusieurs semaines. La consommation totale du bétail à un point d'eau dépendra de la consommation moyenne par jour et par tête, du nombre de bêtes qui s'y abreuvent et de la période pendant laquelle elles le fréquentent (fig. 3). A égalité de bétail et de fourrage, il viendra quatre fois plus de bêtes à un point d'eau desservant un rayon de 2 kilomètres qu'à un autre desservant 1 kilomètre.

Dans les conditions d'exploitation de l'Est des Etats-Unis, les points d'eau sont habituellement beaucoup plus rapprochés que dans les prairies de l'Ouest. Le bétail à l'engrais y boit donc d'habitude plus fréquemment, mais peut au besoin s'adapter à ne boire qu'une fois par jour. Les vaches laitières et les chevaux de labour ont besoin de boire plus et plus souvent que le bétail à l'engrais.

Dans certaines circonstances il est à conseiller de réchauffer l'eau, car la plupart des bêtes n'en boiront pas suffisamment en hiver si elle est glacée. Il faut aussi que l'eau fournie soit aussi propre et hygiénique que possible.

Un autre facteur parfois négligé est la qualité de l'eau. Dans certaines contrées, aussi bien l'eau de surface que les eaux souterraines sont impropres à la consommation du bétail car elles sont troubles, contiennent trop de sel ou d'autres impuretés. Dans ces pays il est conseillé de faire analyser l'eau avant de se lancer dans des frais d'aménagement.

PLANIFICATION DE L'AMENAGEMENT DES POINTS D'EAU

L'insuffisance d'études préalables et de planification avant d'aménager des points d'eau a souvent fait plus de mal que de bien à l'exploitation de la terre et des pâturages. La terre mise à nu près du point d'eau et l'herbe intacte dans les parties éloignées sont le résultat caractéristique d'une planification ou d'une exécution inadéquates. Bien des aménagements de points d'eau conviennent mal à leur destination première et constituent un gaspillage d'efforts et d'argent. Des aménagements trop importants, bien qu'ils fournissent d'amples réserves d'eau, coûtent trop cher pour ce qu'ils rapportent. Des installations insuffisantes, au contraire entraînent de lourdes pertes de bétail car elles cessent de donner de l'eau au moment où l'on en a le plus besoin. La planification et la coordination de l'ensemble des travaux hydrauliques dès le départ portent habituellement leurs fruits.

Il importe que l'ensemble des dépenses consacrées aux travaux hydrauliques soit à l'échelle du potentiel de production ou de la capacité fourragère des superficies approvisionnées en eau. Etant donné que la plupart de ces travaux coûtent cher et que la marge bénéficiaire des terres d'élevage est faible, il faut se montrer très avisé non seulement dans le choix des aménagements à apporter, mais aussi pour tirer le meilleur parti de toutes les circonstances locales permettant de réduire les frais d'exécution. L'utilisation efficace des ressources naturelles en eau et de celles qu'il est facile de mettre en valeur, et un choix habile de l'emplacement des installations artificielles, déterminent dans une large mesure la rentabilité des investissements engagés. Le peu de fourrage que donnent certaines terres peut ne pas justifier les aménagements hydrauliques que nécessiterait leur mise en pâture.

La dépense à consacrer aux aménagements hydrauliques par tête de bétail est une question qui prête à controverse. Tant de facteurs entrent en jeu qu'il est impossible de fixer des limites spécifiques à cette dépense. Certains ont établi que normalement l'eau destinée au bétail ne devrait pas revenir à plus de 5 dollars par bête engraisée; d'autres prétendent que le double ou le triple sont encore justifiés. Ce problème ne peut être tranché que par la personne qui envisage d'entreprendre ces travaux.

La plupart des pacages et des exploitations disposent déjà de points d'eau naturels ou artificiels. Il convient normalement de les exploiter à fond avant de creuser de nouvelles retenues ou de nouveaux puits. De nombreux aménagements anciens qui ne donnent pas entière satisfaction mais pourraient par ailleurs convenir peuvent être réparés ou reconstruits en vue de constituer un point d'eau plus économique et plus sûr qu'un chantier

nouveau. En effet, tout chantier nouveau comporte une part de risque, en plus des frais qu'il représente.

Pour un projet nouveau, le choix du type d'aménagement convenant le mieux consiste à déterminer celui dont l'exécution et l'entretien seront rentables. L'aménagement des ressources en eau naturelles existantes est à envisager en premier. En l'absence de cours d'eau ou de lacs, les sources doivent normalement être considérées en second lieu. Dans les zones privées de toute ressource naturelle, il est le plus souvent inévitable d'en venir aux puits ou retenues. Lorsque la nature, le profil et les pentes du sol se prêtent à la construction d'une retenue, celle-ci peut procurer de l'eau à meilleur compte qu'un puits. Si les frais d'entretien d'un puits et d'une retenue sont souvent très voisins, la plupart des puits supposent l'installation et le fonctionnement d'un matériel de pompage. Un bon puits présente certains avantages sur une retenue si sa profondeur n'est pas excessive. Il risque moins d'être tari au moment où l'on en a le plus besoin, son emplacement offre plus de latitude, et il donne habituellement une meilleure qualité d'eau. C'est la solution la plus satisfaisante lorsque l'eau doit servir aux hommes aussi bien qu'au bétail.

Terres de pacage.

L'emplacement des points d'eau a une grande influence sur les mouvements, la concentration ou la répartition du bétail. Un plan d'exploitation complet doit donc être décidé avant d'entreprendre les travaux hydrauliques. Ce plan doit prévoir un rythme de mise à l'engrais du bétail en fonction des capacités fourragères des terres à l'exclusion totale, s'il y a lieu, des zones à nu ou fortement endommagées ou d'autres parcelles ne convenant pas à l'élevage. En tirant profit des barrières naturelles, des clôtures ou autres obstacles, on peut subdiviser les terres de manière à répartir le bétail en troupeaux permettant de pratiquer la mise en pâture à échéance, saisonnière ou par rotation. Ce plan assurera la protection voulue des herbages et la réserve de fourrage (fig. 4). On trouvera d'autres détails sur l'élaboration des plans d'exploitation pour l'élevage dans le Farmer's Bulletin 1395 : Beef Cattle Production in the Range Area.

Ayant déterminé les pratiques d'exploitation les plus souhaitables, il reste à étudier les aménagements hydrauliques à l'appui de ces pratiques. La mesure dans laquelle on peut exploiter les ressources en eau disponibles, le nombre, le type, l'emplacement approximatif et les périodes d'utilisation des nouveaux points d'eau font partie des problèmes initiaux. Comme la plupart des exploitations couvrent des superficies assez vastes, le principal problème consiste à créer des points d'eau nombreux, peu coûteux, d'entretien facile et de débit sûr en des centres de rallie-



FIGURE 4. — Le champ de droite montre le résultat d'un chargement excessif en bétail et sera facilement vulnérable à l'érosion. La partie protégée à gauche est en excellent état.

ment où l'eau est nécessaire, plutôt que d'augmenter la capacité là où l'eau est déjà disponible, ou que de créer un petit nombre de points importants très dispersés. Un point d'eau pour 800 à 1 200 hectares de pacages représente une répartition souhaitable.

Si la nature du terrain ne se prête pas à la création d'un point d'eau prévu, on peut devoir remanier les plans d'exploitation d'origine. Supposons par exemple que l'approvisionnement en eau d'une zone donnée exige des travaux hydrauliques difficiles et coûteux. On peut peut-être se passer de cet aménagement en envoyant le bétail dans cette zone lors d'une période où il dispose d'une provision d'eau saisonnière. Les limites du budget et les difficultés des travaux sur le terrain interdisent souvent une répartition idéale des points d'eau, et il faut faire certaines concessions pour que l'exploitation reste rentable.

En vue d'obtenir une large répartition des points d'eau aux moindres frais, on a souvent recours à un réseau de points d'eau permanents entre lesquels s'intercalent des points saisonniers. Les aménagements principaux ou permanents sont placés en des endroits stratégiques de l'exploitation et de préférence à des distances ne dépassant pas le double du maximum normalement parcouru par le bétail pour aller boire. Les points d'eau auxiliaires, saisonniers et moins coûteux, sont implantés en des endroits intermédiaires ou aux confins de l'exploitation où ils procurent de l'eau pendant de courtes périodes. Il est souhaitable d'organiser le programme de mise à l'engrais de manière à utili-

ser ces points saisonniers pendant qu'ils donnent de l'eau et de réserver les points permanents aux périodes de pénurie. La rosée et les chutes de neige peuvent également être mises à profit dans certaines régions où elles permettent la mise à l'engrais avec un minimum de dépenses pour les aménagements hydrauliques. Les régions montagneuses, où il pleut davantage, exigent habituellement des travaux hydrauliques moins nombreux et moins coûteux que les élevages à moindre altitude ou sous des climats plus chauds.

Tous autres facteurs étant égaux, préférence doit être donnée à des points d'eau accessibles de toutes les directions sur ceux que l'on ne peut approcher que d'un ou deux côtés, par exemple dans des gorges ou goulets ou au pied d'une falaise. Un éparpillement rapide et facile du bétail après qu'il a bu évite les congestions et les bousculades. De même, on préférera des points d'eau sûrs à d'autres tels que sources intermittentes, puits au débit incertain ou retenues à l'alimentation capricieuse. Il n'y a pas lieu de créer des points d'eau dans des pacages épuisés ou sans valeur, sur des terres de reboisement ou d'exploitation forestière, ou dans des régions où les plans d'ensemble prévoient de mettre fin à l'élevage.

Régions de pâturages.

Dans certains types d'exploitation comme ceux du Centre et de l'Est des Etats-Unis, l'élevage et l'engraissement du bétail se combinent normalement avec la production de céréales et de fourrage dans chaque exploitation. On y pratique une agriculture plus intensive et les propriétés, terres d'élevage comprises, sont moins étendues que les exploitations courantes de l'Ouest. La possibilité de paissance plus élevée pour une même superficie, les exploitations plus petites et le travail plus intensif rendent souvent peu pratique et superflu de desservir des étendues de pâtures aussi vastes qu'à l'Ouest à partir d'un même point d'eau.

Certaines terres sont habituellement réservées en permanence au pâturage, mais on les complète souvent en faisant paître les bêtes sur des terres cultivées après la récolte ou lors des alternances où l'on y plante le fourrage. L'herbe ou les autres cultures fourragères de plus en plus utilisées en alternance peuvent souvent donner leur meilleure rentabilité lorsqu'on y laisse paître les bêtes. La réorganisation d'une exploitation ou l'adoption de pratiques de bonne utilisation ou de conservation des terres posent souvent le problème de l'alimentation en eau du bétail dans des champs exploités en pâtures soit en permanence, soit en alternance. Un manque d'eau dans ces champs risque de compromettre l'application qui y était prévue des pratiques de conservation des sols.



FIGURE 5. --- Un chemin clôturé est utile pour faire boire le bétail dans des points d'eau éloignés.

Lors de la création de nouveaux points d'eau, préférence doit être donnée aux pâturages ou champs affectés en permanence à l'élevage. Souvent, il est impossible d'en créer dans tous les champs mis en pâture provisoirement ou en complément. Pour ceux-ci, un dispositif de barrières permettant d'emmener le bétail boire et de le ramener constituera le seul aménagement rentable.

Comme les conditions et les besoins locaux varient, c'est à chaque exploitant, ou du moins à tous ceux qui envisagent d'engraisser les bêtes, qu'il appartient de bien réfléchir aux moyens les plus judicieux d'amener l'eau aux endroits les mieux appropriés. En disposant les limites des champs de manière qu'ils aient accès à l'eau, ou à l'aide de chemins clôturés (fig. 5) permettant au bétail de s'y rendre, ou en amenant l'eau par conduites jusqu'aux pâturages, on utilisera souvent plus efficacement les points d'eau créés. Sécurité, économie et coordination avec une bonne utilisation de la terre sont les clés du succès dans ces aménagements.

Utilisations supplémentaires.

Certains types de points d'eau, et en particulier les retenues en surface, peuvent avoir de nombreuses utilisations annexes. Une retenue d'eau pour le bétail à double ou triple usage peut souvent être aménagée en un emplacement où la dépense ne se

justifierait pas pour un seul de ces usages, et peut éventuellement constituer le meilleur placement de la ferme.

Même si la quantité totale d'eau de ruissellement recueillie par une seule retenue d'exploitation est minime, le grand nombre de retenues qui se construiront dans certains secteurs procureront une énorme capacité de stockage. Cette rétention du ruissellement peut augmenter la teneur en eau du sol et la nappe phréatique, surtout au voisinage immédiat des retenues permanentes.

Dans certaines conditions on peut profiter d'un bassin de retenue pour y déverser le trop-plein de terrasses ou de fossés de dérivation. Ce genre de dispositif peut fort bien éviter des frais de drains ou de puisards. Des étangs de retenue assez grands peuvent être convertis en centres de loisirs pour la natation et le bateau. Dans les régions froides ils servent même au patinage sur glace et à alimenter les glaciers de la ferme.

D'autres utilisations annexes auxquelles se prêtent les retenues sont la régulation du cours des torrents ou des oueds, les apports d'irrigation et l'élevage du gibier d'eau.

Lorsqu'une retenue sert à la fois de point d'eau pour le bétail et de barrage de régulation d'un cours d'eau (fig. 6), le barrage est habituellement placé dans le lit même du torrent, où il empêche l'érosion de s'étendre en y retenant l'eau, ou bien en dérivation pour recueillir le trop-plein. La retenue peut alors être creusée à côté du lit du cours d'eau dont le trop-plein y est déversé par un fossé de dérivation. Chaque fois que des mares pour le bétail peuvent être aménagées dans des zones traversées par de tels lits de torrents, il ne faut pas le négliger dans la planification initiale et le choix des emplacements. Il ne faut toutefois pas oublier que la plupart des retenues servant à la régulation d'un petit torrent sont exposées à l'ensablement.

En région aride ou semi-aride il est souvent possible de puiser dans une retenue d'eau pour le bétail de l'eau destinée à l'irrigation. Le simple fait de placer ces retenues de manière que leur trop-plein puisse se répandre sur des pâturages plats simplifie la construction du déversoir et peut doubler ou tripler la production de fourrage dans la partie inondée. Des retenues situées juste au-dessus de terrains convenant à l'horticulture ou de petites parcelles de cultures fourragères peuvent permettre l'irrigation du sol sous ces cultures. En prévoyant les aménagements nécessaires, l'eau superflue pour le bétail peut aussi servir efficacement à l'irrigation directe. Des jardins ou des fourrages précieux sont souvent sauvés en période de sécheresse par l'eau pompée ou puisée dans une retenue proche.

Dans des régions où les étangs et lacs naturels sont rares, les bassins artificiels créés pour le bétail peuvent jouer un grand rôle dans le repeuplement en gibier (fig. 7). Il suffit de peu d'efforts pour faire d'un étang de ferme un habitat qui non seulement pro-

fitera au gibier mais procurera une distraction à son propriétaire. Cet étang peut même devenir une source de revenus par l'élevage d'animaux à fourrure ou les droits de chasse. Dans certaines régions on a constaté que des étangs bien conçus et bien gérés donnaient plus de poisson que bien des lacs et cours d'eau. On peut retirer jusqu'à 150 à 300 livres de poisson d'étangs d'une étendue de 1/2 à 1 hectare et d'une profondeur d'environ 3 mètres. Un peuplement intense en gibier ou en poisson ne retire rien à l'utilité pratique d'un étang pour le bétail.



FIGURE 6 (haut). — Vue d'un ravin avant la construction du barrage de retenue. Bas. — Le même endroit environ 2 ans plus tard. L'érosion dans le ravin n'existe plus.



FIGURE 7. — Cet étang du Sud-Ouest des Etats-Unis est un excellent gîte pour le gibier. Les canards au premier plan sont une couvée locale, élevée sur l'étang.

Des étangs dont les plans sont bien faits et qui servent à deux fins selon ces exemples deviennent des placements, augmentent la valeur de revente de l'exploitation et procurent de saines distractions à la famille

PUITS

De bons puits constituent l'une des meilleures sources d'eau pour le bétail. Mais il faut en choisir l'emplacement avec beaucoup de soin. Bien des tentatives se sont soldées par des forages à sec, un apport d'eau non satisfaisant en quantité ou en qualité, et évidemment le gaspillage des frais engagés. Un tel gaspillage pourra être évité la plupart du temps si l'on étudie soigneusement les probabilités d'obtenir un puits satisfaisant, quel qu'en soit l'emplacement, avant de le forer. Une des meilleures méthodes consiste à étudier l'emplacement et le débit de puits existants au voisinage du puits projeté. Dans certaines régions, il existe assez de trous taris et de mauvais puits pour décourager toute tentative nouvelle. Dans des régions sans puits ou douteuses, l'avis de puisatiers locaux expérimentés et des administrations se préoccupant de la géologie des lieux est à rechercher. Cadastre, géomètres, génie civil sont habilités à donner des renseignements précis sur la richesse des sols en eau dans leur région. La conformation géologique, le relief, la végétation et d'autres indices de ce genre permettent aux personnes expérimentées de se prononcer sur la présence probable de réserves adéquates en eau souterraine. Mais, même si les renseignements recueillis attestent de la présence d'eau dans le périmètre considéré, il subsiste toujours une part de risque. La profondeur exacte à laquelle il faut creuser et la quantité d'eau disponible ne peuvent être déterminées qu'après avoir procédé à un forage et essayé le puits.

Il est souhaitable de pénétrer dans une bonne couche aquifère à la moindre profondeur possible. Les méthodes de forage des puits profonds diffèrent à bien des égards de celles des puits proches de la surface. Normalement ils reviennent moins cher en couche aquifère peu profonde qu'à grande profondeur et demandent un matériel plus simple. Souvent, des exploitants creusent ou forent des puits de faible profondeur eux-mêmes. Le forage à la sonde est un travail spécialisé dont se chargent habituellement des puisatiers équipés. Ces techniques de sondage exigent une solide expérience et toute une gamme d'outillages et d'accessoires pour la pénétration et l'enlèvement de diverses natures de roches et aussi pour surmonter d'autres difficultés du forage.

Les puits sont habituellement creusés, foncés ou forés. Dans certaines régions le forage se fait à la sonde. Chaque type de puits peut être construit en adaptant des méthodes locales ou par toute autre méthode. La méthode la plus appropriée dépend du type de sol dans lequel on travaille, de la profondeur et de la nature des couches aquifères, de ce que l'on demande au puits et de ce dont on dispose pour sa construction.

Les puits creusés ne sont ordinairement envisagés que lorsqu'une réserve d'eau suffisante peut être atteinte à dix ou treize

mètres de la surface et que les terrassements peuvent se faire à la main. Le fort volume de stockage que procurent les puits creusés est avantageux dans une couche aquifère à débit lent. Les puits forés à la tarière sont dans l'ensemble analogues à des puits creusés.

Les puits foncés par battage sont viables lorsqu'une bonne couche aquifère est pénétrable à faible profondeur. Ce procédé n'est pas applicable en présence de formations rocheuses ou difficiles à pénétrer, mais lorsqu'il l'est il revient habituellement moins cher qu'un cavage à profondeur égale.

Lorsque le terrain est difficile à pénétrer ou que l'eau est loin de la surface, un puits foré à la sonde est habituellement le plus économique et le plus satisfaisant. Plus la couche aquifère alimentant un puits foré à la sonde est profonde, meilleure sera cette eau pour le bétail, car elle subira moins les fluctuations dues aux conditions climatiques et sera plus à l'abri des contaminations de la surface.

Construction.

Les puits creusés (fig. 8) sont généralement des excavations circulaires de un mètre ou plus de diamètre. Lorsque la venue d'eau souterraine est faible et que la capacité de stockage en sous-sol est importante pour un bon approvisionnement, de plus grands diamètres peuvent être souhaitables, malgré les terrassements qu'ils représentent. Un puits d'un diamètre de 1,20 m procurera deux fois la surface d'infiltration et quatre fois le volume de stockage d'un puits de 0,60 m. Il est arrivé qu'on creuse des puits jusqu'à 16 mètres ou plus en terrain favorable. Pour trouver de l'eau à faible profondeur le mieux est souvent de choisir un emplacement proche d'une cuvette de ruissellement ou autre dépression mais hors des terrains inondables afin que le puits ne reçoive ni eau de crue, ni infiltrations de surface indésirables. Du fait de la faible profondeur des puits creusés, la réserve d'eau peut subir des fluctuations considérables selon les conditions climatiques. Ils sont souvent taris en période de sécheresse mais se remplissent habituellement très vite dès qu'il pleut abondamment. En revanche ils ne sont pas difficiles à réaliser et n'exigent normalement pas de matériaux ou de matériels de forage coûteux.

Un des principaux impératifs dans la construction de puits creusés est que la maçonnerie soit bien faite pour éviter les éboulements et l'infiltration directe des eaux de surface. On a fait l'essai des revêtements en bois, mais ils durent peu et sont difficilement rendus étanches. Les revêtements qui donnent le plus de satisfaction sont construits en dur : pierre, brique, béton,

tuile, ou en métal. Si le revêtement n'est pas maçonné au contact direct des parois du trou, il faut normalement combler de matériaux poreux l'espace entre les deux sauf sur les 3 ou 4 mètres supérieurs où l'imperméabilité doit être assurée pour éviter l'infiltration des eaux polluées de la surface. Le béton armé est le matériau le plus approprié à la confection du couvercle du puits et de l'embase de la pompe. Ce couvercle peut avoir l'aspect de la fig. 8, ou bien la pompe peut être déportée d'un côté et laisser place à un trou d'homme séparé à l'opposé. Le couvercle du puit doit être assez surélevé et le sol alentour assez en pente pour que les eaux usées ou de ruissellement s'éloignent du puits.

Un puits foncé par battage ordinaire s'obtient en disposant un embout et une crépine spéciaux à l'extrémité d'un tuyau de 25 à 38 mm de diamètre que l'on enfonce dans le sol à coups de maillet ou de masse en bois jusqu'à ce qu'on pénètre dans la couche aquifère. On raccorde ensuite le haut du tuyau à une pompe adéquate. Il y a diverses façons de foncer un puits par battage selon les outils dont on dispose et la nature du sol. Malgré leur bas prix et leur simplicité d'exécution, ces puits sont généralement de profondeur et de dimensions limitées à cause des difficultés de fonçage et de pompage. Ils peuvent nécessiter des visites et des réparations fréquentes car les crépines s'engorgent. Leur débit est habituellement faible et peut varier considérablement si la nappe n'est pas exceptionnellement favorable. Il est souvent conseillé d'en foncer un à titre d'essai pour voir quels sont le rendement et la qualité possibles ainsi que la profondeur de l'eau avant de procéder à l'installation définitive.

La figure 9 représente un type de puits foncé amélioré. On enfonce dans le sol une petite longueur de tubage de puits ordinaire puis on y introduit l'embout fermé. Il faut choisir une crépine en rapport avec la finesse du sable rencontré. La profondeur utile d'une telle installation ne peut dépasser quelque huit mètres en-dessous du corps de la pompe, limite pratique de la hauteur d'aspiration. En terrain plus dur, et lorsqu'on veut obtenir des puits foncés de dimension et de profondeur supérieures, on a souvent recours au puits foncé à bout ouvert. Le tubage de puits ordinaire est enfoncé dans le sol jusqu'à ce qu'il pénètre la couche d'eau. Il est doté à son extrémité inférieure d'un trépan en acier ou mâchoire de tubage. En chassant continuellement la terre de l'intérieur du tubage par projection d'eau ou par pression mécanique, on accélère la pénétration. La partie inférieure du tubage peut être percée de petits trous, ou un tube plein peut y être enfoncé par la suite, doté de la crépine convenable. Une pompe normale avec son tuyau d'aspiration est montée à l'intérieur du tuyau enfoncé. Si le débit d'eau obtenu est satisfaisant, il reste à boucher hermétiquement l'orifice du puits foncé et à le recouvrir d'une dalle en béton analogue à celle d'autres types de puits.

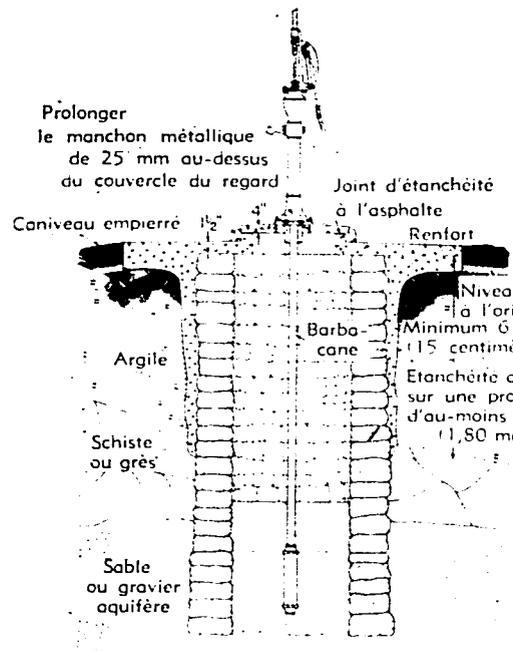


FIGURE 8. — Puits ordinaire avec margelle en maçonnerie. Le haut de la margelle doit être rendu étanche pour éviter les infiltrations d'eau de surface.

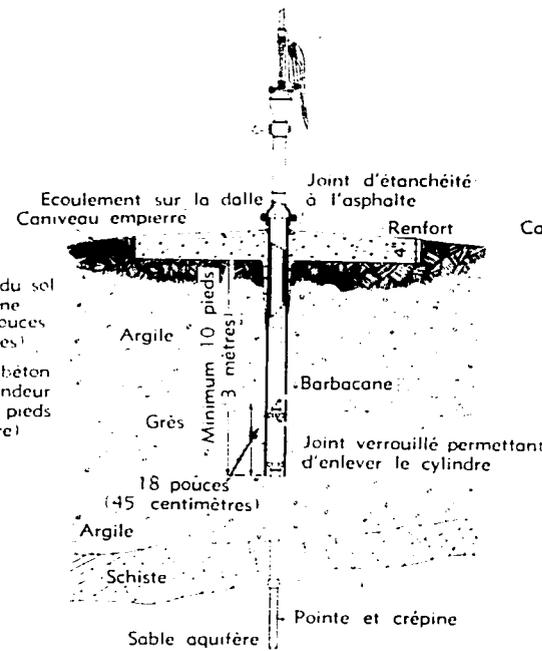


FIGURE 9. — Type perfectionné de puits par battage. La pointe doit pénétrer assez profondément dans la couche aquifère pour que la crépine soit utilisée sur toute sa longueur.

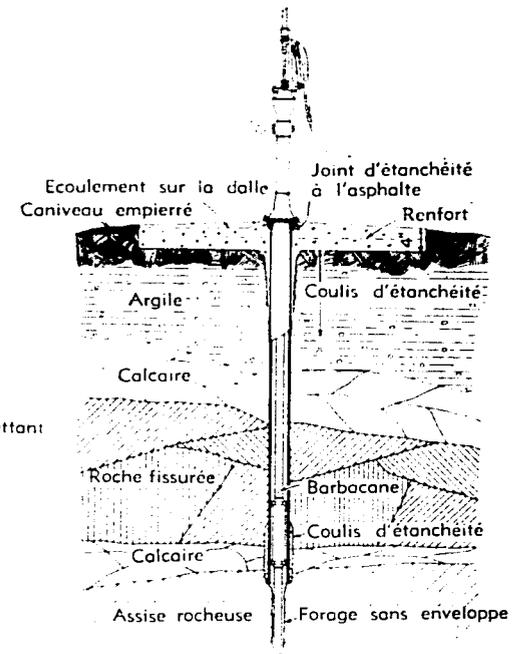


FIGURE 10. — Puits foré et méthodes d'étanchéité tant au sommet du trou qu'à la traversée d'une couche poreuse comme le calcaire.

Habituellement les puits forés pour procurer de l'eau au bétail (fig. 10) sont garnis d'un tubage de 10 à 15 cm et ont moins de 100 mètres de profondeur. S'ils doivent aussi servir à l'irrigation, des diamètres supérieurs sont courants. En cas de besoin on peut forer plus profondément mais alors le forage, puis l'exploitation et l'entretien sont chers. Le forage est normalement l'affaire de puisatiers expérimentés munis d'un matériel spécial. Seuls ceux qui en ont l'expérience savent faire face aux problèmes qui surgissent en cours de forage. Il faut surtout bien s'assurer de la compétence de celui auquel on fait appel, car les moins scrupuleux peuvent avoir recours à bien des tromperies dans l'exécution du contrat. De plus, bien des puits qui auraient pu être bons ont été détériorés ou abandonnés parce que la personne chargée des travaux n'était pas au courant des moyens auxquels elle aurait pu avoir recours pour transformer en un puits de bon débit ce qui lui est apparu comme un échec. Il est souvent préférable de rédiger les contrats ou accords de forage en prévoyant une certaine latitude, car des circonstances imprévisibles peuvent être révélées lors des travaux. Même si l'on dispose d'une quantité de renseignements sur la profondeur à laquelle on doit trouver la réserve d'eau voulue, les incertitudes du forage rendent difficile la rédaction d'un contrat acceptable pour les deux parties et garantissant un puits satisfaisant au prix le plus bas. Habituellement, plus le volume de forage demandé est important, moins le prix au mètre est élevé. Il est souvent avantageux pour les deux parties, lorsqu'on traite avec un puisatier compétent, de payer sur une base unitaire en fonction de la profondeur de forage effective et de la quantité de tubage ou autres matériels mis en place. Il faut bien s'entendre dès le départ sur la base de paiement d'un puits projeté. En tous cas, un puits nouveau ne doit être considéré comme terminé ou satisfaisant qu'après un essai de pompage continu d'une durée convenable.

L'eau d'un puits est sujette à la pollution tant en surface que par des fissures souterraines. Comme les puits sont les principales sources d'eau pour le foyer à la campagne, il faut les protéger convenablement de la contamination. Même lorsqu'un puits paraît sûr, on doit s'assurer fréquemment que son eau n'est pas infectée de bactéries si l'on s'en sert pour la consommation. Il existe des services sanitaires équipés pour procéder aux analyses requises. Les puits de faible profondeur sont plus exposés à la pollution que les autres. Tous les puits doivent se trouver à bonne distance de toute source de pollution connue : eau de crue, fosses d'aisance ou de décantation, puisards, étables, eaux usées industrielles. Ils doivent également être étanches à la partie supérieure, surtout en surface et jusqu'à 2,50 à 4 m de profondeur, pour éviter la pollution de surface. Le haut d'un puits doit dépasser d'environ 30 cm le niveau du sol environnant et être rendu étanche par du béton comme on le voit aux figures 8, 9 et 10, si

L'eau doit servir à la consommation humaine aussi bien qu'au bétail. De plus amples renseignements sur les méthodes de protection, de désinfection et d'entretien des réserves d'eau potable peuvent être fournis par les organismes agricoles ou sanitaires.

Lorsqu'un puits est terminé et a subi de façon satisfaisante l'essai de pompage, il faut l'équiper pour le mettre en service. A l'exception des puits artésiens rencontrés dans quelques régions, les puits exigent une pompe. Le matériel de pompage pour petits puits est bien normalisé, et des fabricants sérieux vous renseigneront sur le choix, le débit et la puissance de leur production. Une pompe doit être choisie en fonction du puits et assurer le débit voulu. Pour tirer de grosses quantités d'eau on emploie rarement des pompes à main, mais des pompes éoliennes, à moteur électrique ou à moteur à explosion. Dans l'Ouest et le Far-West des États-Unis par exemple, les éoliennes sont sans doute les plus nombreuses car les vents sont favorables et l'exploitation peu coûteuse. Ces pompes peuvent d'ailleurs être dotées d'un moteur auxiliaire, électrique ou non, en cas de panne de l'éolienne ou pendant de longues accalmies (fig. 11). Une éolienne doit avoir une superstructure assez haute pour ne pas subir les sautes de vent dues aux obstacles voisins et bien ancrée pour résister aux forts coups de vent. Normalement, les pompes à moteur électrique ou à essence ont un débit plus rapide et sont plus sûres que les éoliennes, mais sont plus coûteuses à exploiter. L'emploi d'un moteur électrique dépend évidemment de l'électrification. Il vaut



FIGURE 11. — Puits équipé d'une éolienne et d'un moteur auxiliaire à essence.

mieux abriter le moteur quel qu'il soit des intempéries, et dans les pays froids il est essentiel de protéger toute l'installation du puits contre le gel.

On pourra trouver d'autres renseignements sur les puits dans la Circulaire 546 du ministère de l'Agriculture des U.S.A. : Putting Down and Developing Wells for Irrigation.

ABREUVOIRS ET CITERNES

Pour certains types de points d'eau pour le bétail il faut des abreuvoirs et des citernes. Des abreuvoirs sont nécessaires près des puits et des sources et, à l'exception de certains aménagements sur pacages, il peut être souhaitable d'en adjoindre aux barrages de retenue. Si un abreuvoir ne constitue pas une réserve suffisante, il faut parfois lui adjoindre également une citerne auxiliaire. Lorsque de gros troupeaux viennent s'abreuver, on recueille souvent l'eau des sources et puits à faible débit dans des citernes auxiliaires qui alimentent les abreuvoirs. De bonnes réserves sont particulièrement nécessaires auprès des puits à éolienne car le vent peut manquer plusieurs jours de suite (fig. 12). Une ou plusieurs citernes basses de grande capacité remplissent parfois le double usage de réserve et d'abreuvoir. Des réserves annexes ne sont pas nécessaires auprès des retenues dans lesquelles on peut prélever l'eau directement suivant les besoins.

La nécessité de citernes de réserve et leur capacité dépendent dans une large mesure du débit du point d'eau, du nombre de têtes de bétail et de la sûreté du système de pompage. Lorsqu'on est tributaire d'une éolienne pour le pompage, il convient de prévoir une réserve suffisante pour une semaine environ. Avec des sources, il faut prévoir une réserve suffisante pour que les abreuvoirs soient approvisionnés en toute saison. Si des réserves modestes sont suffisantes, des citernes faisant office d'abreuvoir sont

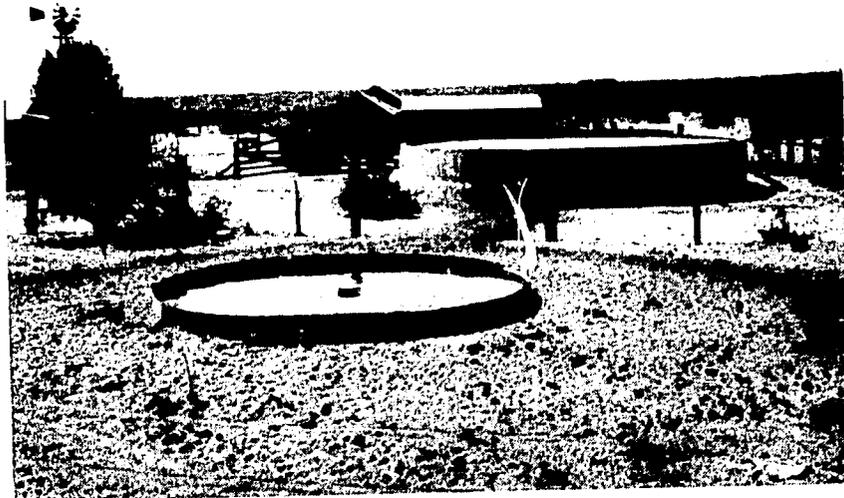


FIGURE 12. — Grosse citerne de réserve en ciment alimentée par une éolienne. L'abreuvoir est au premier plan. Remarquer la régulation par vanne à flotteur au centre de l'abreuvoir.

habituellement la solution la plus satisfaisante et la moins chère. S'il faut de grosses réserves, des citernes en bois, en fer ou en béton sont d'usage courant (fig. 12). Pour les fortes capacités nécessaires dans beaucoup d'exploitations, une retenue creusée dans la terre est la solution la moins coûteuse (fig. 13). On emploie souvent une excavation circulaire de 1,00 à 1,20 m de profondeur dans un sol imperméable et l'on fait un remblai avec la terre enlevée le long du bord pour augmenter la capacité de retenue. Il faut tenir le bétail à distance de ce genre de retenue et le faire boire dans des abreuvoirs qui s'y alimentent. On trouve dans l'ouest des Etats-Unis des citernes abreuvoirs dont les flancs sont en fer galvanisé ou en acier et le fond en argile piquée ou en béton, qui constituent d'énormes réserves pour un prix abordable.

Afin d'éviter les bousculades, il faut prévoir autour des abreuvoirs assez d'espace pour que toutes les bêtes se présentant en même temps puissent s'abreuver sans trop attendre. Une largeur d'accès de 60 à 90 cm doit être prévue par vache ou par cheval. Des abreuvoirs d'une largeur de 60 cm ou plus peuvent recevoir des bêtes des deux côtés s'ils sont bien placés. Les grands abreuvoirs doivent être dotés de parapets empêchant le bétail de tomber ou d'être poussé dans l'eau (fig. 14). Habituellement, les bovins et les chevaux paissent et vont boire par petits groupes de 10 à 12 têtes. En terrain plat ou peu vallonné, on risque de voir arriver en une seule fois des groupes plus importants que dans des prairies accidentées ou broussailleuses. Les moutons, qu'ils soient groupés en troupeaux de mille têtes ou plus ou qu'ils proviennent d'une seule exploitation, viennent normalement boire en nombre et il faut donc prévoir pour eux un nombre suffisant

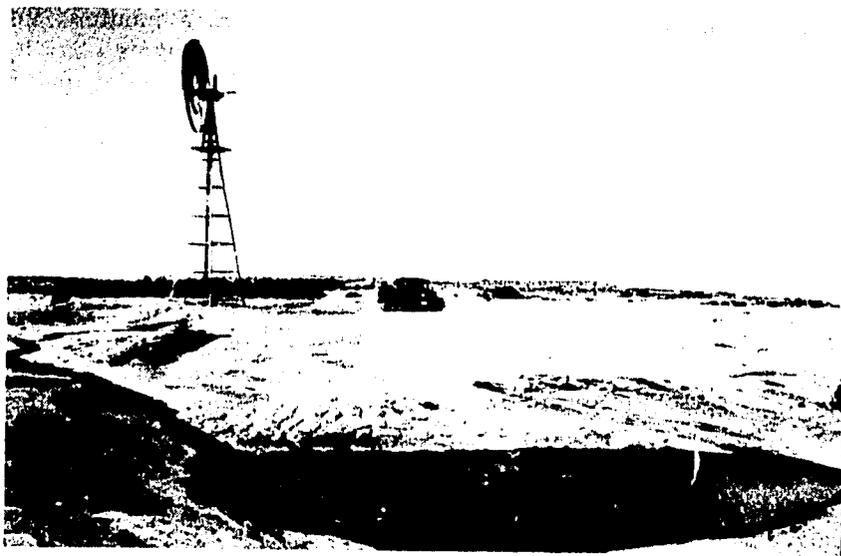


FIGURE 13. — Réservoir naturel dans une exploitation de l'Ouest. Ces réservoirs ne sont viables qu'en terrain imperméable.

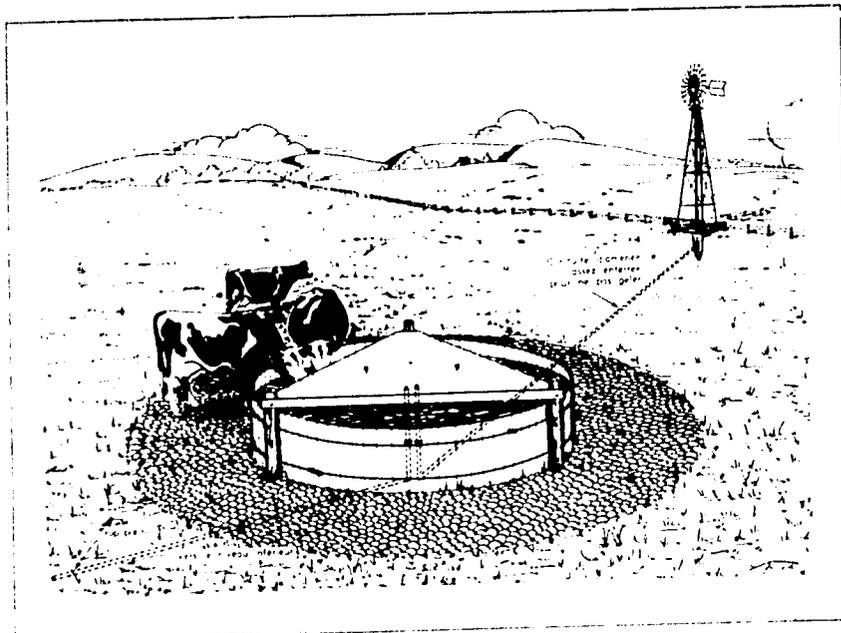


FIGURE 14. -- Type d'installation avec abreuvoir et éolienne. L'abreuvoir est doté d'un parapet empêchant le bétail d'y tomber. Ce parapet supporte un couvercle à charnière facilitant le nettoyage. Le parapet est recommandé pour des abreuvoirs de cette taille.

d'abreuvoirs longs, étroits et peu profonds. Pour éviter une précipitation exagérée et limiter le nombre d'abreuvoirs, il est parfois nécessaire de scinder un gros troupeau de moutons en plusieurs petits lorsqu'ils viennent boire. Les abreuvoirs pour bovins ont de 45 à 60 cm de hauteur, les plus bas étant préférables pour les veaux et autres jeunes animaux. Les abreuvoirs à moutons ne devraient pas dépasser 30 cm de hauteur. Tout abreuvoir pour le bétail doit être assez bien ancré pour que les bêtes ne risquent pas de le déplacer ou de le renverser.

Des abreuvoirs en béton armé, bien construits, sont habituellement les plus appréciés en service permanent, du fait de leur durabilité. On trouvera de plus amples renseignements sur le malaxage du béton et la confection de ces abreuvoirs dans le Farmer's Bulletin 1772 : Use of Concrete on the Farm.

Des abreuvoirs en bois pris dans des pièces de 50 mm d'épaisseur, bien cerclés et de préférence peints, donnent satisfaction s'ils ne sont pas trop souvent à sec. Les abreuvoirs en galvanisé renforcé sont durables, légers et d'un prix modéré. De bonnes fondations maçonnées sont à recommander pour la plupart des abreuvoirs auxquels elles servent de socle et d'ancrage et qu'elles maintiennent de niveau. Des abreuvoirs de forme circulaire ou carrée sont communément utilisés pour les bovins ou les chevaux, des formes en V ou en U étant réservées aux moutons (fig. 15). Les formes circulaires procurent la plus forte capacité pour le



FIGURE 15. — Groupe d'abreuvoirs en U à la suite les uns des autres protégés par des barrières.

poids de matière employé, et les carrées procurent le plus grand espace pour boire en fonction de leur capacité. En béton, les sections circulaires sont plus difficiles à réaliser que les carrées à cause du coffrage. On trouve dans le commerce des abreuvoirs en fer ou en bois de diverses capacités et de section soit arrondie, soit carrée.

Les abreuvoirs doivent être disposés dans un endroit bien drainé et d'accès facile. Il faut qu'ils soient à une altitude assez élevée pour être protégés des eaux d'inondations, et assez bas pour être alimentés par gravité. Le sol autour des abreuvoirs étant habituellement éclabou. é ou détrempé par des fuites et piétiné par le bétail, il y aura lieu de l'entretenir fréquemment pour le conserver en bon état. Pour éviter la formation de bourbiers, on enfoncera dans la terre autour de l'abreuvoir une couche de cailloux, de sable et de gravier (fig. 14). On peut encore l'entourer d'une aire en béton qui a le mérite de durer longtemps. Les parties défoncées peuvent être rebouchées d'une couche de pierraille et d'un mélange d'argile et de gravier. Tout abreuvoir devrait comporter un tuyau de trop-plein pour déverser plus loin les débordements. Les abreuvoirs alimentés par gravité à partir d'une retenue ou d'une citerne peuvent aussi être dotés d'un système à flotteur qui maintient leur niveau constant. Un système de ce genre évite le gaspillage d'eau et les remplissages manuels et assure un approvisionnement plus régulier. Avec un pompage par éolienne ou par pompe électrique, un dispositif à flotteur dans la citerne de réserve ou l'abreuvoir peut servir uti-

lement à mettre en marche ou à arrêter le pompage. Ce type d'appareil peut être fabriqué avec du matériel de récupération ou acheté aux firmes qui vendent les éoliennes ou les pompes.

Les abreuvoirs pour le bétail doivent comporter un trou de vidange d'au moins 40 mm de diamètre au niveau du fond. Cette vidange sert à vider et à nettoyer l'abreuvoir. La terre et les corps étrangers qui s'accumulent dans les abreuvoirs à ciel ouvert doivent être enlevés à intervalles réguliers pour que l'eau reste aussi hygénique que possible. Dans certaines régions il y pousse des algues, de la mousse et autres plantes, et l'eau se trouble. Cette végétation peut donner mauvais goût ou mauvaise odeur et favorise le développement des bactéries, pour ne pas parler de son aspect peu engageant. De fréquents nettoyages constituent la meilleure mesure préventive, mais de petites quantités de sulfate de cuivre ajoutées à l'eau peuvent constituer une mesure de sécurité supplémentaire afin d'éviter la repousse des algues. Le sulfate de cuivre étant toxique, un simple lavage de l'abreuvoir avec une solution diluée de sulfate de cuivre sera sans doute la formule la plus sûre.

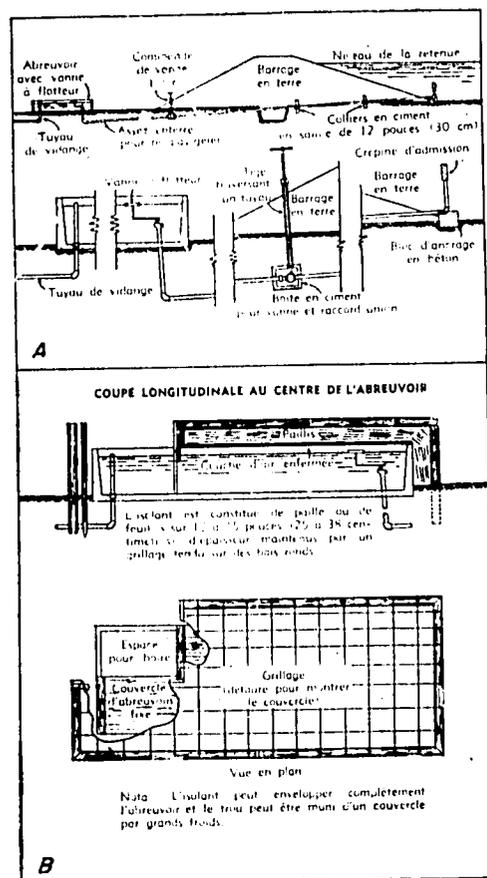


FIGURE 16. -- A, méthode de protection des tuyaux contre la gelée; B, méthode simple mais efficace pour isoler les abreuvoirs contre la gelée.

Il arrive souvent que des oiseaux ou de petits rongeurs tombent dans un abreuvoir en essayant d'y boire. Ils sont le plus souvent incapables d'en ressortir et s'y noient en peu de temps. Si on ne les enlève pas ils contaminent l'eau. En laissant plusieurs morceaux de bois flotter dans l'abreuvoir, ou mieux encore en disposant une planchette articulée sur le rebord de l'abreuvoir et dont l'autre bout flotte, on leur procure un moyen de s'échapper. La planchette doit être assez longue pour reposer au fond lorsqu'il reste peu d'eau en ménageant une pente qu'un petit animal puisse gravir.

Toutes les conduites entre le point d'eau naturel et les abreuvoirs ou citernes doivent être protégées contre le bétail. On peut utiliser à cette fin des barrières, ou encore les enterrer, ce qui est doublement intéressant en pays froid où la plupart des aménagements d'eau doivent être à l'abri du gel (fig. 16, A). Il est alors conseillé de placer les conduites à une profondeur où la terre ne risque plus de geler. A défaut il faut les protéger par un isolant et les doter des robinets d'arrêt et de vidange permettant de les vider lorsqu'elles ne servent pas. En pays froid il faut également protéger les abreuvoirs et citernes de la gelée. Pendant les périodes très froides il peut devenir nécessaire d'employer des réchauffeurs de citernes spéciaux non seulement pour empêcher l'eau de geler, mais aussi pour éviter qu'elle ne devienne trop froide pour la consommation par le bétail. En période intermédiaire on peut protéger l'eau en recouvrant les abreuvoirs d'une bonne couche de foin, de paille ou d'humus à l'exception d'une petite surface à une extrémité où les bêtes viennent boire (fig. 16, B). Un couvercle rabattable à l'extrémité libre, que l'on puisse fermer lorsque le bétail ne vient pas boire, procurera une protection plus complète.

SOURCES

Les sources sont des résurgences naturelles d'eaux souterraines qui se frayent un chemin vers la surface par des fissures ou des couches de sol poreux. Il en existe de toutes les sortes, de l'écoulement concentré sortant du sol en un seul point ou sur une étendue limitée, ce qui caractérise une vraie source, à des résurgences d'eau diffuses sur une grande étendue, ce qui caractérise des infiltrations généralisées. Ordinairement les sources ont un débit assez stable qui peut se compter en quelques litres par heure ou en de nombreux litres à la minute. On peut déterminer approximativement le débit d'une source en mesurant le temps que met un récipient de capacité connue à se remplir. Même des sources de faible débit peuvent normalement être aménagées en un point d'eau sûr pour un grand nombre de bêtes.

Pour mettre une source en valeur, il faut en nettoyer le bassin d'origine, localiser le véritable affleurement et apporter les aménagements nécessaires pour recueillir et utiliser l'eau qui s'en écoule. La source doit être protégée de tout ce qui pourrait l'endommager en surface et dotée des boisages et collecteurs convenables pour que le bassin et les venues ne s'engorgent pas.

Il y a trois types généraux de sources aménagées : (1) la source sous coffrage, qui comporte un regard amovible, (2) la source fermée, complètement hermétique ou recouverte d'un tumulus, et (3) la source à ciel ouvert, où le bétail vient boire

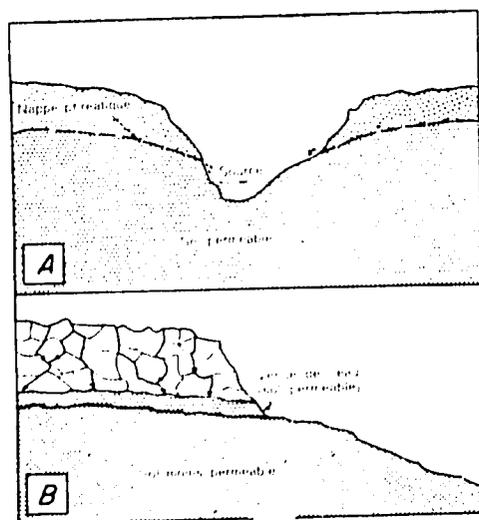


FIGURE 17. — A, source dans une dépression, au niveau de la nappe d'eau; B, source d'affleurement ou à flanc de colline.

directement. L'aménagement le plus satisfaisant dépend du type de source naturelle qui se présente.

Les sources peuvent être classées (1) selon leur origine, en sources par gravité ou artésiennes; (2) selon la nature des passages empruntés par l'eau, en sources par infiltration, tubulaires ou de failles ou fissures; (3) selon la manière dont l'eau atteint la surface, en sources de dépression ou sources d'affleurement ou à flanc de colline (fig. 17). Une autre appellation des sources de dépression est source de bas-fond ou de plan d'eau.

Une source par gravité est celle dont l'eau s'écoule entre des roches ou à travers des matériaux perméables sous l'action de la pesanteur d'une façon analogue aux cours d'eau de surface dans leur lit. Une source artésienne est celle dont l'eau est confinée dans des goullets ou entre des couches imperméables, et sous pression parce que le niveau en est plus élevé au point d'origine qu'au point de résurgence.

Dans une source par infiltration l'eau chemine par percolation ou est filtrée dans un matériau perméable; dans une source tubulaire elle émerge par des passages tubulaires créés dans un dépôt glaciaire stratifié, un calcaire ou une autre roche soluble; dans une source de faille ou de fissure elle sort le long des plans de jonction, de clivage ou de faille ainsi que d'autres ouvertures d'une formation stratifiée.

Le terme de « source par infiltration » est généralement associé à des sources de faible débit. Toute superficie assez étendue où l'eau se fraye un chemin en surface s'appelle couramment zone d'infiltration.

Les sources d'affleurement émergent en des points où la surface terrestre forme un creux ou s'abaisse jusqu'à la couche phréatique ou au plan d'eau. Elles se présentent souvent comme des zones d'infiltration dans les affaissements ou dépressions de plaines relativement plates. Les sources à flanc de colline sortent habituellement sur les pentes et sont dues à l'apparition en surface d'eau traversant une couche perméable au-dessus d'un affleurement de matériau moins perméable.

Il est bon de déterminer les caractéristiques d'une source avant de l'aménager afin que les travaux soient bien adaptés à sa mise en valeur et à sa protection. De nombreuses sources ont été rendues inutilisables parce qu'on n'avait pas essayé d'en déterminer le type avant d'y travailler et que les aménagements ont été mal exécutés. La plupart des sources demandant à être aménagées pour procurer de l'eau au bétail seront du type par gravité et soit d'affleurement, soit à flanc de colline.

La résistance à l'écoulement, ou la charge d'eau qui s'oppose à la venue, a un effet direct sur le débit et sur la réussite finale d'un aménagement de source. En diminuant cette résistance par creusement ou curage, et en réduisant ainsi la charge contre

laquelle lutte la source, on a des chances d'augmenter le débit. En augmentant cette résistance ou en élevant le point de venue, on a des chances de le diminuer. S'il est vrai qu'on peut parfois régler le débit d'une source aménagée en modifiant la hauteur du point de venue, cette pratique ne doit être appliquée qu'avec prudence. En élevant ce point d'à peine un mètre on fait souvent disparaître complètement l'écoulement en forçant la source à changer de cours pour sortir ailleurs. Le plus souvent, il faut réduire le plus possible la charge du point de résurgence, et l'on peut rarement rehausser de plus de 30 centimètres le point de venue d'une petite source moyenne.

L'aménagement des zones de filtration est souvent un coup de dés et risque de coûter plus cher que celui des sources ordinaires en raison des travaux qu'il faut leur consacrer si l'on veut mettre à profit chaque goutte d'eau que la zone peut donner. On peut pourtant, à force de terrassements, de fossés et de drains, tirer des ressources en eau valables d'une zone qui ne paraissait que spongieuse ou marécageuse. Un simple filet d'eau s'écoulant d'une fissure dans un surplomb peut parfois être aménagé en un point d'eau satisfaisant en creusant un trou d'un mètre ou plus dans la roche à côté de cette filtration et en y faisant sauter une petite charge d'explosif. La réussite dépend beaucoup du bon choix à l'origine de filtrations promettant un débit conséquent ainsi que du soin et de l'ingéniosité apportés aux travaux d'aménagement.

Sources de dépression.

Il est souvent difficile de décider du meilleur type d'aménagement tant que l'on n'a pas procédé à quelques terrassements et à une étude. Avant d'entreprendre de gros travaux de mise en valeur, il peut être utile de procéder à de nombreux forages d'essai au voisinage immédiat de la source pour déterminer approximativement le profil du plan d'eau, l'étendue et la direction du déplacement de l'eau. En étudiant les niveaux relatifs auxquels s'élève l'eau dans une série de forages d'essai, on pourra mieux planifier le système de collecte.

On a souvent recours à un coffrage de la source lors de l'aménagement de sources de dépression s'écoulant surtout de bas en haut. Après avoir creusé la source, on met en place un calage de 0,90 à 1,20 mètre au carré avec un couvercle bien fixé et un tuyau de décharge. Les bords doivent dépasser le sol d'un bon mètre et s'enfoncer assez profondément pour atteindre un fond solide. Ce coffrage peut être en maçonnerie, en béton ou

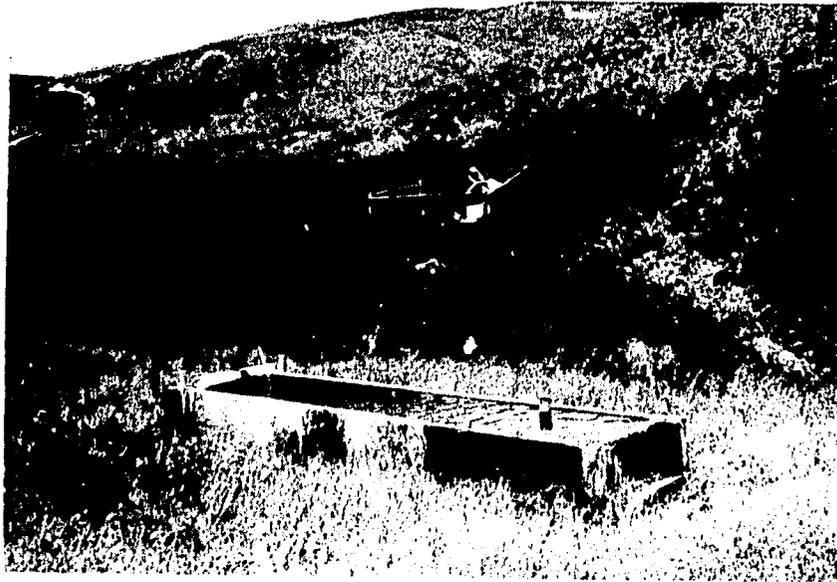


FIGURE 18. -- Bassin collecteur à ciel ouvert pour une source de dépression. A l'arrière-plan : le bétail l'utilise comme abreuvoir. Si le trap-plein est important, il faut l'évacuer par un tuyau qui l'emène à quelque distance de l'abreuvoir.

autre matériau. Un coffrage circulaire peut être réalisé à l'aide d'un vieux tonneau autour duquel on coule du béton, ou encore en bordant l'excavation de brique et de cailloux. La partie basse doit être poreuse s'il semble exister une venue d'eau à l'horizontale. Une source en coffrage avec couvercle amovible est conseillée si l'on veut y puiser de l'eau pour la consommation domestique car elle permet des visites et des curages fréquents.

Certaines sources sortent en terrain si plat ou dans des fonds tels qu'il est impossible d'installer une conduite d'eau vers un abreuvoir à distance raisonnable car la charge est insuffisante pour assurer l'écoulement par gravité. En pareil cas on peut avoir recours à un bassin de collecte ouvert où le bétail s'abreuve directement, à condition de pouvoir apporter les protections nécessaires contre le ruissellement et autres risques de surface (fig. 18). Si l'on tombe sur une zone d'infiltration, il peut être bon de drainer l'eau dans une cuve centrale. Les drains peuvent être constitués par des tranchées remplies de gravier ou des tuyaux et doivent se prolonger assez loin dans la zone d'infiltration pour recueillir toute l'eau nécessaire. L'abreuvoir doit être à l'écart de la zone d'infiltration pour que le bétail ne s'enlise pas. Bien des sources qui ne fournissent pas assez d'eau pour alimenter directement un abreuvoir n'ont souvent besoin que d'une citerne de réserve pour faire de bons points d'eau.

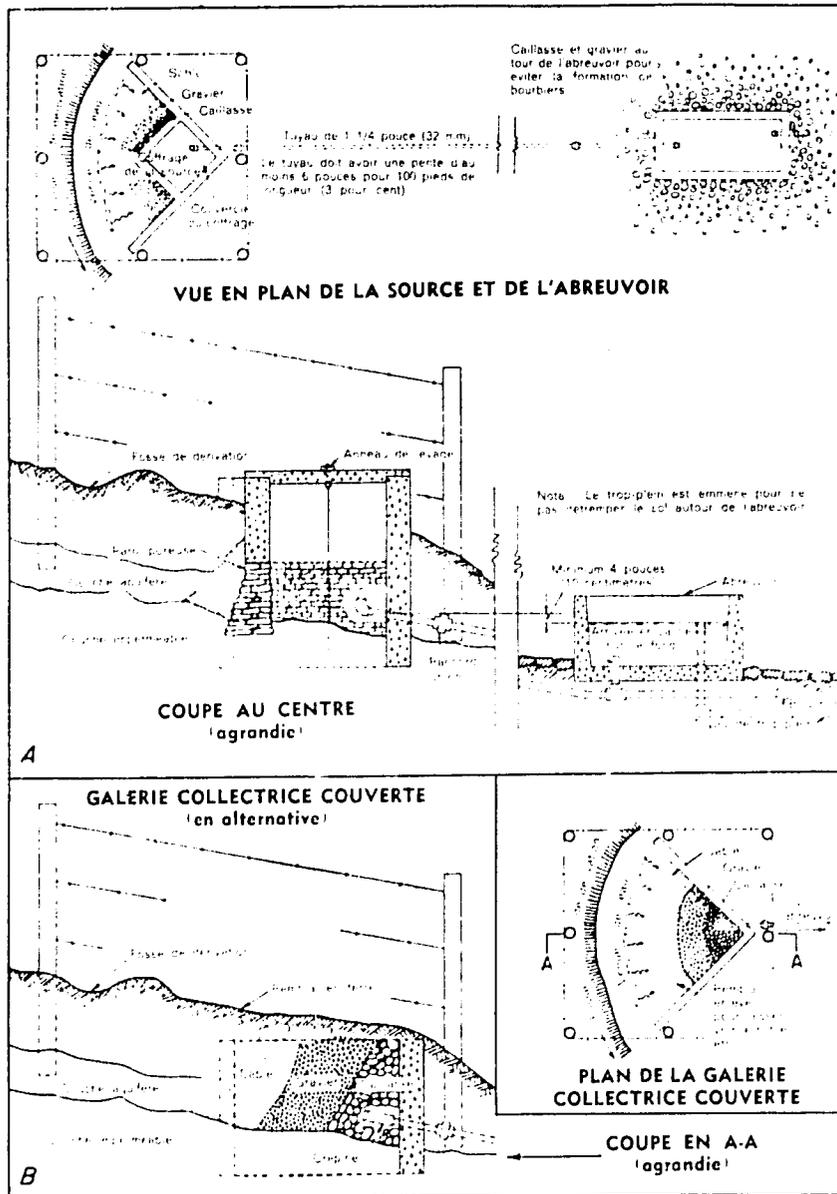


FIGURE 19. - A, vue en plan et en coupe de l'aménagement d'une source d'affleurement. Le coffrage est doté d'un couvercle amovible. B, aménagement similaire à A. Le coffrage est éliminé et un filtre de sable, gravier et cailloux disposé dans la galerie collectrice. Cette installation revient moins cher.

Sources d'affleurement.

Les sources d'affleurement se présentent généralement à flanc de colline, et la venue d'eau est de haut en bas ou horizontale. L'eau arrive par percolation de passages ou de nombreux intersti-

ces s'offrant dans un matériau perméable superposé à un substrat moins perméable. La décharge peut être limitée à un point ou à une faible surface ou se propager sur une longue distance en travers de la pente. Un bon aménagement doit intercepter la venue de l'eau pour la recueillir en un point central. Des excavations ou forages à la verticale traversant la couche imperméable risquent de tarir partiellement ou complètement l'écoulement d'eau.

On a souvent recours pour aménager les sources à flanc de colline à un mur collecteur en V dont les extrémités s'insèrent dans la pente, l'eau s'accumulant dans la pointe du V (fig. 19). Il est préférable de construire un mur en béton d'au moins 15 cm d'épaisseur, ses extrémités étant enfoncées assez profondément dans le flanc de la colline pour que l'eau affleurante ne les contourne pas. Le mur dépasse normalement de 30 à 60 cm le niveau du sol et doit avoir des fondations assez enfouies pour s'ancrer dans une roche dure et interdire les infiltrations par en-dessous. Un tuyau galvanisé de dimension voulue, rarement inférieur à 15 mm de diamètre, est encastré à bonne hauteur près de la pointe du mur en V pour acheminer le débit de la source vers un abreuvoir ou une retenue. Si l'on estime que des inspections ou curages fréquents seront nécessaires ou prudents, on peut encastrer un caisson, à couvercle amovible dans la pointe



FIGURE 20. — Aménagement de source peu coûteux mais efficace, similaire à celui de la figure 19 B. Le personnage à l'arrière-plan se tient sur la galerie collectrice, à 100 mètres environ de l'abreuvoir. Remarquer le tuyau de trop-plein et l'emploi de pierres pour éviter les bourbiers. Cet aménagement est satisfaisant pour un petit troupeau.

du mur en V (fig. 19, A). La partie supérieure des murs de ce caisson doit être perméable pour laisser passer l'eau. On accumulera une bonne quantité de gravier et de matériaux rocheux derrière ce caisson et le mur pour que l'eau coule librement. La partie poreuse sera alors recouverte de terre qu'on laissera se couvrir d'herbe ou qu'on ensemencera pour en protéger la surface. Une couche de toile grossière entre le remplissage poreux et le tumulus qui le recouvre retardera le mélange des deux.

Lorsqu'on aménage des sources d'affleurement pour abreuver le bétail, on se passe souvent du coffre couvert (fig. 19, B). On réduit ainsi sensiblement la dépense, et bien que ce principe ne soit pas pleinement recommandé la source donne habituellement satisfaction pendant de nombreuses années (fig. 20). Le mur de collecte en V est construit en contrebas de l'affleurement de la source et remblayé avec une épaisse couche de rocher, de gravier et de sable à son tour recouverte de terre et de végétation protectrice. L'eau est pompée dans la cuve constituée dans les matériaux poreux et acheminée vers un abreuvoir ou une citerne. Lorsque la source a besoin d'être curée, il faut évacuer et changer tous les matériaux de remplissage.

Lorsque l'eau de source fait surface en différents points très distants les uns des autres, on peut avoir utilement recours à des fossés comblés de cailloux et de gros gravier, ou mieux, à des drains sous joints enterrés dans des fossés garnis de gravier, pour récupérer l'eau des points éloignés, ce qui évite le coût de murs prolongés à flanc de colline ou dans la colline même. L'eau de certaines sources peut être recueillie dans des drains de ce type et amenée directement à un abreuvoir ou à une citerne par une conduite bien raccordée, ce qui élimine complètement le mur en maçonnerie. Cet aménagement de sources compte parmi les plus simples et les moins chers.

Toutes les sources doivent être protégées des ruissellements de surface et, sauf celles laissées à ciel ouvert, seront de préférence entourées d'une solide barrière pour en éloigner le bétail. Un bon fossé d'interception est à recommander pour dévier les ruissellements de surface autour de la source. Une végétation touffue autour de la source retardera les dégâts dus à l'érosion. L'abreuvoir sera placé hors de la partie clôturée en un endroit où les bêtes puissent y accéder d'autant de côtés que le permet la configuration du terrain. Le sol autour de l'abreuvoir sera remblayé de cailloux ou de graviers pour éviter la formation de bourbiers.

On croit généralement que, du simple fait qu'elle sort d'une source, l'eau est pure. Cette croyance amène à négliger toute mesure d'hygiène dans l'aménagement des sources. Même celles qui sont les plus éloignées des habitations peuvent être utilisées par les gardiens ou bergers et doivent donc fournir une eau raisonnablement potable. Une source est facilement polluée et c'est pourquoi il faut la protéger des ruissellements de surface. Si l'eau

doit servir aux usages domestiques il faut la faire analyser fréquemment pour s'assurer qu'elle n'est pas infectée. Une contamination en sous-sol est également à craindre, surtout en terrain calcaire où il n'est pas rare que l'eau coule sur bien des kilomètres avant d'arriver au jour et reçoive éventuellement le trop-plein de nombreux puisards.

ALIMENTATION D'UNE RETENUE

Pour des retenues creusées, soit en amont d'un barrage, l'eau de ruissellement du bassin versant est habituellement la principale source d'alimentation. Il est d'une importance primordiale que la superficie drainée soit assez vaste pour maintenir cette alimentation de la retenue en période de sécheresse, mais pas trop étendue afin d'éviter des risques d'inondation superflus en période d'orage, ou la construction de coûteux déversoirs permettant d'écouler le trop-plein en toute sécurité. On peut dire dans l'ensemble que les retenues doivent être implantées sur de petits affluents plutôt que sur des rivières principales afin de limiter les risques d'inondation et d'envasement. Si l'alimentation d'une retenue est trop chargée en sable ou en terre, les alluvions peuvent anéantir la capacité de stockage en très peu de temps. Pour qu'un tel point d'eau soit assez sûr, il faut que la profondeur d'une retenue suffise à parer aux déperditions par infiltration et par évaporation en même temps qu'aux besoins du bétail. On tiendra donc compte de ces impératifs lors des premières études sur le terrain, faute de quoi la retenue ne rendra pas les services attendus et les frais de construction afférents seront un gaspillage, quel que soit le soin apporté à l'exécution des travaux. Il faut examiner attentivement tout emplacement prévu pour une retenue afin de voir s'il sera possible d'y amener et d'y conserver l'eau nécessaire, et éliminer les implantations douteuses avant d'y engager d'autres frais.

Profondeur de la retenue.

La capacité totale d'une bonne retenue pour le bétail doit être plusieurs fois supérieure à celle requise pour fournir les quantités d'eau effectivement bues. Même si l'on choisit bien les emplacements, les pertes des retenues par infiltration et évaporation sont habituellement beaucoup plus fortes que la quantité d'eau utilement employée. Les infiltrations dans les retenues en terre sont très variables. Elles dépendent du degré d'imperméabilité du terrain et de la profondeur d'eau. Dans des sols lourds, imperméables, leur incidence peut être négligeable et inférieure à 25 mm par mois, alors qu'en sol perméable elles peuvent atteindre 75 mm ou plus par mois. Pour qu'une retenue rende les services attendus, cette perte ne devrait pas dépasser 50 à 75 mm par mois. Les pertes annuelles moyennes par évaporation s'échelonnent de 90 cm ou moins dans certaines régions à 180 cm ou plus dans d'autres. Au cours des années de sécheresse, quand la retenue recevra probablement moins d'eau, ces pertes sont habituellement plus importantes qu'au cours des années normales.

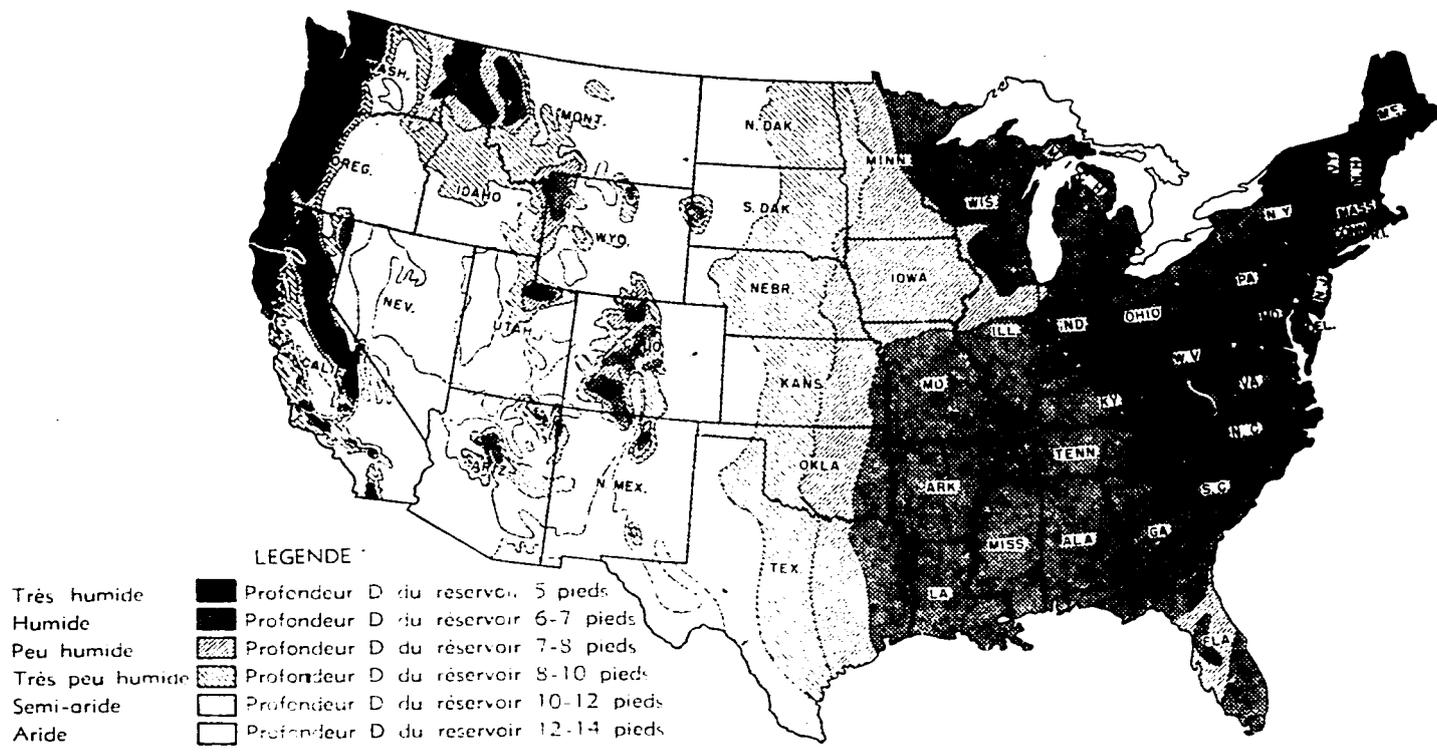


FIGURE 21. -- Profondeurs minimales recommandées pour les réservoirs. Une profondeur moyenne, D, doit être assurée sur une superficie suffisante pour emmagasiner un volume d'eau représentant deux fois environ les besoins du bétail et autres usages annexes. Les délimitations de zones sont empruntées à Thornthwaite.

Pour qu'une retenue constitue un point d'eau permanent, la profondeur de l'eau doit suffire à satisfaire aux besoins du bétail et à compenser les pertes probables par infiltration et évaporation. Ces pertes varient selon les régions, et selon les années dans une même région. Elles varient aussi selon le type de retenue. On a groupé à la figure 21 les données disponibles et des observations faites sur le terrain en vue d'indiquer les profondeurs minimales recommandées pour les retenues, en supposant des pertes par infiltration et évaporation normales. Dans n'importe quel étang, il faut prévoir un volume d'eau qui soit à peu près le double de celui nécessaire au bétail et aux utilisations annexes sur une étendue dont la profondeur moyenne est indiquée à cette même figure 21. Si possible, il est bon de prévoir des retenues de profondeur supérieure surtout lorsqu'on veut être assuré d'un point d'eau toute l'année ou que les pertes par infiltration risquent de dépasser 75 mm par mois.

Protection du bassin versant.

Pour conserver à une retenue sa capacité et sa profondeur, il ne faut pas que l'eau d'alimentation soit trop chargée en alluvions. La meilleure protection contre un envasement préjudiciable consiste à lutter contre l'érosion du bassin versant. Un bassin qui s'érode envase le réservoir à chaque orage et en diminue progressivement la contenance. D'une façon générale, un terrain couvert en permanence de végétation, arbres ou herbes, convenablement protégé, constitue la zone de drainage la plus souhaitable (fig. 22). En l'absence d'un tel terrain on utilisera une superficie cultivée protégée par les mesures de conservation nécessaires : disposition en terrasses, cultures suivant les courbes de niveau, ou en bandes alternantes, cultures alternées ou autres pratiques de mise en valeur.

S'il s'avère nécessaire de se servir d'un bassin versant mal protégé ou sujet à l'érosion pour alimenter une retenue, mieux vaut retarder la construction de la retenue tant que les protections nécessaires ne sont pas apportées au bassin. En tous cas, ces protections doivent être prises dès que la construction de la retenue est décidée. Même les bassins en terres de pacages ou de pâturages exigent un contrôle des pâtures et d'autres pratiques d'amélioration du fourrage. Il faut également limiter l'érosion des ravins, et particulièrement de ceux qui déversent directement dans la retenue.

Pour supplémenter la protection normale apportée au bassin versant, il est souvent utile de créer et d'entretenir une ou plusieurs zones de désenvasement au-dessus de la retenue. Ces zones consistent en une longue bande de végétation dense que les eaux de ruissellement sont obligées de traverser avant d'arriver



FIGURE 22. — Cette zone drainée, bien protégée par une couverture permanente en herbe, apporte un minimum de vase à la retenue.

à la retenue. Ces bandes doivent être assez larges pour couvrir tout l'espace entre les lignes de hautes eaux de part et d'autre de la dépression aboutissant au réservoir et peuvent être longues de 30 mètres à 1 ou 2 kilomètres. Des broussailles serrées ou des fourrés sont particulièrement efficaces dans ces zones de désenvasement car ils ralentissent le ruissellement et permettent aux alluvions de se déposer. Si le canal d'aménée en amont de la retenue est large et peu profond, des rives fortement enherbées provoqueront le dépôt des alluvions. Les bêtes ne doivent pas pénétrer dans ces zones de désenvasement.

L'implantation d'une retenue alimentée par un ou plusieurs fossés de dérivation ou terrasses procure également une bonne protection à la retenue si ces fossés et terrasses sont bien entretenus. Des fossés de dérivation peuvent également détourner d'un cours d'eau une partie de ses crues. En laissant ainsi le gros du courant suivre le lit principal, on pourra détourner une bonne partie des eaux chargées d'alluvions. Une disposition de ce genre diminue aussi les risques d'inondation pour la retenue dont l'alimentation se trouve soulagée du trop-plein détournée par le fossé.

Une certaine protection contre l'envasement peut encore être obtenue par la construction d'un ou plusieurs bassins de décantation en amont de la retenue. Une des méthodes visant à réduire les dépôts consiste à construire une digue formant un bassin un peu au-dessus de la retenue creusée. Cette digue est assez haute et longue pour capter presque tout le ruissellement superficiel des terrains drainés. Une grosse conduite ou un canal en surélé-

vation va de la digue à la retenue. Le bassin sert à clarifier et à envaser les eaux qui dévalent. Une extrémité de la digue ou même les deux doivent former des déversoirs et laisser couler l'excédent de ruissellement. Ordinairement, des bassins de désenvasement mécaniques de ce type ne sont à envisager qu'en dernier recours car ils demandent de nouveaux travaux lorsqu'ils sont remplis d'alluvions. Il faut en limiter l'emploi aux impiantations où de bonnes mesures de protection ne peuvent pas être apportées au bassin versant lui-même, ou bien à la période pendant laquelle ces mesures ne sont pas encore efficaces.

Dimensions du bassin versant.

La quantité d'eau de ruissellement provenant d'une surface de drainage donnée dépend de si nombreux facteurs interdépendants qu'on ne saurait donner de règle fixe pour sa détermination. Les caractéristiques du bassin versant : pente, configuration, étendue, végétation, nature du sol; celles des précipitations : quantité, intensité, durée, fréquence des pluies, exercent une influence directe sur le rendement annuel d'une zone. En général, des précipitations de forte intensité et une forte pluviosité annuelle procurent un ruissellement relativement plus abondant que des précipitations de faible intensité ou qu'une pluviosité annuelle modeste. Dans des conditions identiques un bassin versant à forte pente, avec peu de végétation ou un sol imperméable procurera une quantité de ruissellement plus grande qu'un bassin à pente faible avec une forte végétation et un sol perméable (fig. 23). Ceci explique pourquoi on voit souvent dans une exploitation une mare, dont la zone de drainage aboutit à un escarpement prononcé, recevoir beaucoup d'eau d'une petite surface, alors qu'une autre avec une superficie de drainage bien supérieure, mais en terrain relativement plat, sera presque à sec. Des bassins versants en régions humides donnent un ruissellement annuel moyen plus important qu'un même bassin en région aride ou semi-aride.

Dans les régions froides où le ruissellement provenant de la fonte des neiges fournit une bonne part de l'alimentation d'une retenue, la topographie du bassin a un effet direct sur la quantité d'eau récupérée sur la neige. Des bassins comportant des vallons encaissés et profonds perpendiculaires aux vents dominants ou recouverts d'arbres, de buissons et autres obstacles ont tendance à retenir une plus grande quantité de neige en prévision du ruissellement de printemps qu'un bassin plat, très ouvert, où une bonne partie de la neige est balayée par les vents. La neige constituant une des alimentations les plus sûres des retenues dans les contrées semi-arides de climat froid, les bassins disposés pour

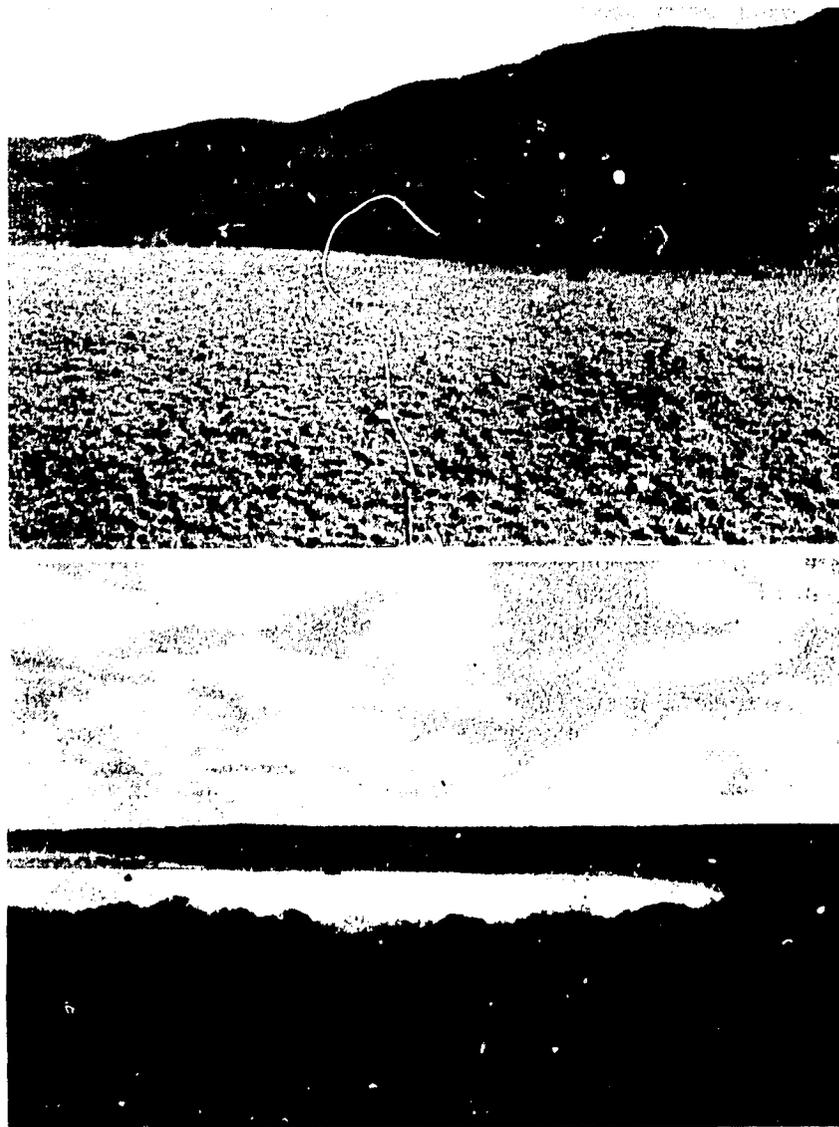


FIGURE 23 (*haut*). -- Les pentes abruptes et la maigre végétation de cette zone drainée entraînent de grosses quantités et de gros débits de ruissellement. *Bas*. -- Cette zone de drainage est en pente douce, et la végétation, si elle n'est pas luxuriante, peut être classée comme bonne. À pluviométrie égale, le ruissellement de cette zone par unité de surface sera moindre que pour la zone représentée en *haut*.

emmaginer beaucoup de neige doivent être préférés à ceux qui la retiennent mal. Au besoin, on aura recours à des adjuvants artificiels pour retenir la neige : barrières, crêtes à congères, afin d'améliorer des bassins qui sans cela ne suffiraient pas à remplir les retenues.

Dans des régions où les pluies sont mal réparties, surtout en contrée aride ou semi-aride, les rendements de bassins d'un même secteur peuvent être fort différents. On a souvent vu par exemple deux retenues analogues peu éloignées l'une de l'autre, l'une toujours remplie et l'autre seulement à l'occasion. Il en sera ainsi, même si la moins bien remplie dispose d'un bassin versant plus étendu. Une explication partielle vient du fait que la pluie semble tomber plus régulièrement par endroits. Il faut tenir compte des particularités locales de ce genre, si on les connaît, lorsqu'on décide de la superficie minimale d'un bassin.

En étudiant le rendement passé de divers bassins versants, on peut en tirer des lignes de conduite générales permettant d'estimer le ruissellement probable de bassins similaires dans des conditions normales. Pour simplifier les recherches dans ce domaine, nous avons établi pour les Etats-Unis une carte servant de directive dans l'estimation de la superficie que devrait avoir un bassin pour fournir une quantité d'eau donnée (fig. 24). Par exemple, dans un Etat du Centre-Ouest comme le Kansas, une retenue de 5 acres-pied (6 165 000 litres) exigerait dans des conditions normales au moins 175 acres (70 hectares) de bassin collecteur. Toute retenue doit avoir une profondeur conforme à celles de la figure 21.

Cette carte a été établie d'après les observations, sur le terrain, d'étangs d'exploitations agricoles et en fonction des renseignements de pluviosité et de ruissellement annuels, des corrections étant apportées pour les périodes de sécheresse afin d'offrir une garantie raisonnable d'approvisionnement suffisant en eau. Elle ne doit servir que de ligne de conduite générale. Si l'on veut mettre en application les renseignements qui y sont portés, il faudra procéder à certains ajustements en fonction des conditions locales. Tout renseignement sûr et local dont on pourra disposer sera utilisé de préférence à cette carte. On peut souvent en recueillir de fort précieux pour les projets nouveaux en étudiant le rendement de retenues en service depuis plusieurs années dans le voisinage.

Cette carte repose sur les données topographiques moyennes des régions représentées. Ces données supposent des caractéristiques normales de ruissellement de la zone drainée, par exemple des pentes moyennes de 5 à 10 pour cent, une infiltration dans le sol normale, une bonne couverture végétale, et une retenue en surface de type courant. Ces caractéristiques sont reprises au Tableau 2. Ce même tableau comporte la description des caractéristiques de ruissellement extrêmes, élevées et faibles. Il est entendu que ces caractéristiques ne s'appliquent qu'au ruissellement superficiel de la zone drainée et non au ruissellement total. On n'a pas tenu compte de l'éventuelle pénétration d'eau dans la retenue par infiltration ni d'un apport d'eau souterraine.

Pour des zones drainées dont les caractéristiques de ruissellement diffèrent de la normale, il faudra modifier les chiffres de la figure 24. Comme il n'est pas possible d'évaluer exactement à quel point les caractéristiques individuelles jouent sur le ruissellement obtenu d'une zone drainée, on ne peut fournir que des valeurs approchées. Notre suggestion serait, pour des zones drainées de caractéristiques de ruissellement extrêmes, de réduire de 25 pour cent les chiffres de la figure 24, et pour des caractéristiques faibles de les augmenter de 50 pour cent. On peut même apporter des modifications plus importantes si l'on estime que celles-ci sont insuffisantes. Mais avant de trop changer les chiffres de la figure 24, il faut étudier soigneusement le rendement probable de la zone drainée.

Il est rare qu'une zone drainée comporte toutes les caractéristiques d'un des types — extrême, élevé, normal, faible. Il sera souvent nécessaire d'évaluer les écarts par rapport à l'un de ces types et de modifier les chiffres en conséquence. Supposons par exemple qu'une zone drainée soit en terrain ondulé avec des pentes d'environ 8 pour cent, un sol de prairie profond, une maigre végétation, un fort pourcentage du terrain étant en cultures sarclées, et que la rétention superficielle soit faible. Les caractéristiques de ruissellement d'une telle zone se situeront probablement entre « élevées » et « normales » (Tableau 2). La réduction apportée aux chiffres de la figure 24 sera de 0 à 25 pour cent, selon celles des caractéristiques qui joueront le plus sur le ruissellement superficiel de la zone drainée. Ce n'est que dans des cas extrêmes qu'il faudra apporter la réduction pleine de 25 pour cent, pour ne pas se risquer dans une conception trop hardie.

Si une zone drainée a des caractéristiques telles qu'elle doive donner peu de ruissellement : pentes du sol d'environ 1 pour cent, terre arable très profonde et poreuse, excellente couverture en herbe, grand nombre de dépressions emmagasinant l'eau en surface, les chiffres de la figure 24 doivent être considérablement augmentés, le taux de cette augmentation résultant d'une évaluation des effets des caractéristiques en question sur le ruissellement de surface de la zone drainée.

Il faut bien réfléchir lorsqu'on applique les données de la figure 24 à la réalité. C'est une étude sur le terrain qui dira si les valeurs qui y sont données sont applicables directement ou après modification. La carte concerne principalement des superficies drainées atteignant 7 à 8 milles carrés (17 à 20 kilomètres carrés). Étant donné que dans les régions montagneuses de grands écarts de pluviosité se présentent dans un périmètre relativement restreint et que la répartition est extrêmement localisée, ces régions sont repérées par des hachures pour indiquer leur grande variabilité. Il se peut que les rapports donnés ne soient pas applicables à ces contrées, et pour les aménagements qui y sont prévus on se fierait aux renseignements locaux.

TABLEAU 2. — Caractéristiques de ruissellement des bassins versants¹.

Désignation des caractéristiques des bassins versants	Caractéristiques de ruissellement			
	Relief	Infiltrations dans le sol	Végétation	Rétention d'eau en surface
Extrêmes.	Terrain abrupt accidenté, pentes de plus de 30 % en général.	Pas de terre efficace; rocher ou mince couche arable, infiltrations négligeables.	Pas de végétation efficace; terrain pelé ou à nu.	Négligeable; dépressions rares et peu profondes; coulées petites et en pente; ni étangs ni marais.
Elevées...	Vallonnements, pentes moyennes de 10 à 20 %.	Absorption lente, sol argileux ou à faible capacité d'infiltration comme un gumbo lourd.	Moyenne à moyenne; cultures sarclées ou végétation naturelle pauvre; moins de 10 % du bassin bien recouvert.	Faible; réseau net de petits rus de drainage; ni étangs ni marais.
Normales.	Ondulé, pentes moyennes de 5 à 10 %.	Normales; finon profond, infiltrations analogues à celles de prairies typiques.	Moyenne à bonne. Environ 50 % de la zone drainée en bon herbage, taillis ou couvert équivalent; pas plus de 50 % en cultures sarclées.	Normale; rétention considérable dans les dépressions; réseau de drainage comme en prairie; lacs, étangs et marais sur moins de 2 % de la surface drainée.
Faibles...	Terrain relativement plat, pentes moyennes de 0 à 5 %.	Fortes; sables profonds et autres sols absorbant l'eau facilement et rapidement.	Bonne à excellente; environ 90 % de la zone drainée en bon herbage, taillis ou couvert équivalent.	Forte; rétention importante dans les dépressions; réseaux de drainage mal définis; forte accumulation en plaine inondable ou grand nombre de lacs, étangs ou marais.

1. Ce tableau est conçu avant tout pour servir à l'estimation du ruissellement superficiel et ne peut servir de base à celle du ruissellement total.

Il faut également tenir compte de la permanence des conditions d'une zone drainée. Il est possible que des changements dans l'exploitation des terres affectent matériellement le ruissellement d'une zone drainée. Certains de ces changements peuvent diminuer le ruissellement au point que la zone n'arrive plus à alimenter la retenue en eau. Un autre cas est celui où la zone drainée s'étend sur les terres d'une exploitation ou d'un élevage voisins, et où il faut envisager que le ruissellement de ces terres puisse un jour être détourné ou retenu pour être utilisé près de son point d'origine. Lorsqu'on choisit le rapport voulu entre la superficie drainée et la capacité de la retenue, il faut baser ce rapport sur l'exploitation prévue des terres dans tout le bassin versant. Ceci est particulièrement important dans les bassins sujets à

l'érosion où des mesures de protection telles qu'une couverture végétale complète seront appliquées en vue de protéger l'étang de l'envasement.

Débit de ruissellement.

La plupart des échecs rencontrés avec des barrages de retenue sont dus à une capacité ou à une protection insuffisante du déversoir. Ceux-ci ne doivent pas seulement être protégés contre l'érosion, mais doivent être d'une capacité suffisante pour écouler tout le trop-plein au débit maximum que l'on puisse attendre de la zone drainée d'alimentation, faute de quoi les débordements risquent de détruire le barrage (fig. 25). Pour les petites retenues, la quantité totale du ruissellement susceptible de s'écouler du bassin versant lors d'une seule averse ou pendant une saison donnée a peu d'utilité dans le calcul des dimensions à donner au déversoir. La retenue peut se remplir en peu de temps lors d'un gros orage, et le déversoir doit donc être assez important pour évacuer le débordement ainsi provoqué.

Si la retenue est de grande capacité et la zone drainée comparativement petite, la retenue suffira peut-être à absorber tout le ruissellement de la zone drainée. Mais lorsqu'on construit des étangs ou retenues d'exploitations agricoles, la pratique prudente consiste à supposer que cette réserve est pleine d'eau au début d'un orage et que le déversoir doit être assez important pour écouler le débit maximum de ruissellement dû à cet orage. On



FIGURE 25. -- Un déversoir convenable n'avait pas été prévu pour ce barrage, et le trop-plein déborde sur le barrage même. Celui-ci est déjà fortement entamé.

suppose évidemment qu'il s'agit d'orages d'une force et d'une fréquence répondant à celles pour lesquelles le déversoir est conçu. L'avis général est qu'un déversoir capable de supporter le débit de pointe d'un orage tel qu'il s'en présente tous les 25 ans est suffisant pour une retenue d'exploitation ordinaire s'il s'agit d'un barrage n'ayant pas coûté trop cher. Pour les barrages de retenue d'un coût élevé, et pour ceux dont la rupture mettrait d'autres propriétés bâties en danger, il faut prendre pour base l'orage le plus fort depuis 50 ans. Mais ces derniers constituent l'exception plus que la règle. Pour de petites retenues construites à peu de frais il suffit de prévoir des orages tels qu'on en voit tous les 10 ans.

Les caractéristiques de pluviosité autant que celles du bassin versant ont une influence marquée sur le débit de ruissellement à prévoir. Les autres facteurs étant supposés constants, les précipitations de forte intensité, des pentes raides, une végétation médiocre, des sols imperméables ou des bassins versants courts tendent à donner des débits de ruissellement plus forts que des précipitations de faible intensité, des pentes douces, une bonne végétation, des sols perméables ou des bassins longs (fig. 23). Le débit de ruissellement maximum d'un bassin versant donné se présente généralement lorsque des pluies de forte intensité tombent sur un sol saturé ou gelé, ou pendant des périodes où la végétation est épuisée ou en sommeil. Etant donné que les goulets, dépressions ou ravins qui acheminent ordinairement le ruissellement aux retenues pour le bétail sont à sec presque toute l'année et ne comportent aucune végétation, on a tendance à sous-estimer la force et le volume des eaux qu'ils peuvent déverser à la suite d'un orage.

Il est difficile de déterminer la capacité à prévoir pour les déversoirs en raison de la variété des conditions de ruissellement. Il faudra tirer tout le profit possible des renseignements locaux sur le débit de divers bassins versants. Les annales de ces débits pour plusieurs bassins dans un même secteur constituent un guide précieux. Les observations du ruissellement ou la marque des hautes eaux au-dessus de l'emplacement d'un barrage sont une bonne source de renseignement. Si ces marques sont discernables, on peut estimer la section moyenne de la nappe d'eau passant sur le déversoir et en prévoir une plus généreuse afin de ménager une marge de sécurité. Si possible, on consultera un ingénieur ou quelqu'un sachant calculer les débits de ruissellement.

Les figures 26 et 27 sont destinées à servir de guide dans l'estimation des débits de ruissellement provenant de diverses zones drainées. Le diagramme et la carte sont directement utilisables à défaut d'autres renseignements ou pour compléter ceux d'origine locale.

Le procédé d'estimation des débits d'inondation donné dans cette brochure est l'adaptation d'une méthode non publiée mise

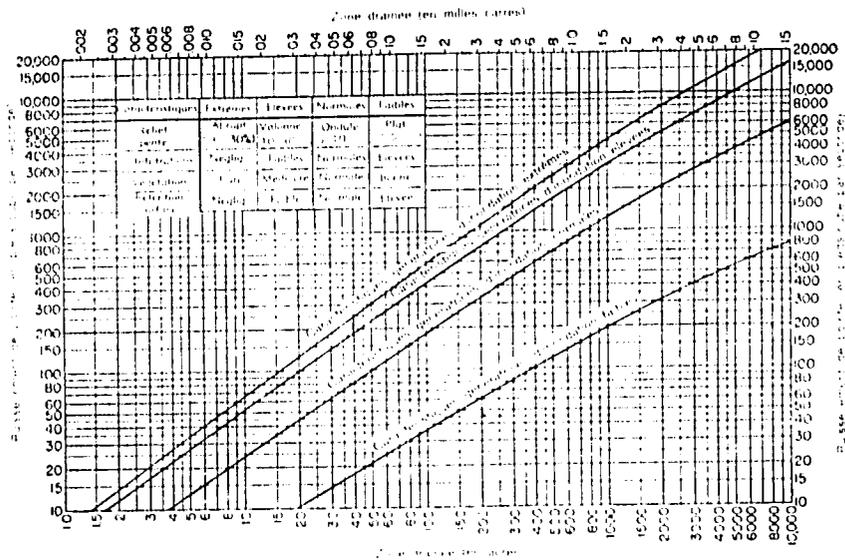


FIGURE 26. Débit de ruissellement (facteur de pluviosité de 1) des orages à fréquence d'apparition de 25 ans pour diverses caractéristiques de bassins versants. On suppose que ces bassins sont aussi larges que longs. Dans la conception de retenues en fonction d'orages à périodicité de 10 ans, diminuer le débit de ruissellement d'environ 15 pour cent, et pour une périodicité de 50 ans l'augmenter d'environ 20 pour cent.

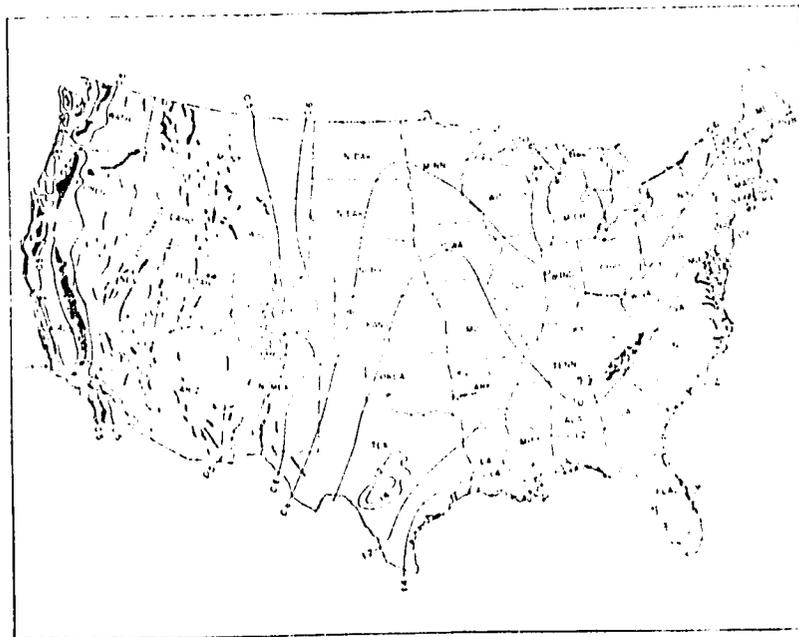


FIGURE 27. — Répartition des facteurs de précipitation à utiliser conjointement à la figure 26 pour corriger les débits de ruissellement. Les courbes de la figure 26 sont basées sur un facteur de pluviosité de 1. Dans les secteurs hachurés les précipitations sont plus intenses que dans le reste de la région. Si le facteur de pluviosité de ces secteurs n'est pas donné par la carte, ajouter 0.1 ou 0.2 au chiffre donné pour la région. Les limites entre régions ne sont qu'une vague indication.

au point par H.L. Cook, de la Division de l'Hydraulique du Service de Conservation des Sols.

Il faut bien réfléchir pour mettre ces documents en pratique. La figure 26 indique les débits de ruissellement à prévoir en fonction de zones drainées de diverses dimensions pour des orages se reproduisant théoriquement tous les 25 ans environ. En haut à gauche du diagramme se trouve un résumé des diverses caractéristiques causes d'inondations représentées par les quatre courbes du diagramme. On trouvera au Tableau 2 la description détaillée de ces caractéristiques.

Au stade de l'étude, le débit de ruissellement doit être relevé sur la courbe de la figure 26 qui correspond le mieux à la zone drainée dont on s'occupe. Ces courbes étant basées sur un facteur de précipitation de 1 donné pour les Etats-Unis à la figure 27, il faudra procéder à des ajustements pour les régions de facteur différent, en fonction du facteur de précipitation donné pour celle où se trouve la zone drainée.

Si l'on veut trouver le débit de ruissellement probable d'une zone drainée de 200 acres (80 hectares) située dans l'est du Wyoming, on devra tenir compte des facteurs suivants : la zone est vallonnée, avec des pentes d'environ 20 pour cent. Le sol est un gumbo lourd. La végétation est médiocre, et la rétention d'eau en surface faible. Selon toute probabilité, cette zone drainée pourrait se classer comme ayant des caractéristiques propices à l'inondation élevées (Tableau 2 et fig. 26). Le débit de ruissellement relevé sur la bonne courbe serait d'environ 750 pieds-cube (25 m³) par seconde. Les courbes de la figure 26 sont établies en fonction d'un facteur de précipitation de 1, et comme l'est du Wyoming a un facteur d'environ 0,6 (fig. 27), nous aurons un débit de ruissellement ajusté de $0,6 \times 750$, soit 450 pieds-cube (15 m³).

Les problèmes type donnés comme exemple dans les deux chapitres suivants donnent la marche à suivre pour utiliser les renseignements donnés aux figures 24, 26, 27 et au Tableau 2.

RESERVOIRS CREUSES

Les réservoirs creusés sont l'un des types les plus simples à réaliser et le seul genre de réservoir en terre qui soit économique en terrain relativement plat. Le fait que leur contenance est tributaire des travaux d'excavation limite leurs dimensions pratiques, et ils conviennent surtout aux réserves d'eau comparativement modestes en terrain imperméable. Etant donné qu'ils exposent un minimum de surface par rapport à leur contenance, ils sont avantageux dans des régions où les pertes par évaporation sont élevées et l'eau rare. Ils permettent l'utilisation par le bétail d'une plus grande part de l'eau disponible. Faciles à réaliser, peu encombrants, peu sujets aux dégâts des inondations, faciles à placer et peu coûteux à entretenir, ils sont très appréciés dans certains secteurs. La difficulté d'y puiser l'eau et d'y amener le bétail sont leurs deux principaux inconvénients.

Pour rendre les services qu'on en attend, les réservoirs creusés doivent être bien exécutés et bien placés. Leur profondeur et leur capacité doivent assurer la réserve d'eau voulue. Ils doivent être creusés dans un sol imperméable, faute de quoi on devra recourir à des revêtements artificiels coûteux pour éviter un excès de pertes par infiltration. La zone drainée devra être assez étendue pour assurer l'alimentation du réservoir et assez bien protégée pour empêcher son envasement. Si le réservoir ne se trouve pas dans une dépression bien dessinée, des fossés de dérivation seront normalement nécessaires pour lui amener l'eau. Une fois creusé, le réservoir devra être protégé et entretenu.

Choix de l'emplacement.

Les besoins de paissance et d'abreuvement de la pâture ou du pacage constitueront le facteur déterminant du choix de l'emplacement général de la plupart des réservoirs d'eau pour le bétail. Nous en avons parlé dans un chapitre antérieur. L'emplacement général de réservoirs rendant d'autres services, connexes ou non, sera choisi en fonction des divers usages. Par exemple, si la réserve d'eau doit servir à la ferme même, le réservoir sera creusé aussi près que possible de l'endroit où cette eau est demandée. L'emplacement choisi ne doit pas non plus être sujet à la contamination. Les écoulements de cours de ferme, parcs à bestiaux, enclos à fourrage et autres endroits fréquentés par le bétail provoqueront vraisemblablement une contamination.

Pour un tel réservoir, il est indispensable de disposer d'une bonne épaisseur de sol imperméable. Leur réalisation est impossible en certains endroits car le terrain ne s'y prête pas. Si l'on

a des doutes sur la nature du sol, il faudra forer de nombreux trous d'essai à la place prévue pour le réservoir pour voir si le fond est bon et surtout si la sous-couche n'est pas trop perméable. Des emplacements à sol poreux ou à fond de sable, gravier ou calcaire et autres matériaux poreux ne sont pas à retenir, sauf si ces couches sont trop peu importantes pour causer des ennuis. Des emplacements dans l'argile, la glaise argileuse ou autres mélanges s'enfonçant bien en-dessous de la profondeur prévue pour le réservoir sont à rechercher.

La façon dont se comportent les autres trous creusés dans le même secteur que le réservoir projeté et dans un sol de même nature sont le meilleur indice de la qualité du terrain. S'il n'existe pas d'aménagement du même genre à étudier on pourra se faire une idée de la perméabilité du sol en procédant à des forages d'essai ou en façonnant des récipients adéquats avec des échantillons de sol que l'on remplira d'eau, éventuellement à plusieurs reprises et au besoin en les disposant au fond de flaques pour simuler les conditions réelles du réservoir. L'infiltration observée donnera une idée de ce qu'il faut attendre d'un réservoir dans le même matériau.

Le fait qu'un réservoir perde beaucoup d'eau par infiltration dès sa mise en service n'implique pas nécessairement qu'il soit mauvais. Il faut souvent un certain temps pour qu'un réservoir nouvellement creusé se colmate, parfois plusieurs mois ou même plus d'un an, selon la nature du terrain et les chances qu'il a de devenir étanche. La constitution naturelle en flaque, la saturation et le dépôt de sédiments ont tendance à étancher des réservoirs quelque peu perméables. Cette action peut être accélérée et les infiltrations excessives arrêtées par le piétinement du bétail. En faisant tourner les bêtes en rond dans un réservoir partiellement rempli pendant plusieurs heures par jour, on obtient un compactage du fond qui le rend étanche. On dressera au besoin une barrière provisoire pour forcer les bêtes à rester dans le réservoir pendant ce piétinement.

On peut créer des mares dans presque tous les genres de relief. Elles sont toutefois plus satisfaisantes et plus courantes en terrain relativement plat mais bien drainé. On peut en choisir l'emplacement dans une voie de drainage naturelle et large (fig. 28), ou bien encore de part et d'autre d'une voie si le ruissellement peut être dévié vers le réservoir. Les pentes douces permettent d'obtenir un maximum de contenance pour un minimum de travaux. Le point bas d'un creux naturel est souvent un bon emplacement pour une mare. Lorsqu'elle est remplie, le trop-plein se déverse par des fossés naturels, et il convient donc de choisir un site favorisant cette décharge. Les crues risquent moins d'endommager des réservoirs en terrain plat car les débordements se répandent et l'affouillement des travaux ou les cascades destructrices sont moins à craindre. Une mare ne doit pas



FIGURE 28. — Petite mare ménagée dans une voie de drainage large et plate. Remarquer les sillons dans le pré qui suivent les courbes de niveau afin de favoriser la végétation en conservant l'humidité.

être au centre d'une zone imbibée ou bourbeuse, car les bêtes auraient du mal à s'y rendre.

Terrassements.

Les terrassements constituent le gros des travaux dans l'aménagement d'un trou d'eau. Celui-ci peut être circulaire, rectangulaire ou de toute autre forme. La coutume, le matériel dont on dispose et le relief naturel sont les facteurs déterminants de la forme adoptée. Le trou d'eau rectangulaire se creuse facilement à la benne râcleuse et c'est pourquoi on l'adopte souvent. Le Tableau 3 donne les cubages approximatifs à extraire pour des réservoirs rectangulaires de dimensions diverses. En terrain plat, la quantité à retirer est pratiquement égale à la capacité du réservoir. Sur une pente, elle est habituellement supérieure à cette capacité, à moins qu'on n'emploie une partie de la terre extraite pour constituer un barrage. En ce cas, on appliquera les précautions et conditions exposées sous « Barrages de retenue » pour assurer l'évacuation du trop-plein.

La figure 29, A, représente les spécifications courantes de petits trous d'eau rectangulaires. Dans le cas de réservoirs plus grands on peut augmenter la longueur, la largeur ou la profondeur, mais l'inclinaison des bords doit rester à peu près la même. Tous doivent avoir assez de pente pour éviter l'effondrement

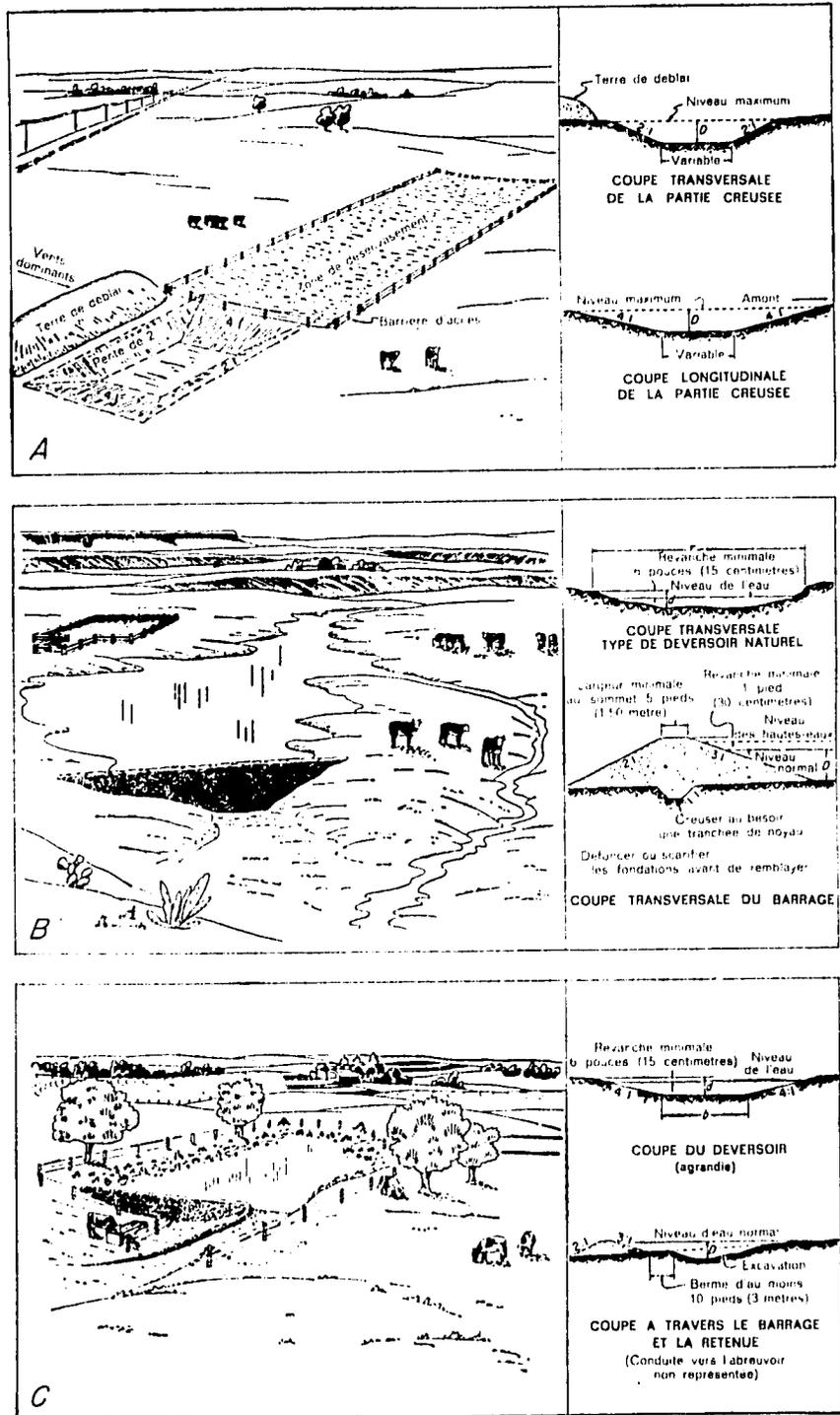


FIGURE 29. -- A, spécifications courantes pour petites mares rectangulaires. Remarquer la zone de désenvasement adjointe à la mare. Ce désenvasement est recommandé dans les régions où le ruissellement entraîne beaucoup d'alluvions. B, mare pour le bétail, d'un type courant dans l'Ouest des Etats-Unis. Utiliser aussi souvent que possible un déversoir naturel. C, mare pour le bétail d'un type courant dans l'Est des Etats-Unis. Remarquer la large entrée du déversoir couvert en herbe.

(normalement 2 : 1 ou plus plat), et une ou plusieurs pentes relativement douces (4 : 1 ou plus) doivent être prévues pour l'accès du bétail. Avec certains matériels ces pentes douces sont également nécessaires aux terrassements. Les dimensions d'une mare doivent être étudiées de manière que la plus grande profondeur s'étende sur la plus grande superficie possible.

TABLEAU 3. — Dimensions et capacité approximative de mares rectangulaires avec des bords en pente de 2 : 1 sur les côtés et de 4 : 1 en bout.

Dimensions au rebord	Profondeur D (pieds)	Capacité			millions de gallons U.S.
		yards cube	acres-pieds	gallons	
50 x 75	6	152,0	0,28	91,292	0,09
	7	172,6	29	95,111	10
	8	183,7	30	97,703	10
	9	188,0	30	98,563	10
60 x 100	7	892,6	55	180,273	18
	8	937,1	58	189,261	19
	9	968,0	60	195,510	20
	10	987,7	61	199,182	20
65 x 105	8	1,110,1	69	221,273	22
	9	1,153,0	71	232,875	23
	10	1,182,1	73	238,755	24
	11	1,200,1	74	242,383	24
75 x 125	8	1,676,3	1,01	338,567	31
	10	1,830,3	1,13	369,671	37
	12	1,916,0	1,19	386,981	39
	14	1,952,6	1,21	394,364	39
90 x 155	8	2,717,1	1,70	551,896	55
	10	3,080,3	1,91	622,138	62
	12	3,309,3	2,05	668,398	67
	14	3,453,6	2,14	697,512	70
105 x 185	16	3,532,3	2,19	713,130	71
	8	1,085,1	2,53	825,092	83
	10	1,663,7	2,89	911,937	91
	12	2,102,7	3,16	1,030,603	1,03
105 x 185	14	3,421,1	3,36	1,091,973	1,09
	16	3,639,0	3,50	1,138,929	1,14

Les déblais ne doivent pas être répandus ou entassés n'importe où, mais disposés en tas de pente uniforme. Ceci améliorera l'aspect du chantier et facilitera la végétation par la suite. En pays froids, ces tas pourront être placés face aux vents dominants par rapport à la mare pour arrêter la neige et accumuler des congères dans la mare (fig. 29). A). Ainsi placés, ils réduiront également l'évaporation en coupant les vents qui balaient la surface. Les déblais peuvent parfois être mis à profit pour combler des trous ou remblayer des routes. On peut parfois obtenir le creusement de mares pratiquement sans frais en collaborant avec les Ponts et Chaussées ou les entreprises routières. Au voisinage des grandes routes en construction, elles peuvent servir à l'extraction de matériaux de remblai en même temps qu'à l'évacuation des eaux de ruissellement de la route.

Lorsqu'il y a beaucoup de mares à creuser on peut utiliser avantageusement du gros matériel : pelles excavatrices, bulldozers, etc. On peut souvent se les procurer sur une base coopé-

rative, par contrat ou en location. Mais les terrassements se font couramment par râcleuse tirée au tracteur ou par des animaux. La plupart des exploitations et élevages disposent de chevaux, de mulets ou d'un petit tracteur. Si l'on peut emprunter ou louer des râcleuses d'un type ou d'un autre aux Ponts et Chaussées ou aux communes, on peut éviter d'acheter ce matériel. Il est exploitable à peu de frais, mais ne rend évidemment pas les services de gros matériels motorisés. Pour compenser ce faible rendement, on peut en mettre plusieurs à la fois sur le chantier ou faire appel à l'aide de voisins. Avec un tracteur on emploie plutôt une décapeuse à roue, et avec un attelage une râcleuse niveleuse. Dans des conditions favorables et en travaillant de façon continue, ces appareils peuvent creuser de grandes mares.

Si l'on emploie un matériel de terrassement léger, il faut souvent labourer avant de creuser en terrain dur ou sec. La meilleure formule consiste à labourer une profondeur de sillon à la fois et à enlever la terre ameublie avant de repasser la charrue. Une mare doit être creusée sur toute sa largeur à la fois. En longueur il faut la porter pratiquement à sa profondeur définitive à un bout, après quoi les bennes peuvent être remplies à la descente, et non plus en montant. Les mares creusées avec des bennes râcleuses sont parfois en forme de croix pour diminuer la longueur de traction. Cette méthode dont on voit un exemple à la figure 30 procure des accès sur quatre côtés.

Avec un attelage et une benne râcleuse, on doit pouvoir extraire de 25 à 35 mètres cube de terre en une journée de 10 heures si la remontée est courte et les conditions de terrassement normales. Un tracteur avec benne râcleuse à roue ou rotative peut en extraire beaucoup plus. Le prix du cubage enlevé dépend de facteurs tels que la nature du sol, son état, la longueur de remontée, la profondeur de creusage, l'efficacité du conducteur de travaux et les salaires payés. Un travail de terrassement avec du matériel de ferme courant peut être estimé à 10 ou 15 cents le mètre cube. Dans des cas difficiles ce prix augmente.

On se sert parfois d'une pelle à benne traînante (fig. 31) pour creuser des réservoirs. Les frais d'exploitation d'un tel matériel sont considérables, et peu de fermiers peuvent en utiliser ou en acheter. Si le volume de travail est suffisant, un entrepreneur local pourra se charger des terrassements par contrat à un tarif forfaitaire par mètre cube, ou encore on pourra acheter ou louer une machine en commun. Des associations de fermiers peuvent se procurer et exploiter le matériel et travailler pour leurs adhérents au prix coûtant. Une pelle de ce type bien exploitée peut effectuer des terrassements pour 7 à 8 cents le mètre cube, et bien plus vite qu'avec un matériel plus léger. Il est également plus facile d'arriver à une profondeur précise avec ce système. Une pelle à benne traînante peut travailler dans un sol boueux qui immobiliserait des bennes râcleuses. Si les divers terrassements



FIGURE 30. — Mare creusée en forme de croix. La plus grande profondeur est d'environ 12 pieds (3,60 mètres).

sont trop éloignés les uns des autres, la difficulté et le prix du transport de la machine risquent d'en interdire l'emploi.

De gros tracteurs avec des bennes râcleuses à roue, des bulldozers ou des pelles mécaniques peuvent servir à creuser des mares. Le bulldozer travaille en repoussant la terre à chaque extrémité, et la pelle opère habituellement en conjonction avec

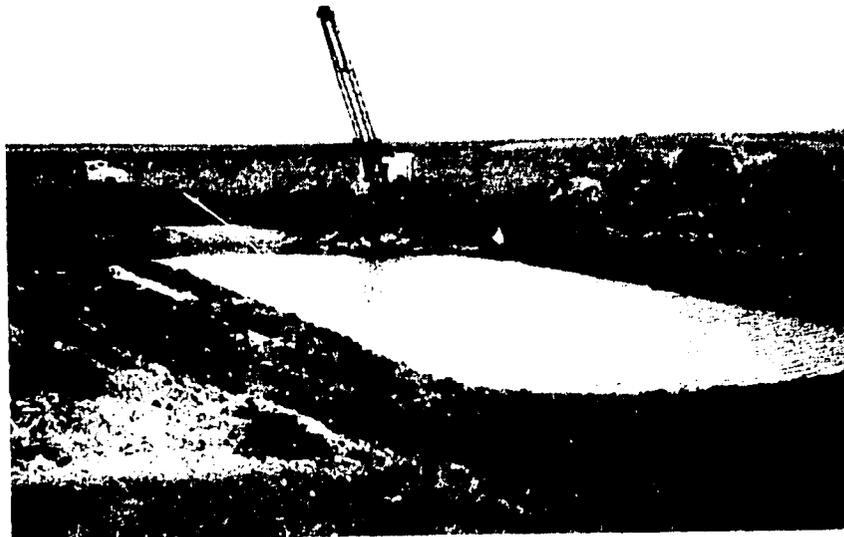


FIGURE 31. — Pelle à benne trainante en train de creuser une petite mare. Ce matériel peut très bien creuser sous l'eau.

des wagonnets ou des camions. Au besoin, on peut utiliser des explosifs de mine, seuls ou conjointement à d'autres méthodes, pour ces terrassements. En ce cas il faut demander l'avis d'un spécialiste.

Puits de filtrage et protection contre le gel.

Si l'on désire éloigner le bétail d'une mare et en tirer de l'eau propre, il faut l'entourer d'une clôture et trouver un moyen de filtrer l'eau. Une bonne méthode consiste à creuser un puits de filtrage à côté de la mare (fig. 32). Il en existe plusieurs types différents. Celui de la figure 32 exige le creusement d'une tranchée de 60 à 90 cm de large partant du bord de la mare sur une distance de 10 à 15 mètres ou plus. Au bout de cette tranchée on creuse un puits ordinaire, maçonné et muni d'une pompe. On comble la tranchée de 60 à 90 cm de gravier contenant au moins 50 pour cent de sable. L'entrée de la tranchée du côté de la mare sera couverte de cailloux pour éviter un engorgement trop rapide du filtre.

L'emploi d'un filtre d'eau comme celui de la figure 32 ne garantit pas une eau potable. L'eau ainsi filtrée peut servir aux

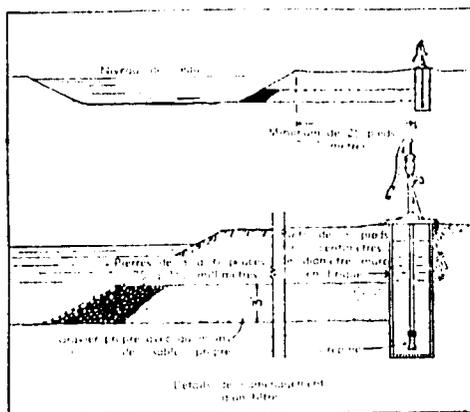


FIGURE 32. — Méthode de filtrage de l'eau d'une mare. L'eau potable doit être filtrée et désinfectée.

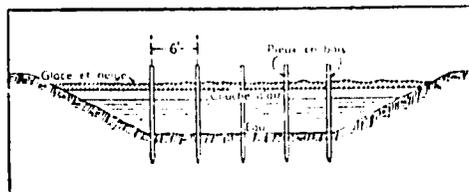


FIGURE 33. — Protection d'une mare contre la gelée.

lavages, mais pas à la cuisine, ni comme boisson. Avant de pouvoir se servir de l'eau de réservoirs de petite surface pour les usages domestiques en toute sécurité, il faut, en plus du filtrage, la traiter avec un agent stérilisant comme le chlore ou la faire bouillir pendant au moins 20 minutes.

En pays froid, l'eau des mares peut geler jusqu'au fond, ce qui rend cette réserve inutilisable. Même dans des réservoirs relativement profonds, l'accumulation de neige et les prélèvements d'eau peuvent provoquer l'effondrement de la couche de glace, ce qui active la congélation de l'eau du fond.

Pour diminuer les risques de gel, une seule méthode a été suggérée par le service de génie rural du Manitoba Agricultural College : c'est celle représentée à la figure 33. Elle consiste à pratiquer des trous dans la glace lorsque la couche atteint environ 20 cm d'épaisseur, ces trous étant espacés d'environ 1,80 mètre. Des pieux sont alors enfoncés dans les trous et fichés dans la boue du fond. Ces pieux finissent par être pris dans la glace et la supportent comme une colonnade lorsque le niveau de l'eau baisse par suite de prélèvements, ménageant ainsi un matelas d'air entre l'eau et la glace. Ce matelas sert d'isolant et retarde énormément la progression du gel.

Problème type.

Pour habituer le lecteur à se servir des renseignements évoqués plus haut lors de l'étude d'un réservoir creusé, nous allons prendre un problème type. Ce problème se situe dans un climat comme celui des Grandes Plaines du nord des Etats-Unis.

Un fermier du Nord Dakota veut créer une mare. Il a 100 bovins et 200 moutons à abreuver et désire avoir une réserve pour 6 mois. La zone drainée dont il peut disposer se compose de 80 hectares de prairie où la végétation est bonne. La pente moyenne de cette zone est d'environ 3 pour cent. Le sol est une terre de prairie typique, et l'infiltration peut être classée comme normale. La rétention d'eau en surface est également normale.

D'après la figure 3, nous constatons que 100 bovins ont besoin d'environ 1,4 acre-pied (1 736 000 litres) d'eau et 200 moutons de 0,2 à 0,3 acre-pied (247 000 à 270 000 litres) d'eau. Il faudra donc à ce bétail pour six mois environ 1 acre-pied (1 233 000 l) de réserves. A la figure 21 nous voyons que dans le Nord Dakota la profondeur minimale recommandée pour les réservoirs est d'environ 10 à 12 pieds (3,30 à 4 mètres) pour compenser les effets de l'évaporation et de l'infiltration. Par prudence, nous opterons pour une profondeur de 4 mètres et pour une capacité d'environ deux fois les besoins du bétail, soit 2 acres-pied (2 460 000 litres) d'eau. De cette façon, même si les pertes par évaporation et infiltration atteignent 1,20 ou 1,50 mètre d'eau, la réserve minimale sera

toujours disponible. Le Tableau 3 nous indique que pour avoir une capacité de 2 acres-pieds (2 460 000 litres) avec une profondeur de 12 pieds (4 mètres), une mare rectangulaire doit mesurer au niveau du bord au moins 90×155 pieds (27×46 mètres). Ces dimensions sont calculées en fonction de bords inclinés de 2:1 sur les côtés et de 4:1 en bout.

Nous relevons au Tableau 2 que les caractéristiques de ruissellement du bassin versant se classent entre faibles et normales. Pour le Nord Dakota, d'après la figure 24, on conseille dans des conditions normales un rapport d'environ 35 acres (14 ha) de zone drainée par acre-pied de capacité du réservoir (10 à 11 hectares de zone drainée par 1 233 000 litres de capacité). Comme la pente de cette zone n'est que de 3 pour cent et que la couverture végétale est bonne, il est prudent de prévoir une zone drainée supérieure à celle qui serait nécessaire pour des caractéristiques de ruissellement normales. Dans le cas présent nous augmenterons de 35 pour cent la superficie recommandée à la figure 24. La multiplication, compte tenu de cette augmentation nous donne un rapport final de $1,35 \times 35 = 47$ acres (19 ha). Telle est donc la surface dont le fermier doit disposer par acre-pied (1 230 000

litres) de capacité du réservoir. En fait ce rapport est de $\frac{200}{2} = 100$.

la zone drainée disponible devrait donc suffire à alimenter la mare même pendant les années sèches.

BARRAGES DE RETENUE

Les réservoirs du type barrage de retenue (fig. 29, B et C) sont habituellement formés par un barrage en terre coupant une dépression étroite ou une vallée. Le lieu d'emprunt ou l'excavation dont on tire les matériaux de remblai peut constituer une partie de la retenue. Partout où cela est possible, cette pratique est avantageuse car elle procure un surcroît de profondeur. Le barrage de retenue est le type le plus courant de réservoir en terre actuellement en service. Il convient particulièrement bien à un terrain ondulé avec des chenaux de drainage bien définis et aux endroits où l'on désire avoir une grosse réserve d'eau (fig. 34). Un barrage de retenue revient normalement plus cher qu'un réservoir creusé et il faut plus de soin et de compétence pour choisir un emplacement permettant une bonne évacuation du trop-plein et une exécution satisfaisante.

A partir du moment où la profondeur d'une retenue projetée est déterminée, ses dimensions et sa capacité sont largement tributaires de la topographie naturelle de l'emplacement choisi. Les profondeurs minimales recommandées pour les retenues à la figure 21 donnent habituellement une capacité suffisante pour satisfaire aux besoins du bétail. On peut calculer la capacité approximative d'une retenue en prenant la superficie du plan d'eau prévu en hectares et en la multipliant par les quatre dixièmes de la profondeur maximale du réservoir en mètres (1). Par exemple, si l'on estime qu'un réservoir plein couvrira environ 0,8 hectare et aura une profondeur maximale d'environ 3,6 mètres, sa capacité sera de $3,6 \times 0,8 \times 4 = 11,5$. Ce chiffre correspond au nombre approximatif de millions de litres, soit 11 millions de litres.

Choix de l'emplacement.

Le choix de l'emplacement est un élément important des travaux de planification préliminaires. Pour qu'une retenue rende de bons services et ne coûte pas trop cher à la construction, il faut choisir un emplacement réunissant certaines caractéristiques favorables. Le temps passé à étudier les emplacements possibles préalablement au choix définitif n'est jamais perdu. Comme dans les autres aménagements hydrauliques pour le bétail, ce sont les besoins de paissance et d'abreuvement des pacages environnants ainsi que les éventuelles utilisations annexes qui dicteront l'emplacement général de la retenue. Il est essentiel de disposer

1. On prend pour profondeur maximale d'un réservoir la verticale entre la surface et le fond non aménagé du chenal d'écoulement.

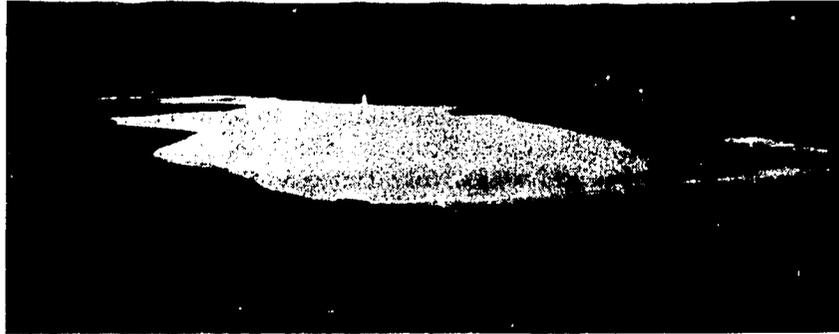


FIGURE 34. — Le barrage de retenue s'adapte bien aux terrains ondulés.

de zones drainées assez vastes et bien protégées pour assurer une bonne alimentation à la retenue, comme on l'a déjà vu (fig. 24). Une retenue ne saurait être considérée comme une réussite si elle est à sec lorsqu'on a le plus besoin d'eau par défaut de zone drainée ou de profondeur.

Un barrage de retenue doit avoir un déversoir protégé pour décharger le trop-plein de façon satisfaisante. Un déversoir naturel protégé par une végétation d'origine est d'une importance primordiale dans le choix d'un bon emplacement. En l'absence de déversoir naturel, on donnera la préférence à des sites où la végétation nécessaire peut être plantée. Pour que les résultats soient bons, des déversoirs protégés par des herbes d'origine laissées intactes sont presque indispensables dans les régions arides ou semi-arides de l'Ouest en raison de la difficulté présentée par la restauration d'une végétation qui a été détruite. Ces déversoirs naturels couverts de végétation doivent être assez larges, peu profonds et en pente douce. Une contre-pente naturelle déversant les débordements de la retenue dans une voie de drainages voisine constitue un déversoir idéal. La possibilité de détourner ces débordements vers une vaste étendue plate ne doit pas être négligée. C'est non seulement une façon simple d'évacuer le trop-plein de la retenue, mais un bon moyen d'irriguer la zone inondée.

Lorsqu'il n'y a aucun déversoir naturel pour détourner les eaux de crue de la zone drainée alimentant la retenue, il faut le plus souvent en créer un, doté de protections mécaniques voulues.

Les frais supplémentaires entraînés par ces déversoirs ne facilitent pas toujours la justification du prix que coûte une retenue d'exploitation. La combinaison d'un déversoir mécanique se chargeant d'une petite partie des débordements, avec un déversoir auxiliaire couvert de végétation évacuant le reste, peut s'avérer pratique lorsque la végétation seule ne constitue pas une protection suffisante. Un choix avisé de l'emplacement de la retenue qui limite les dimensions de la zone drainée et tire profit des conditions locales favorables évitera des dépenses excessives et des aménagements peu pratiques.

Un important facteur dont il faut tenir compte est la stabilité du chenal de drainage immédiatement en aval de l'emplacement prévu pour le barrage. Trop de déclivité entraîne dans le chenal la formation de petites cascades qui progressent et viennent miner les aménagements. La pente sur au moins une centaine de mètres en aval du barrage ne devrait pas dépasser 1 pour cent, sauf si le lit comporte assez de rochers pour éviter des affouillements dangereux ou s'il est protégé par une bonne végétation.

Le cubage nécessaire au remblai, la nature des matériaux disponibles, l'imperméabilité de ce qui sera le fond de la retenue et la qualité de l'assise du barrage sont d'autres points importants à considérer dans le choix de l'emplacement. Un goulet étroit entre des versants abrupts procure généralement une grande capacité pour un barrage de petit cubage mais n'offre pas toujours les déversoirs naturels qu'il faudrait. Il faut encore que le sol convienne à l'eau retenue. Si l'on a des doutes sur la profondeur de la couche imperméable, il faut procéder à des forages à la tarière à l'emplacement prévu. Pour que les résultats soient bons, les substrats poreux doivent être recouverts d'au moins 90 cm d'argile imperméable. Heureusement, les sols de la plupart des emplacements de retenues par ailleurs satisfaisants sont assez imperméables, et l'on y trouve en suffisance des terres d'apport. Des retenues un peu perméables peuvent habituellement être rendues assez étanches par les procédés recommandés pour les réservoirs creusés. Les emplacements humides ou présentant des infiltrations sont à éviter car ils exigent habituellement un drainage spécial.

La meilleure terre d'apport se compose d'environ deux tiers de sable et de gravier bien calibrés et d'un tiers d'argile. Ce matériau reste stable même lorsque les conditions d'humidité changent. Au contraire un matériau à forte teneur en argile se dilate lorsqu'il est mouillé, et la contraction qui intervient au séchage risque d'ouvrir de dangereuses fissures. Des terres à forte teneur en sable et gravier sont perméables et instables. On peut reconstituer de bonnes terres à barrages à partir de sols dont la texture s'écarte un peu de l'idéal, mais il faut prendre de grandes précautions et adapter en conséquence les travaux d'érection. Les pentes du barrage doivent être plus douces si la teneur du maté-

riau en sable dépasse l'idéal. Lorsqu'on puise dans deux types de matériaux, on peut avantageusement les mélanger, ou suivre la pratique courante qui est de mettre les plus imperméables en amont et les autres en aval.

En l'absence d'un laboratoire d'essais de sols, on peut estimer à peu de chose près un matériau pour barrage en remplissant une bouteille à demi d'un échantillon représentatif de terre. On emplit alors la bouteille d'eau, on agite bien pour mélanger et on laisse déposer la terre. Le sable grossier tombe au fond immédiatement, le sable fin quelques minutes après, le limon et l'argile en dernier. Ceux-ci forment des couches nettement délimitées d'après lesquelles on peut estimer la proportion approximative des différents composants du sol. Un essai de ce genre est utile pour déterminer la qualité de la terre destinée au remblai ou pour évaluer les proportions de différents sols qu'il serait intéressant de mélanger.

Préparation du site.

Avant de charger d'un matériau quelconque l'emplacement prévu du barrage, il faut nettoyer le sol des broussailles, racines, pierres, gazons et débris analogues. Les arbres et les buissons doivent également être enlevés de la superficie qui sera sous les eaux quand la retenue sera pleine. Ces débris peuvent être entassés en un point accessible et serviront peut-être en partie par la suite pour compléter l'enrochement ou constituer une couche-écran sur le barrage terminé. Toute la terre arable et le gazon enlevé à l'endroit du barrage doivent être mis de côté pour le recouvrir ensuite en même temps que d'autres zones pelées du chenal de décharge. Les terres meubles ou organiques doivent aussi être enlevées de l'emplacement du barrage pour lui donner une fondation ferme.

Toute partie de rive en surplomb à cet emplacement et tous les trous et fosses doivent être arasés selon une pente d'environ 1 : 1 pour bien se raccorder avec le barrage. Si l'on ne prend pas cette précaution, le barrage peut se rétracter de la rive et ménager des fuites. Toute la fondation doit ensuite être défoncee au scarificateur ou à la charrue à disque parallèlement à l'axe principal du barrage. Cette mesure améliorera l'étanchéité en créant des ondulations perpendiculaires au sens du courant. Ces ondulations permettront de claveter le barrage sur ses fondations.

Dans des terrains où l'imperméabilité du barrage est douteuse, il est bon de creuser une tranchée centrale étroite sur la longueur du barrage et de la combler avec un mélange d'argile mouillée bien compacté. Cette tranchée doit être creusée dans une couche imperméable afin d'éviter des infiltrations excessives en-dessous du barrage. Lorsqu'il y a un risque que des rongeurs

fouissent sous un barrage, ou qu'une couche de sol perméable s'enfonce très profondément, il peut être nécessaire de remplacer cette tranchée en argile par des palplanches. Des noyaux de ce genre coûtent cher, et sauf pour de gros ouvrages ou lorsqu'on n'a pas le choix, leur prix se justifie difficilement. Normalement, des emplacements exigeant de pareils traitements sont à abandonner.

Travaux de remblayage.

Si une conduite doit être aménagée pour amener l'eau à une citerne en contrebas de la retenue, il faut l'installer avant de commencer à travailler au barrage. Cette conduite doit cheminer dans la terre ferme plutôt qu'à travers le remblai afin de réduire les risques de pertes d'eau le long du tuyau. Elle peut donc être posée dans une saignée étroite creusée soit dans la couche de fondation, soit le long des culées. Cette dernière méthode exige évidemment plus de tuyaux. La conduite doit avoir assez de pente pour déboucher en dessous de la profondeur sujette au gel en aval du barrage. On peut alors monter à sa partie basse la vanne d'arrêt et le robinet de vidange nécessaires, puis la faire remonter verticalement vers l'emplacement de la citerne de réserve. Pour l'amenée d'eau au bétail on emploiera un tuyau galvanisé d'au moins 30 mm de diamètre. Si la sortie de ce tuyau sert aussi de vidange à la retenue et d'apport d'eau d'irrigation, on prendra une section plus forte. Les tuyaux de grosse section seront dotés de colliers contre les infiltrations tous les 9 à 18 mètres, comme le montre la figure 16, A.

Il est généralement souhaitable de pouvoir vidanger une retenue. Il est parfois nécessaire de vider l'eau stagnante, de réparer le barrage ou de compacter le fond pour réduire les infiltrations. Ces réparations sont difficiles si l'on ne peut pas mettre la retenue à sec. On a souvent recours à des siphons passant par-dessus le barrage pour vidanger. Ce dispositif a l'avantage d'éliminer les risques d'infiltration souvent inhérents aux traversées du barrage même par des tuyaux.

En raison des incertitudes que présentent les mélanges de terres et un affaiblissement possible du barrage par la stratification, il est conseillé de donner aux barrages une épaisseur et une hauteur généreuses. Le léger supplément de dépense encouru dans la construction d'un barrage de dimensions supérieures aux exigences minimales sera plus que compensé par le surcroît de sécurité apporté à la retenue. Pour le barrage même, des pentes de 3 : 1 en amont et de 2 : 1 en aval sont recommandées. La largeur minimale au sommet doit être de 1,50 mètre pour des barrages jusqu'à 3 mètres de hauteur. Pour des barrages plus élevés, la largeur minimale au sommet doit être de $H/5 + 1$, c'est-à-dire qu'un barrage de 5 mètres de haut aura une largeur au sommet

d'au moins 2 mètres, et que pour une hauteur de 10 mètres la largeur sera de 3 mètres. Cette formule revient à ajouter 1 mètre de largeur par unité de 5 mètres de hauteur. Si le barrage doit servir de chemin carrossable, sa largeur au sommet devra être d'au moins 4 mètres. Afin d'éviter la formation de flaques ou de ravines au sommet, on lui donnera une forme bombée avec une hauteur supérieure de 10 à 12 centimètres au centre et une pente d'écoulement vers chaque face. Le ruissellement superficiel se trouvera aussi bien drainé du haut du barrage.

Les barrages de plus de 5 mètres de haut seront avantageusement dotés d'une berme vers l'aval, ce qui leur donnera plus de stabilité, brisera l'écoulement de l'eau glissant sur cette face et réduira l'érosion. Cette berme prendra naissance à mi-pente et aura une largeur à l'horizontale de 1,20 à 1,50 m. respectant une légère déclivité vers l'aval. Si toutefois la terre dont on dispose pour le barrage est bonne et qu'on puisse y faire pousser un tapis de végétation rapidement, on pourra se passer de cette berme.

Toutes les fois qu'une bonne épaisseur de sol imperméable recouvre l'emplacement du barrage, on situe normalement le lieu d'emprunt au pied amont du barrage et dans la zone qui sera sous les eaux. Il faut laisser subsister une berme ou un épaulement d'au moins 3 mètres entre le lieu d'emprunt et le pied du barrage. Les bords du trou doivent garder une pente d'au moins 2 : 1. En extrayant la terre de la retenue même, on lui donne plus de profondeur et de capacité et l'on évite à proximité d'inutiles excavations à nu sur lesquelles il est toujours difficile de replanter. Mais si un lieu d'emprunt situé dans le fond même de la retenue doit exposer la sous-couche perméable, on puisera les terres ailleurs.

Les terres du barrage doivent être déposées systématiquement par couches uniformes de 12 à 25 centimètres d'épaisseur. Ces couches doivent être de niveau autant que possible, chacune s'étendant sur toute la longueur et la largeur du barrage avant d'y superposer la suivante. Des terres humides sont préférables en vue d'obtenir un bon compactage du barrage. Pour que le remblai soit bon et solide, il faut encore bien compacter chaque couche successive de terre. Le meilleur moyen consiste à pilonner systématiquement la terre d'apport au fur et à mesure. Les déplacements des attelages ou des tracteurs sur la levée seront répartis de manière à aider au compactage. Sur les gros remblais il faut normalement avoir recours à un compactage d'appoint par rouleau à pieds de mouton par exemple. On a également vu compacter certains barrages en y faisant passer et repasser des vaches, des moutons ou des porcs dont les sabots anguleux compriment bien le sol.

Pour de petits barrages de retenue, il faut entasser la terre sur une hauteur supérieure de 10 pour cent au moins à la hauteur définitive en prévision du tassement. Une terre bien compactée ne

doit pas perdre autant, mais un tel facteur de sécurité est souhaitable car souvent on ne peut obtenir sur un petit chantier un bon compactage ni la teneur en eau voulue et on risque des tassements inégaux. Il ne faut pas déposer de terre par temps de gel, car cela risque d'empêcher un bon compactage ou une bonne adhérence entre les couches. Il ne faut pas non plus déposer des matériaux gelés.

Une terre sèche est difficile à compacter, et les infiltrations sont à craindre lorsqu'on remplit une retenue construite dans ces conditions. Lorsqu'on extrait une terre sèche, il faut ajouter assez d'eau à la construction pour bien détremper la surface de chaque couche après compactage. On arrosera donc chaque couche terminée avant de lui superposer la suivante. Dans des régions où l'eau est rare il n'est souvent pas possible de mouiller le remblai autant que nécessaire. Si l'on ne peut pas non plus retarder la construction jusqu'à ce que l'humidité du sol soit convenable, on compensera les inconvénients d'un remblayage à sec en donnant au barrage plus de largeur et de hauteur.

Les travaux de remblayage se font habituellement à l'aide des matériels de terrassement dont on dispose : bennes râcleuses et traction animale ou par tracteur (fig. 37). Si l'on doit faire usage de petit matériel, il est conseillé de mettre plusieurs équipes au travail en même temps pour ne pas prolonger la construction et courir le risque d'un orage. Les fortes précipitations en cours de construction peuvent causer des dégâts et des retards considérables. Si l'on peut louer un matériel plus important ou en dis-

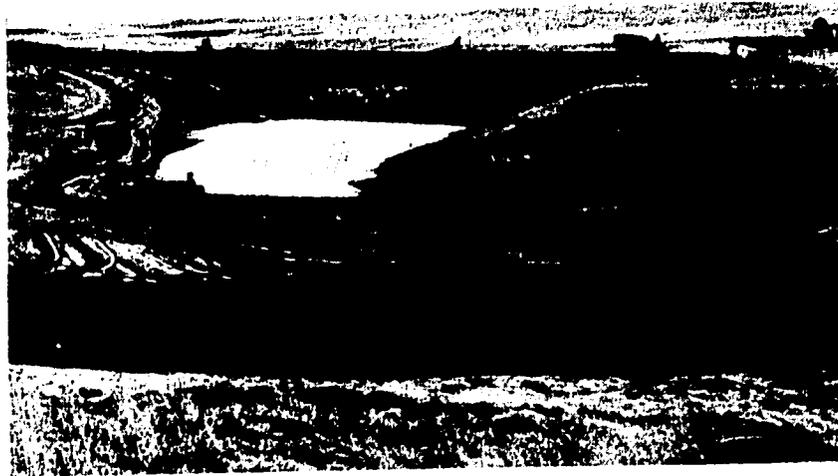


FIGURE 35. — Remblayage par attelages de petites bennes râcleuses type fresno. Les attelages sont répartis de manière à obtenir un compactage uniforme du barrage en construction.

poser en commun, ou en confiant le travail à une entreprise, la terre est habituellement mise en place bien plus vite et souvent à moindre frais. Il est difficile de prédire le prix des travaux tant qu'on n'en a pas réalisé de semblables dans le secteur. Il serait bon de prévoir une moyenne de 15 à 25 cents US par yard cube (environ 0,765 m³) de terre d'apport dans les devis. Ce prix suppose que l'on dispose d'un déversoir naturel, mais comprend la préparation de l'emplacement et la protection du barrage. On peut encore parvenir à une estimation grossière du prix des travaux en prévoyant de 75 à 150 dollars par acre-pied (1 230 000 litres) d'eau à retenir. Ces chiffres sont valables pour des chantiers exigeant un remblai de 1 000 à 3 000 mètres cube. De plus petits chantiers coûteront relativement plus cher. On trouvera au Tableau 4 les cubages de remblai par unité de longueur pour les barrages en terre en fonction d'une large gamme de hauteurs et de largeurs au sommet. Les pentes sont toujours supposées de 3 : 1 et de 2 : 1.

TABLEAU 4. — Cubages de terre par pied linéaire de longueur pour barrages en terre à faces en pente de 3 : 1 vers l'amont et de 2 : 1 vers l'aval et d'une largeur au sommet allant de 5 à 15 pieds (1,50 à 4,50 mètres).

Hauteur du barrage	Cubage de terre dans des barrages d'une largeur au sommet de :										
	5 pieds	6 pieds	7 pieds	8 pieds	9 pieds	10 pieds	11 pieds	12 pieds	13 pieds	14 pieds	15 pieds
	Yards cube	Yards cube	Yards cube	Yards cube	Yards cube	Yards cube	Yards cube	Yards cube	Yards cube	Yards cube	Yards cube
5	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,5	4,7	4,9	5,1
6	4,1	4,7	4,9	5,1	5,3	5,6	5,8	6,0	6,2	6,4	6,7
7	5,8	6,1	6,4	6,6	6,9	7,1	7,4	7,7	7,9	8,2	8,4
8	7,1	7,7	8,0	8,3	8,6	8,9	9,2	9,5	9,8	10,1	10,4
9	9,2	9,5	9,8	10,2	10,5	10,8	11,2	11,5	11,8	12,2	12,5
10	11,1	11,5	11,9	12,2	12,6	13,0	13,3	13,7	14,1	14,4	14,8
11	13,2	13,7	14,1	14,5	14,9	15,3	15,7	16,1	16,5	16,9	17,3
12	15,6	16,0	16,4	16,9	17,3	17,8	18,2	18,7	19,1	19,6	20,0
13	18,1	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	20,9	21,4	21,9	22,4	22,9
14	20,7	21,3	21,8	22,3	22,8	23,3	23,9	24,4	24,9	25,4	25,9
15	23,6	24,2	24,7	25,3	25,8	26,4	26,9	27,5	28,1	28,6	29,2
16	26,7	27,3	27,9	28,4	29,0	29,6	30,2	30,8	31,4	32,0	32,6
17	29,9	30,5	31,2	31,8	32,4	33,1	33,7	34,3	34,9	35,6	36,2
18	33,3	34,0	34,7	35,3	36,0	36,7	37,3	38,0	38,7	39,3	40,0
19	36,9	37,7	38,4	39,1	39,8	40,5	41,2	41,9	42,6	43,3	44,0
20	40,7	41,5	42,2	43,0	43,7	44,4	45,2	45,9	46,7	47,4	48,2

Déversoirs.

Quel que soit le soin apporté à la construction d'un barrage, il sera probablement détruit au premier gros orage si la capacité du déversoir n'est pas adéquate (fig. 36). La force et le volume des précipitations orageuses sont ordinairement sous-estimées. La plupart des ravines et des lits de torrent sur lesquels on construit des barrages sont à sec pendant la majeure partie de l'année. Ils



FIGURE 36. — Ce barrage en terre a été emporté par les eaux par suite d'une rupture du déversoir. Cette brèche exigera de très gros travaux de réparation.

se remplissent rapidement à l'occasion d'un fort orage, et toute construction leur barrant la route est exposée à une pression énorme et risque d'être renversée. La principale cause de rupture des barrages en terre est probablement un déversoir mal adapté. Même si l'on a été assez prévoyant dans la conception du déversoir, il faut prévoir un supplément de hauteur du barrage dépassant les strictes exigences afin de parer aux petites obstructions du déversoir ou aux défauts de construction du barrage.

Cette hauteur supplémentaire est ce qu'on appelle communément la revanche. On entend par là la hauteur entre le sommet du barrage et la marque des hautes-eaux lorsque le déversoir évacue le débit de pointe estimé au moment du plus gros orage prévu dans la durée de vie choisie pour la retenue. Cette revanche ne doit jamais être inférieure à 30 cm et est habituellement plus haute, en fonction de l'ampleur et du prix des aménagements.

Plusieurs types de déversoirs peuvent servir à détourner l'excès d'eaux de ruissellement des barrages d'exploitations agricoles. Leurs appellations sont souvent dictées par le genre de protection qui les recouvre. Les déversoirs couverts en herbe sont très répandus. La végétation, le plus souvent de l'herbe, qui les recouvre, les protège contre l'érosion. Les déversoirs mécaniques peuvent être en béton, en pierre, en grès, en métal, en bois ou tous matériaux analogues. Les déversoirs couverts en herbe peuvent être naturels ou artificiels. Les naturels (fig. 29, B) sont des chenaux d'évacuation existants recouverts d'un gazon d'origine qui ne demandent guère ou pas de travaux d'aménagement.

TABLEAU 5. — Capacités d'évacuation recommandées¹ en pieds-cube pour des chenaux de déversoirs naturels² couverts en herbe de dimensions données³

Largeur au sommet <i>l</i> (en pieds)	Capacité d'évacuation pour une pente de											
	0,5 pour cent et une profondeur d'eau						1 pour cent et une profondeur d'eau					
	10 pieds	15 pieds	20 pieds	25 pieds	30 pieds	35 pieds	10 pieds	15 pieds	20 pieds	25 pieds	30 pieds	35 pieds
10	2,5	10,5	21,5	35,0	50,5	66,5	3,5	15,0	30,5	50,0	71,5	91,0
20	5,5	21,5	45,0	74,0	109,0	148,0	8,0	30,5	63,5	105,0	151,0	209,5
30	8,5	32,5	67,5	112,5	166,5	227,5	12,0	46,0	96,0	159,5	235,5	322,0
40	11,5	43,0	90,5	151,0	223,0	305,5	16,5	61,0	128,0	213,0	315,5	432,0
50	14,5	54,0	113,0	188,5	279,5	384,0	20,5	76,5	160,5	267,0	395,0	542,5
75	21,5	81,5	169,5	284,0	420,5	577,5	31,0	115,0	250,5	402,0	591,0	816,5
100	29,5	109,5	226,5	378,5	561,5	770,0	41,5	153,5	321,0	536,0	794,0	1 090,5
125	36,5	135,5	284,0	474,0	701,5	965,0	52,0	192,0	402,5	670,5	992,5	1 363,0
150	41,5	163,0	341,0	568,5	842,0	1 158,0	62,5	231,0	483,0	804,5	1 191,0	1 635,5
175	51,5	190,0	398,0	663,0	982,0	1 351,0	73,0	269,5	563,5	938,5	1 380,0	1 908,5
200	59,0	217,5	455,5	758,0	1 123,0	1 544,0	83,5	307,5	644,0	1 073,0	1 588,5	2 184,5
225	66,0	244,5	512,0	853,0	1 263,0	1 737,0	94,0	346,0	724,5	1 207,0	1 787,0	2 458,0
250	74,0	271,5	568,5	947,5	1 403,5	1 930,0	104,5	384,5	805,0	1 341,0	1 985,5	2 731,0
300	89,0	326,5	683,0	1 137,5	1 684,5	2 316,0	125,5	462,0	966,0	1 609,5	2 382,5	3 277,0

Largeur au sommet <i>l</i> (en pieds)	Capacité d'évacuation pour une pente de											
	2 pour cent et une profondeur d'eau						3 pour cent et une profondeur d'eau					
	10 pieds	15 pieds	20 pieds	25 pieds	30 pieds	35 pieds	10 pieds	15 pieds	20 pieds	25 pieds	30 pieds	35 pieds
10	5,5	21,0	43,0	70,5	101,0	133,5	7,0	24,5	49,5	77,5	111,0	144,5
20	11,5	43,0	90,0	148,5	218,5	296,0	14,0	50,0	97,5	156,0	222,5	291,0
30	17,5	65,0	135,5	225,0	333,0	445,0	21,5	75,5	147,0	233,5	351,0	469,5
40	23,5	86,5	181,0	302,0	445,5	593,5	28,5	100,0	196,0	312,0	445,5	584,0
50	29,5	108,5	226,5	378,0	556,5	742,0	36,0	125,5	245,5	390,0	556,5	735,0
75	44,5	163,0	340,5	568,5	835,0	1 113,5	54,0	189,0	368,0	585,0	835,0	1 113,5
100	59,0	218,0	454,5	758,0	1 113,5	1 484,5	72,0	251,5	491,0	780,5	1 113,5	1 484,5
125	74,0	272,5	568,0	948,0	1 392,0	1 856,0	90,5	314,5	613,5	975,5	1 392,0	1 856,0
150	89,0	327,0	681,5	1 137,5	1 670,5	2 227,0	108,5	378,0	736,5	1 171,0	1 670,5	2 227,0
175	103,5	381,5	795,0	1 326,5	1 949,5	2 598,5	127,0	440,5	859,0	1 366,0	1 949,5	2 598,5
200	118,5	436,0	909,0	1 516,5	2 228,0	2 969,5	145,5	503,5	982,0	1 561,5	2 228,0	2 969,5
225	133,5	490,5	1 022,5	1 706,5	2 506,5	3 341,0	163,5	567,0	1 104,0	1 756,5	2 506,5	3 341,0
250	148,0	545,0	1 136,0	1 895,5	2 785,0	3 712,0	181,5	629,5	1 227,5	1 952,0	2 785,0	3 712,0
300	178,0	651,5	1 363,5	2 275,0	3 342,0	4 454,5	218,0	756,0	1 473,0	2 342,0	3 342,0	4 454,5

Largeur au sommet <i>l</i> (en pieds)	Capacité d'évacuation pour une pente de												
	4 pour cent et une profondeur d'eau			5 pour cent et une profondeur d'eau			6 pour cent et une profondeur d'eau			7 pour cent et une profondeur d'eau			
	10 pieds	15 pieds	20 pieds	10 pieds	15 pieds	20 pieds	10 pieds	15 pieds	20 pieds	10 pieds	15 pieds	20 pieds	
10	7,0	24,5	48,5	77,5	7,0	24,5	48,5	77,5	7,0	24,5	48,5	7,0	24,5
20	15,0	50,0	97,5	156,0	15,0	50,0	97,5	156,0	15,0	50,0	97,5	15,0	50,0
30	22,5	75,5	147,0	233,5	22,5	75,5	147,0	233,5	22,5	75,5	147,0	22,5	75,5
40	30,5	100,0	196,0	312,0	30,5	100,0	196,0	312,0	30,5	100,0	196,0	30,5	100,0
50	38,5	125,5	245,5	390,0	38,5	125,5	245,5	390,0	38,5	125,5	245,5	38,5	125,5
75	57,5	189,0	368,0	585,0	57,5	189,0	368,0	585,0	57,5	189,0	368,0	57,5	189,0
100	77,0	251,5	491,0	780,5	77,0	251,5	491,0	780,5	77,0	251,5	491,0	77,0	251,5
125	96,0	314,5	613,5	975,5	96,0	314,5	613,5	975,5	96,0	314,5	613,5	96,0	314,5
150	115,5	378,0	736,5	1 171,0	115,5	378,0	736,5	1 171,0	115,5	378,0	736,5	115,5	378,0
175	135,0	440,5	859,0	1 366,0	135,0	440,5	859,0	1 366,0	135,0	440,5	859,0	135,0	440,5
200	154,0	503,5	982,0	1 561,5	154,0	503,5	982,0	1 561,5	154,0	503,5	982,0	154,0	503,5
225	173,5	567,0	1 104,0	1 756,5	173,5	567,0	1 104,0	1 756,5	173,5	567,0	1 104,0	173,5	567,0
250	192,5	629,5	1 227,5	1 952,0	192,5	629,5	1 227,5	1 952,0	192,5	629,5	1 227,5	192,5	629,5
300	231,0	756,0	1 473,0	2 342,0	231,0	756,0	1 473,0	2 342,0	231,0	756,0	1 473,0	231,0	756,0

1. Les capacités d'évacuation ont été corrigées quand nécessaire pour tenir compte de la réduction du débit à l'entrée. On suppose que la largeur à l'entrée est égale ou supérieure à celle du reste du chenal. Quel que soit le cas, c'est la largeur du chenal qui doit servir à déterminer la capacité du déversoir.

2. Ces déversoirs ont été prévus pour des vitesses ne dépassant pas le maximum habituellement recommandé pour les déversoirs en herbe.

3. On suppose que la pente est à peu près uniforme et les dimensions du chenal à peu près les mêmes sur toute la longueur. Il a été tenu compte d'un facteur de sécurité minimum de 6 pouces (15 centimètres).

TABLEAU 6. — Capacités d'évacuation (en pieds-cubes par seconde) ¹, profondeurs ² et largeurs d'entrée ³ de chenaux de déversoirs artificiels couverts en herbe à section trapézoïdale et à rebords en pente de 4 : 1.

Largeur du fond h du chenal	Capacité de décharge et largeur d'entrée lorsque la pente est de																	
	0,5 pour cent et la profondeur d de		1 pour cent et la profondeur d de		2 pour cent et la profondeur d de		3 pour cent et la profondeur d de		4 pour cent et la profondeur d de		5 pour cent et la profondeur d de		6 pour cent et la profondeur d de		8 pour cent et la profondeur d de		10 pour cent et la profondeur d de	
	2 pieds 6 pouces dans le chenal	3 pieds 0 pouce à l'entrée	2 pieds 6 pouces dans le chenal	3 pieds 0 pouce à l'entrée	2 pieds 6 pouces dans le chenal	3 pieds 0 pouce à l'entrée	2 pieds 0 pouce dans le chenal	3 pieds 0 pouce à l'entrée	1 pied 9 pouces dans le chenal	2 pieds 0 pouce à l'entrée	1 pied 5 pouces dans le chenal	2 pieds 0 pouce à l'entrée	1 pied 4 pouces dans le chenal	2 pieds 0 pouce à l'entrée	1 pied 3 pouces dans le chenal	2 pieds 0 pouce à l'entrée	1 pied 2 pouces dans le chenal	2 pieds 0 pouce à l'entrée
	Eva- cuation	Largeur	Eva- cuation	Largeur	Eva- cuation	Largeur	Eva- cuation	Largeur	Eva- cuation	Largeur	Eva- cuation	Largeur	Eva- cuation	Largeur	Eva- cuation	Largeur	Eva- cuation	Largeur
Pieds-cubes par seconde	Pieds	Pieds-cubes par seconde	Pieds	Pieds-cubes par seconde	Pieds	Pieds-cubes par seconde	Pieds	Pieds-cubes par seconde	Pieds	Pieds-cubes par seconde	Pieds	Pieds-cubes par seconde	Pieds	Pieds-cubes par seconde	Pieds	Pieds-cubes par seconde	Pieds	Pieds-cubes par seconde
2	55,0	2,0	78,0	2,0	82,0	2,0	68,5	2,0	51,5	2,5	34,5	3,0	23,0	3,5	20,0	4,0	16,0	4,5
4	70,0	4,0	90,0	4,0	104,0	4,0	90,0	4,0	71,0	5,0	50,0	6,0	34,5	6,5	30,5	7,5	25,5	8,5
6	85,0	6,0	120,0	6,0	128,0	6,0	114,0	6,5	91,0	8,0	65,5	9,0	46,5	9,5	42,0	11,5	35,0	12,5
8	100,0	8,0	142,0	8,0	152,5	8,0	137,5	9,0	111,0	10,5	81,0	12,0	58,5	13,0	53,5	15,0	45,0	16,5
10	115,5	10,0	164,0	10,0	178,0	10,0	162,0	11,0	132,0	13,5	97,0	15,0	71,0	16,0	64,5	19,0	54,5	20,5
12	131,5	12,0	186,0	12,0	203,0	12,0	186,0	14,0	152,5	16,5	113,5	18,5	83,0	19,5	75,5	22,5	64,5	25,0
15	155,0	15,0	219,5	15,0	241,5	15,0	222,5	17,5	184,0	21,0	137,5	23,0	101,5	24,5	93,0	28,0	79,5	31,0
20	196,0	20,0	276,5	20,0	306,0	20,0	284,0	24,0	237,0	28,0	178,5	31,0	132,5	33,0	121,5	37,5	104,5	41,5
25	236,0	25,0	333,5	25,0	371,0	25,0	345,5	30,5	289,5	35,5	219,5	39,0	164,0	41,5	150,5	47,0	129,0	51,5
30	277,0	30,0	392,0	30,0	437,0	30,0	408,5	37,0	343,0	43,0	261,0	47,0	195,0	50,0	179,5	57,0	154,0	62,0
35	318,0	35,0	449,5	35,0	503,0	35,5	471,0	43,5	396,5	50,0	302,0	55,0	226,0	58,0	208,5	66,5	179,5	72,5
40	359,0	40,0	507,5	40,0	566,5	40,5	533,0	50,0	450,0	57,5	343,5	63,0	257,0	66,5	237,0	76,0	204,0	83,0
45	400,5	45,0	566,0	45,0	635,0	46,5	595,5	57,0	503,5	65,0	385,0	71,0	288,5	75,0	266,0	85,5	229,0	93,0
50	441,5	50,0	625,0	50,0	701,0	52,0	658,5	63,5	557,5	72,5	426,5	79,0	319,5	83,5	294,5	95,0	254,0	103,5
60	524,5	60,0	741,0	60,0	833,5	63,0	785,0	76,5	664,5	87,5	510,0	95,0	382,0	100,5	353,0	114,0	304,0	124,5
70	606,5	70,0	859,5	70,0	967,0	74,0	910,5	90,0	771,5	102,0	592,5	111,0	445,0	117,5	410,5	133,0	354,0	145,0
80	689,5	80,0	978,5	80,0	1 099,0	85,0	1 037,0	103,0	879,5	117,0	674,5	127,0	507,5	134,5	468,5	152,5	404,5	166,5
90	774,0	90,0	1 093,5	90,0	1 232,0	96,5	1 163,5	116,5	986,5	132,0	758,5	143,5	570,0	151,5	526,0	171,0	454,5	187,0
100	855,0	100,0	1 211,5	100,0	1 359,0	107,0	1 289,0	129,5	1 094,5	147,0	841,0	159,5	633,0	168,5	594,0	190,5	504,0	208,0
125	1 064,0	125,0	1 505,5	125,0	1 697,5	135,0	1 605,0	163,0	1 365,0	184,5	1 048,5	199,5	789,5	210,5	729,0	238,5	629,0	260,0
150	1 273,0	150,0	1 801,0	150,0	2 033,0	163,0	1 921,0	196,0	1 633,0	221,5	1 256,5	240,0	946,0	253,0	874,5	286,5	755,0	312,5

1. Avec les capacités données, la vitesse de l'eau ne dépassera pas le maximum ordinairement recommandé dans les chenaux couverts en herbe.

2. On a tenu compte d'un facteur de sécurité de 6 pouces (15 centimètres) pour les profondeurs des chenaux et d'au moins 12 pouces (30 centimètres) pour celles des entrées. La profondeur d'entrée doit être vue comme diminuant régulièrement dans la zone de transition jusqu'à ce qu'elle égale celle du chenal.

3. Si la largeur de l'entrée est supérieure à celle du chenal, la zone de transition de l'entrée au chenal doit présenter une convergence avec une pente de 3 : 1 pour chaque rive. Tous les angles doivent être uniformément arrondis.

Les déversoirs artificiels couverts en herbe (fig. 29, C) comprennent ceux que l'on a creusés ou mis en forme pour leur donner les dimensions voulues, puis protégés d'un tapis de végétation semé ou transplanté. L'emploi le plus courant des déversoirs artificiels faisant partie de retenues d'exploitations est une combinaison de déversoirs artificiels couverts en herbe. Un tuyau ou un chenal en béton, en métal ou en grès, habituellement appelé évacuateur de crues, évacue une petite partie des eaux de ruissellement, tandis qu'un déversoir couvert en herbe permet le déchargement du reste.

Le débit de ruissellement maximum à attendre de la zone drainée lors de la durée prévue de la retenue est à déterminer avant qu'il soit question de faire le plan ou de calculer les dimensions du déversoir nécessaire. Après une étude des caractéristiques du bassin versant, on peut déterminer le débit de ruissellement à donner au déversoir d'après les figures 27 et 28. Ces débits sont calculés en fonction de crues se présentant tous les 25 ans. Si la retenue est prévue pour une durée moindre, disons 10 ans, on réduira les chiffres des débits de la figure 27 d'environ 15 pour cent, comme l'indique la légende de cette figure. Ce n'est que pour de gros ouvrages coûteux que le déversoir sera conçu pour des crues d'une fréquence d'apparition de plus de 25 ans. On trouvera les dimensions recommandées pour des déversoirs couverts en herbe devant supporter divers débits de ruissellement aux Tableaux 5 et 6. Ces dimensions comprennent la revanche indiquée aux Tableaux. Si l'on désire une marge de sécurité plus grande, il est facile de les augmenter.

Déversoirs naturels couverts en herbe.

Un déversoir naturel doit être de section large et relativement plate, et rejoindre de préférence le lit principal à quelque distance en aval du barrage. Il est également souhaitable que l'entrée de ce déversoir se situe à quelque distance en amont du barrage. La pente du chenal du déversoir doit être douce. Dans toute la mesure du possible, le gazon naturel ne doit pas être touché car il n'en résulterait que des problèmes de remise en herbe. Tous les chenaux doivent avoir une entrée large et en pente douce. Il faudra éventuellement ajouter de l'engrais et semer pour améliorer la végétation sur le déversoir.

Il est recommandé de se reporter au Tableau 5 pour déterminer la capacité approximative des déversoirs couverts en herbe. La section parabolique adoptée dans ces calculs ne correspond pas à la forme de tous les déversoirs naturels mais s'en approche normalement assez pour la précision demandée. Le Tableau 5 évitera une bonne part des incertitudes inhérentes à la pratique courante lorsqu'on tente de deviner la capacité d'une évacuation.

Trop souvent on s'est servi du chenal d'évacuation existant d'un déversoir naturel sans calculer s'il était suffisant pour transporter la décharge à prévoir. Il convient de noter que les profondeurs indiquées au Tableau comprennent le facteur de sécurité minimum de 6 pouces (15 centimètres) recommandé pour les chenaux. Il faut ajouter au moins 6 pouces (15 centimètres) à cette profondeur à l'entrée du déversoir pour que la revanche soit d'au moins 1 pied (30 centimètres) au barrage.

Déversoirs artificiels couverts en herbe.

Un déversoir artificiel couvert en herbe nécessite généralement quelques travaux destinés à lui donner la section voulue. Comme pour un déversoir naturel, un chenal large, plat, en pente douce, est souhaitable. Une section courante est celle en trapèze avec des pentes de rives de 4 : 1. Ces rives en pente douce facilitent l'implantation de la végétation nécessaire et l'entretien par la suite. Les dimensions à donner au chenal pour diverses évacuations et pentes peuvent être relevées au Tableau 6. Les dimensions de ce Tableau comprennent déjà le facteur de sécurité minimum recommandé, tant pour le chenal que pour l'entrée. Donc, pour obtenir une revanche de 1 pied (30 centimètres) au barrage, il n'est pas nécessaire d'augmenter les profondeurs indiquées au Tableau pour l'entrée. Nous attirons l'attention sur la grande largeur nécessaire à l'entrée pour procurer le débit d'évacuation que le chenal est capable de transporter. Une erreur courante dans la construction des déversoirs couverts en herbe est de les doter d'une entrée trop petite (fig. 37), ce qui fait que les che-



FIGURE 37. — L'entrée de ce déversoir couvert en herbe est trop étroite.

naux ne recevront jamais la pleine décharge pour laquelle ils ont été conçus.

Lors de l'aménagement d'un déversoir, il faut éviter de dégarner inutilement le sous-sol et de détruire la végétation existante. Au début des travaux de terrassement d'un déversoir couvert en herbe, il faut d'abord enlever toute la couche arable et l'empiler à proximité afin de pouvoir la réutiliser pour faire une couche de semis dans le chenal et donner naissance à une pelouse. L'excédent de terre pourra être entassé en digue le long du déversoir pour augmenter la capacité du chenal. Un enrochement ou une autre protection aux points critiques comme l'entrée ou les courbes prononcées peuvent être à conseiller. Le tapis végétal doit être mis en place toute de suite après les travaux par apport de plaques de gazon ou ensemencement. La première méthode est préférable car les plaques, bien imbriquées, peuvent supporter le ruissellement presque aussitôt. L'ensemencement d'un déversoir est normalement un procédé plus risqué car l'obtention d'un bon tapis est plus lente que par placage de gazon. Une généreuse aspersion d'engrais, une préparation soignée du lit de germination et un ensemencement ou un apport de plaques de gazon bien faits, à la bonne saison et en accord avec les pratiques locales éprouvées sont indispensables à l'implantation d'un bon tapis végétal. Un arrosage artificiel périodique fera du bien en saison sèche jusqu'à ce que l'herbe ait bien enfoncé ses racines. Si l'on prévoit un ruissellement immédiat, il faudra ancrer les plaques de gazon avec du fil de fer ou des piquets. Les chenaux ensemencés pourront être efficacement protégés à l'aide d'un paillis également ancré en paille, tiges de maïs, broussailles ou équivalents. Du grillage à poulaillers constitue un excellent moyen d'ancrer ce paillis.

Déversoirs mécaniques.

Les évacuateurs à faible débit (fig. 38) sont de petites évacuations secondaires dont la capacité est tout juste suffisante pour décharger de faibles débits. Ce genre d'aménagement est souvent associé à un déversoir couvert en herbe pour le soulager de l'évacuation du trop-plein qui subsiste parfois plusieurs jours après un orage. Pendant le plein du ruissellement, presque tout le courant empruntera le déversoir principal couvert en herbe. Mais un écoulement de longue durée est nocif pour les chenaux couverts de végétation et peut à la longue les détruire. Les plus gros dégâts seront provoqués lorsque la végétation prend, ou aux saisons où elle est en sommeil s'il survient un ruissellement important. Le sol dans la zone d'écoulement finit par être saturé, le tapis végétal perd son adhérence, et l'érosion creuse une petite ravine qui s'agrandira aux crues suivantes. Dans les régions où



FIGURE 38. — Entrée d'un évacuateur à faible débit en maçonnerie. Remarquer le déversoir principal couvert en herbe à droite. Il est à un niveau plus élevé que l'évacuateur.

l'on peut implanter et conserver un bon tapis d'herbe, les évacuateurs à faible débit ne sont habituellement pas nécessaires, surtout si la zone drainée est peu étendue.

Ces évacuateurs se présentent soit comme de petits chenaux ouverts en maçonnerie ou en béton, soit comme des conduites couvertes en grès vitrifié, en tuyau métallique galvanisé ou en tuyau de ciment. Les chenaux ouverts contournent souvent le barrage sur la rive opposée à celle du déversoir. Cette disposition semble préférable à un groupage de l'évacuateur et du déversoir, solution qui accentue souvent l'érosion. Les tuyaux évacuateurs devraient de préférence être placés en terre ferme, et non dans le barrage. On les pose généralement avant d'entreprendre la construction du barrage. Tous les joints doivent être bien étanches, et quelques colliers seront disposés de manière à empêcher les infiltrations le long du tuyau.

L'évacuateur de crue doit déboucher de 30 à 60 centimètres plus bas que la hauteur maximale du déversoir principal. De cette façon pourra s'accumuler une certaine quantité d'eau avant que le déversoir principal entre en service, et il est même probable que l'évacuateur se chargera de la plupart des faibles débits si la zone drainée est petite et la surface de la retenue assez grande. Si un évacuateur de faible débit est utilisé, les profondeurs minimales recommandées à la figure 21 seront calculées d'après la hauteur de cet évacuateur plutôt que sur celle du déversoir principal.

On voit à la figure 39 l'emploi et la construction des évacua-

teurs à faible débit. Ces spécifications sont d'ordre général et ne servent que de guide. On recommande pour les tuyaux circulaires un diamètre minimum de 15 centimètres. Le Tableau 7 donne les dimensions minimales suggérées de tuyaux d'évacuation pour des zones drainées de 5 à 1 200 acres (2 à 485 hectares) et pour des profondeurs de retenues de 1, 2 et 3 pieds (30, 60 et 90 centimètres). Ce Tableau a été établi à la suite de l'étude de divers aménagements représentatifs mais on ne devrait s'en servir qu'en l'absence de renseignements locaux sur la question. On a supposé que les caractéristiques du bassin versant étaient normales, et l'on a pris pour capacité de retenue estimée la capacité calculée

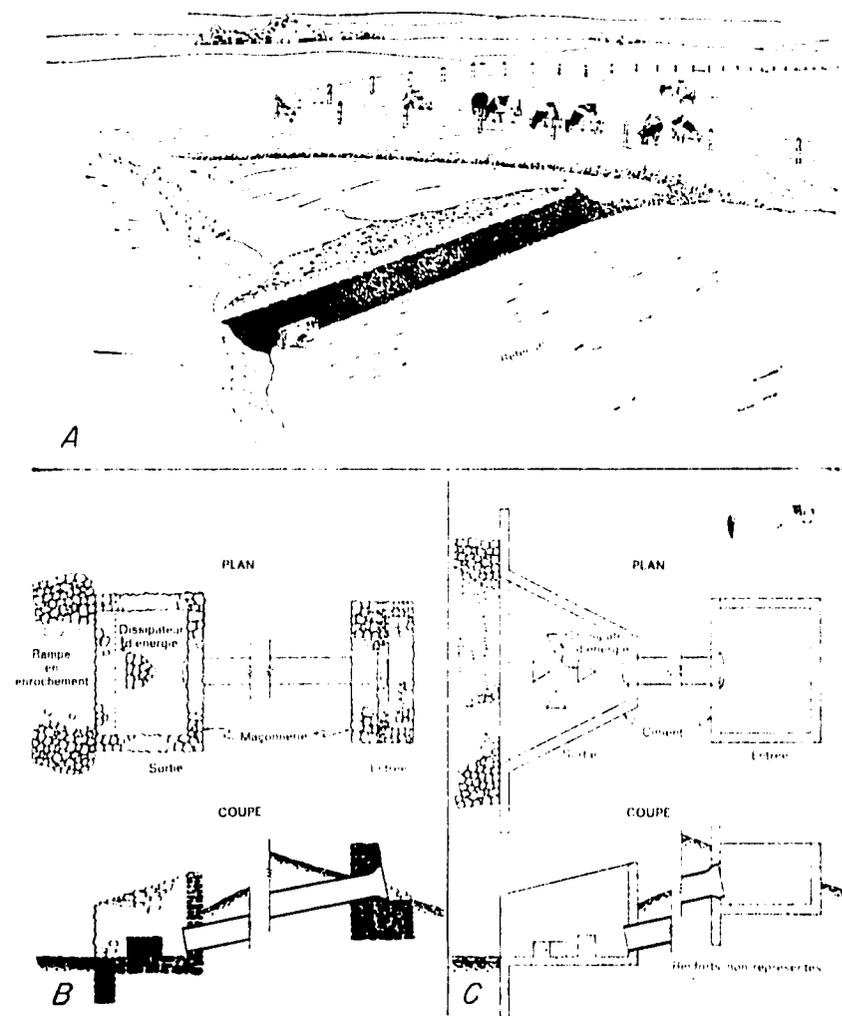


FIGURE 39. — A, évacuateur à faible débit et déversoir auxiliaire en herbe. B, entrée de l'évacuateur maçonnée en pierre de carrière et sortie du type généralement recommandé pour les évacuateurs d'une section inférieure à 2 pieds carrés (0,18 mètre carré). C, évacuateur à entrée et sortie cimentées. C'est le type recommandé pour les plus fortes sections.

de retenues moyennes. On a de plus supposé que le déversoir principal était aux dimensions indiquées par les Tableaux 5 ou 6. Des tuyaux d'évacuation d'un diamètre nettement supérieur à 38 centimètres exigent des travaux de pose assez sérieux et, s'ils ne sont pas disposés soigneusement, peuvent donner lieu à des infiltrations le long du tuyau, et finalement à une rupture du barrage. Le Tableau 7 ne tient compte que des diamètres jusqu'à 24 pouces (60 centimètres), car s'est à peu près la plus grosse section qui soit justifiée dans la construction de retenues d'exploitations moyennes.

TABLEAU 7. -- Dimensions suggérées pour les tuyaux d'évacuation de crues associés à des déversoirs auxiliaires couverts en herbe.

Zone drainée (acres)	Diamètre du tuyau pour des profondeurs de retenue ¹ de			Zone drainée (acres)	Diamètre du tuyau pour des profondeurs de retenue ¹ de		
	1 pied	2 pieds	3 pieds		1 pied	2 pieds	3 pieds
	pouces	pouces	pouces		pouces	pouces	pouces
5.....	6	6	6	200.....	18	15	12
10.....	8	6	6	300.....	21	15	12
20.....	8	6	6	400.....	21	18	15
30.....	10	8	6	500.....	21	18	15
40.....	10	8	6	600.....	.....	21	18
50.....	12	10	8	800.....	.....	21	18
100.....	12	10	10	1,000.....	.....	21	21
150.....	15	12	10	1,200.....	.....	.....	21

1. On entend par profondeur de retenue la différence de hauteur entre la pointe de crue du déversoir principal et le fond du tuyau d'évacuation.

L'emploi de gros déversoirs mécaniques comme déversoir principal n'est généralement pas justifié dans de petits étangs de retenue, à moins qu'on ne dispose d'aucun déversoir couvert en herbe ou que l'apport de la zone drainée soit assez important et continu pour nécessiter un déversoir permanent. La plupart des déversoirs mécaniques sont en maçonnerie ou en béton. Ce genre de déversoir est difficile à construire, et si celui qui s'en charge n'a pas l'expérience d'un tel travail il devra demander conseil à des ingénieurs de la région.

Barrières à poissons.

De nombreuses retenues sont peuplées en poisson, et pour y conserver le poisson en période de débordement on dispose une barrière à l'entrée du déversoir ou dans ce déversoir. Cette façon de procéder limite la capacité du déversoir et expose tous les aménagements aux dangers des débordements. Une barrière de ce genre sur un déversoir couvert en herbe est particulièrement nuisible car elle crée un dégorgeoir qui entraîne vite l'érosion du chenal. Certains déversoirs se sont trouvés complètement

engorgés par des barrières à poissons sur lesquelles s'amoncelaient les débris à la dérive. Si l'on estime qu'une telle barrière est nécessaire, il faut la disposer un peu au-dessus de l'entrée du déversoir pour qu'elle oppose le moins de gêne possible à l'écoulement. Elle devra être bien fixée, et souvent inspectée et nettoyée.

Problème type.

Afin que le lecteur se familiarise avec les renseignements donnés sur la conception des retenues nous lui soumettons le problème type suivant : les conditions sont les mêmes que celles du problème type donné plus haut, la différence étant que l'emplacement se prête à la construction d'un barrage de retenue. Le fermier estime qu'avec un barrage de 14 pieds (4,20 mètres) de hauteur maximum il aura une retenue d'une superficie d'au moins 1 1/2 acre (0,6 hectare). Il dispose d'un chenal d'évacuation naturel à proximité de l'emplacement prévu pour le barrage. Ce chenal est couvert d'une bonne végétation et présente au fond une pente d'environ 1 pour cent (1 mètre de dénivellation pour 100 mètres de longueur); il aura vers le haut une largeur d'environ 100 pieds (30 mètres) pour une profondeur d'eau de 1 1/2 pied (45 centimètres).

La formule donnée dans l'autre exemple de problème nous donne la capacité approximative d'une retenue dont on connaît la superficie et la profondeur maximale. Le fermier estime qu'à partir du niveau du déversoir sa retenue aura une profondeur maximale d'environ 10 pieds (3 mètres). On a donc $0,6 \times 3 \times 4 = 7,2$, capacité approximative de la retenue en millions de litres. C'est plus que suffisant pour couvrir les besoins en eau de 650 000 litres. On a déjà déterminé que le rapport entre la zone drainée et la capacité de retenue devrait être d'au moins 19. Pour une capacité de 6 acres-pied (7,4 millions de litres), la superficie en hectares de la zone drainée serait de 138, or on ne dispose que de 80 hectares. Dans ces conditions, il est probable que la retenue ne sera jamais pleine. Si l'on ne peut pas détourner vers la retenue le ruissellement d'une autre zone drainée, il faudra creuser un trou d'eau relativement profond dans la retenue même pour qu'il reste encore un peu d'eau en période de sécheresse. Comme on l'a déjà noté, la figure 21 nous indique qu'un réservoir dans le Nord Dakota doit avoir une profondeur d'au moins 10 à 12 pieds (3 à 3,60 mètres) pour compenser l'évaporation et des infiltrations normales. Il vaut mieux atteindre une profondeur dépassant le minimum de 10 pieds (3 mètres). Si la sous-couche le permet, la terre de remblai du barrage sera prélevée dans la retenue même afin d'en augmenter la profondeur.

La zone de drainage a déjà été analysée, et ses caractéristi-

ques de ruissellement se situent entre faibles et normales. En adoptant le même classement pour les caractéristiques d'inondation, nous devons rester en-deçà de limites de précision raisonnables. En nous reportant à la figure 27, nous trouvons une valeur de crue d'environ 150 pieds-cube par seconde (4,2 m³/sec.) (entre les courbes faible et normale). On multiplie alors cette valeur par un facteur de précipitations de 0,7 qui est à peu près juste pour le Nord Dakota (fig. 28). Le débit de pointe que devra évacuer le déversoir est donc de $0,7 \times 4,2 = 2,9$ m³ (105 pieds-cube) par seconde.

Nous reportant au Tableau 5, nous voyons qu'un chenal d'évacuation comme celui dont on dispose ici peut évacuer environ 150 pieds-cube par seconde (153,5 est le relevé exact pour une profondeur de 1,5 pied et une largeur au sommet de $T = 100$ pieds). Le déversoir naturel a donc une capacité suffisante.

PROTECTION ET ENTRETIEN

La construction d'une retenue ne doit pas être considérée comme terminée tant qu'on n'a pas apporté les protections voulues. Des retenues qui ne sont pas convenablement protégées risquent de durer fort peu, et le volume de travail ou le prix de l'entretien par la suite atteindront plusieurs fois ce qu'ils devraient être. Les retenues doivent être protégées de l'envasement, du batillage, de l'érosion, des animaux rongeurs, de la pollution, du piétinement du bétail et de bien d'autres causes de dégâts. Une bonne protection doit être entretenue. Il faut effectuer des inspections, périodiques et systématiques, surtout après de fortes pluies, et il faut réparer immédiatement les dégâts provoqués par l'attaque des eaux, l'affouillement, les débordements, la sécheresse, les rongeurs et le bétail. Il est de bonne politique de prévoir des frais d'entretien annuels atteignant 5 à 10 pour cent des frais initiaux de construction et de protection. Dans des conditions défavorables les frais d'entretien seront beaucoup plus élevés si l'on veut qu'une réserve d'eau se conserve et rende les services prévus.

Enrochements.

La protection d'un barrage contre l'action des vagues n'est pas toujours nécessaire. Mais si l'on a emprisonné une masse d'eau sur une superficie supérieure à un hectare, il est bien probable que les vagues se feront sentir, surtout si la face amont du barrage est exposée aux vents dominants ou si le vent balaie la surface de l'eau sans obstacles. Pour de petites étendues de moins d'un hectare, une protection contre le batillage n'est généralement pas nécessaire, sauf en cas de vents violents ou si la terre du barrage est susceptible de s'éroder.

Il y a diverses façons de protéger un barrage contre le batillage. L'une des meilleures est l'enrochement sur fond de sable ou de gravier. La rocaille doit être disposée à la main sur une épaisseur de 30 à 40 centimètres ou plus, et doit de préférence recouvrir toute la zone de 30 centimètres au-dessus du niveau du déversoir au pied du barrage. En l'absence de pierre, ou lorsqu'on peut se contenter d'un type de protection moins efficace, une bonne couche de gravier de carrière ou même un paillis de broussaille ou de paille rendront service. Les paillis doivent s'étendre bien au-dessus et en-dessous du niveau normal de l'eau et être bien ancrés. Dans des régions où l'on dispose de bois, on pourra construire une digue flottante en liant des grumes ensemble et en les attachant de manière qu'elles puissent monter et descendre selon les variations normales de la surface et flotter à



FIGURE 40. — Cette digue flottante en grumes protège le barrage de l'action des vagues. Lorsque la végétation sera bien implantée sur le barrage, on pourra probablement se passer de la digue.

à 1.20 ou 1.50 mètre en avant du barrage (fig. 40). Ce dispositif brisera efficacement l'action des vagues pendant une courte période. Lorsque les grumes seront imbibées, elles s'enfonceront si on ne les fait pas sécher.



FIGURE 41. — Barrage d'une retenue d'eau pour le bétail bien complanté en herbes de marécages vers l'amont. Cette herbe oppose une très forte résistance au batillage.

Dans de nombreuses retenues destinées à l'alimentation en eau du bétail on s'est arrangé pour protéger les aménagements contre le battillage par des roseaux, joncs, quenouilles et autres plantes aquatiques selon la région (fig. 41). Cette végétation ne constitue pas seulement une protection peu coûteuse, mais incite le gibier à fréquenter l'étang. On peut donc substituer à des enrochements plus mécaniques l'emploi de plantes aquatiques si l'on a l'impression qu'elles procureront une protection suffisante.

Couverture végétale.

Dans la plupart des régions, le barrage en terre et le déversoir doivent être protégés par une couverture végétale. Il est également souhaitable de prévoir une protection végétale appropriée tout le long des rives de la plupart des retenues, sauf dans les régions où sévit le paludisme. Chaque fois qu'on le peut, une végétation doit être implantée sur le barrage dès sa finition, sinon l'érosion s'attaquera aux pentes exposées. Des couvertures d'herbe formant gazon sont généralement préférables sur un barrage en terre. Une herbe ou un arbrisseau qui se plaît en sol humide conviendra probablement mieux près du niveau de l'eau. Les meilleures espèces à employer et leur mode de plantation diffèrent suivant les pays. Dans les contrées arides ou semi-arides il est habituellement difficile et parfois impossible de créer et d'entretenir une bonne couverture sur des barrages en terre secs et stériles. Par bonheur, les dégâts de l'érosion ne sont pas si graves dans ces climats, et une couverture dense y est moins nécessaire.

La création d'une bonne couverture végétale demande beaucoup de patience et d'ingéniosité. A moins de recouvrir le barrage d'une couche arable fertile, sa terre n'est généralement pas favorable à la végétation. Les semis nouveaux, les graines, les engrais et même les jeunes plants offrent peu de résistance à l'érosion et sont parfois emportés par les eaux si l'on ne prend pas des précautions spéciales.

Des couvertures végétales peuvent être implantées par ensemencement ou par apport de plaques de gazon, ou en combinant les deux après avoir bien préparé et enrichi d'engrais le lit de germination. Lorsque le climat s'y prête, on obtient de bons résultats en implantant ou semant du chiendent. Dans d'autres régions on pratique couramment la transplantation directe de gazons en bandes ou en couches uniformes. Si un barrage en terre doit être ensemencé, il est recommandé d'y semer des mélanges simples d'herbes et de légumineuses adaptées afin d'obtenir une couverture précoce et complète. Au fur et à mesure que les espèces poussant vite mais moins bien adaptées s'éclaircissent, les plus agressives s'étendent et prennent leur place, et la couverture est

continue. Le paillage des parties ensemencées, avec une couche mince de paille, fourrage, vieux foin ou équivalents, non seulement protège le lit de végétation nouvellement préparé, les graines, l'engrais ou les petites plantes du ruissellement et des fortes pluies, mais conserve l'humidité et produit en surface les conditions favorables à la germination et à la croissance des semis d'herbe.

Si l'on veut tirer le maximum de profit de ce qu'un étang peut abriter comme gibier et comme poisson, il faut l'aménager de manière à leur créer un climat favorable. L'animal sauvage est attiré vers les pièces d'eau qui lui assurent nourriture, protection et gîte pour les nids et ne séjourne pas sur les étangs qui ne satisfont pas à ces besoins. Comme le gibier constitue un élément d'actif pour l'exploitation, il faut lui créer un milieu favorable en toute occasion. On trouvera de plus amples renseignements sur ce sujet dans le Farmer's Bulletin 2035 : Making Land Produce Useful Wildlife.

Clôture.

Bien que le bétail doive normalement être écarté des retenues en terre et boire dans des abreuvoirs alimentés par elles, on ne peut recommander d'une façon générale de clôturer toutes les retenues. Il est habituellement plus pratique de laisser les bêtes boire directement dans les retenues à condition qu'il y ait assez de surélévation pour que l'eau de la retenue ne s'écoule pas directement dans les abreuvoirs. Dans certaines régions montagneuses on a même constaté que les avantages que procure d'habitude une clôture sont plus qu'annulés par le prix de pose et d'entretien et par le fait que moins de bêtes peuvent boire en même temps lorsqu'on leur interdit la retenue pour les confiner aux abreuvoirs. Un exploitant qui dispose de nombreuses retenues très distantes les unes des autres et de vastes terres doit avoir des aménagements simples demandant peu d'entretien et de visites. En faveur de l'absence de clôtures, on peut ajouter que le gel des conduites risque d'empêcher un bétail non surveillé de boire en suffisance. De plus, un léger piétinement de la retenue est parfois bon pour rendre imperméables de nouvelles retenues et pour compacter des barrages récents.

Des clôtures entourant les parties critiques d'une retenue sont souvent utiles, même si, pour des raisons pratiques, une clôture complète est à écarter. Une fois qu'un barrage en terre s'est tassé, un piétinement continu peut lui être nuisible, même en région aride, et la dépense d'une clôture ou de barrières l'interdisant au bétail et favorisant la pousse d'une couverture végétale est souvent payante. La clôture ou l'interdiction au bétail de déversoirs couverts en herbe vulnérable, surtout de ceux qui doi-

vent évacuer le ruissellement de grandes zones de drainage ou dont la végétation est médiocre, ne doivent pas être négligées. Le défaut d'implantation ou d'entretien d'une bonne couverture végétale dans la région du déversoir entraîne habituellement la perte de l'ensemble de l'ouvrage. Il est souvent nécessaire de clore complètement ou d'interdire au bétail un point d'eau pendant de courtes périodes lorsqu'il faut préserver les herbages environnants et utiliser des pacages voisins ou proches d'autres points d'eau.

Une clôture complète autour des barrages de retenue et l'emploi d'abreuvoirs séparés sont habituellement recommandés dans les Etats du Centre et de l'Est des Etats-Unis. Ces mesures (1) assurent la protection nécessaire à la croissance et à la conservation d'une bonne végétation protectrice, (2) garantissent une bonne qualité d'eau et empêchent le bétail d'endommager ou de polluer la retenue, et (3) permettent la création d'un milieu favorable au gibier d'eau. Des étangs ouverts et sans végétation n'attirent pas le gibier, et le type de végétation de marais nécessaire pour la couverture et la protection du gibier tolère assez mal le piétinement et le pâturage du bétail. Dans les conditions générales des exploitations, si le nombre de retenues et celui des bêtes qui s'y abreuvent est faible par exploitation et si les conditions climatiques peuvent provoquer l'érosion, les avantages d'une clôture l'emportent habituellement sur ses inconvénients.

Envasement.

Il faut prendre des mesures efficaces contre l'envasement si l'on veut qu'un réservoir de surface donne toute satisfaction. Le bassin versant doit être l'objet de bonnes pratiques de conservation. Les chenaux doivent être dotés de dispositifs contre l'envasement et protégés contre l'érosion pour rendre tous les services prévus. Même une zone drainée protégée déversera des alluvions, et il faudra à l'occasion curer le réservoir ou la retenue pour lui conserver sa capacité et sa profondeur.

Lorsqu'un bassin quelconque s'est rempli d'une bonne profondeur de vase, il est souvent plus pratique d'en creuser un nouveau ou de réhausser un barrage que de tenter d'enlever la vase. Si l'on peut trouver en aval un nouvel emplacement qui convienne, l'ancienne retenue servira de bassin de décantation et continuera à se charger d'alluvions, prolongeant d'autant la durée utile du nouveau. L'enlèvement de grosses quantités d'alluvions des retenues par bennes râcleuses est un travail difficile et coûteux. Les frais d'une telle opération seront probablement plus élevés que des terrassements portant sur un même cubage de terres sèches pour construire un nouveau barrage. On comprendra pleinement l'intérêt que présente un déploiement d'efforts pour

empêcher l'envasement une fois que l'on aura essayé de curer une vieille retenue.

Inspection.

Les points d'eau doivent être inspectés périodiquement. Il est surtout important d'inspecter les retenues nouvelles après de fortes pluies pour voir si tout se comporte bien ou si de petites réparations sont nécessaires. La constatation des dégâts et leur réparation immédiate évite bien souvent des travaux plus coûteux par la suite. Les premiers dommages sont généralement limités. Si on les néglige, ils s'aggravent jusqu'à ce qu'une réparation devienne impossible et oblige à remplacer tout l'ouvrage.

Un gazon pelé, un barrage ou un déversoir rongés par l'eau doivent être remis en état sans délai. La végétation sur les déversoirs et barrages doit être fauchée ou mise en pâture modérément pour éviter la formation d'un tapis pourrissant ou trop touffu. Coupe et pâture légère contribueront à constituer un tapis et un réseau de racines résistant mieux au ruissellement. Les débris, corps étrangers et autres matériaux obturant partiellement les déversoirs et en réduisant la capacité doivent être enlevés. Les installations tels que clôtures, conduites, vannes à flotteur ou abreuvoirs seront aussi visités périodiquement.

Dans certaines régions des animaux rongeurs : blaireaux, rats, chiens de prairie, causent de sérieux dégâts aux barrages ou aux déversoirs. Si leurs méfaits ne sont pas réparés, ils peuvent entraîner une rupture du barrage. Une bonne couche de sable ou de gravier sur un remblai décourage partiellement les rongeurs. Un grillage à poules est également efficace mais finit par rouiller. Lorsque des animaux nuisibles de ce genre sont la cause des ennuis, il faut prendre des mesures énergiques pour les tuer, les piéger ou les empoisonner afin d'éviter d'autres dégâts et la perte éventuelle d'une retenue.

Assainissement.

Un point d'eau doit être tenu propre et une retenue protégée de la pollution. Il ne faut pas y laisser piétiner inutilement le bétail, et surtout les pores. Du gravier ou des cailloux sont souvent utiles pour améliorer les abords d'une retenue. Les évacuations des étables, parcs d'engraissement, enclos à bestiaux et de toute autre source de contamination ne doivent en aucun cas s'y déverser. Les animaux morts doivent être emmenés loin de l'eau. Les égouts domestiques et autres eaux usées ne doivent pas aboutir dans la mare. Le charme et le pittoresque d'un plan d'eau sont partout reconnus, et les réservoirs et retenues doivent

rester aussi attrayants que possible. Les ferrailles, verres cassés et ordures ne doivent pas être jetés dans un réservoir. Il est surtout important que l'eau soit tenue propre dans les mares dont on tire de la glace et dans les étangs où l'on veut attirer le gibier d'eau.

Dans les régions où les réservoirs en surface favorisent la multiplication des moustiques, on les peuplera de poissons se nourrissant en surface. Les vairons du type gambusia sont particulièrement efficaces pour lutter contre les moustiques. Là où le paludisme est endémique, on évitera les plantes aquatiques et celles qui poussent au bord de l'eau et l'on se conformera à des précautions spéciales dans la construction et l'entretien des réservoirs. La plupart des pays où règne le paludisme ont instauré une réglementation qu'il convient d'appliquer. Il appartient à ceux qui bénéficient des points d'eau de prendre les mesures nécessaires à leur entretien. Dans certains secteurs la pousse d'algues ou d'autres plantes dans les réservoirs peut être nuisible. D'après ce qu'on en sait, elles sont inoffensives mais peuvent donner des goûts ou des odeurs désagréables, favoriser le développement de bactéries et donner un aspect sale. Un traitement au sulfate de cuivre empêche le développement des algues. La dose habituelle est de 2 à 3 livres pour 4 millions de litres, et elle doit être bien répartie dans tout le bassin. Une dose excessive risque d'être nocive pour le gibier et le bétail.

TABLE DES MATIERES

Avant-propos	11
Points d'eau dans les pacages et pâturages	13
Types de points d'eau pour le bétail	17
Besoins en eau du bétail	18
Planification de l'aménagement des points d'eau	21
Terres de pacage	22
Régions de pâturage	24
Utilisations supplémentaires	25
Puits	29
Construction	30
Abreuvoirs et citernes	36
Sources	42
Sources de dépression	44
Sources d'affleurement	46
Alimentation d'une retenue	50
Profondeur de la retenue	50
Protection du bassin versant	52
Dimensions du bassin versant	54
Débit de ruissellement	60
Réservoirs creusés	64
Choix de l'emplacement	64
Terrassements	66
Puits de filtrage et protection contre le gel	71
Problème type	72

Barrages de retenue	74
Choix de l'emplacement	74
Préparation du site	77
Travaux de remblayage	78
Déversoirs	81
Problème type	91
Protection et entretien	93
Enrochement	93
Couverture végétale	95
Clôture	96
Envasement	97
Inspection	98
Assainissement	98