



## ASPECTS AGRONOMIQUES, HYDROLOGIQUES ET ÉCONOMIQUES DE L'ASSAINISSEMENT AGRICOLE

Communication  
présentée au Comité technique  
de la Société Hydrotechnique de France  
le 22 mars 1968

PAR R. CARBONNIÈRES \*

Le progrès scientifique affecte aussi bien l'activité industrielle que l'activité agricole, et il est incontestable qu'il a permis d'obtenir, au cours des deux dernières décennies, des résultats infiniment plus substantiels que dans les siècles passés.

L'analyse des facteurs de la production agricole est complexe, car, dès l'instant où interviennent des phénomènes climatologiques et biologiques, les conditions des expériences ne peuvent plus être suivies et contrôlées avec suffisamment de rigueur pour en tirer des lois définitives.

Cependant, en marge de ces phénomènes, la détermination des facteurs physiques de la production a pu faire apparaître le caractère limitant de certains d'entre eux, à partir ou en deçà d'une valeur limite que l'on doit s'efforcer de ne pas atteindre.

Le rôle essentiel de l'eau est aujourd'hui bien connu et l'on traduit son importance par un aphorisme : « la maîtrise du plan d'eau ».

Il convient, en effet, de permettre à la quantité d'eau contenue dans le sol de varier entre des limites assez étroites dont la définition est basée sur une connaissance analytique du sol et de ses éléments constitutifs.

---

### Le sol - L'eau

Le sol est constitué d'éléments minéraux solides définis par leurs dimensions (texture) et par leur

agencement (structure) qui ménage entre eux des espaces libres.

Pour un sol donné, sa texture, c'est-à-dire la répartition en pourcentage du total des différents éléments constitutifs est constante, alors que sa structure peut être modifiée par une intervention extérieure; le labour par exemple, donne une structure plus lâche, le compactage permet d'obtenir une structure plus serrée.

Les espaces libres constituent la porosité que l'on distingue en macro et microcapillaires selon la dimension transversale des canalicules formés par la continuité des espaces libres.

Lorsque la porosité totale est entièrement emplie d'eau, le sol est saturé et tout apport supplémentaire apparaît à la surface; si la porosité totale pouvait être entièrement exempte d'eau, on aurait un sol sec, qui, en réalité, n'existe jamais; entre ces deux états, on définit certaines valeurs de l'humidité en fonction de l'intérêt qu'elle présente pour les cultures.

L'eau contenue dans un sol saturé s'en évade par percolation en profondeur dans les horizons sous-jacents et par évaporation à l'interface eau-air. La percolation s'effectue sous l'influence de la pesanteur tant que celle-ci est supérieure aux forces de capillarité et que l'eau ne trouve aucun obstacle à son infiltration; avant percolation, l'eau emplissait les capillaires les plus larges, son évaporation correspond au phénomène du ressuyage qui

---

\* Ingénieur en Chef du Génie Rural, des Eaux et des Forêts, Chef de la Section Technique Centrale des Travaux d'Hydraulique au Ministère de l'Agriculture.

## R. CARBONNIÈRES

est d'autant plus rapide que les macrocapillaires ont une plus grande section.

Après ressuyage, l'eau est maintenue dans les microcapillaires par des forces supérieures à la pesanteur; le volume global de ces capillaires mesure la capacité de rétention du sol pour l'eau qui est utilisée pour la nutrition des végétaux jusqu'à une limite inférieure qui entraîne le flétrissement; l'eau encore contenue dans le sol à ce stade y est liée par des forces supérieures à la succion exercée par les racines. La quantité d'eau qui disparaît par percolation ou par absorption des végétaux est immédiatement remplacée par l'air dont la présence est aussi importante pour la végétation. Saturation, capacité de rétention, capacité au point de flétrissement constituent trois valeurs caractéristiques de l'humidité du sol dont la connaissance est essentielle pour conduire une agriculture rationnelle.

---

### Le sol - L'eau Les végétaux

---

Le sol est le siège de phénomènes chimiques et biologiques qui constituent des fermentations donnant naissance à du gaz carbonique, dont l'accumulation entraînerait rapidement l'asphyxie des tissus vivants des racines, s'il n'était chassé par un courant d'air apportant l'oxygène nécessaire à l'oxydation des matières organiques; pour que les végétaux croissent normalement, le tissu radiculaire doit baigner dans une atmosphère qui présente un certain équilibre de concentration en oxygène et en gaz carbonique.

Le problème est complexe, mais il est admis que l'aération du sol s'oppose à l'accumulation du  $\text{CO}_2$ , favorise l'oxydation des matières organiques, de la flore et de la faune microbiennes et facilite l'assimilation des oligo-éléments, corrigeant ainsi certaines carences. La proportion de la macroporosité par rapport à la porosité totale doit être supérieure à 15 % pour éviter les fermentations anaérobies qui dirigent, à long terme, l'évolution des sols vers l'hydromorphie, la formation d'horizons de « gley » caractéristiques d'une dégradation dangereuse, souvent irréversible, de la structure.

Il s'agit dans ce cas d'une évolution à long terme des sols asphyxiants qui ne peut se produire que sous l'influence d'une submersion permanente. Pour des submersions provisoires, aération et humidité du sol varient en sens inverse. L'aération est indispensable au développement des végétaux; elle favorise l'oxydation des matières organiques, leur solubilisation et l'absorption par les racines des éléments fertilisants; l'oxygène disponible est favorable à la prolifération des bactéries nitrifiantes; par contre, une aération insuffisante facilite les processus de réduction, favorise les fermentations anaérobies avec toutes les conséquences néfastes que cela implique: altération des substances minérales, concentration en ions ferreux, accumulation du  $\text{CO}_2$  dont la concentration dépasse le seuil de toxicité admissible, surtout si l'apport d'oxygène est insuffisant.

Ces phénomènes complexes se juxtaposent dans le temps, agissant sur les végétaux qui réagissent de façon spécifique en fonction de leurs qualités intrinsèques et de leur plus ou moins grande résistance à ces phénomènes.

On peut en déduire que l'aération du sol, qui est une fonction inverse de son humidification, est un facteur limitant du développement des végétaux au même titre que l'humidité; il convient donc de rechercher l'optimum de l'équilibre air-eau par les évacuations successives:

- de l'eau en excès et son remplacement par l'air; c'est le rôle de l'assainissement;
- puis de l'air en excès et son remplacement par l'eau; c'est le rôle de l'irrigation.

L'assainissement comporte aujourd'hui l'ensemble des mesures ayant pour objet d'enlever l'excès d'eaux superficielles ou souterraines qui constituent un obstacle au développement des végétaux, quelles que soient les causes de l'existence de cet excès d'eau.

Il n'est pas possible de donner une définition physique des sols pour lesquels l'assainissement est ou peut devenir nécessaire, car leurs qualités intrinsèques ne sont pas à ce titre essentielles; bien d'autres facteurs interviennent: pente générale, facilité d'évacuation des eaux de ruissellement, horizons sous-jacents, etc., qui multiplient les causes d'un engorgement de la porosité et partant les solutions possibles de correction.

L'insuffisante aération entraîne une croissance ralentie des racines, l'ensemble du système radiculaire reste frêle, réduisant les possibilités de nutrition, les plantes sont directement influencées par toute perturbation de l'écologie locale qui est ressentie d'une façon rapide; il en résulte une réduction de la transpiration, du phénomène de photosynthèse et en définitive du développement végétatif et une réduction du rendement.

Ces phénomènes ne sont effectifs que sur les végétaux en période de croissance et n'ont aucune influence directe pendant la période de repos végétatif; cependant leur action indirecte ne peut être négligée.

En provoquant une dégradation de la structure des sols et en diminuant l'activité oxydante des micro-organismes aérobies ils contribuent à la réduction du rendement agricole.

L'aération provoque le retour aux conditions normales de transformation de la flore et de la faune microbiennes, de fermentation des substances biologiques et d'oxydation des matières organiques; elle influe indirectement sur le développement végétatif par l'amélioration du gradient de température. La chaleur spécifique de l'eau étant supérieure à celle des éléments minéraux solides constitutifs du sol, un sol humide se réchauffe moins rapidement qu'un sol sec, d'autant plus qu'à cette constante physique défavorable s'ajoute un abaissement de température dû à l'évaporation plus intense en milieu humide; au printemps, au moment où le sol se réchauffe par aération, les sols humides restent plus froids et le départ de la végétation est ralenti.

Bien que les expériences relatives à la diminution du développement végétatif et corrélativement du rendement agricole n'aient pas été effectuées d'une

façon systématique, certains renseignements obtenus dans divers pays sont précieux pour tenter un essai de classification de l'influence de l'excès d'humidité sur le comportement des différentes espèces végétales.

Deux conditions d'humidité doivent être envisagées :

- humidité supérieure à la saturation avec apparition de l'eau à la surface du sol ou submersion;
- humidité inférieure à la saturation, mais supérieure à la capacité de rétention, qui dénote un certain engorgement des macrocapillaires; ceci revient à envisager l'existence d'un plan d'eau à proximité de la surface du sol.

---

### **Comportement des végétaux en cas de submersion**

---

Les effets néfastes de la submersion diffèrent selon les espèces, voire même les variétés et, pour chaque espèce, en fonction du développement de la végétation, qui présente à ce titre des périodes critiques pendant lesquelles elle est particulièrement sensible et d'autres pendant lesquelles elle ne souffre pas de la submersion.

En principe, une plante en période de repos végétatif peut supporter une submersion de quelques jours sans grand dommage, alors qu'elle y est très sensible en pleine végétation et notamment au moment de la floraison ou de la formation des graines.

Le tableau n° 1, issu d'un rapport présenté au congrès international des irrigations et du drainage en 1960 à Madrid, indique les durées de submersion que peuvent supporter certaines cultures selon l'époque de cette submersion par rapport à leur cycle végétatif.

---

### **Comportement des végétaux dans le cas d'un plan d'eau proche de la surface du sol**

---

Le problème n'est plus le même, alors que la submersion est toujours néfaste et que son influence varie avec l'espèce, la variété et la période végétative, un plan d'eau proche du sol peut être alternativement néfaste ou bénéfique selon que l'approvisionnement en eau des cultures est assuré à la limite de satisfaction des besoins ou est insuffisant; dans ce cas, le plan d'eau proche de la surface du sol alimente par capillarité ascendante la tranche de sol explorée par les racines et favorise le développement végétatif, lequel, faute d'alimentation suffisante, risquerait d'être ralenti.

Cependant il existe théoriquement une limite, vérifiée par expérience, à la possibilité d'alimentation des végétaux par ascension capillaire, qui est le débit de remontée de l'eau; la hauteur de la frange

capillaire est d'autant plus grande que la texture du sol est plus fine, mais les débits les plus importants sont obtenus dans un limon grossier et diminuent pour des sols plus fins ou moins grossiers. Pour que la présence de ce plan d'eau ne soit pas nocive, il faut le maintenir à une profondeur toujours supérieure à celle qui correspond au développement des racines pour un rendement agricole maximal.

L'approfondissement progressif des racines en fonction du développement végétatif commande donc la nécessité d'abaisser progressivement le plan d'eau de façon à libérer en temps utile les macrocapillaires qui doivent recevoir les radicelles.

Le maintien de la nappe à la même cote pendant toute la durée de la végétation ou son élévation impestive contrarie le développement végétatif et entraîne une réduction des rendements agricoles.

La présence d'une nappe d'eau à une profondeur proche de la surface du sol a une répercussion sur le comportement des végétaux pendant la période sèche. Les cultures souffrent moins de la sécheresse lorsqu'elles poussent sur sol drainé que sur sol non drainé, car les racines ont pu se développer jusqu'à la limite de la nappe phréatique dont la profondeur, par rapport à la surface du sol est supérieure dans un sol drainé; elles explorent une épaisseur de sol plus importante et disposent donc d'une alimentation hydrique plus substantielle.

Une nappe phréatique trop profonde n'est pas favorable non plus à un bon développement végétatif, car si l'alimentation en eau par les pluies fait défaut ou est insuffisante, son remplacement par l'ascension capillaire n'est pas assurée, par suite de la trop grande profondeur de la frange capillaire.

Indépendamment des possibilités de nutrition que les végétaux peuvent trouver dans la présence d'une nappe phréatique à une distance plus ou moins grande de la surface du sol, l'humidité qui en résulte peut avoir une répercussion sur l'état sanitaire des cultures par son action sur le développement des maladies cryptogamiques et peut, dans certains cas, jouer en sens inverse de son influence bénéfique sur la nutrition.

C'est pourquoi la maîtrise du plan d'eau doit être recherchée dans tous les cas où la présence d'une nappe trop proche de la surface du sol peut entraîner des difficultés culturales qui, en définitive, réduisent les rendements agricoles.

De nombreuses expérimentations ont été faites tant en France qu'à l'Étranger pour déterminer la distance limite de la nappe phréatique par rapport à la surface du sol à partir de laquelle les végétaux ne sont pas influencés par la présence de l'eau.

Cette distance varie de 0,40 à 1,30 et dépend essentiellement :

- de l'espèce cultivée et, pour chaque espèce, du stade de développement végétatif;
- de la nature du sol : tourbeux, sableux, argilo-sableux, argileux, etc.

Comme la position du plan d'eau dépend également de la pluviosité, il n'est pas possible de trouver une solution au problème sans évoquer l'influence de l'hydrologie de surface et de l'hydrologie souterraine, ce qui amène l'étude des modalités d'évacuation de l'excès d'eau.

**R. CARBONNIÈRES**

**Tableau 1**

*Domages subis par les plantes en pour cent de la récolte en cas d'une submersion de 3, 7, 11 ou 15 jours.*

	DÉCEMBRE		JANVIER		FÉVRIER		MARS		AVRIL		MAI													
	DURÉE DE LA SUBMERSION (en jours)																							
	3	7	11	15	3	7	11	15	3	7	11	15	3	7	11	15								
	DOMMAGES SUBIS PAR LES PLANTES (en pour cent de la récolte)																							
1. Fourrages pérennes. . . . .	—	—	5	10	—	—	5	10	—	—	5	10	—	10	20	30	10	25	40	60	10	30	50	100
2. Pâturage. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	—	10	20	30	—	15	30	50
3. Prairie. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	—	10	20	30	—	15	30	50
4. Betterave à sucre Betterave fourragère . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	50	100	100	10	50	90	100	10	50	90	100
5. Pomme de terre. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30	80	100	100	30	80	100	100	40	90	100	100
6. Tournesol. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	20	40	80	10	30	60	100
7. Chanvre. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20	40	60	100	20	50	75	100
8. Céréales d'automne. . . . .	—	5	10	20	—	5	10	15	—	5	10	20	5	15	30	50	10	25	40	70	20	40	70	100
9. Céréales de printemps. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	20	40	100	15	40	75	100	15	50	75	100
10. Maïs. . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20	80	100	100	10	50	80	100

  

	JUIN		JUILLET		AOÛT		SEPTEMBRE		OCTOBRE		NOVEMBRE													
	DURÉE DE LA SUBMERSION (en jours)																							
	3	7	11	15	3	7	11	15	3	7	11	15	3	7	11	15								
	DOMMAGES SUBIS PAR LES PLANTES (en pour cent de la récolte)																							
1. Fourrages pérennes. . . . .	10	40	70	100	10	40	70	100	10	30	50	80	10	30	50	70	—	10	20	30	—	—	5	10
2. Pâturage. . . . .	—	20	30	50	—	20	30	50	—	10	20	30	—	—	—	10	—	—	—	—	—	—	—	—
3. Prairie. . . . .	—	20	30	50	—	20	30	50	—	10	20	30	—	—	—	10	—	—	—	—	—	—	—	—
4. Betterave à sucre Betterave fourragère . . . . .	10	40	90	100	10	40	90	100	10	40	90	100	10	40	90	100	—	10	30	50	—	—	—	—
5. Pomme de terre. . . . .	50	100	100	100	50	100	100	100	50	100	100	100	20	40	60	80	—	—	—	—	—	—	—	—
6. Tournesol. . . . .	10	40	80	100	10	40	60	80	—	10	30	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7. Chanvre. . . . .	10	40	60	80	10	30	50	70	—	—	10	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8. Céréales d'automne. . . . .	20	50	80	100	—	—	10	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	10	20	—	5	10	20
9. Céréales de printemps. . . . .	20	50	75	100	—	—	10	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10. Maïs. . . . .	10	40	75	100	—	10	50	80	—	10	40	60	—	10	20	30	—	—	10	10	—	—	—	—

\* Remarque. — Les relevés réunies dans le tableau sont dues à J. Aleser, J. Cziráky, A. Fekete, J. Nizsalovszky et à T. Szekér, suivant l'initiative de J. Cziráky.

**Les ouvrages d'évacuation**

L'assainissement des sols cultivés comporte deux types d'ouvrages différents dont les actions spécifiques se complètent : les fossés superficiels, les drainages profonds.

**Les fossés superficiels.**

Ils ont pour but de faciliter l'évacuation des eaux de ruissellement en accélérant leur écoule-

ment superficiel et en limitant corrélativement les infiltrations.

Le cas le plus général consiste à évacuer les eaux de ruissellement provenant des seules précipitations atmosphériques que les sols reçoivent directement sur leur surface ou par ruissellement des fonds supérieurs; il s'agit dans ce cas d'un problème d'hydrologie de surface. Pour un périmètre de superficie connue, il convient donc, pour la période pluvieuse la plus dangereuse eu égard aux cultures en place et à leur stade végétatif, de déterminer le débit maximal à évacuer pendant le

délai maximal admissible pour que l'éventuelle submersion ne nuise pas aux rendements agricoles.

Le problème est complexe, car aux facteurs physiques qui constituent la base des calculs hydrologiques s'ajoutent les éléments biologiques inhérents à la végétation, à l'orientation de l'agriculture dont la mutation peut être imposée ultérieurement par des considérations économiques, locales, nationales ou internationales.

Le choix des débits à évacuer est donc primordial et la littérature scientifique existant en la matière ne donne pas encore entière satisfaction malgré son abondance, car les nombreuses formules actuelles doivent être vérifiées pour la superficie généralement réduite de la zone étudiée et adaptées aux conditions physiques et climatiques locales.

Il est heureux cependant que les résultats auxquels aboutissent les calculs hydrologiques des bassins étudiés laissent une marge de sécurité suffisante lorsqu'on en déduit les dimensions des ouvrages d'évacuation; cependant l'aspect économique des ouvrages d'assainissement qui sera évoqué plus loin commande une limitation des investissements aux stricts besoins nécessaires; c'est pourquoi les débits doivent être estimés avec une précision suffisante pour éviter la construction d'ouvrages surabondants; il semble préférable, à ce titre, de minimiser les résultats et de réaliser des ouvrages dont l'agrandissement ultérieur est toujours possible en fonction des résultats obtenus.

La partie la plus importante du réseau de canaux superficiels est d'ailleurs constituée par les émissaires; il est primordial en effet d'assurer le libre écoulement des eaux de ruissellement vers l'aval en supprimant les éventuels obstacles ou les seuils de retenue dont les inconvénients peuvent être accrues par l'action des ouvrages d'évacuation réalisés à l'amont. L'exécution d'un réseau d'évacuation des eaux superficielles apporte une modification dans le régime d'écoulement d'un bassin, d'autant plus importante que la superficie intéressée est elle-même vaste; il y a lieu en conséquence d'étudier pour différents points de l'émissaire, les nouveaux temps de concentration et les débits correspondant aux périodes pluvieuses caractéristiques, de façon à préconiser l'agrandissement des ouvrages indispensables pour assurer les nouveaux régimes d'écoulement; il ne servirait à rien en effet de déplacer l'inondation, d'autant plus que les inconvénients de la submersion augmentent lorsque celle-ci est déplacée vers l'aval, par suite de l'accroissement des débits et des volumes en cause.

L'étude hydrologique effectuée à l'occasion d'un projet d'assainissement ne doit pas être limitée au seul périmètre à assainir, elle doit être prolongée vers l'aval pour englober les collecteurs et les émissaires successifs, de façon à tenir compte des ouvrages complémentaires utiles qui débordent le cadre du périmètre intéressé.

#### **Le drainage par tuyaux enterrés.**

Le drainage par tuyaux enterrés a pour but d'évacuer l'eau contenue dans la tranche du sol explorée par les racines, de façon à réduire son humidité à la limite de sa capacité de rétention par simple action physique de la pesanteur; lorsque cette capacité de rétention est trop importante

eu égard à la porosité totale, la proportion des capillaires exempts d'eau est encore insuffisante pour assurer l'équilibre indispensable O/CO<sub>2</sub>.

Si le sol est mal structuré, le drainage modifie progressivement la proportion de macrocapillaires par rapport à la porosité totale et le volume de la macroporosité augmente progressivement pour atteindre un nouvel équilibre après quelques années de fonctionnement.

Dans tous les cas, le drainage profond facilite l'évacuation gravitaire de l'eau qui emplit les macrocapillaires, augmentant ainsi le volume des espaces libres, disponibles pour accueillir et retenir pendant un certain temps un volume d'eau égal au volume de la macroporosité. L'évacuation par les drains de l'eau qui emplit les macrocapillaires équivaut à un abaissement du plan formé dans le sol par l'eau qui excède le volume correspondant à la capacité de rétention.

Le délai d'évacuation de ce volume excédentaire est fonction inverse du débit des drains. Il doit être d'autant plus rapide que le danger d'engorgement des macrocapillaires risque de se produire pendant une période critique du développement des végétaux. Le débit des drains doit en conséquence être fixé en fonction du délai admissible pour le rabattement du plan d'eau qui constitue l'un des facteurs les plus importants du calcul du drainage. Ce dernier doit aboutir à la fixation de l'écartement entre les drains et de la profondeur de pose; il n'est pas indifférent d'adopter des écartements plus ou moins grands, car le prix de revient des travaux est proportionnel à la longueur de tuyaux à l'hectare et la recherche de l'investissement minimal doit rester la préoccupation principale.

Mais quelle que soit la solution adoptée pour le projet, le résultat du fonctionnement du drainage aboutit à la réduction du volume de l'eau retenue dans le sol qui augmente ainsi ses possibilités d'absorption par suite de l'augmentation du rapport macroporosité/microporosité; il en résulte une réduction du coefficient d'écoulement instantané et une restitution ultérieure par les drains du volume d'eau absorbée pendant la pluie.

Les travaux d'assainissement semblent, en conséquence, avoir des actions opposées selon le type d'ouvrage mis en œuvre.

Les fossés superficiels accélèrent le ruissellement et augmentent la valeur des débits à évacuer par suite de la réduction des temps de concentration.

Les drainages par tuyaux enterrés réduisent les volumes ruisselés et concentrent les eaux infiltrées au niveau des émissaires avec un temps de décalage par rapport à la pluie.

Si l'on admet un volume de 1 000 m<sup>3</sup>/ha pour la macroporosité, l'influence retardatrice du réseau de drainage sur le ruissellement et la crue peut n'être pas négligeable.

Cette théorie n'a pas encore fait, à ma connaissance, l'objet d'expérimentations systématiques et rationnelles; elle mérite d'être vérifiée en multipliant les expériences en fonction des divers types de sols, des conditions climatiques différentes, etc.

La méthodologie des expériences, la nature des différents facteurs à mesurer sont multiples et demandent à être définis d'une façon précise.

Plusieurs expérimentations semblent d'ailleurs nécessaires, car pour aboutir à une loi, même locale,

il sera indispensable de répéter les modèles en fonction de tous les facteurs, chacun d'eux étant pris successivement comme facteur dominant.

Une des conditions essentielles à respecter consistera à éliminer l'influence du niveau aval sur la cote du plan d'eau, condition sans doute difficile à satisfaire tant que les émissaires principaux n'assureront pas le libre écoulement des débits de crue.

---

### L'économie de l'assainissement

---

La connaissance de l'influence possible, encore mal définie aujourd'hui, des ouvrages d'assainissement (réseau de fossés superficiels ou drainage par tuyaux enterrés) sur l'hydrologie des bassins versants, paraît cependant susceptible d'avoir des répercussions sur l'économie des projets eux-mêmes. Ceux-ci sont envisagés du seul point de vue de l'assainissement des terres agricoles et leur calcul économique est conduit en fonction de l'investissement, des frais annuels d'amortissement et de fonctionnement, et en contrepartie de l'amélioration des revenus brut et net corrélatifs de l'amélioration foncière réalisée.

Pour ce qui concerne les frais annuels, l'investissement représente la plus grosse part, car les ouvrages d'assainissement nécessitent généralement des frais d'entretien et de fonctionnement faibles; il convient donc de réduire les coûts de revient des ouvrages et à ce titre la nature de l'équipement constitue le facteur essentiel.

Le prix de revient des travaux varie entre 1 000 F et 5 000 F par hectare, mais il est évident que ces deux nombres ne concernent pas la même nature d'aménagement car, entre un assainissement par canaux superficiels qui nécessite 50 m de fossé représentant 100 m<sup>3</sup> de terrassement à l'hectare et un drainage par tuyaux enterrés dont l'écartement est inférieur à 10 m, il n'y a aucune commune mesure, ni d'ailleurs identité d'objectif.

Au cours d'un colloque, organisé en décembre dernier, à Paris, par la Fédération Nationale des C.U.M.A., l'accent a été mis sur la grande diversité des ouvrages d'assainissement qui commandent des solutions variées tant par la nature que par les prix de revient.

Il existe en effet de nombreuses catégories de terres humides dont la classification scientifique basée sur la genèse et l'évolution ne permet pas une définition systématique, car les caractères morphologiques de ces sols ne sont pas toujours les éléments exclusifs de l'hydromorphie. Les sites, le climat, la topographie constituent dans certains cas des facteurs importants dont l'influence est primordiale pour faciliter la circulation de l'eau dans le sol et favoriser le drainage naturel.

La gamme étendue de travaux possibles est le résultat du grand nombre de problèmes différents à résoudre par suite de la multiplicité de combinaisons des facteurs intéressés, sol, sous-sol, climat, topographie, spécificité de l'agriculture.

Chaque problème est un cas d'espèce qui mérite une solution souvent unique et il est peu prudent de fixer *a priori* le prix de revient de l'ouvrage adéquat.

La répercussion de l'investissement sur le coût annuel de l'aménagement varie en conséquence entre les limites très éloignées l'une de l'autre et l'influence du projet sur l'économie de l'exploitation varie également considérablement.

Il faut ajouter à cette certitude calculée deux ordres de préoccupation dont la solution est plus aléatoire : l'amélioration des rendements et l'orientation de l'agriculture.

— La première concerne le résultat physique du drainage, qui est plus ou moins rapide selon la nature du sol drainé, c'est-à-dire de sa texture et de sa structure; dans un sol bien structuré, l'amélioration de l'écoulement de l'eau en profondeur et son évacuation par les tuyaux enterrés est obtenue dès la première année de fonctionnement; il en résulte une possibilité immédiate d'accroissement des rendements agricoles dont l'optimum peut être atteint rapidement en fonction de la qualité de la culture et notamment des engrais complémentaires apportés pour bénéficier au maximum du drainage; par contre, dans un sol à structure peu stable, particulièrement riche en éléments très fins l'écoulement de l'eau vers les drains, qui se manifeste dès la mise en place des tuyaux, s'améliorera dans le temps et les résultats agronomiques seront eux aussi en accroissement au fur et à mesure d'une action améliorée du drainage.

Ainsi donc, si le drainage apporte immédiatement un accroissement important du rendement agricole dans les sols bien structurés, pour d'autres sols, cet accroissement sera progressif et n'atteindra jamais le même pourcentage. Pour ces sols, le financement des travaux de drainage doit être étudié d'une façon plus favorable à l'agriculteur que pour les sols précédents, et il faudra tenir compte à la fois de la progressivité et de la limitation de l'amélioration des rendements.

— La deuxième incertitude concerne l'orientation de l'agriculture dans la conjoncture actuelle, orientation qu'il faut étudier à la fois au niveau national pour corriger certaines disparités régionales et au niveau européen pour permettre à l'agriculture française de s'intégrer à la C.E.E.

L'influence sur les prix de revient agricoles des investissements pour l'assainissement et le drainage est donc importante et la solution la moins onéreuse devra toujours être recherchée.

C'est pourquoi l'aspect économique des ouvrages de drainage, dont la rentabilité est quelquefois aléatoire et souvent progressive, présente une importance primordiale qui influe sur la nature même des travaux préconisés.

Il faut s'efforcer de rechercher dans tous les cas la solution la plus rationnelle, mais aussi celle qui entraîne l'investissement le plus faible et, pour une nature de travaux donnée, rechercher l'exécution la moins coûteuse.

Les recherches faites dans de nombreux pays pour améliorer constamment la méthode d'exécution et obtenir le prix de revient unitaire le plus bas sont de plus en plus à l'ordre du jour :

— mécanisation du drainage par l'utilisation de machines puissantes assurant une mise en place automatique des tuyaux;

- remplacement des tuyaux traditionnels en terre cuite par des canalisations en matière plastique;
- plus récemment encore : essais en vue de remplacer, comme matière première, les tuyaux en plastique par du ruban qui est formé en tuyau au moment de la pose au fond de la tranchée;
- réduction du nombre d'ouvriers servant les machines;
- utilisation des tuyaux en matière plastique en grande longueur à la place des tronçons en longueur de 6 m ou 9 m;
- allongement de la longueur de chaque drain qui aboutit dans certains cas à l'abandon de la traditionnelle arête de poisson, car les opérations d'entrée dans le sol et de sortie à l'extrémité de chaque tranchée constituent pour la machine des temps morts dont la durée doit

être limitée au strict minimum par rapport au temps actif d'utilisation constitué par la mise en place du drain; ces temps morts arrivent à coûter plus cher que l'utilisation unilatérale des collecteurs dès que la longueur de drains est inférieure à 200 m.

Toutes ces recherches sont payantes, en ce sens qu'elles permettent de réduire les prix de revient, mais le problème est plus complexe car, quel que soit le degré d'amélioration des méthodes d'exécution utilisées, le principal poste de dépenses dépendra toujours de la longueur de tranchées et de drains à l'hectare; c'est en définitive ce problème qu'il convient de résoudre en priorité.

Le champ d'expérience est vaste et divers, l'espace et la diversité doivent être des ferments pour la résolution d'un problème dont l'intérêt n'est plus à démontrer aujourd'hui.

## Discussion

Président : M. CARLIER

M. le Président remercie M. CARBONNIÈRES d'avoir su présenter sa communication d'une manière très concise et très synthétique afin de laisser la place à une plus large discussion. Le texte de cette communication qui sera publié dans *La Houille Blanche* est beaucoup plus détaillé et comporte, notamment, de nombreuses données chiffrées fort intéressantes.

M. GUYON attire l'attention sur l'aspect économique du drainage; si on considère le gain de rendement obtenu par un système de drainage correctement exécuté, il apparaît qu'en définitive, le drainage n'est pas cher. Ainsi, en Brie, par exemple, en l'absence de drainage, les rendements annuels sont de l'ordre de 10 quintaux de blé/ha; avec un drainage convenable, on obtient 50 à 60 quintaux à l'hectare. A ce gain, correspond un accroissement de revenu brut qui permet d'amortir en quatre ou cinq ans les dépenses d'investissement du drainage.

En réponse, M. CARBONNIÈRES précise qu'en indiquant une augmentation des rendements de 100 %, il pensait aux terres de la Brie qui, à son avis, donnent 25 quintaux avant drainage et 50 quintaux après drainage. Il ignorait que, dans certains sols de cette région, les rendements pouvaient tomber à 10 quintaux de blé à l'hectare; il doit s'agir, en l'occurrence, de cas limites.

M. GARNIER évoque un cas particulier des travaux d'assainissement : celui des opérations de drainage qui doivent souvent être exécutées en même temps que les travaux d'irrigation. Ce problème soulève en premier lieu une question technique : comment vont évoluer les caractéristiques actuelles des sols, après mise en valeur; par exemple, comment variera le coefficient de perméabilité du fait du développement du système racinaire et de l'intensification des écoulements souterrains? Trop peu de recherches et d'expérimentations ont été entreprises sur l'évolution, dans un tel cas, des conditions physiques du milieu naturel.

En second lieu, l'exécution de travaux de drainage profond, grève les investissements des projets d'irrigation d'une fraction égale au tiers ou à la moitié des investissements globaux. De ce fait, on peut parfois aboutir à des projets dont l'intérêt économique est marginal. Il importe donc de réduire les travaux de drainage au strict minimum indispensable. Il faut rappeler ici que les formules théoriques sont basées sur des hypothèses simplificatrices et des données statistiques; elles peuvent aboutir, par exemple, à des écartements de drains particulièrement faibles et, par conséquent, à des investissements élevés et parfois excessifs.

De ce point de vue, une tendance se manifeste en faveur de l'exécution de projets de drainage, sur des périmètres de grande ou de moyenne superficie, non pas en une seule

fois, mais en deux ou trois phases échelonnées sur plusieurs années. Dans une première phase, on pourra, par exemple, se contenter d'effectuer des travaux de terrassement (ados) modifiant artificiellement le relief superficiel ou le modelé des terres, ou bien adopter des écartements théoriques donnés par les formules classiques. Bien entendu, une telle méthode implique la mise en place et l'observation périodique d'un système de piézomètres assez dense, afin de suivre l'évolution du niveau de la nappe phréatique et permettre de décider de la localisation et de l'époque des travaux de drainage de seconde phase. Ainsi, en conclusion, on peut, d'une part, différer de plusieurs années des investissements élevés et, d'autre part, réduire le montant global des travaux.

M. le Président remercie M. GARNIER de ses très intéressantes remarques. Il insiste, en particulier, sur l'intérêt du drainage pour permettre l'accès plus précoce sur les terres des matériels agricoles et pour faciliter l'exécution des opérations culturales; il en résulte un gain appréciable de temps et d'énergie — donc de puissance — qui peut, pour une part importante, compenser les charges supplémentaires entraînées par le drainage (frais supplémentaires de fumure et de récolte).

M. HÉNIN note que dans sa remarquable synthèse, M. CARBONNIÈRES a parlé de texture et de structure : on peut dire que dans les sols à texture défavorable, c'est la structure qui confère à ces terres des propriétés convenables. Or, si l'oxygène est un élément favorable, c'est parce qu'il permet le jeu des facteurs biologiques sous l'action de la faune et des racines, ces dernières fournissant la matière organique nécessaire au maintien de la structure.

Pour obtenir, dans les sols à texture défavorable, l'amélioration de la vitesse de filtration signalée par M. CARBONNIÈRES, il faut donc mettre en place une culture améliorante, généralement une culture d'herbe.

Or, avant que le drainage produise son plein effet, on constate fréquemment dans les sols à texture défavorable, des engorgements de surface empêchant les cultures améliorantes de produire leur plein effet : ceci rend peut-être dangereuses les solutions proposées par M. GARNIER. Par contre, le modelé superficiel des terres peut constituer une bonne phase de départ.

M. le Président remercie M. HÉNIN d'avoir donné le point de vue de l'agronome. En ce qui concerne la mise en place progressive des ouvrages d'assainissement en commençant, par exemple, par un assainissement de surface ou un modelé superficiel et en passant ensuite au drainage profond, M. le Président rappelle l'exemple des Hollandais qui procèdent de cette façon pour la mise en valeur de leurs polders.

## R. CARBONNIÈRES

A propos des recherches en cours sur les procédés permettant de réduire les investissements dans les travaux de drainage souterrain dont a parlé M. CARBONNIÈRES, M. le Président signale l'utilisation de drains souples, formés *in situ*, à partir d'un ruban en matière plastique posé par une machine spéciale; ce procédé est employé notamment dans les pays de l'Est (U.R.S.S., Allemagne), et s'avère très économique; M. le Président fait circuler des échantillons de tubes de drainage en matière plastique ainsi constitués.

M. CARBONNIÈRES donne quelques précisions sur les positions de MM. GARNIER et HÉNIN.

« M. GARNIER signale la nécessité de drainer avant d'irriguer. Je ne pense pas que cette obligation soit systématique. Nous avons désormais adopté en France l'irrigation par aspersion à la demande, qui permet d'apporter au sol la quantité d'eau égale aux besoins, sans que le volume apporté dépasse la valeur de la « dose ». La capacité de rétention n'est donc, en principe, jamais dépassée et, par suite, il n'y a pas de perte d'eau par percolation profonde.

« Le drainage n'est donc pas indispensable, car il n'y aura aucune eau à évacuer dans les régions à faible pluviosité très concentrée dans le temps. Par contre, si l'on est maître de l'apport d'eau d'irrigation, on ne peut connaître à l'avance l'apport des eaux météoriques: c'est pourquoi le drainage doit précéder l'irrigation dans les régions à forte pluviosité, bien répartie, et de façon à ne jamais engorger les macrocapillaires.

« L'exécution d'ados constituant un modelé de la surface du sol facilitant l'écoulement superficiel est une méthode déjà ancienne qui commence à être utilisée en France. Elle ne peut être appliquée dans tous les cas, ni constituer un premier élément d'un système d'assainissement multiforme. Quant à la progressivité de l'importance des ouvrages d'assainissement en fonction des résultats partiels obtenus pour adapter les investissements à ces résultats, je pense qu'il est préférable de procéder, au stade de l'étude, à une définition précise de la constitution du sol, de façon à déterminer à l'avance la nature des travaux qui seront nécessaires.

« Certains sols seront assainis par des fossés superficiels sans qu'il soit besoin d'y placer des drains enterrés. D'autres, au contraire, nécessiteront un drainage souterrain alors que le réseau superficiel de fossés sera inutile. D'autres encore, nécessiteront les deux systèmes d'assainissement; la nature des travaux dépend essentiellement de la texture et de la structure des sols et des possibilités d'écoulement des émissaires naturels. Il faut donc avant tout, faire une analyse du sol afin de déterminer la nature des travaux à réaliser. Mais il y a possibilité de réduire des travaux, car leur effet sera progressif par suite de la modification des caractéristiques hydrodynamiques du sol résultant de la circulation de l'eau et de l'action chimique et biologique de l'oxygène. »

---

### Abstract

#### **Agronomical, hydrological and economic aspects of surface drainage in agriculture**

**by R. Carbonnières \***

---

Water is essential for plant life and often is a limiting factor for plant growth. Air is just as essential, however, and given a certain climate and soil types, may also represent an appreciable agricultural yield-reducing factor. These two factors are frequently contradictory and the predominance of one or the other is an obstacle to rational farming.

Optimum air/water equilibrium should be aimed at, therefore, by making arrangements for the following:—

- (i) Disposal of excess water and its replacement with air, which is achieved by surface drainage;
- (ii) Disposal of excess air and its replacement with water, which is achieved by irrigation.

A number of conditions are attached to surface drainage, which determine the type of work and structures required and their operating capacity. These are as follows:—

- (i) Agronomical conditions, which determine the minimum melioration requirements ensuring that aeration of the root zone is sufficient to give an O/CO<sub>2</sub> ratio consistent with the growth of aerobic fermentations providing the necessary food for the plants;
- (ii) Hydrological conditions, which it is necessary to allow for in order to facilitate surface water runoff, deep infiltration and disposal of this water in drains and outfalls, albeit whilst avoiding excessive acceleration of shower concentration times liable to displace the flooding problem and risk of submersion;
- (iii) Economic conditions governing the choice of technical solutions which are both effective and the least costly it is possible to achieve, for the profitability of surface drainage works is always limited and often deferred, resulting in a reduction in investment costs.

---

\* Ingénieur en Chef du Génie Rural, des Eaux et des Forêts, Chef de la Section Technique Centrale des Travaux d'Hydraulique au Ministère de l'Agriculture.