

Zeitschrift: Mensuration, photogrammétrie, génie rural

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

Band: 72-M (1974)

Heft: 8

Artikel: La protection du sol contre l'érosion dans les vignobles

Autor: Riva, A.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-227099>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 12.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

den k AT-Schritte nur unter Berücksichtigung der Koeffizienten der Teilmatrizen $D_{(i)}$ und $G_{(i)}$ vervollständigt, bis man D_{inv} (interessante Teilmatrix von NG^{-1}) und die Unbekannten erhält. Aus der AT-Schritt-Definition ist leicht ersichtlich, daß die Koeffizienten der vernachlässigten Teilmatrizen für die Vervollständigung der Inversion nicht nötig sind.

3.4 In Matrizenform

Das Ganze kann in Matrizenform unter Verwendung der folgenden Darstellung einfacher gezeigt werden:

$$\begin{aligned} \text{NG} &= \left\| \begin{array}{c|c} B & C \\ \hline C^T & D \end{array} \right\| ; \quad \text{NG}^{-1} = \left\| \begin{array}{c|c} B_{\text{inv}} & C_{\text{inv}} \\ \hline C^T_{\text{inv}} & D_{\text{inv}} \end{array} \right\| \\ \text{AG} &= \left\| \begin{array}{c} F \\ G \end{array} \right\| ; \quad X = \left\| \begin{array}{c} O \\ XY \end{array} \right\| \end{aligned} \quad (4)$$

B_{inv} , C_{inv} usw. sind Teile der Matrix NG^{-1} und deswegen nicht zu verwechseln mit den Bezeichnungen B^{-1} , C^{-1} usw.

Das Normalgleichungssystem lautet

$$\text{NG} \cdot X + \text{AG} = 0 \quad (5)$$

so daß

$$X = -\text{NG}^{-1} \cdot \text{AG} \quad (6)$$

Nach [3] ist

$$D_{\text{inv}} = (D - C^T \cdot B^{-1} \cdot C)^{-1} \quad (7)$$

und

$$C^T_{\text{inv}} = -(D - C^T \cdot B^{-1} \cdot C)^{-1} \cdot C^T \cdot B^{-1} \quad (8)$$

Daraus folgen unmittelbar die nicht zu eliminierenden Unbekannten,

$$XY = -(C^T_{\text{inv}} \cdot F + D_{\text{inv}} \cdot G)$$

$$\text{d. h. } XY = (D - C^T \cdot B^{-1} \cdot C)^{-1} \cdot (C^T \cdot B^{-1} \cdot F - G) \quad (9)$$

Man betrachte jetzt die folgende zusammengesetzte Matrix

$$\left\| \begin{array}{c|c|c} B & C & F \\ \hline C^T & D & G \end{array} \right\| \quad (10)$$

Nach Durchführung der m AT-Schritte mit Pivot in der Diagonalen von B erhält man

$$\left\| \begin{array}{c|c|c} B_{(m)} & C_{(m)} & F_{(m)} \\ \hline (C^T)_{(m)} & D_{(m)} & G_{(m)} \end{array} \right\| \quad (11)$$

Nach [3] ist:

$$D_{(m)} = D - C^T \cdot B^{-1} \cdot C \quad (12)$$

$$G_{(m)} = G - C^T \cdot B^{-1} \cdot F \quad (13)$$

Dies entspricht der Addition der Normalgleichungsanteile der fiktiven Verbesserungsgleichungen von Schreiber mit denen der Beobachtungen. Nun können aber die Untermatrizen B , C , C^T , F vernachlässigt werden. In der Tat, führt man die k AT-Schritte nur in den Teilmatrizen D und G mit Pivotelement in der Diagonalen von D durch, so ergibt sich

$$D_{(m+k)} = (D_{(m)})^{-1} = (D - C^T \cdot B^{-1} \cdot C)^{-1} = D_{\text{inv}} \quad (14)$$

und

$$\begin{aligned} G_{(m+k)} &= -(D_{(m)})^{-1} \cdot G_{(m)} = \\ &= (D - C^T \cdot B^{-1} \cdot C)^{-1} \cdot (C^T B^{-1} \cdot F - G) = XY \end{aligned} \quad (15)$$

XY sind die nicht zu eliminierenden Unbekannten und D_{inv} die dazugehörige Kofaktorenmatrix.

4. Schlußfolgerungen

Das Beispiel des AT-Verfahrens zeigt, daß die Vereinfachung von häufig verwendeten Algorithmen ohne vergrößerten Rechenaufwand möglich ist. Die im Artikel behandelte Elimination der Orientierungsunbekannten stellt ein Beispiel der möglichen Anwendungen des AT-Verfahrens dar. Das beschriebene Vorgehen kann leicht auch auf die Elimination jeder beliebigen Gruppe Unbekannter erweitert werden. Das würde einer verallgemeinerten Schreiber-schen Regel entsprechen, in welcher die Gewichtsmatrix der fiktiven Verbesserungsgleichungen nicht mehr diagonal ist. So kann mehr als eine Unbekannte pro Beobachtung eliminiert werden.

Literatur

- [1] R. Conzett: Vorlesung über Ausgleichungsrechnung. Eidg. Technische Hochschule Zürich, nicht veröffentlicht.
- [2] E. Stiefel: Einführung in die numerische Mathematik. Stuttgart 1963.
- [3] N. Wunderlin: Zur Bildung der Kofaktorenmatrix der Unbekannten einer durch Vereinigung von Teilausgleichungen entstandenen Gesamtausgleichung. Vermessung – Photogrammetrie – Kulturtechnik, Fachblatt 3-72, September 1972.
- [4] W. Grossmann: Grundzüge der Ausgleichungsrechnung. Berlin 1969.

La protection du sol contre l'érosion dans les vignobles

A. Riva

Résumé

Les sols viticoles sont souvent pauvres en humus, se dégradent chaque année par suite des fortes précipitations provoquant en certains endroits une importante érosion dont l'effet est encore aggravé par les méthodes modernes de cultures.

Dans le but de réduire les frais d'ouvrages de protection, très coûteux, l'Institut de Génie rural de l'EPFL a entrepris des recherches sur l'érosion et sur les effets d'une application de compost de gadoues, comme moyen de protection du sol. Une dizaine de parcelles expérimentales ont été aménagées afin de pouvoir observer l'efficacité du compost.

On expose donc brièvement les différents procédés utilisés et certains résultats de ces recherches.

Zusammenfassung

Rebberge sind oft arm an Humus. Die Böden werden jedes Jahr durch starke Regenfälle abgetragen. Sie bewirken stellenweise eine bedeutende Erosion, die durch die modernen Bewirtschaftungsmethoden noch verschärft wird.

Um die Kosten der sehr teuren Schutzbauten zu vermindern, hat das Institut für Technik in der Landwirtschaft der EPFL Untersuchungen über die Erosion und die Verwendung von Müllkompost als Bodenschutzmittel vorgenommen. Auf zehn Versuchsparzellen wurde die Wirksamkeit des Kompostes ausprobiert.

In der Folge werden die verschiedenen Vorgehen und das Ergebnis dargestellt.

1. Généralités et but

Les sols viticoles sont souvent pauvres à très pauvres en humus. Les façons de maintenir leur teneur en matières organiques par les moyens traditionnels s'abandonnent de plus en plus.

D'autre part, les méthodes modernes de cultures aggravent l'érosion et chaque année des tonnes de terre sont entraînées. On peut ainsi affirmer que les terrains des vignobles se dégradent. Il y a donc lieu d'entreprendre des études sur les facteurs qui conditionnent cette érosion, ainsi que sur les moyens susceptibles de la réduire au minimum.

La conséquence serait également une diminution de certains travaux d'améliorations foncières, très coûteux, exécutés pour la défense du sol contre l'érosion.

2. Parcelles expérimentales

Le phénomène de l'érosion est bien connu. Les facteurs principaux peuvent se résumer comme suit:

- la nature du sol – le climat – la topographie – la végétation et l'homme.

Le but de l'utilisation des parcelles expérimentales, pour les études des eaux et du sol, est de les choisir sur des terrains représentatifs d'une certaine région et homogènes au point de vue substratum et où l'on essaie d'établir les relations pluie-érosion et pluie-ruissellement en dehors des facteurs permanents (végétation, sol) et facteurs passagers et variables en un point (saison, humidité, feuillage, tassement, etc.).

2.1 *Equipement*

Ces parcelles sont délimitées au moyen de bordures spéciales. Les eaux de ruissellement et le matériel charrié sont recueillis à l'aide d'une rigole de colature située au bas de la parcelle et conduits dans un bac de décantation muni d'un limnigraphie. Un pluviomètre doit être installé à proximité immédiate et un certain nombre de petits pluviomètres répartis sur la parcelle contrôlent la répartition de la pluie, surtout lors d'essais par aspersion. Des tubes métalliques, enfouis dans le terrain à des endroits convenables, permettent la mesure du profil hydrique à l'aide de la sonde à neutrons.

3. Nature et état du sol

En dehors de la nature géo-pédologique du sol, l'état du sol joue un grand rôle dans le phénomène de l'érosion. Au printemps, dans la plupart des cas, la terre est retournée, aérée, puis avec le temps elle subira soit des passages à la houe, soit des désherbages mécaniques ou chimiques, etc. Les précipitations tombant sitôt après les travaux (laboufrage) seront vite absorbées et provoqueront en même temps une érosion interne dans la couche superficielle entraînant des particules fines de la surface vers l'intérieur. Puis ce sera l'évaporation en surface, la formation de croûte, le tassement, de sorte que les précipitations suivantes n'agiront plus de la même façon sur le sol.

4. Climat-précipitations, orages

En dehors des observations normales et l'établissement des hyéogrammes pour chaque averse, on cherchera à situer

et à estimer les dégâts causés par l'érosion à l'aide d'un graphique de fréquences des pluies et des orages pour une longue période d'observation.

L'organigramme (fig. 1) permet de se rendre compte d'une façon plus détaillée du mécanisme de l'érosion et expose les phases successives de la circulation des eaux météoriques depuis le moment où elles atteignent le sol jusqu'aux conséquences qui peuvent en découler suivant la composition du sol ou du sous-sol, dans le cas de pluies prolongées.

On peut distinguer les deux cas principaux suivants:

4.1 Cas où $i < K$ (i = intensité de la pluie)

Cette valeur de K n'est pas à confondre avec la valeur de la perméabilité de Darcy. Elle est admise dans l'étude comme une valeur exprimant une perméabilité de la couche superficielle ou représentant pour ainsi dire la capacité d'infiltration en d'autres termes.

Les précipitations orageuses ou autres, peuvent être absorbées directement par le sol si l'intensité de la pluie est inférieure à la perméabilité de la couche superficielle du sol, ceci d'autant plus aisément si le sol est fraîchement labouré. L'eau suivra les phases normales d'infiltration, de rétention, de circulation hypodermique ou souterraine suivant la durée de la pluie.

4.1.2 Cas où $i > K$

Par suite de travaux de tassement de sol, de formation de croûte en surface, la capacité d'infiltration diminue et suivant l'intensité de la pluie il y a un excès d'eau en surface qui suivant la pente se met à circuler plus ou moins rapidement provoquant de la sorte de l'érosion.

4.2 *Pluie efficace*

On ne peut se baser sur la précipitation journalière, ni sur la précipitation totale d'une pluie avec averses distinctes et variables, pour établir une relation avec l'érosion. Seuls les hyéogrammes, les observations sur le terrain et l'état du sol peuvent déterminer approximativement quelles sont les intensités des précipitations qui engendrent l'érosion. En comparant les hyéogrammes, avec les variations limnigraphiques du bac de réception de l'eau de ruissellement, on peut se rendre compte des valeurs de la pluie efficace.

4.3 Actions physiques de la pluie

4.3.1 Interception par le feuillage

Les précipitations arrivant au sol sont tout d'abord interceptées par la végétation, voûte foliée (ceps, feuilles de vignes dans notre cas) d'où le phénomène d'interception. Nous négligeons les valeurs de l'interception pure, c'est-à-dire de l'eau retenue par le feuillage, mais nous considérons l'interception ou plutôt le feuillage de la vigne comme faisant le même effet que les tuiles d'un toit, c'est-à-dire un phénomène de déviation, de ruissellement de l'eau et de concentration des filets liquides sur le sol, favorisant ainsi l'érosion. Ce phénomène est encore aggravé sous l'effet du vent dominant pendant l'orage.

4.3.2 Impact et splash

Lors de fortes pluies orageuses, la couche superficielle du sol est modifiée par les gouttes d'eau à forte énergie ciné-

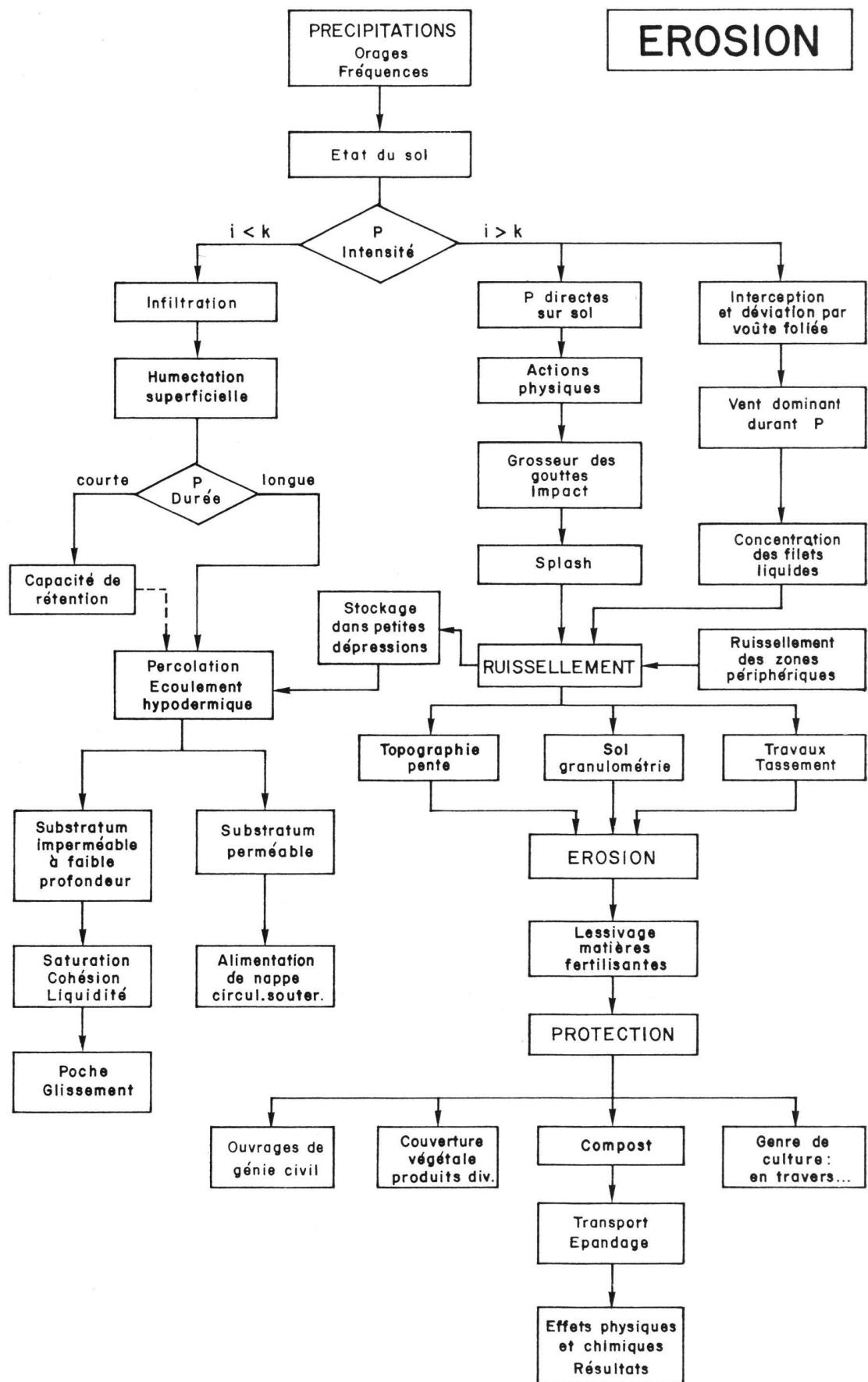


Fig. 1

tique au moment où elles frappent le sol. L'effet du splash peut être mesuré par la quantité de terre déplacée par les gouttes d'eau lorsqu'elles frappent le sol et exercent une action mécanique sur lui.

La force d'impact augmente avec la couche d'eau en surface jusqu'à une hauteur critique, puis décroît pour atteindre approximativement une valeur dans le cas sans pellicule d'eau. Les relations montrent qu'une mince couche d'eau augmente la force d'impact des gouttes d'eau et provoque des pertes de sol plus grandes que celles qui se produiraient sans l'existence de cette couche d'eau.

Ceci nous montre que si l'on protège la surface du sol de manière à détruire l'énergie cinétique des gouttes de pluie, on peut considérablement diminuer l'effet de l'érosion.

Selon *R.S. Palmer*, la force d'impact des gouttes d'eau, basée sur une théorie de *Richardson* sur la détermination de la force d'impact d'une sphère solide sur une surface liquide:

$$MV_0 = (M + m) V_1$$

où

- M Masse de la goutte d'eau
- V_0 Vitesse juste avant l'impact
- V_1 Vitesse juste après l'impact
- m Valeur d'une sphère solide de $1/2$ volume

Selon *Ellison* l'énergie cinétique exercée par la force d'impact des gouttes de pluie est la suivante:

$$E = KV^{4.33} d^{1.07} I^{0.65}$$

où

- E Poids en g du sol intercepté par le splash durant 30 min
- V Vitesse de la goutte en pieds/s
- d Diamètre de la goutte en mm
- I Intensité de la pluie en pouces/h
- K Constante

4.4 Infiltration

L'érosion est liée à l'infiltration. La mesure de l'infiltration peut se faire de diverses manières. Dans notre cas, nous l'avons déterminée soit par des essais par aspersion sur parcelles expérimentales avec enregistrement des débits de ruissellement, soit par des mesures à l'aide d'un infiltromètre à submersion à deux anneaux, ou d'un petit simulateur de pluie.

Formules utilisées par certains auteurs:

J. Dvořák

Relation entre l'infiltration de l'eau dans le sol et le temps

$$v_t = v_c \cdot t + \frac{v_1 - v_c}{1 - \alpha} \cdot t^{1 - \alpha}$$

où

- v_t Infiltration totale au temps t en mm
- v_c Perméabilité du sol en mm/min
- t Temps en min
- v_1 Valeur de l'infiltration au temps $t = 1$ en mm/min
- α Constante

par dérivation, on a :

$$v_t = v_c + (v_1 - v_c) t^{-\alpha}$$

Horton

Relation entre l'infiltration et le temps

$$K_t = K_c + (K_0 - K_c) e^{-ct}$$

où

- K_t Coefficient d'infiltration instantanée au temps t
- K_c Coefficient de perméabilité du sol
- K_0 Coefficient d'infiltration instantanée au temps $t = 0$
- t Temps en min
- e Base log naturel
- c Constante

Mezencev

$$K_t = K_c + (K_1 - K_c) t^{-b}$$

où

- K_t Coefficient d'infiltration instantanée au temps t
- K_c Coefficient de perméabilité du sol
- K_1 Coefficient d'infiltration au temps $t = 1$

4.5 Tassement de la couche superficielle

On peut se rendre compte de l'effet du tassement du sol en surface, ou de formation de croûte, etc. avec l'aide d'un petit pénétromètre. Les profils de battage montrent la dureté de cette couche supérieure du sol en fonction de sa nature et de son état (sec ou humide).

4.6 Ruissellement

Pour établir les relations pluie-ruissellement et pluie-érosion, il est nécessaire de déterminer avec exactitude le volume d'eau ruisselé ainsi que le taux de ruissellement. Il est important, en outre, de connaître le temps écoulé entre le début de l'averse et le début du ruissellement, ainsi que le temps de montée depuis le début du ruissellement et ceci pour les diverses intensités d'averses.

Lors du contrôle du ruissellement on peut également effectuer des prélèvements d'eau pour analyse afin de se rendre compte du lessivage des matières fertilisantes.

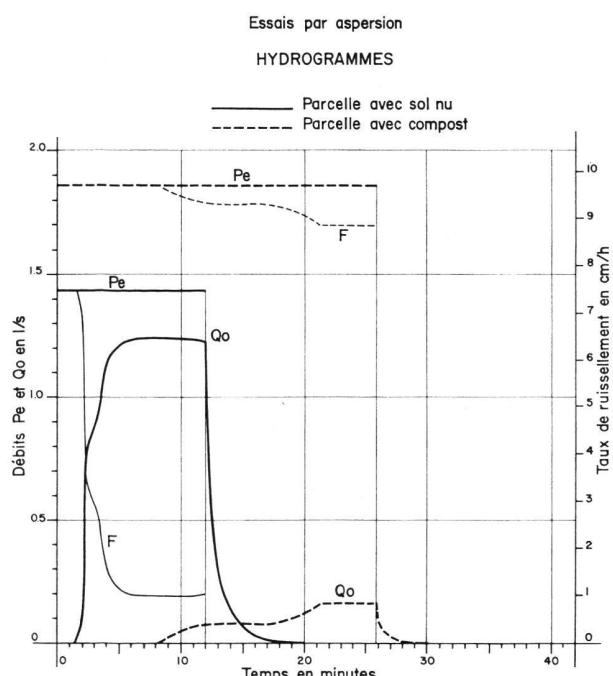


Fig. 2

La figure 2 représente les valeurs du ruissellement et de l'infiltration en fonction de la pluie efficace pour un sol nu et un sol protégé avec du compost.

4.7 Erosion

Pour le calcul du taux ou de l'intensité d'érosion, il est nécessaire de connaître un certain nombre de paramètres que l'on doit encore déterminer et analyser d'une façon particulière.

Selon *Wishmeier* et autres, on peut se baser sur les formules suivantes:

Formule générale

$$E = F(R, H, M, S, G, V, C, SE)$$

où

- E* Intensité d'érosion exprimée en perte de sol par unité de surface
- R* Paramètre dépendant des conditions climatiques
- H* Paramètre dépendant des facteurs hydrologiques
- M* Paramètre dépendant des facteurs morphologiques
- S* Paramètre dépendant des facteurs du sol (propriétés physiques)
- G* Paramètre dépendant des facteurs géologiques
- V* Paramètre dépendant des facteurs végétation
- C* Paramètre dépendant des facteurs d'exploitation
- SE* Paramètre dépendant des facteurs socio-économiques

Formule pratique

$$E = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$$

où

- E* Perte de sol en t/ha
- R* Facteur d'agressivité dépendant du climat et lié à l'énergie de la pluie (facteur pluviométrique)
- K* Erodibilité relative du sol
- LS* Facteurs dépendant de la longueur et de la pente du ruissellement
- L* Longueur du ruissellement
- S* Pente du terrain
- C* Facteur représentant l'influence de la végétation et du travail du sol
- P* Facteur traduisant la diminution de l'érosion par suite de travaux de modelé superficiel et de défense des sols. Ce facteur varie avec la pente.

En outre on peut affirmer que l'érosion est directement liée à l'instabilité structurale du sol que l'on peut déterminer selon la méthode *Hénin* ou *Fischer*.

La valeur de l'érosion peut être représentée graphiquement (voir exemple fig. 3).

5. Moyens propres à lutter contre l'érosion

5.1 Par infiltration

- Rigoles horizontales (ados)
- Cultures en travers
- Banquettes de niveau
- Ameublissement (bécheuse)

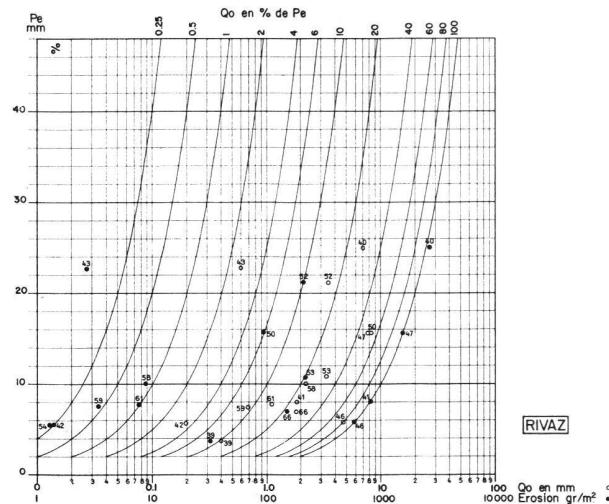


Fig. 3

5.1.1 Par déversement

- Ouvrages de génie civil
- Rigoles en biais
- Banquettes avec pente (replats)
- Cultures en terrasses
- Fossés de garde

5.1.2 Renforcement de la résistance du sol à l'entraînement

- Couverture verte: herbe
- Couverture morte: matière organique; orge et sarment; tourbe; compost
- Couverture permanente: pâturin; terre fixe; pâturin nain; mouron des oiseaux
- Produits chimiques: Alginure; Kapokril; Solakrol; Flotal...

5.2 Facteurs et paramètres fondamentaux de l'érosion

Il est très important et indispensable de déterminer certains paramètres à l'aide d'essais rapides sur de petites parcelles représentatives d'une région, surtout lors de remaniements parcellaires. Il serait souhaitable également de procéder à une étude préalable des propriétés physiques des sols, de la pédologie et à l'établissement d'une cartographie générale de l'érosion.

Ces résultats serviraient en outre à la détermination de la longueur optimum à donner à une parcelle en fonction d'une érosion minimum.

*

Une étude analytique sur la protection du sol contre l'érosion dans les vignobles au moyen de compost de gadoues a été publiée par l'Institut de Génie rural de l'EPFL, En Bassenges, 1024 Ecublens-Lausanne, où elle peut être obtenue.