

## **Cours n°11 LES MODELES D'EROSION**

### **L'équation universelle des pertes en terre (Universal Soil Loss Equation ou USLE wischmeier**

#### **Introduction**

L'érosion est un phénomène naturel qui a traversé toutes les civilisations et chacune a tenté d'y remédier à sa façon.

Pour dépasser le caractère expériences locales des méthodes antiérosives plusieurs auteurs (RAMSER ; SACCARDI ; HENIN ; MUSGRAVE, etc.) ont tenté d'expliquer l'érosion par des facteurs que l'on peut mesurer.

Parmi ces tentatives, l'équation dite universelle de prévision de l'érosion proposée par Wischmeier et Smith au 7<sup>e</sup> Congrès des Sciences du Sol à Madison (1960) est la plus connue, la plus élaborée et la plus utilisée non seulement aux U.S.A, mais aussi dans le monde. Fondée sur l'analyse statistique de plus de 10.000 résultats annuels provenant de diverses stations de la Grande Plaine américaine où l'érosion en nappe et en rigole est étudiée sur parcelles de (100 à 200 m<sup>2</sup>) et petits bassins versants. Cette équation empirique cherche à relier les transports solides mesurés à l'importance relative des différents facteurs mesurables.

L'équation universelle des pertes en terre (Universal Soil Loss Equation ou USLE) a été conçue pour mesurer l'influence du système cultural et du système de gestion sur l'érosion, mais il peut aussi servir à prévoir l'érosion dans un cadre qui n'est pas agricole, notamment sur des chantiers. L'USLE peut servir à comparer les pertes en terre provenant d'un champ donné soumis à un système cultural et à un système de gestion particuliers, à des taux de « pertes en terre tolérables » ou encore aux pertes observées avec un autre système cultural ou un autre système de gestion, afin de déterminer la pertinence des mesures de conservation du sol dans la planification des activités agricoles.

**2/ Équation universelle des pertes en terre (USLE)** Cinq grands facteurs servent à calculer les pertes en terre à un endroit donné.

**$A = R \times K \times LS \times C \times P$** , où :

**A** exprime les pertes en terre annuelles moyennes possibles à long terme en tonnes/hectare par an. Cette valeur peut ensuite être comparée aux limites de « pertes en terre tolérables ».

#### **2-1/ R l'indice d'érosivité des pluies.**

Est égal à E. l'énergie cinétique des pluies, que multiplie  $I_{30}$  (l'intensité maximale des pluies durant 30 minutes exprimée en cm par heure). Cet indice correspond aux risques érosifs potentiels dans une région donnée où se manifeste l'érosion en nappe sur une parcelle nue de 9 % de pente.

**Calcul de l'indice R d'agressivité des pluies** (d'après Wischmeier et Smith, 1978)  
 Pour chaque averse, délimiter des périodes d'intensité uniforme.

A chaque intensité, correspond une énergie cinétique selon l'équation :

$$E = 210 + 89 \log_{10} I$$

E = énergie cinétique de la pluie exprimée en tonne métrique x mètre/ha/cm de pluie.

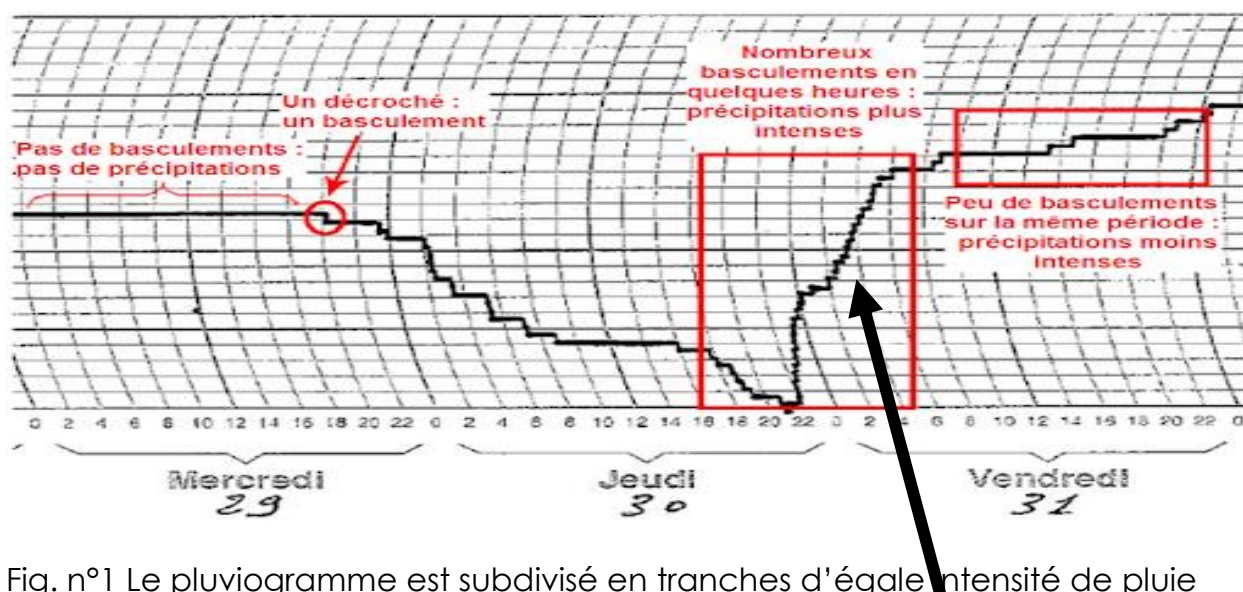


Fig. n°1 Le pluviogramme est subdivisé en tranches d'égale intensité de pluie

|                                 | Hauteur<br>mm par<br>tranche | Durée en<br>minutes                            | Hauteur<br>de<br>même<br>intensité<br>(mm) | Intensité<br>partielle<br>mm/h | log 10 I    | l'énergie<br>cinétique<br>des pluies | I <sub>30</sub> mm/h |
|---------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------|-------------|--------------------------------------|----------------------|
|                                 | 1<br>tranche                 | 0,1                                            | 5                                          | 50,00                          | 1,70        | 361,21                               |                      |
|                                 | 2                            | 0,33                                           | 5,5                                        | 16,67                          | 1,00        | 299,00                               |                      |
|                                 | 3                            | 0,32                                           | 12,5                                       | 39,06                          | 1,37        | 331,86                               | 39                   |
| 19.7.67                         | 4                            | 1,77                                           | 7,5                                        | 4,24                           | 0,40        | 245,42                               |                      |
| Hauteur<br>totale<br>mm         | H = 30,5                     |                                                | 30,5                                       |                                |             | 1237,49                              | 38                   |
| (EI) métrique =<br>1,735 EI USA |                              | R index (USA) = (1217,74 x<br>23)/17356 = 1,61 |                                            |                                | <b>2,78</b> |                                      |                      |

Remarque les données du tableau sont une construction personnelle fictive

Tableau n°1 Modèle de calcul d'une séquence de pluie

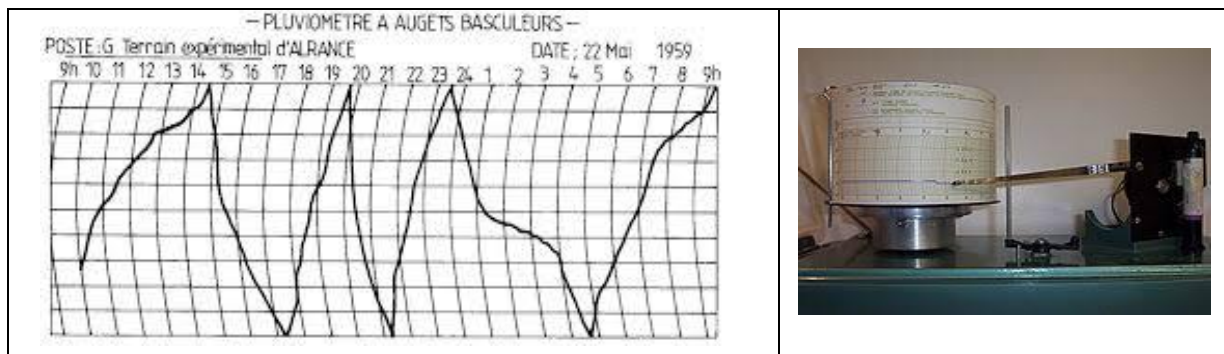
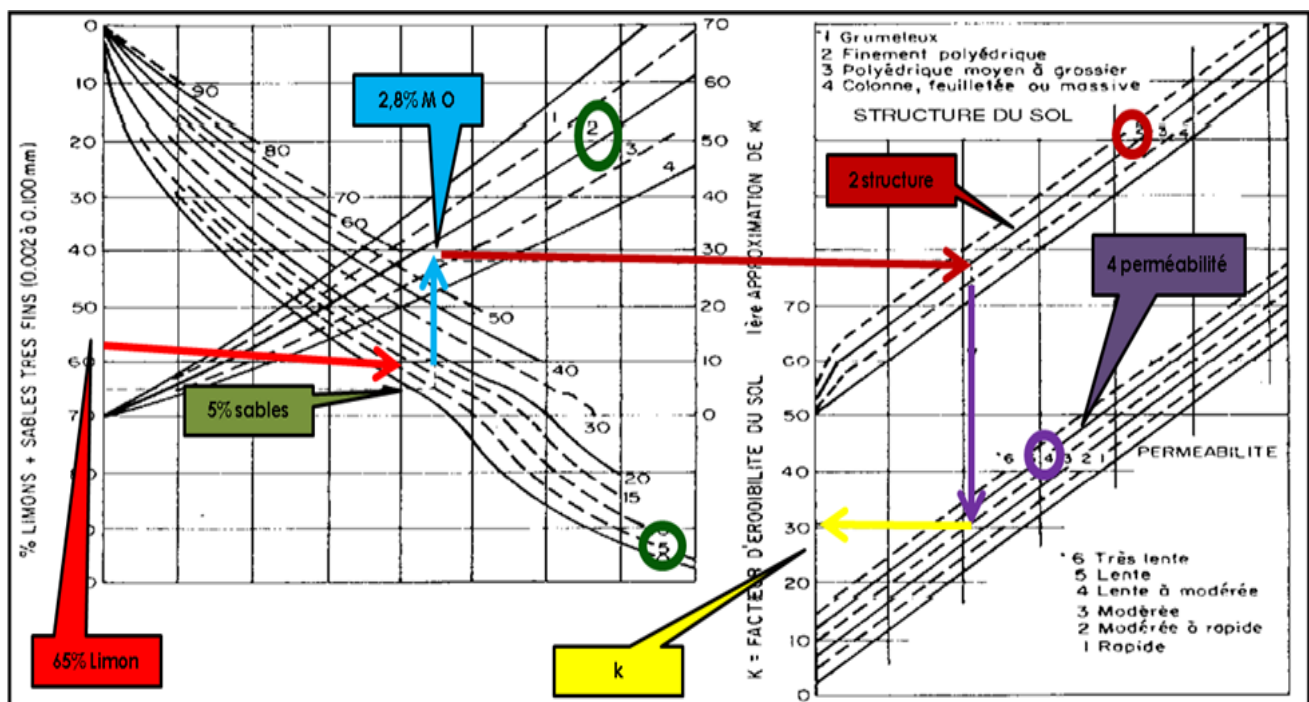


Fig. n°2 exemple de pluviomètre à augets basculeurs

## 2-2/ K représente le facteur d'érodibilité<sup>1</sup> du sol.

Il s'agit de la perte en terre moyenne en tonnes/hectare (tonnes imp./acre) pour un sol particulier, dans un champ travaillé constamment laissé en jachère, qui possède une pente dont les caractéristiques ont été arbitrairement fixées à 22,13 m pour la longueur et à 9 % pour l'inclinaison. Le facteur K est une mesure de la vulnérabilité des particules de sol au détachement et au transport par la pluie et le ruissellement. La texture est le principal facteur qui influence le facteur K, mais la structure, la teneur en matière organique et la perméabilité du sol ont aussi un rôle à jouer c'est pour quoi il y a plusieurs méthodes pour estimer K. Une estimation à l'aide d'un nomographe fig.3

Fig. n°3 Nomographe permettant une évaluation rapide du facteur "K" d'érodibilité des sols (d'après Wischmeier, Johnson et Cross)



<sup>1</sup> L'érodibilité d'un sol, est sa résistance à deux sources d'énergie: d'une part, la battance des gouttes de pluies à la surface du sol et d'autre part, l'entaille du ruissellement entre les mottes, dans les griffes ou les rigoles. Les premières études d'érodibilité des matériaux ont été effectuées par Hjulström (voir cours érosion pluviale).

Procédure : pour un échantillon ayant : **65%** de limon + STF, **5% de sables**, **2,8%** de matières organiques, **2 de structure** et **4 de perméabilité**. **K = 0,31**

Entrer par la gauche dans le graphe et pointer **65%** % de limon (0,002 à 0,100 mm) puis 5% de sables (0,10 à 2 mm) puis de matières organiques, la structure et la perméabilité dans le sens indiqué par les flèches. Interpoler si nécessaire entre les courbes dessinées. La ligne fléchée pointillée illustre le mode opératoire.

Une estimation à l'aide d'un nomographe fig.4

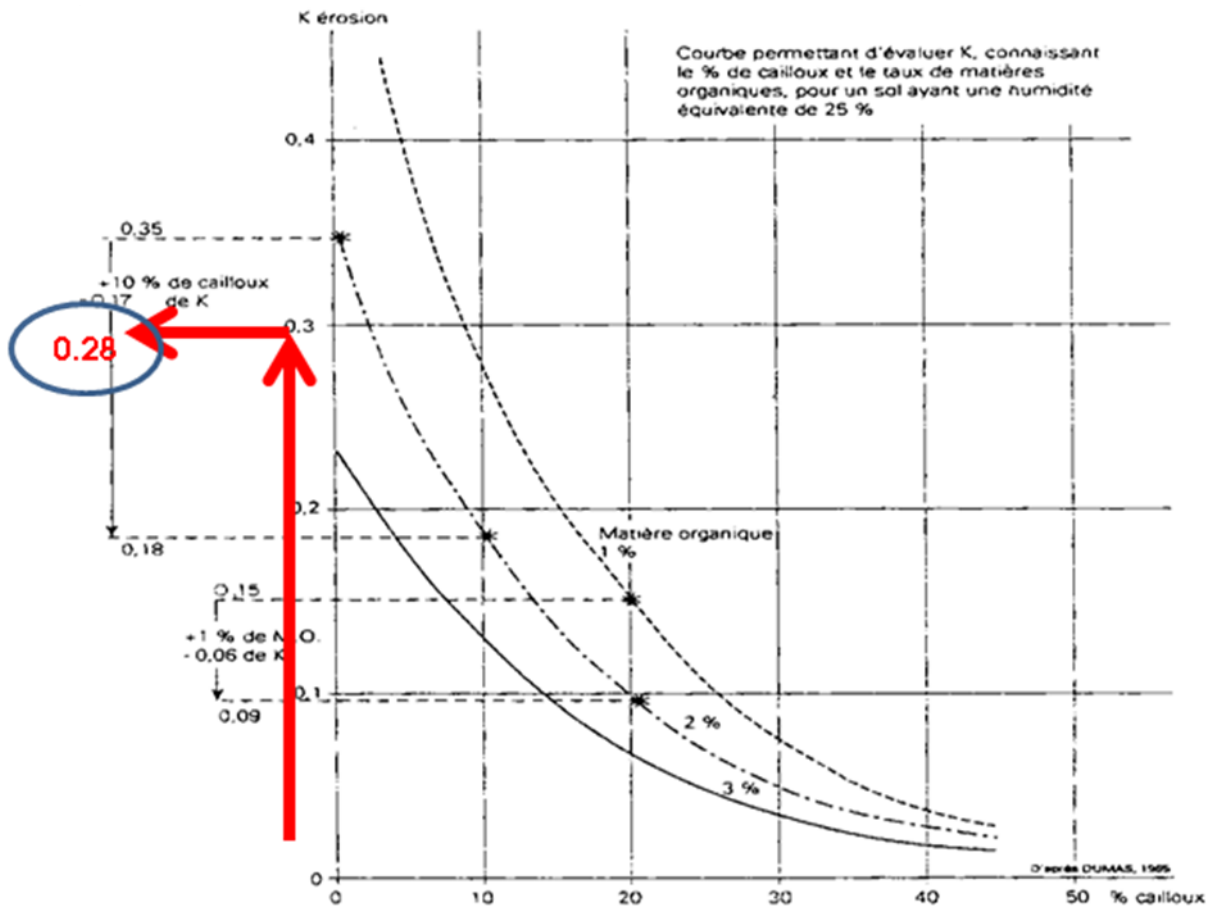


Fig. n°4 Nomographe permettant de calculer k connaissant le % de cailloux et le % de Matière Organique.

**2-3/ LS** représente les pertes en terre en un endroit caractérisé par une inclinaison « standard » de 9 % et une longueur de pente de 22,13 m. Plus la pente d'un champ est raide et longue, plus les risques d'érosion seront élevés.

On établit le facteur LS à l'aide de l'équation suivante

$$LS = \frac{\sqrt{f}}{100} (0.76 + 0.53p + 0.76 p^2)$$

Où : - f : longueur de pente ; - p : pente exprimée (%).

Pour faciliter l'utilisation de cette équation, les auteurs (Wischmeier et smith) (1978) ont établi un graphique donnant LS en fonction du pourcentage (%) et de la longueur de pente, il varie entre 0.1 et 20 Fig. N°5

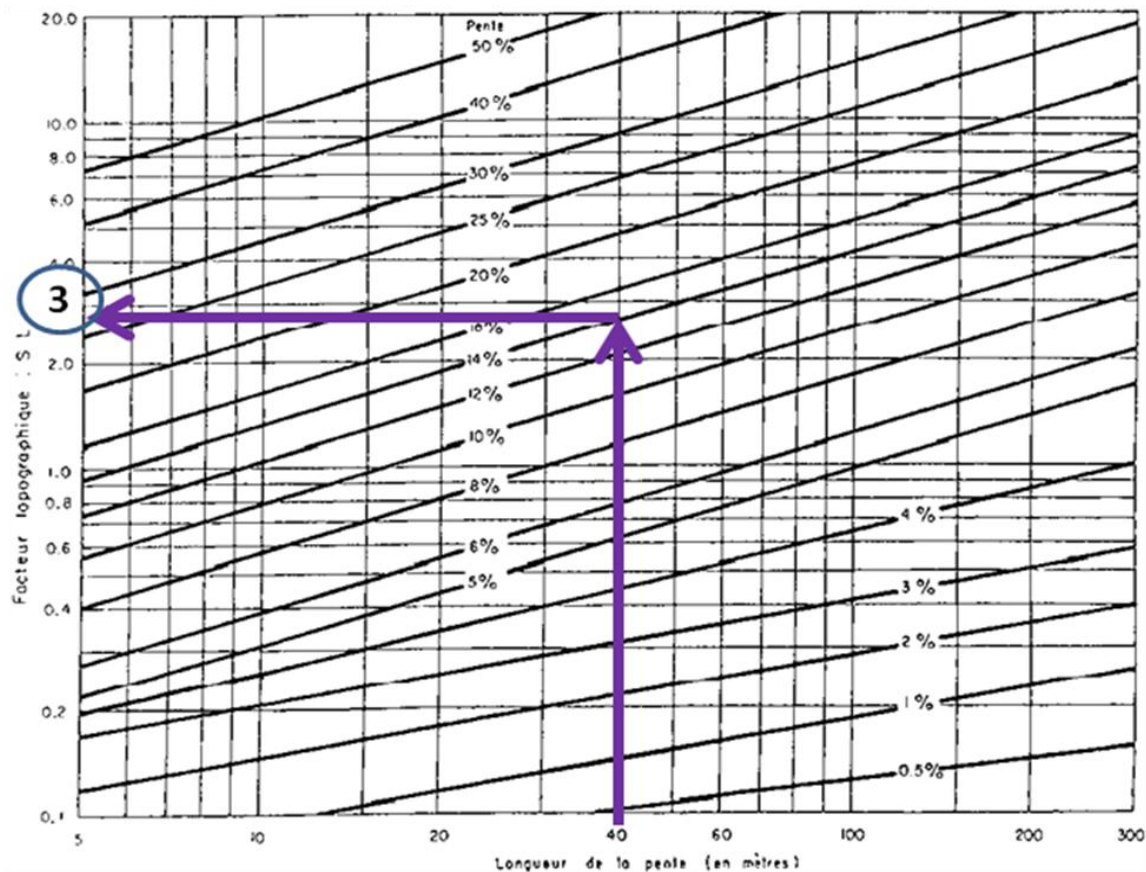


Fig. n°5 estimation de LS Pour une pente de 15 % et une longueur de 40 m

**2-4/ C** correspond au facteur culture-végétation et gestion. Ce facteur sert à déterminer l'efficacité relative des systèmes de gestion du sol et des cultures en termes de prévention des pertes en terre. Le facteur C est un ratio qui compare les pertes en terre provenant d'un champ faisant l'objet d'un système cultural et d'un système de gestion spécifiques et les pertes correspondantes dans un champ constamment travaillé et laissé en jachère.

**On établit le facteur C en multipliant l'un par l'autre,**

$$C = \text{type de culture} \times \text{de travail du sol}$$

| Type de culture                    | Facteur |
|------------------------------------|---------|
| Maïs-grain                         | 0,40    |
| Haricots, canola, maïs d'ensilage  | 0,50    |
| Céréales de printemps et d'automne | 0,35    |
| Cultures horticoles saisonnières   | 0,50    |
| Arbres fruitiers                   | 0,10    |
| Foin et pâturage                   | 0,02    |

Tableau n°2 Facteur de type de culture

| Méthode de travail du sol               | Facteur |
|-----------------------------------------|---------|
| Labour d'automne                        | 1,0     |
| Labour de printemps                     | 0,90    |
| Déchaumage                              | 0,60    |
| Travail du sol sur billon               | 0,35    |
| Travail en bandes avec fissure profonde | 0,25    |
| Semis direct                            | 0,25    |

Tableau n°3. Facteur de travail du sol

Le facteur C est une valeur généralisée et ne tient pas compte des rotations des cultures, du climat ni de la répartition annuelle des précipitations dans les différentes régions agricoles du pays. Toutefois, ce facteur C, il aide ainsi à évaluer les avantages respectifs de chaque système.

**2-5/ P** représente les effets des pratiques culturales qui réduisent le ruissellement et la vitesse de ruissellement et par conséquent réduisent l'importance de l'érosion.

Les pratiques de conservation les plus couramment utilisées sont énumérées dans le tableau n°4

| Pratique de conservation                         | Facteur P |
|--------------------------------------------------|-----------|
| Culture dans le sens de la pente                 | 1,0       |
| Culture à contre-pente                           | 0,75      |
| Culture suivant les courbes de niveau            | 0,50      |
| Culture en bandes, à contre-pente                | 0,37      |
| Culture en bandes, suivant les courbes de niveau | 0,25      |

Tableau n°4. Facteur P

**Exemple : Calcul de l'érosion du sol à l'aide de l'USLE**

| R   | K   | LS                                                                                                                                                                                                        | C                                                                                                                        | P    |
|-----|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 100 | 0.4 | 1.91                                                                                                                                                                                                      | 0.6                                                                                                                      | 0.75 |
|     |     | <p>Le champ mesure 244 m de long et possède une pente de 6 %.</p> <p>LS directement dans le <b>tableau</b></p> <p>LS calculer à l'aide de <b>l'équation</b> (valeur NN 0,5).</p> <p>Facteur LS = 1,91</p> | <p>Facteur de méthode de travail du sol pour un labour de printemps = 0,9</p> <p><b>Facteur C = 0,4 x 0,9 = 0,36</b></p> |      |

$$A = R \times K \times LS \times C \times P = 100 \times 0,40 \times 1,91 \times 0,36 \times 0,75$$

$$= 20,63 \text{ tonnes/hectare/an (9,28 tonnes imp./acre/an)}$$

# Tableaux d'aide à la décision

| <b>Facteur</b> | <b>Stratégies de gestion</b>                                                                                                                                 | <b>Exemple</b>                                                                                                                                                                                                 |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| R              | Le facteur R pour un champ ne peut être modifié.                                                                                                             | –                                                                                                                                                                                                              |
| K              | Le facteur K pour un champ ne peut être modifié.                                                                                                             | –                                                                                                                                                                                                              |
| LS             | L'aménagement de terrasses permet de réduire la longueur de la pente et du même coup les pertes en terre.                                                    | L'aménagement de terrasses exige un investissement supplémentaire et perturbe quelque peu les activités de la ferme. Envisager d'abord la possibilité de recourir à d'autres pratiques de conservation du sol. |
| C              | Le choix de types de culture et de méthodes de travail du sol qui abaissent le plus possible la valeur du facteur C amène une réduction de l'érosion du sol. | Envisager les systèmes culturaux qui offrent une protection maximale des sols. Recourir le plus souvent possible aux systèmes de travail réduit du sol.                                                        |
| P              | Le choix d'une pratique de conservation à laquelle est associé le facteur P le plus faible possible amène une réduction des pertes en terre.                 | Utiliser des pratiques de conservation, comme la culture à contre-pente, qui font en sorte que les sédiments se déposent près de leur source.                                                                  |

Tableau n°5. Stratégies de gestion destinées à réduire les pertes en terre

| <b>Classe de risque d'érosion du sol</b> | <b>Perte en terre possible en tonnes/hectare/an<br/>(tonnes imp./acre/an)</b> |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Très faible (tolérable)                  | < 6,7 (3)                                                                     |
| Faible                                   | 6,7 (3)-11,2 (5)                                                              |
| Modéré                                   | 11,2 (5)-22,4 (10)                                                            |
| Élevé                                    | 22,4 (10)-33,6 (15)                                                           |
| Grave                                    | > 33,6 (15)                                                                   |

Tableau n°6. Taux de pertes en terre tolérables