

V Erosion des sols et stabilité structurale

V- Erosion des sols et stabilité structurale

- A. Phénomène de battance, ruissellement et érosion
 - Les facteurs intervenant dans l'érosion
 - Mécanismes des différents types d'érosion
 - Le rôle de l'agriculture dans le développement de l'érosion

- B. Etude de la propriété du sol : la stabilité structurale
 - Définition
 - Mécanismes de la stabilité structurale
 - Les facteurs de la stabilité
 - Méthodes d'évaluation de la stabilité Structurale
 - Méthodes basées sur le suivi de l'évolution structurale observées en condition contrôlée

- C. Lutte contre l'érosion

V- Erosion des sols et stabilité structurale

A. **Phénomène de battance, ruissellement et érosion**

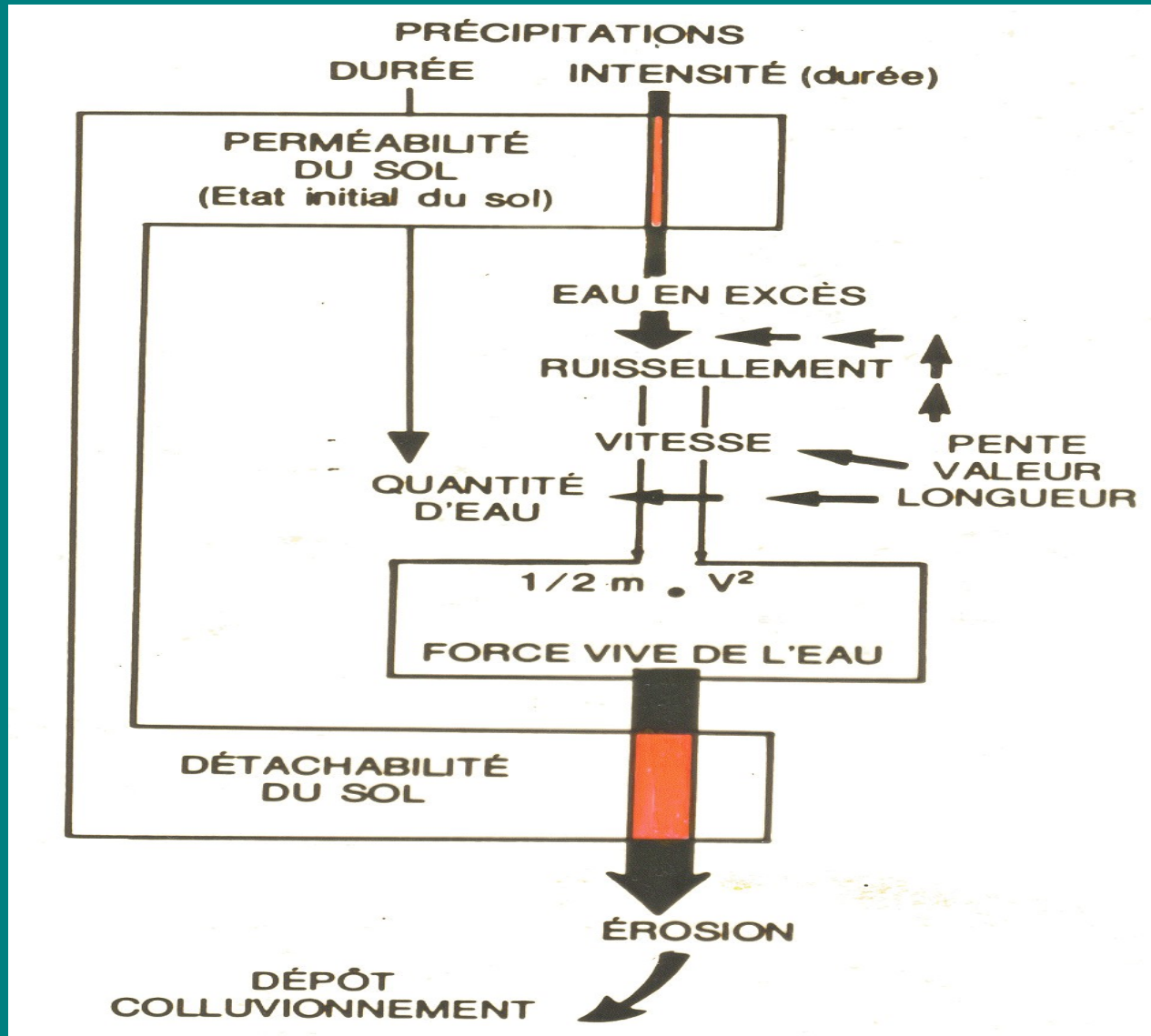
- **Les facteurs intervenant dans l'érosion**
- Mécanismes des différents types d'érosion
- Le rôle de l'agriculture dans le développement de l'érosion

B. Etude de la propriété du sol : la stabilité structurale

- Définition
- Mécanismes de la stabilité structurale
- Les facteurs de la stabilité
- Méthodes d'évaluation de la stabilité Structurale
- Méthodes basées sur le suivi de l'évolution structurale en condition contrôlée

C. Lutte contre l'érosion

Les facteurs de l'érosion



V- Erosion des sols et stabilité structurale

A. **Phénomène de battance, ruissellement et érosion**

- Les facteurs intervenant dans l'érosion
- **Mécanismes des différents types d'érosion**
- Le rôle de l'agriculture dans le développement de l'érosion

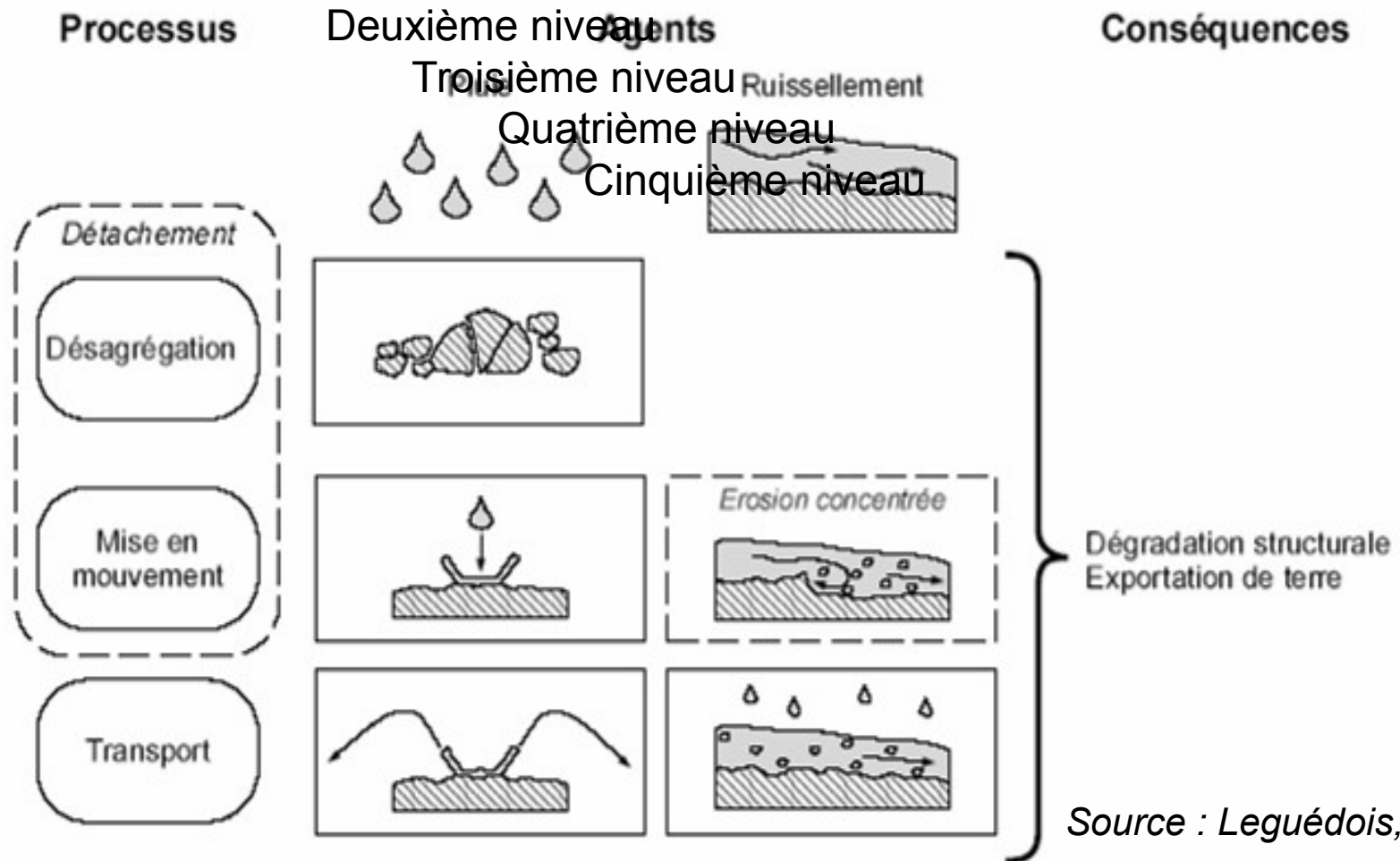
B. Etude de la propriété du sol : la stabilité structurale

- Définition
- Mécanismes de la stabilité structurale
- Les facteurs de la stabilité
- Méthodes d'évaluation de la stabilité Structurale
- Méthodes basées sur le suivi de l'évolution structurale en condition contrôlée

C. Lutte contre l'érosion

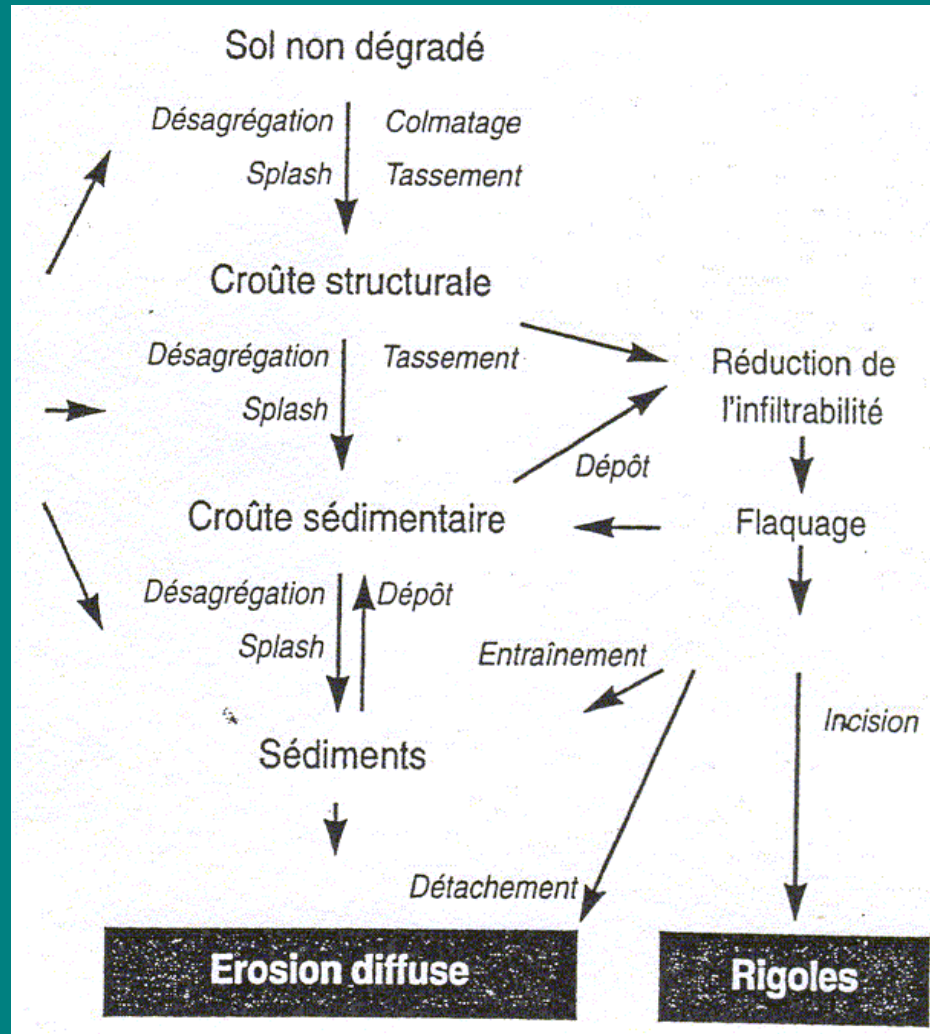
Mécanismes de l'érosion

Cliquez pour modifier les styles du texte du masque

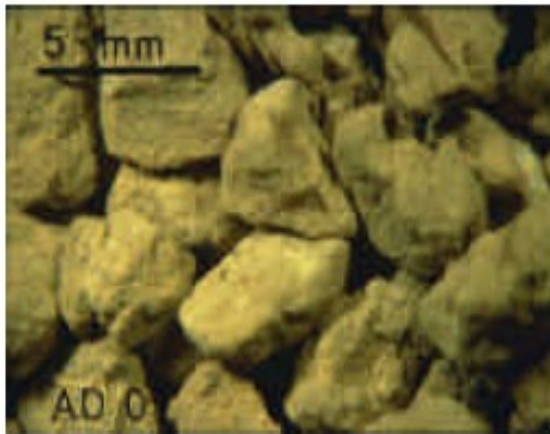


Source : Leguédais, 2003

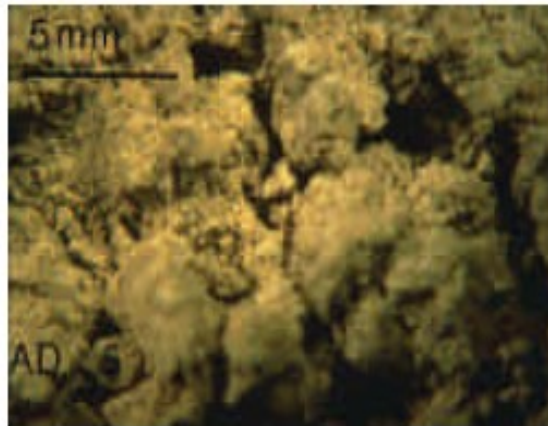
Mécanismes de l'érosion: formation d'une croûte de battance



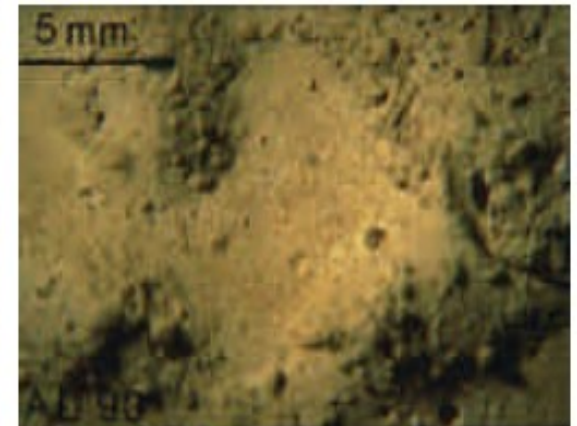
Formation d'une croûte de battance



2a - stade 1 : agrégats visibles



2b - stade 2 : mottes dégradées



2c - stade 3 : croûtes de battance formées

Source : Y. Le Bissonais, 2002

Effet 'splash'



Raindrops hitting the unprotected soil destroy the soil aggregates and the soil structure

Erosion diffuse



Source : Y. Le Bissonais in Leguédais, 2003

Erosion concentrée



Source : Y. Le Bissonais in Leguédais, 2003

Erosion des talus et chemins



V- Erosion des sols et stabilité structurale

A. **Phénomène de battance, ruissellement et érosion**

- Les facteurs intervenant dans l'érosion
- Mécanismes des différents types d'érosion
- **Le rôle de l'agriculture dans le développement de l'érosion**

B. Etude de la propriété du sol : la stabilité structurale

- Définition
- Mécanismes de la stabilité structurale
- Les facteurs de la stabilité
- Méthodes d'évaluation de la stabilité Structurale
- Méthodes basées sur le suivi de l'évolution structurale en condition contrôlée

C. Lutte contre l'érosion

Rôle de l'agriculture dans le développement de l'érosion en France

- Augmentation de la taille des parcelles et suppression des haies
- Diminution des surfaces en prairies et extension de cultures peu couvrantes (type maïs)

Episode pluvieux sur culture de maïs



Episode pluvieux sur culture de maïs



Rôle de l'agriculture dans le développement de l'érosion en France

- Modification des méthodes de travail du sol :
 - Augmentation du poids des machines □ amorces de rigoles
 - Augmentation de la vitesse de travail □ terre fine abondante
 - Augmentation de la profondeur du travail du sol □ diminution de la teneur en matière organique et de la stabilité structurale

Rôle de l'agriculture dans le développement de l'érosion en France

- Modification des méthodes de travail du sol mais techniques améliorantes :
 - Drainage
 - Sous-solage
 - Non labour, désherbage chimique.

Rôle de l'agriculture dans le développement de l'érosion en France

- Fertilisation et amendements des terres :
 - Diminution des restitutions humiques,
 - Baisse de l'activité biologique des sols,
 - Chaulage insuffisant.

Causes non agricoles....

Urbanisation et routes □ imperméabilisation des surfaces et ruissellement / fossés mal entretenus

...

V- Erosion des sols et stabilité structurale

A. Phénomène de battance, ruissellement et érosion

- Les facteurs intervenant dans l'érosion
- Mécanismes des différents types d'érosion
- Le rôle de l'agriculture dans le développement de l'érosion

B. **Etude de la propriété du sol : la stabilité structurale**

- **Définition**
- Mécanismes de la stabilité structurale
- Les facteurs de la stabilité
- Méthodes d'évaluation de la stabilité Structurale
- Méthodes basées sur le suivi de l'évolution structurale en condition contrôlée

C. Lutte contre l'érosion

Définition

La stabilité structurale :

**C'est l'aptitude à résister à l'action
dégradantes des pluies.**

V- Erosion des sols et stabilité structurale

A. Phénomène de battance, ruissellement et érosion

- Les facteurs intervenant dans l'érosion
- Mécanismes des différents types d'érosion
- Le rôle de l'agriculture dans le développement de l'érosion

B. **Etude de la propriété du sol : la stabilité structurale**

- Définition
- **Mécanismes de la stabilité structurale**
- Les facteurs de la stabilité
- Méthodes d'évaluation de la stabilité Structurale
- Méthodes basées sur le suivi de l'évolution structurale observées au champ ou en condition contrôlée

C. Lutte contre l'érosion

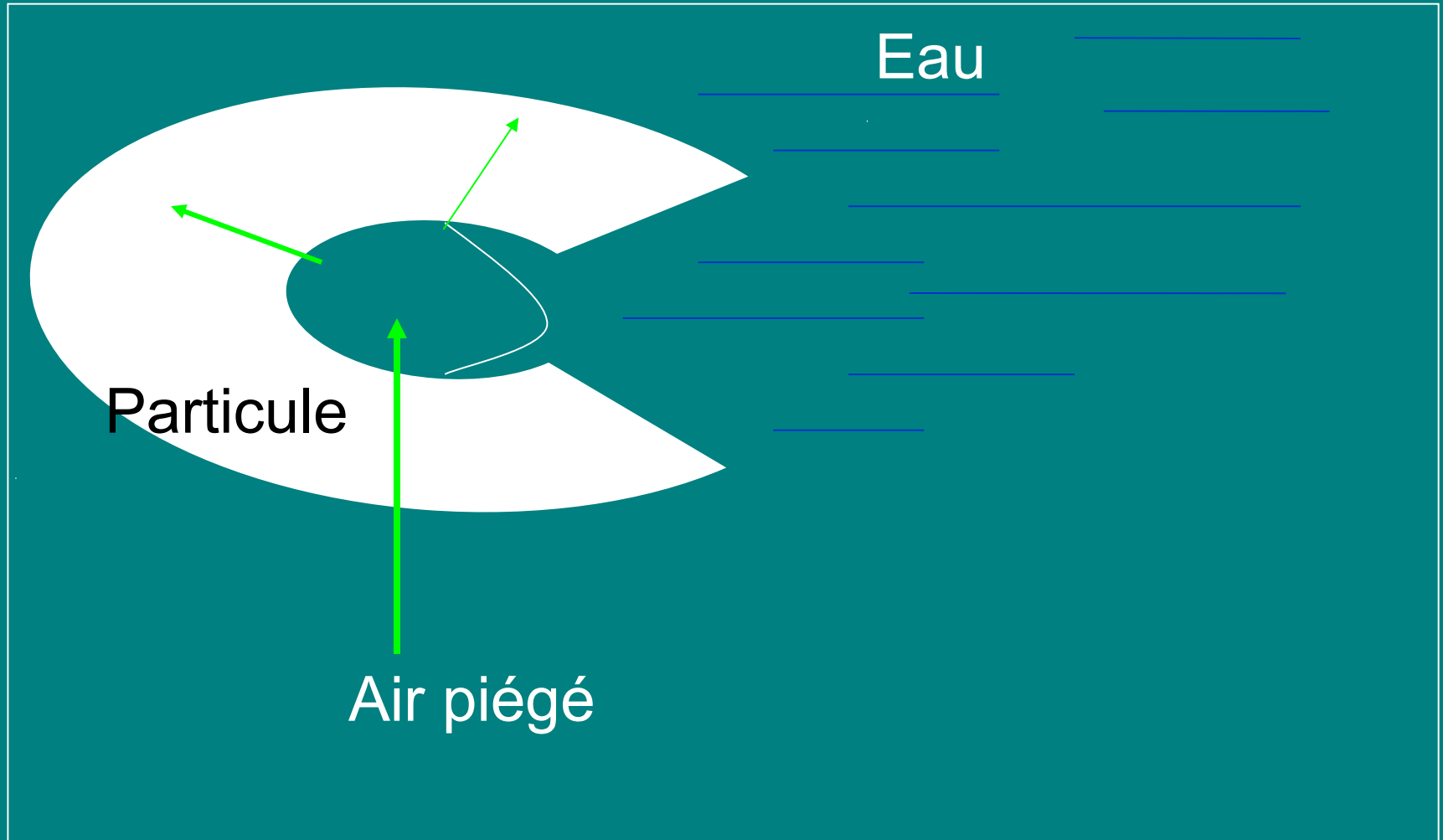
Relation gonflement / stabilité structurale

Indice de gonflement	4,2	3,5	2,5	1,71	1,52	1,38
Agrégats stables en %	88,8	80,8	77,6	4,7	6,2	1,7



Source : Henin (1964)

Mécanisme d'éclatement des particules



Le modèle théorique

$$S = C - P_i$$

Avec :

S : stabilité

C : cohésion à l'état humide

P_i : Pression interne

Variation de la cohésion C avec la teneur en eau

Remarque : la cohésion varie avec la teneur en argile, globalement plus la teneur en argile est grande plus il y a cohésion des particules...

Cohésion



Rôle du piégeage de l'air

Nature de la terre	Agrégats stables > 0,2 mm en %	
	Mouillé sous air	Mouillé sous vide
Limon rouge	18	76
Versailles 42 p . Fumier	6	37
Versailles 42 p. Na NO ₃	2	9
Horizon B	10	32
Argilo calcaire	50	71

Source : Henin, Gras et Monnier (1969)

Formule de calcul de P_i

$$\begin{aligned} P_i &= F/S \\ &= (2 \Pi R T \cos \alpha) / (\Pi R^2) \\ &= 2 (T \cos \alpha / R) \end{aligned}$$

Avec :

P_i : Pression interne

R : Rayon des plus gros pores

T : tension superficielle

α : angle de raccordement entre le sol et l'eau □
mouillabilité de la terre

V- Erosion des sols et stabilité structurale

A. Phénomène de battance, ruissellement et érosion

- Les facteurs intervenant dans l'érosion
- Mécanismes des différents types d'érosion
- Le rôle de l'agriculture dans le développement de l'érosion

B. **Etude de la propriété du sol : la stabilité structurale**

- Définition
- Mécanismes de la stabilité structurale
- **Les facteurs de la stabilité**
- Méthodes d'évaluation de la stabilité Structurale
- Méthodes basées sur le suivi de l'évolution structurale en condition contrôlée

C. Lutte contre l'érosion

Texture et stabilité structurale

Argile en %	60,7	29,0	16,8	14,2
Limon en %	28,7	20,0	19,5	20,6
Agrégats stables en %	38,8	10,9	2,2	1,7

Source : Monnier (1969)

Garniture ionique et stabilité structurale

	Ca	Na
Sol limons argileux	33,5	2,5
Sol limoneux humifère	37,5	2

Source : Monnier (1969)

V- Erosion des sols et stabilité structurale

A. Phénomène de battance, ruissellement et érosion

- Les facteurs intervenant dans l'érosion
- Mécanismes des différents types d'érosion
- Le rôle de l'agriculture dans le développement de l'érosion

B. **Etude de la propriété du sol : la stabilité structurale**

- Définition
- Mécanismes de la stabilité structurale
- Les facteurs de la stabilité
- **Méthodes d'évaluation de la stabilité Structurale**
- Méthodes basées sur le suivi de l'évolution structurale en condition contrôlée

C. Lutte contre l'érosion

Méthodes d'évaluation de la stabilité structurale

- Analyse d'agrégats
- Test de percolation
- Complémentarité des deux tests
- Critiques de ces tests

Analyse d'agrégats

- Mottes de terres non broyées, séchées à l'air □
choix d'agrégats secs dont le diamètre est inférieure à 2 mm
- Action brutale de l'eau sur les agrégats :
 - Mesure des agrégats qui conservent un diamètre $> 200 \mu\text{m}$ = **agrégats dits stables**
 - Mesure des éléments dont le diamètre $< 20 \mu\text{m}$ = A+L
 - Mesure sable grossier (SG) (pour différencier sables et agrégats dits stables)

Analyse d'agrégats

- Trois traitements sont pratiqués :
 - Traitement 1 : aucun prétraitement avant action brutale de l'eau □ mesure des agrégats stables à l'eau seule ($\emptyset > 200 \mu\text{m}$) notés Age
 - Traitement 2 : prétraitement à l'alcool puis action brutale de l'eau □ mesure des agrégats stables à l'alcool et l'eau ($\emptyset > 200 \mu\text{m}$) notés Aga
 - Traitement 3 : prétraitement au benzène puis action brutale de l'eau □ mesure des agrégats stables au benzène et à l'eau ($\emptyset > 200 \mu\text{m}$) notés Agb

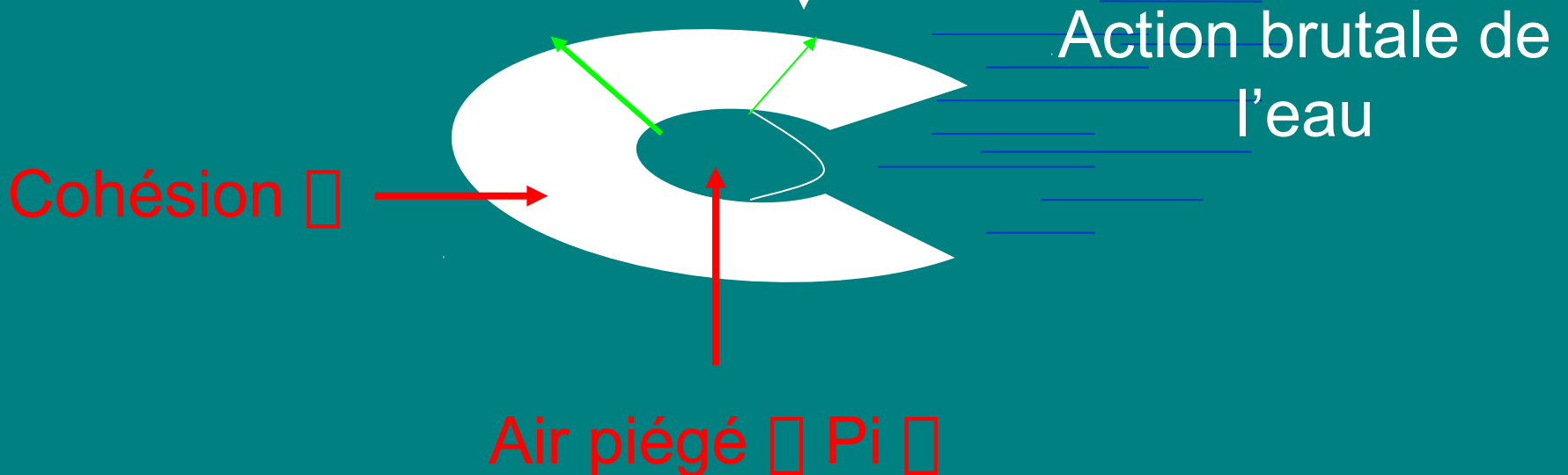
Traitement 1 : action de l'eau
sans prétraitement



Agrégats avec
 $\emptyset < 2 \text{ mm}$

Traitement 1 à l'eau

Eclatement si agrégat instable



Effet du traitement 1 sur le modèle théorique

$$S = C(\square) - P_i(\square)$$

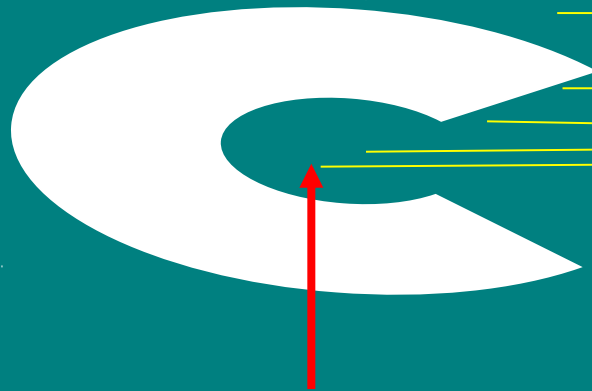
- Si terre stable alors C diminue peu et/ou P_i n'augmente pas trop (terre peu mouillable)
- Si terre instable alors C diminue beaucoup et/ou P_i augmente beaucoup (terre mouillable)

Traitement 2 : prétraitement à
l'alcool puis action de l'eau
(2 phases)



Agrégats avec $\emptyset < 2$
mm

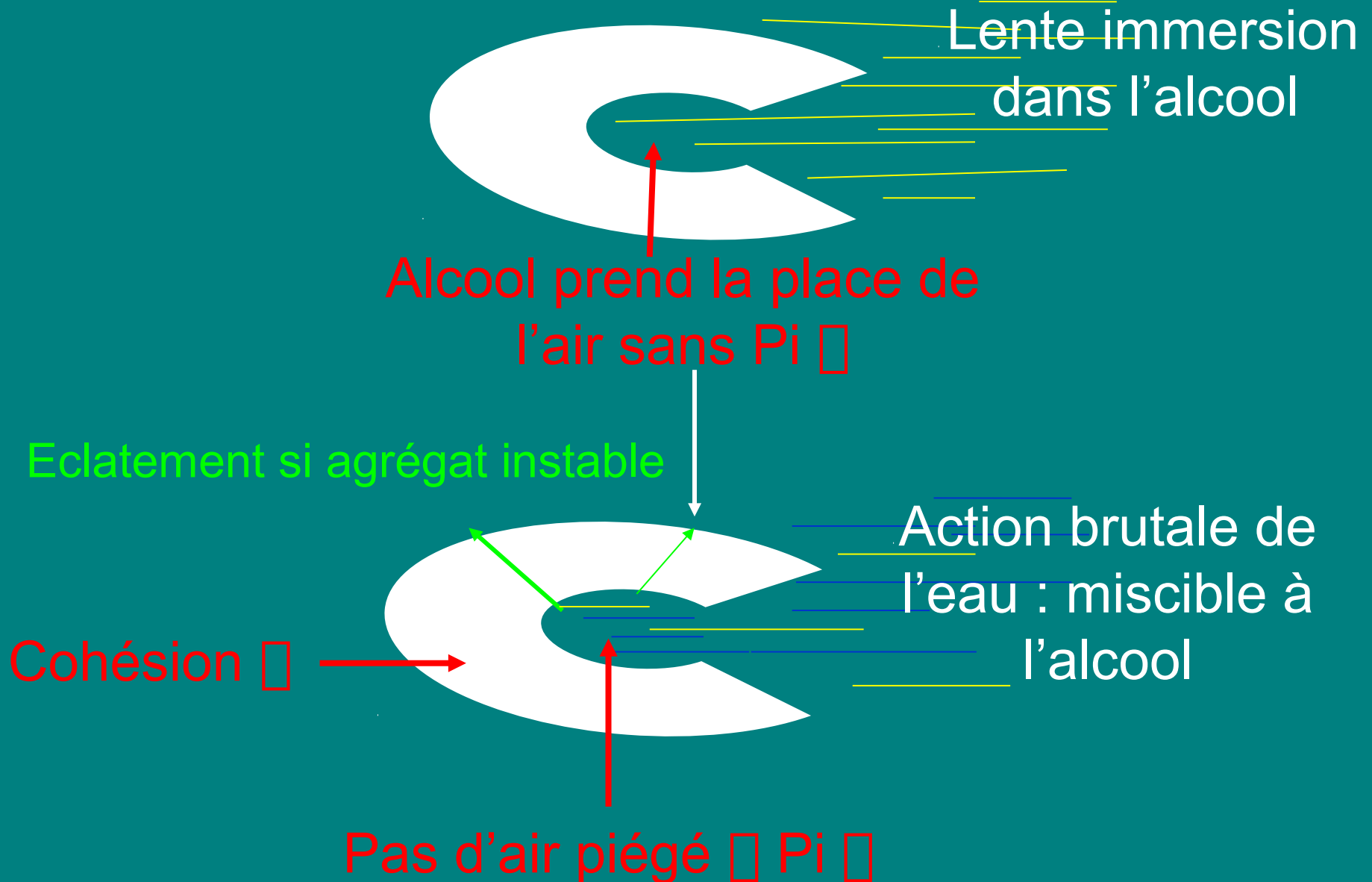
Traitement 2: prétraitement à l'alcool



Lente immersion
dans l'alcool

Alcool prend la place de
l'air sans P_i □

Traitement 2: prétraitement à l'alcool



Effet du traitement 2 sur le modèle théorique

$$S = C (\square) - P_i$$

- Si terre stable alors C diminue peu
- Si terre instable alors C diminue beaucoup

Avec : S : stabilité, C : cohésion à l'état humide et P_i : Pression interne

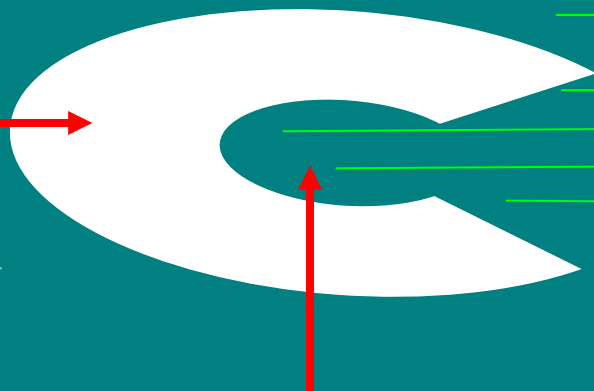
Traitement 3 : prétraitement au benzène puis action de l'eau (2 phases)



Agrégats avec
 $\emptyset < 2 \text{ mm}$

Traitement 3 : prétraitement au benzène

Cohésion
stabilisée
caractère
hydrophobe des
substances
organiques □ par
le benzène

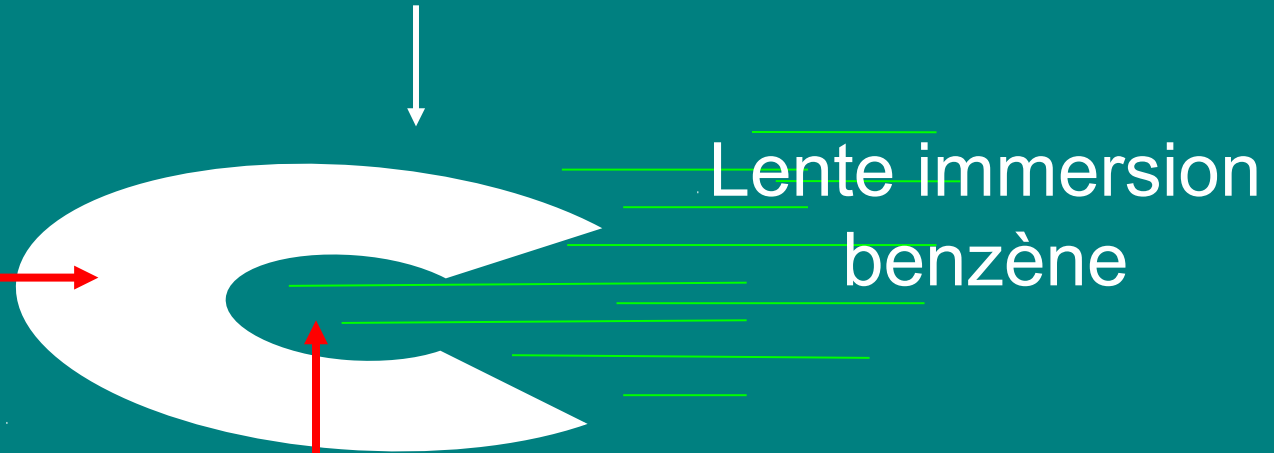


Lente immersion
benzène

Air remplacé par le benzène

Traitement 3 : prétraitement au benzène

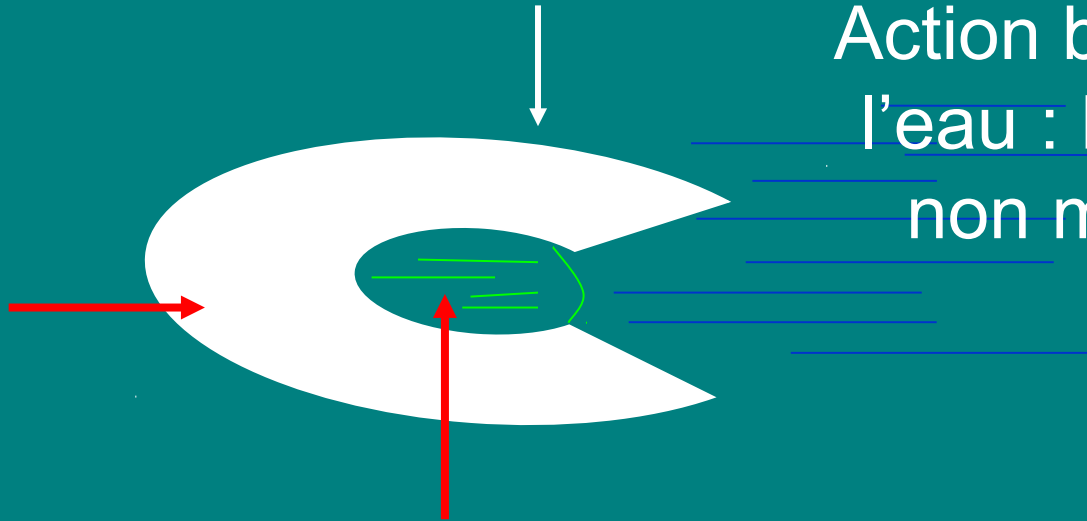
Cohésion stabilisée
caractère hydrophobe
des substances
organiques \square par le
benzène



Air remplacé par le benzène

Action brutale de
l'eau : benzène
non miscible

C stabilisé par
action du
benzène si
beaucoup de
matière
organique



Brutale \square Pi car eau fait compression sur le benzène

Effet du traitement 3 sur le modèle théorique

$$S = C - P_i (\square)$$

- Si terre stable alors P_i augmente peu (terre peu mouillable)
- Si terre instable alors P_i augmente beaucoup (terre très mouillable)

Avec : S : stabilité, C : cohésion à l'état humide et P_i : Pression interne

Evaluation de la stabilité structurale : analyse d'agrégats

Echantillon	A %	Texture	M.O. % tot.	$100 \times \frac{\text{MO. liée}}{A}$	A _{ga} %	A _{gb} %
Sol n° 1, 0-25 cm	20	limoneuse	3,05	13,0	20,5	5,8
Ss-sol n° 1, 30-40 cm	21	limoneuse	0,7	2,9	19,0	0,5
Ss-sol n° 2, 30-40 cm	55	argileuse	1,8	2,9	59,0	1,1

Fig. 22. — Influence des facteurs de stabilité sur les différents tests

Indice global de Stabilité : Is

$$Is = \frac{(A + L) \text{ max en \%}}{((Age + Aga + Agb) / 3 - 0,9 SG) }$$

Avec :

A + L : taux d'éléments fins (argiles + limons)

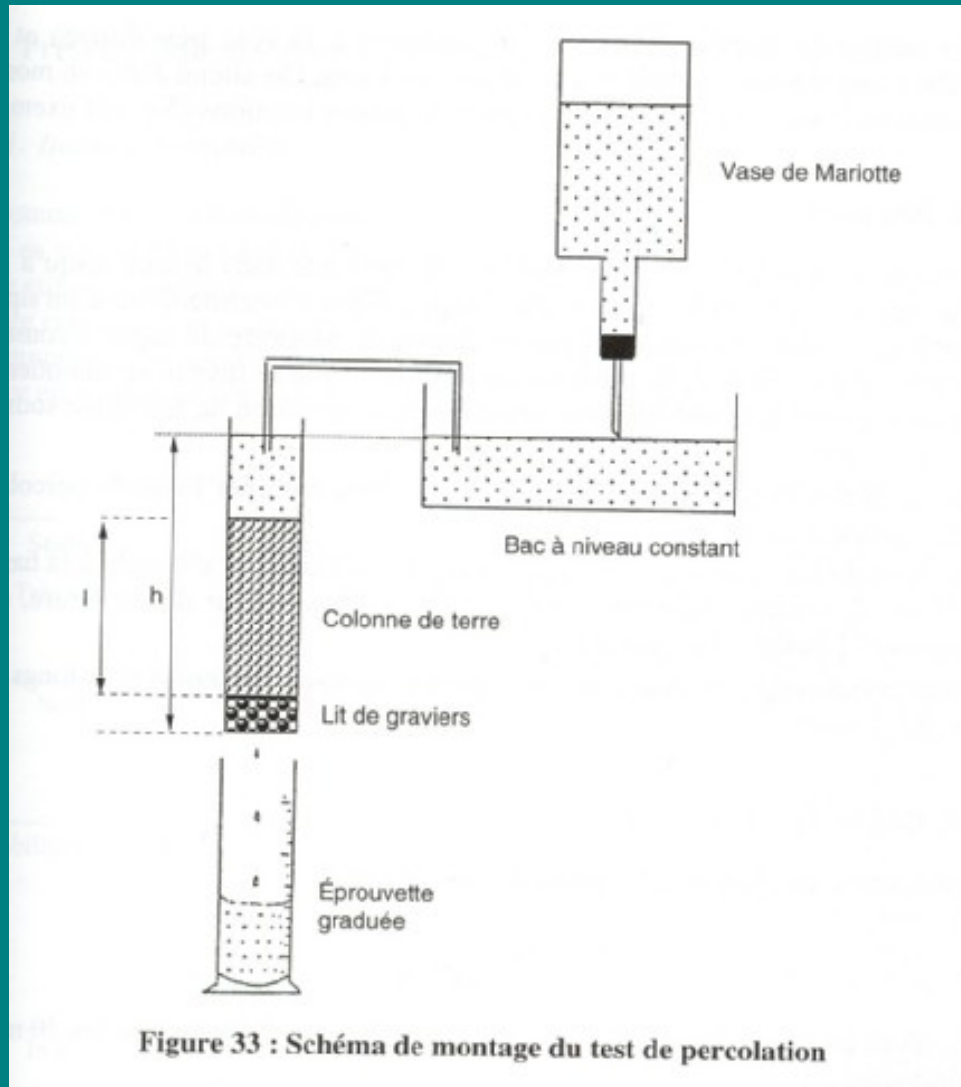
Age : taux d'agrégats stables à l'eau

Aga : taux d'agrégats stables à l'alcool

Agb : taux d'agrégats stables au benzène

SG : taux de sables grossiers

Test de percolation : indice K



$$K = \frac{I \times V}{H \times S}$$

Avec :

I : hauteur en cm de la colonne terre

V : Volume en cm³ recueilli au cours de la première heure en percolation

H : Hauteur en cm dans le tube entre la toile filtrante et la surface libre de l'eau

S : section intérieure du tube en cm²

K : s'exprime donc en cm/h

Relation entre I_s et K

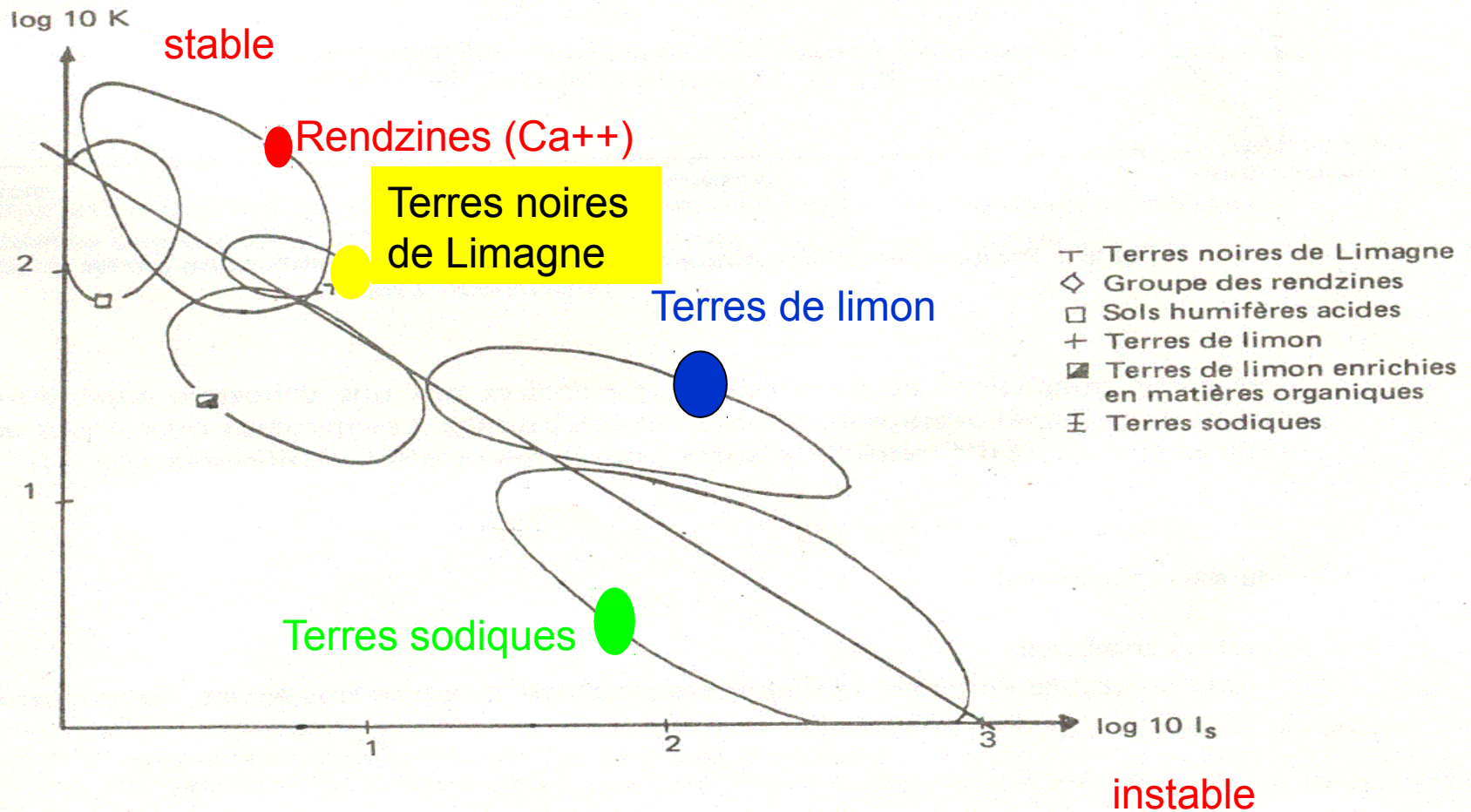
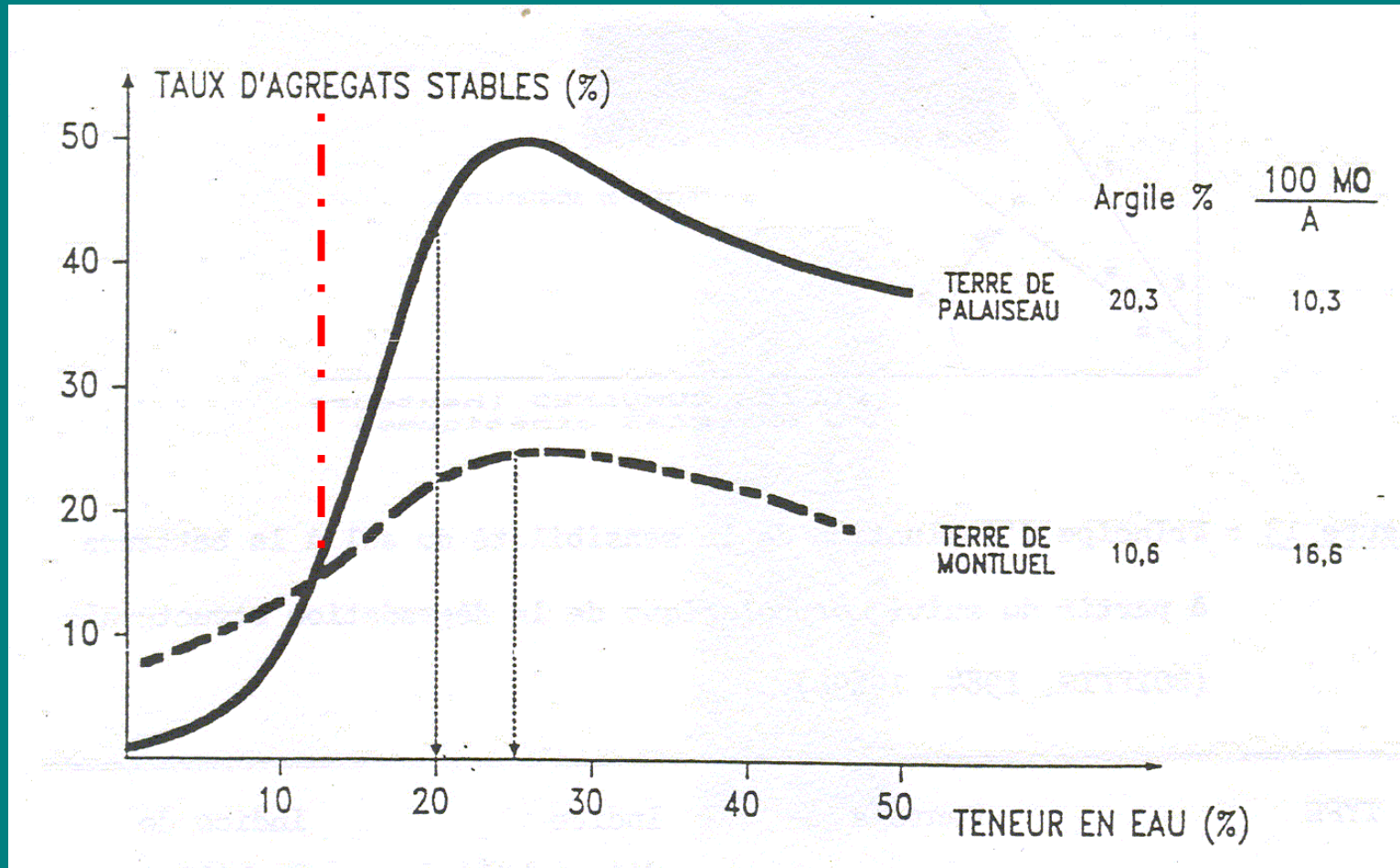


Fig. 5 : Stabilité structurale de différents sols
(d'après HENIN, GRAS, MONNIER - 1969)

Influence de la teneur en eau des fragments sur la sensibilité à la désagrégation des deux types de terre



Conclusion sur les mécanismes existants....

- La microfissuration : alternances gonflement – retrait (Cf. régénération des sols)
- La dispersion (SCHLOESING -1885)
- La désagrégation par éclatement dans le cas d'agrégats secs (HENIN)
- La désagrégation sans éclatement : arrachement / chocs de gouttes de pluie (comportement terres humides)

V- Erosion des sols et stabilité structurale

A. Phénomène de battance, ruissellement et érosion

- Les facteurs intervenant dans l'érosion
- Mécanismes des différents types d'érosion
- Le rôle de l'agriculture dans le développement de l'érosion

B. **Etude de la propriété du sol : la stabilité structurale**

- Définition
- Mécanismes de la stabilité structurale
- Les facteurs de la stabilité
- Méthodes d'évaluation de la stabilité Structurale
- **Méthodes basées sur le suivi de l'évolution structurale en condition contrôlée**

C. Lutte contre l'érosion

Méthode Le Bissonais – Le Souder

- Méthode tenant compte de trois situations de désagrégation :
 - Traitement 1 : comportement de matériaux secs soumis à une irrigation par submersion ou des pluies intenses (éclatement + action mécanique)
 - Traitement 2 : comportement de matériaux secs ou peu humides soumis à des pluies modérées (éclatement, peu d'action mécanique)
 - Traitement 3 : comportement de matériaux humides, réhumectés préalablement sans provoquer d'éclatement

Conclusions pratiques /

Méthode Le Bissonais – Le Souder

MWD en mm	Stabilité	Battance	Ruissellement et érosion diffuse
< 0,4	Très instable	Systématique	Risque important et permanent en toutes conditions topographiques
0,4 – 0,8	Instable	Très fréquente	Risque fréquent en toute situation
0,8 – 1,3	Moyennement stable	Fréquente	Risque variable en fonction des paramètres climatiques et topographiques
1,3 - 2	Stable	Occasionnelle	Risque limité
> 2	Très stable	Très rare	Risque très faible

V- Erosion des sols et stabilité structurale

- A. Phénomène de battance, ruissellement et érosion
 - Les facteurs intervenant dans l'érosion
 - Mécanismes des différents types d'érosion
 - Le rôle de l'agriculture dans le développement de l'érosion

- B. Etude de la propriété du sol : la stabilité structurale
 - Définition
 - Mécanismes de la stabilité structurale
 - Les facteurs de la stabilité
 - Méthodes d'évaluation de la stabilité Structurale
 - Méthodes basées sur le suivi de l'évolution structurale en condition contrôlée

- C. **Lutte contre l'érosion**

Moyens de lutte sur le plan agronomique : action sur les surfaces exposées

- Protéger la surface du sol :
 - Abri, couvert naturel, couvert artificiel...
- Augmenter la résistance de la surface du sol :
 - Amendements, conditionneurs de sol, matière organique, techniques agricoles...
- Accroître l'infiltration et diminuer les écoulements :
 - Infiltration instantanée, retardée...

Moyens de lutte sur le plan agronomique : action sur les écoulements

- Limiter les concentrations :
 - Parcellaire
- Etaler les écoulements concentrés
- Maîtriser les écoulements et leurs vitesse et énergies
- Augmenter la résistance du lit et de ses abords
- Maîtriser la sédimentation
- Artificialiser les écoulements