

# **LA PROBLEMATIQUE DE L'AMENAGEMENT DES BASSINS VERSANTS :**

**Cas de l'expérience marocaine**

---

***C'EST D'ABORD UNE QUESTION  
D'APPROCHE***

**Mustapha EL HADDAD**

**Association Internationale Forêts  
Méditerranéennes**

**Maroc**

# **Introduction**

**Plusieurs entrées sont possibles.**

**Deux entrées sont privilégiées:**

- **Analyse des problèmes de l'érosion à l'échelle régionale : *comment s'opère le choix des zones prioritaires tout en maximisant la rentabilité?***
- **Dimension humaine de l'aménagement des BV: *Comment faire participer la population dans un environnement marqué par la dégradation du milieu, un sous équipement et la pauvreté?***



**• Quelques données:**

- Sur 22.7 millions d'ha étudiés, 15,2 millions d'ha ne devraient être mis en valeur que par le pâturage et les forêts et 5,5 millions d'ha de terres cultivées doivent faire l'objet de mesures sévères de conservation des sols;
- Sur une capacité totale de stockage de près de 16 milliards de m<sup>3</sup> d'eau: 800 millions sont déjà perdus par envasement;
- Rythme annuel d'envasement: entre 60 et 50 millions de m<sup>3</sup>;
- Pertes totales actualisées dues à l'érosion sont de l'ordre de 10 milliards de Dh.

## **Des ressources en eau et en terre rares, fragiles et menacées par l'érosion:**

Disponibilités en eau au Maroc (1990) : 1151 m<sub>3</sub>/hab./an  
(contre 2826 en Espagne, 3612 en Turquie et 5763 en Grèce)

L'eau mobilisée subit des pertes importantes dues à l'envasement  
des retenues des barrages

Le Maroc fera partie dès 2025 des pays à stress hydrique chronique  
avec seulement 689 m<sub>3</sub>/hab./an !



*La conservation de l'eau doit bénéficier du même niveau  
d'attention que sa mobilisation*

**L'AMENAGEMENT DES BASSINS VERSANTS AU MAROC**  
***C'EST D'ABORD UNE QUESTION D'APPROCHE***

**La terre est soumise à la pression démographique et à la dégradation:**

---

- **Le ratio surface disponible pour 1000 hab.est de 346 ha (1994) et ne sera que de 232 ha en 2020. La surface irriguée se situe déjà à 0,45 ha par hab.**
- **Inadéquation entre aptitude des terres et leur utilisation qui s'exprime par l'extension inquiétante des surfaces cultivées (7,9 M d'ha en 1982 à 9,2 M d'ha en 95) se traduisant par la mise en culture des terres forestières et de parcours et par la recrudescence des phénomènes d'inondation.**



**Envasement alarmant des barrages !!**

## **Phénomène érosif très important au Maroc**

- **Type des sols de nature très friable (schistes, marnes).**
- **Situation marquée par l'opposition des deux saisons.**
- **Relief ondulé et accidenté des chaînes rifaines et atlassiques.**
- **Activités humaines et de leurs conséquences sur l'environnement.**



### **Envasement des barrages**

**Urgence de la mise en œuvre des schémas-directeurs d'aménagements des B.V. en amont des barrages les plus menacés**

# L'Evolution de la lutte anti-érosive

**1ière étape: 1917/51 : Les lois forestières et la prévention de l'érosion**

**Interdiction des défrichements et l'exploitation du bois vivant.**

**2ième étape : 1951/69 : Une politique volontariste de lutte contre l'érosion et de protection des infrastructures**

- **Dahir du 20 mars 1951: périmètres de DRS, l'Administration forestière « sort du domaine forestier» pour cause d'utilité publique.**
- **Création du Service de la DRS au sein de l'AEFCS.**
- **Dahir de 1969: Code des Investissements Agricoles (autres subventions, périmètre d'Intérêt National, périmètre d'Amélioration Pastoral).**

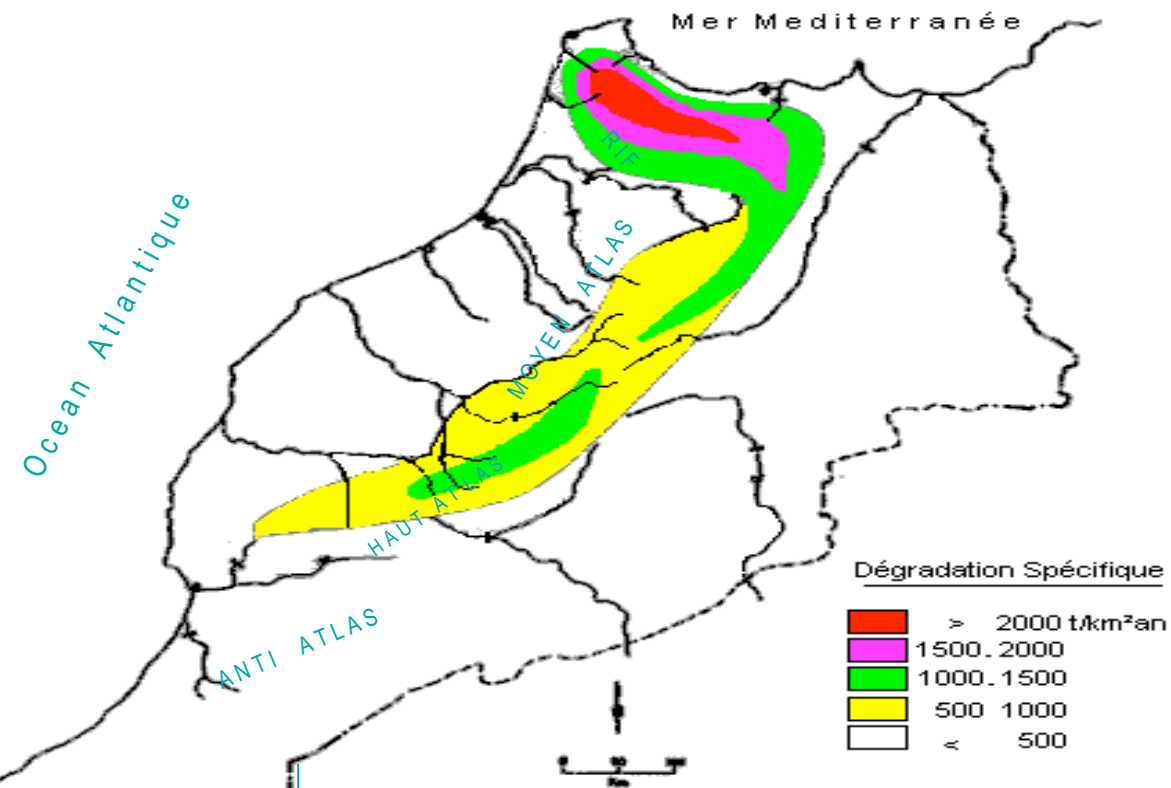
# L'Evolution de la lutte anti-érosive

## **3ième étape : 1970/80 : Les schémas Directeurs et les Projets intégrés**

**Etude générale de l'érosion au Maroc, Schéma Directeurs (6) avec 2 objectifs : protection des sols en amont et protection des infrastructures hydroagricoles en aval.**

## **4ième étape : 1980/90**

- 1988 : Séminaire national sur l'aménagement des B.V. a permis de faire le point sur l'expérience acquise et a arrêté certaines recommandations;**
- Une palette de techniques bien maîtrisées mais peu variées;**
- Une polarisation des interventions dans les zones à forte érosion;**
- Une collaboration de la population est recherchée, mais c'est la poursuite de l'intérêt de l'Etat qui prime dans le cadre des projets intégrés;**



## DEGRADATION SPECIFIQUE PAR REGION

# **Recommandations du Séminaire National sur l'Aménagement des Bassins Versants (1988)**

- **Établissement d'un Plan National d'Aménagement des Bassins Versants (PNABV);**
- **Élaboration d'un programme de recherche en la matière;**
- **Mise en place de structures spécifiques d'étude dans ce domaine et formation de cadres;**
- **Modification de l'approche pour augmenter la participation de la population;**
- **Adoption d'un système de financement intégrant davantage l'aval !.**

# L'Evolution de la lutte anti-érosive

## 5ième étape : de 1990 à nos jours

- **1992: Définition d'un programme de recherche sur les B.V. (Atelier National) regroupé en 2 axes : aspects techniques et aspects socio-économiques;**
- **Création des Services Régionaux d'étude et d'aménagement des bassins versants avec équipe multidisciplinaire et technologie appropriée;**
- **Lancement à partir de 1994 d'un vaste programme de recherche sur la modélisation de l'érosion et de projets pilotes visant la mise au point d'une méthodologie d'aménagement des B.V. avec la participation des populations**

## L'Évolution de la lutte anti-érosive

**- 1996: Elaboration du Plan National d'Aménagement des B.V. qui a permis de dégager les conclusions suivantes:**

- \* les superficies à risque dans les 22 bassins versants étudiés (15 millions d'Ha) sont de 11 millions d 'Ha (73%) et les superficies à aménager sont de plus de 3 millions d 'Ha (20%);**

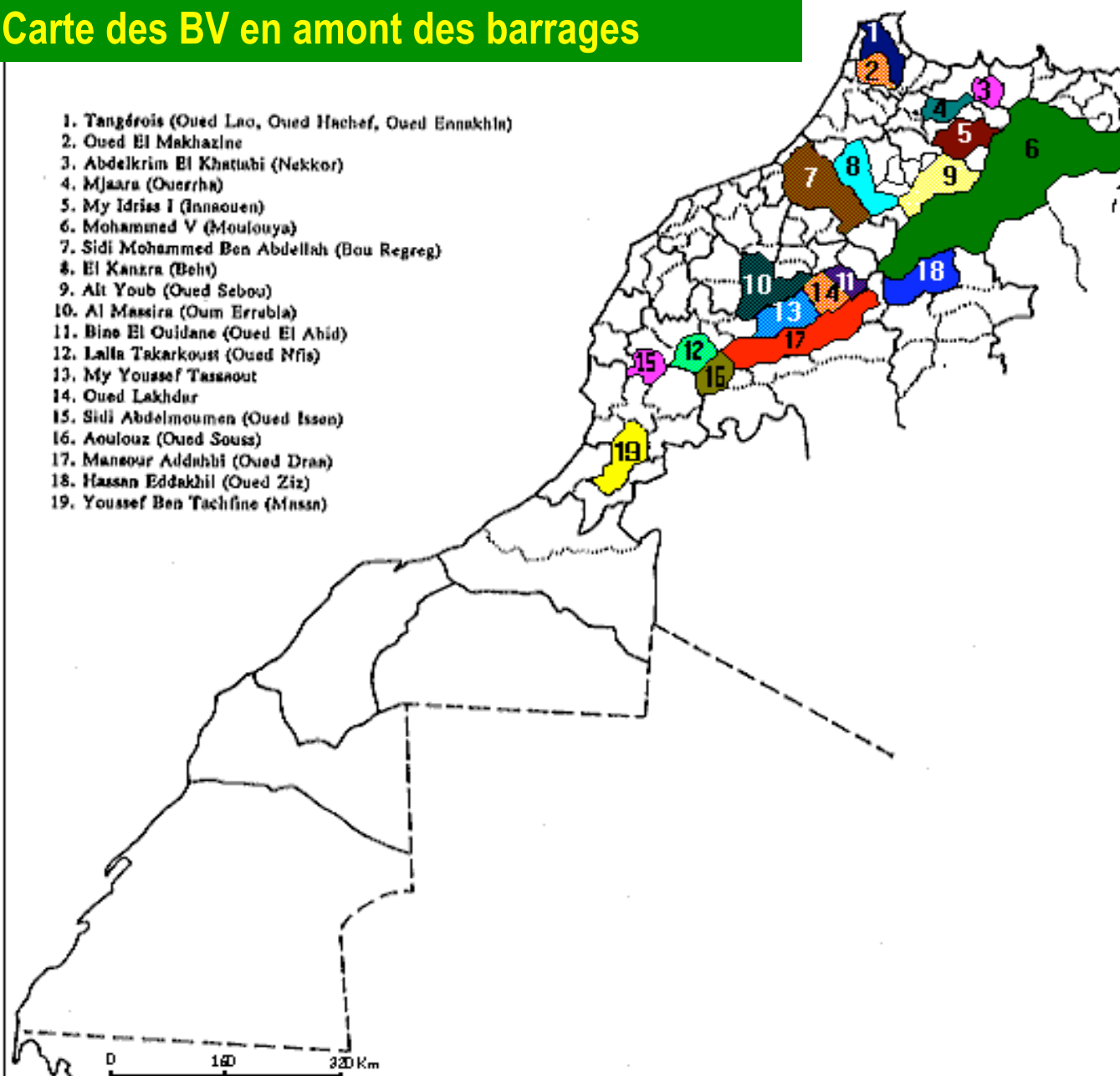
- \* Sur 20 ans les superficies à traiter sont estimées à 75.000 Ha/an;**

- \* les pertes totales actualisées dues à l'érosion sont de l'ordre de 10 milliards de Dh;**

- \* Ce plan a permis de classer ces bassins selon les priorités d'aménagement à partir d'une évaluation économique des pertes amont et aval.**

## Carte des BV en amont des barrages

1. Tangérois (Oued Lao, Oued Hachef, Oued Ennakhl)
2. Oued El Makhazine
3. Abdelkrim El Khatubi (Nekkor)
4. Mjaara (Ouerha)
5. My Idriss I (Innaouen)
6. Mohammed V (Moulouya)
7. Sidi Mohammed Ben Abdellah (Bou Regreg)
8. El Kanza (Beh)
9. Alt Youb (Oued Sebou)
10. Al Massira (Oum Errabia)
11. Bino El Ouldane (Oued El Ahid)
12. Lalla Takarkoust (Oued Nfis)
13. My Youssef Tassout
14. Oued Lakhdar
15. Sidi Abdelmoumen (Oued Issen)
16. Aoulouz (Oued Souss)
17. Mansour Addahbi (Oued Dran)
18. Hassan Eddakhil (Oued Ziz)
19. Youssef Ben Tachfine (Masse)



| Nom du Barrage      | Répartition des coûts amont et aval<br>de l'érosion selon les bassins versants |                               |                               |             |                       |              |                        |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------|-----------------------|--------------|------------------------|
|                     | Superficie                                                                     | Capacité de                   | Envasement                    | Pertes      | Dégradation           | Pertes       | SAFBV                  |
|                     | B. Versant<br>Km <sup>2</sup>                                                  | la retenue<br>Mm <sup>3</sup> | annuel<br>Mm <sup>3</sup> /an | Aval<br>MDH | spécifique<br>t/ha/an | Amont<br>MDH | Total<br>pertes<br>MDH |
| Mohamed V           | 49920                                                                          | 465                           | 10                            | 1185        | 3                     | 630          | 1815                   |
| Ouahda              | 6153                                                                           | 3730                          | 18,5                          | 0           | 20                    | 1462         | 1462                   |
| Hassan I            | 1670                                                                           | 254                           | 2,9                           | 145         | 26,05                 | 607          | 752                    |
| Moulay Youssef      | 1441                                                                           | 175                           | 2,6                           | 281         | 27,06                 | 454          | 735                    |
| O. Makhazine        | 1820                                                                           | 772                           | 4,6                           | 103         | 37,91                 | 627          | 730                    |
| Idriss I            | 3680                                                                           | 1173                          | 2,2                           | 0           | 8,97                  | 659          | 659                    |
| Allal Fassi         | 5765                                                                           | 81                            | 1,2                           | 0           | 20                    | 629          | 629                    |
| EL Kansera          | 4540                                                                           | 265                           | 1,4                           | 108         | 4,63                  | 478          | 586                    |
| Bine EL Ouidane     | 6400                                                                           | 1300                          | 5                             | 0           | 11,72                 | 549          | 549                    |
| Mansour Eddahbi     | 15000                                                                          | 505                           | 4,7                           | 169         | 4,7                   | 221          | 390                    |
| Med B.A. Khattabi   | 780                                                                            | 34                            | 1,3                           | 118         | 25                    | 198          | 316                    |
| Lalla Takerkoust    | 1707                                                                           | 68                            | 0,5                           | 39          | 4,39                  | 254          | 293                    |
| Sidi M.B. Abdellah  | 9800                                                                           | 477                           | 1,7                           | 0           | 2,6                   | 258          | 258                    |
| Youssef B.Tachefine | 3784                                                                           | 303                           | 1,43                          | 41          | 8,32                  | 147          | 188                    |
| Aoulouz             | 4500                                                                           | 100                           | 2,1                           | 49          | 3,2                   | 78           | 127                    |
| AL Massira          | 28500                                                                          | 2747                          | 2,5                           | 0           | 1,32                  | 118          | 118                    |
| Hassan Eddakhil     | 4400                                                                           | 343                           | 1,17                          | 34          | 3,99                  | 79           | 113                    |
| Ibn Batouta         | 178                                                                            | 36                            | 0,56                          | 80          | 47,19                 | 33           | 113                    |
| Nakhla              | 107                                                                            | 6                             | 0,3                           | 65          | 42,06                 | 35           | 100                    |
| Abdelmoumen         | 1300                                                                           | 213                           | 0,23                          | 0           | 2,65                  | 55           | 55                     |
| Hachef              | 220                                                                            | 300                           | 0,5                           | 0           | 26,5                  | 48           | 48                     |
| Mellah              | 1800                                                                           | 8                             | 0,15                          | 12          | 0                     | 0            | 12                     |

# Bilan de réalisation des travaux de lutte contre l'érosion et de conservation des sols

Au total **500.000 ha** environ sont déjà traités, dont:

- 260.000 ha de plantations fruitières, en courbes de niveau;
- 115.500 ha de reboisement de protection;
- 78.000 ha d'amélioration pastorale et 5.900 ha de plantations fourragères;
- Correction mécanique des ravins, des berges et des versants (seuils, cordons et murettes en pierre, terrasses) et biologique sur 43.200 ha.

## Incohérences et limites

Cadre institutionnel: Foisonnement des intervenants. De nombreuses institutions et administrations interviennent dans la lutte contre l'érosion sans qu'il y ai eu une clarification des compétences (au moins pour certaines)

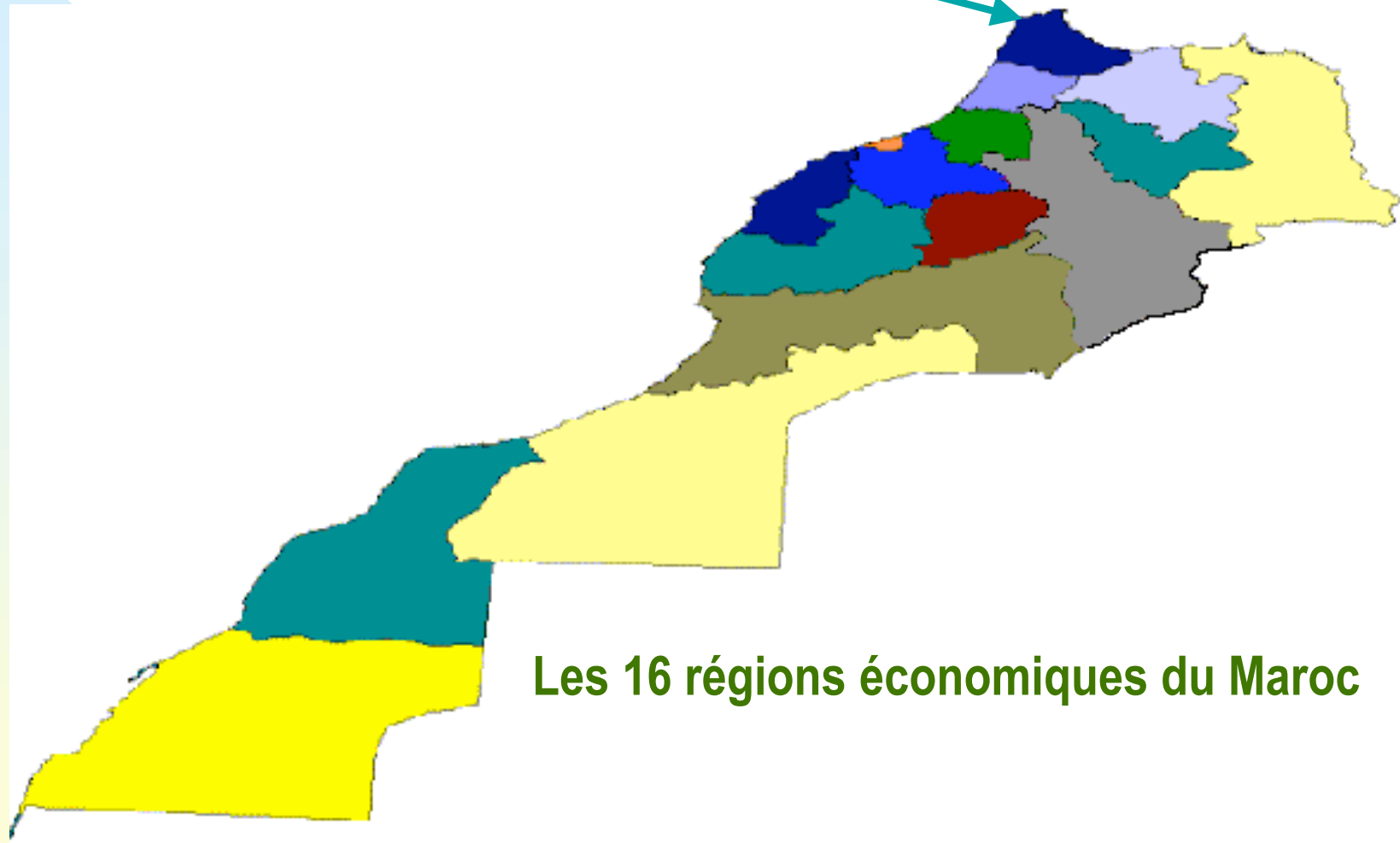
Mode de gestion: Les tendances autonomistes prennent le pas sur la collaboration, l'intégration et la synergie des intervenants en plus d'une centralisation excessive du processus décisionnel

Cadre législatif: les textes législatifs sont parfois élaborés sans souci de continuité et mentionnent rarement la participation de population aux décisions. L'arsenal juridique est caractérisé par la rareté des mesures incitatives par rapport à une pléthore de mesures répressives.

L'échelle de l'intervention: l'Etat ne dispose pas de structures suffisamment souples pour intervenir à petites échelle. Les administrations sont adaptées pour mener des opérations d'envergure.

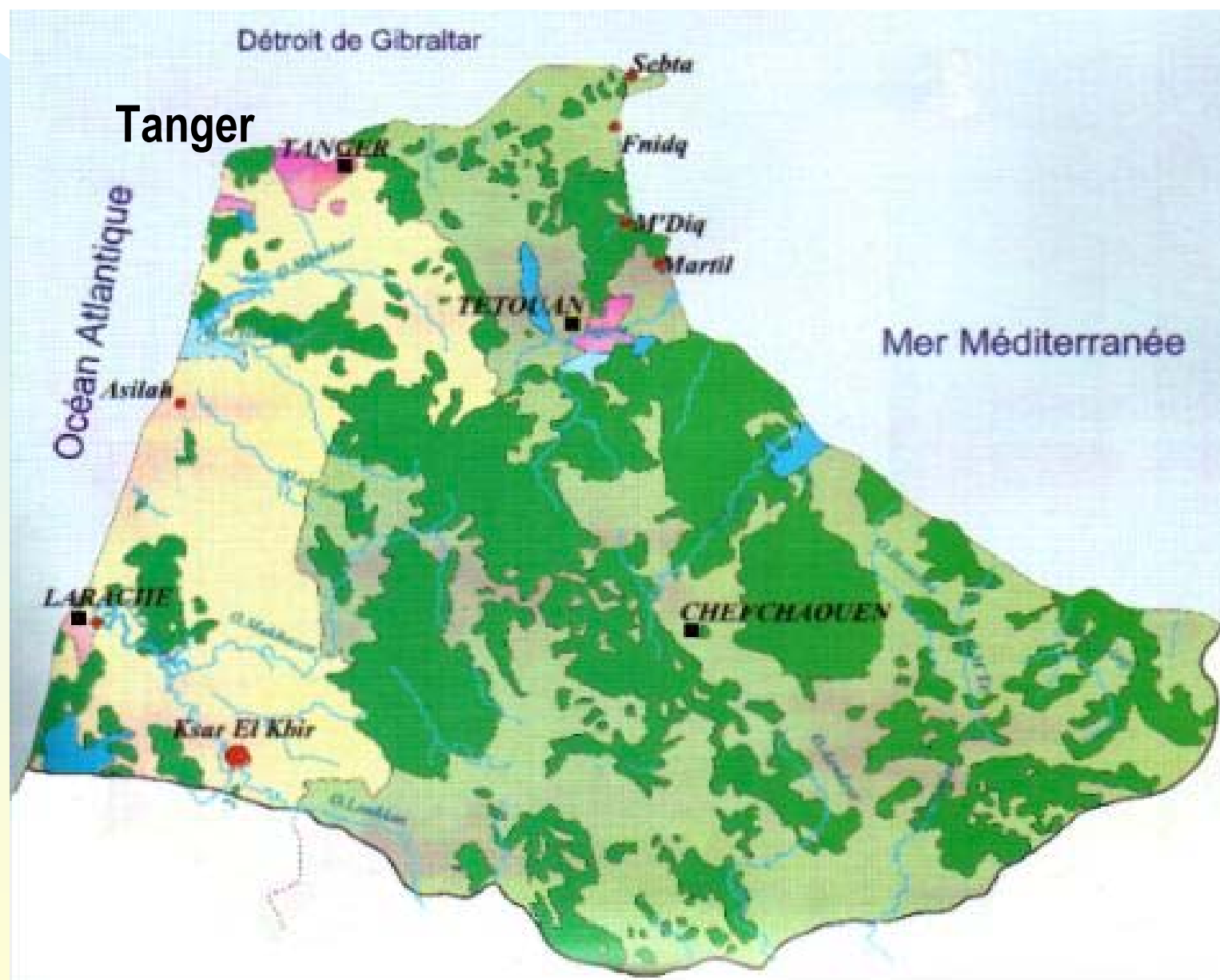
Encadrement: Le sous-encadrement de la conservation et la valorisation des RN à travers le décalage entre l'étendue des surfaces, l'importance des populations et les ressources humaines qui leurs sont affectées.

**Le Rif occidental  
(Région Tanger-Tétouan)**



**Les 16 régions économiques du Maroc**

## Situation dans le Rif Occidental



# Importance de l'érosion dans la région du Rif occidental

| Région                | Superficie<br>(x1000 Km <sup>2</sup> ) | Dégradation<br>(x1000 T/an) | Population<br>(x 1000 hab.) |
|-----------------------|----------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| <b>Rif Occidental</b> | <b>11 (1,5%)</b>                       | <b>38</b>                   | <b>900</b>                  |
| <b>Haut Atlas</b>     | <b>80 (11,3%)</b>                      | <b>24</b>                   | <b>500</b>                  |
| <b>Prérif</b>         | <b>7 (1%)</b>                          | <b>10</b>                   | <b>700</b>                  |
| <b>Rif Oriental</b>   | <b>9 (1,3%)</b>                        | <b>3</b>                    | <b>400</b>                  |
| <b>Moyen Atlas</b>    | <b>2 (0,3%)</b>                        | <b>1</b>                    | <b>100</b>                  |
| <b>Anti-Atlas</b>     | <b>10 (1,4%)</b>                       | <b>1</b>                    | <b>50</b>                   |
| <b>Maroc</b>          | <b>710</b>                             | <b>100</b>                  | <b>24.000</b>               |

# Évolution des surfaces forestières dans le Rif

| Province           | Surf.<br>Forêts<br>(1966) | Surf.<br>Forêts<br>(1986) | Recul<br>1966-86<br>Ha | Recul/an | Taux de<br>recul |
|--------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------|----------|------------------|
| Chefch.            | 106.868                   | 72.486                    | 34.382                 | 1.719    | 32,17%           |
| Tétouan            | 70.884                    | 35.641                    | 35.243                 | 1.762    | 49,72%           |
| Larache            | 20.368                    | 13.045                    | 7.323                  | 366      | 35,95%           |
| Total /<br>Moyenne | 198.120                   | 121.172                   | 76.948                 | 3.907    | 39,28%           |

# Superficie des défrichements et des reboisements entre 1986 et 1993 (BV Ouergha)

(Landsat TM et Photo aériennes)

**Superficie totale de la zone d'étude : 561.000 Ha**

**Superficie de la zone forestière : 149.147 Ha**

| <b>Superficie des défrichements<br/>(1986/93)</b>     | <b>% de la superficie défrichée<br/>(86-93)</b>      | <b>Taux annuel défrichement<br/>(86-93)</b> |
|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| <b>6.151 ha</b>                                       | <b>4,1%</b>                                          | <b>0,59%<br/>879 ha/an</b>                  |
| <b>Superficie des reboisements entre<br/>86 et 93</b> | <b>% de superficie forestière<br/>reboisée 86-93</b> | <b>Taux annuel reboisement 86-93</b>        |
| <b>1.138 ha</b>                                       | <b>0,76%</b>                                         | <b>0,11%<br/>163 ha/an</b>                  |

## **I. Le Choix des zones prioritaires d'intervention**

**Choix raisonné à partir d'évaluation multicritères, une zone prioritaire est caractérisée par:**

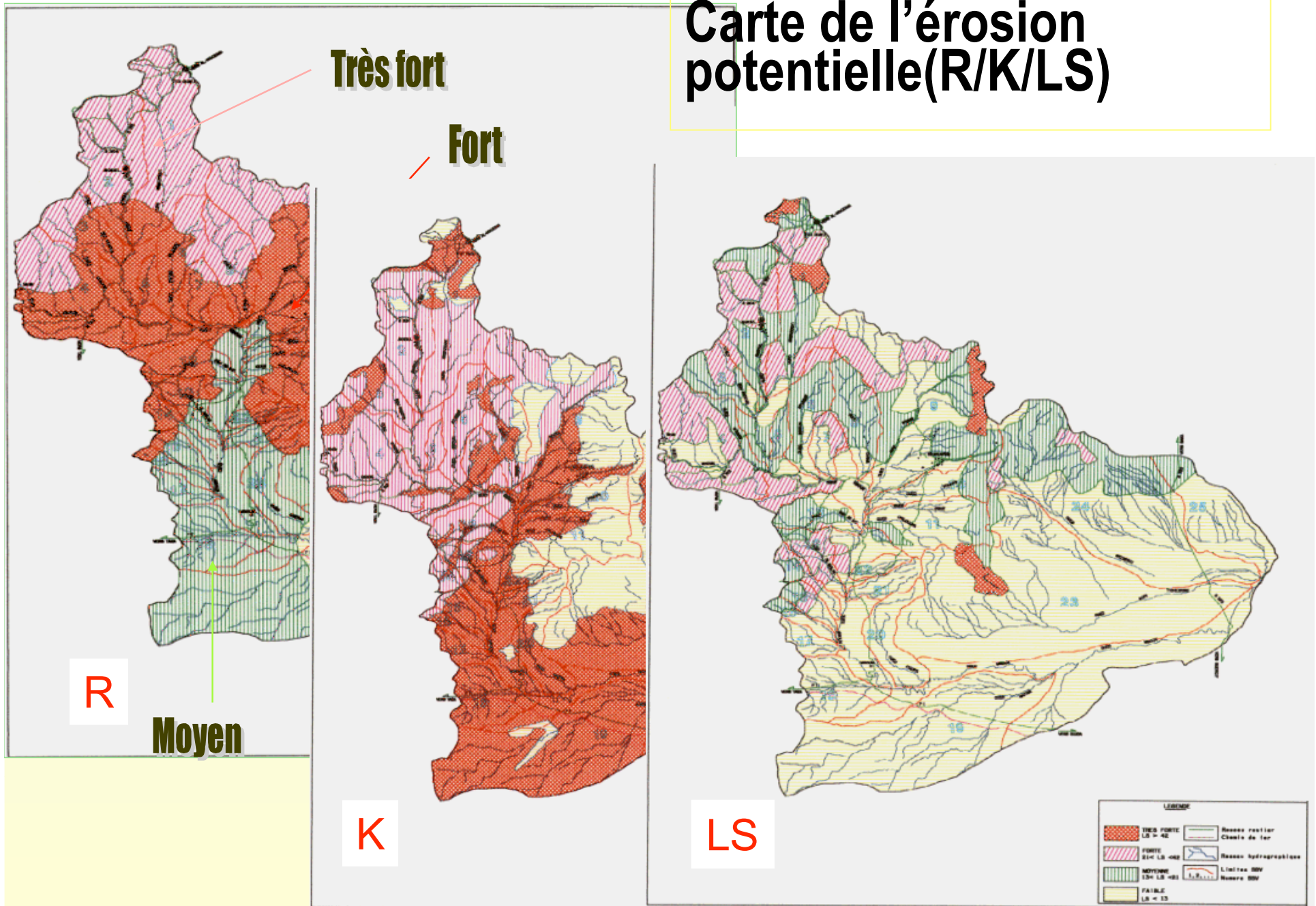
- **Sa contribution à la sédimentation du barrage (CEB) par sa sensibilité à l'érosion et sa forte production de sédiments**
- **L'écart entre la vocation de l'espace et son utilisation**
- **Existence d'un potentiel d'intensification et de développement pouvant garantir une forte implication des populations (PMH, qualité des sols, population..)**
- **Diversité des situations agro-socio-économiques permettant d'enrichir l'approche et d'élargir le référentiel technique disponible**
- **Nécessité d'intégrer la zone dans les entités administratives (CR) pour la mise en œuvre opérationnelle des interventions**

## Concrètement, le choix suit le cheminement suivant :

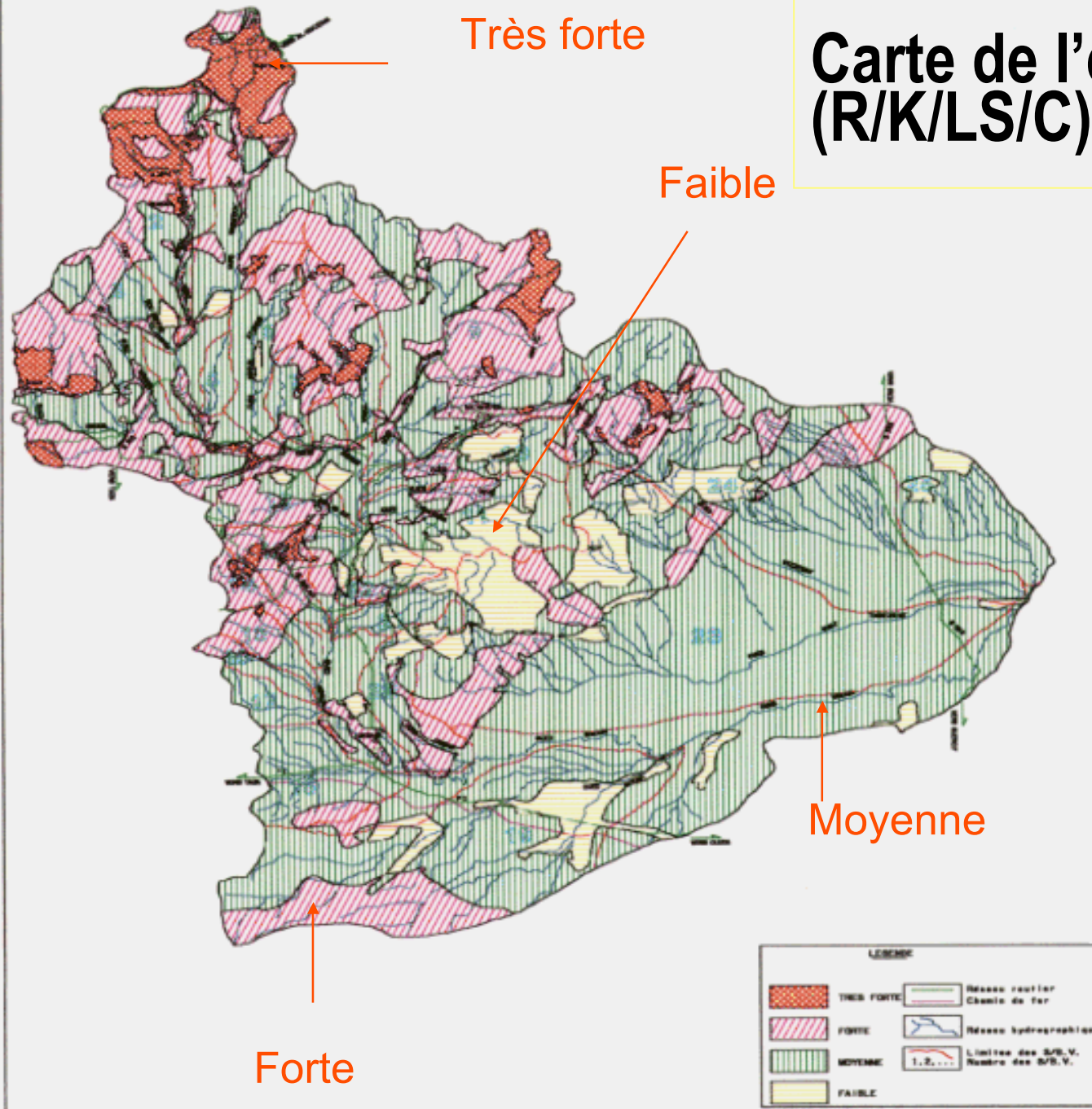
- Choix des sous bassins en fonction de leur CEB
- Au sein de ces S/BV, une 1<sup>ière</sup> zonation est issue de l'intégration de la carte d'érosion et de la carte des vocations dominantes
- Ces zones sont affinées en fonction d'autres filtres :
  - ☞ faisabilité opérationnelle (*inaccessibilité, isolement..*)
  - ☞ densité de la population et sa propension à une participation active
  - ☞ Importance des bonnes terres (*rareté des bonnes terres justifie d'investir dans leur protection et valorisation*)
  - ☞ Importance des PMH, l'existence des petits barrages peut favoriser la priorité de certaines zones..
  - ☞ Dimensionnement du projet et l'ancrage des S/BV prioritaires dans les limites administratives
- Faisabilité stratégique et recherche de la cohérence par les décideurs:équilibre entre secteurs agro-écologiques, entre régions, capacités des services, positionnement stratégique

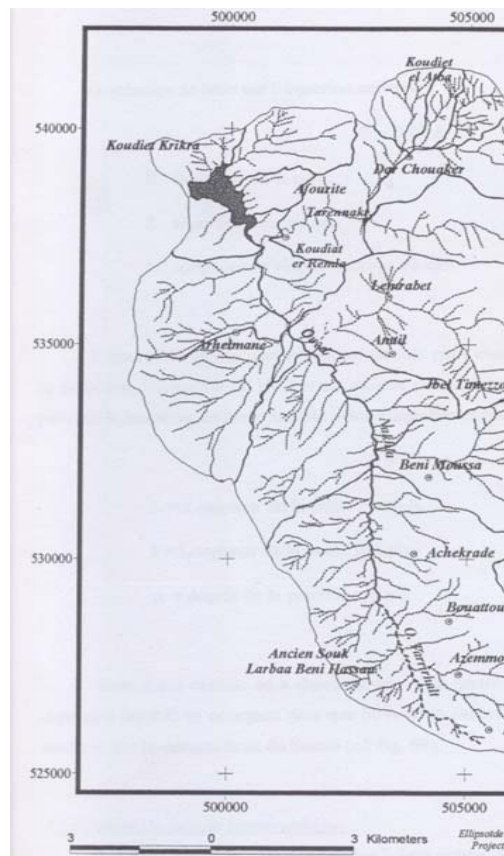
BV MSOUN

## Carte de l'érosion potentielle(R/K/LS)



# Carte de l'érosion réelle (R/K/LS/C)

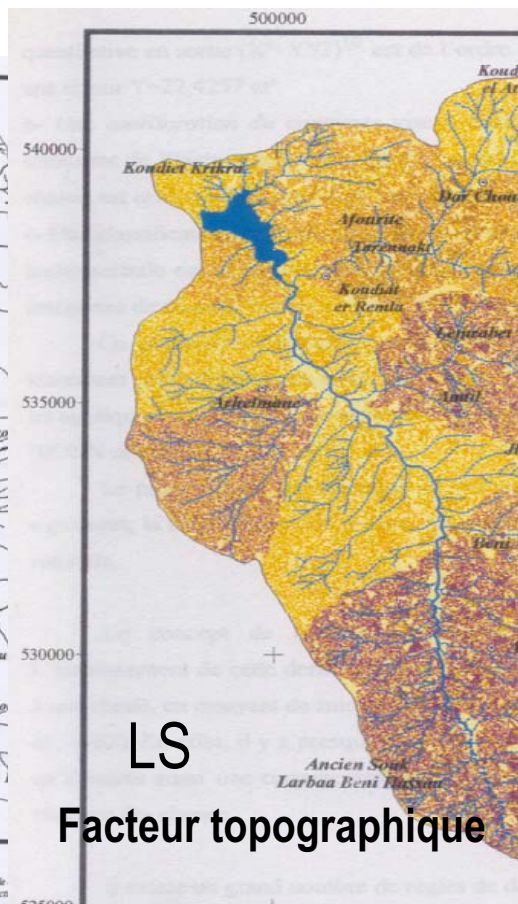




#### Légende

- Cours l'eau continu
- Cours l'eau intermittent
- Retenue du barrage
- Daïra à bord indéfinie

**Carte des sous BV**

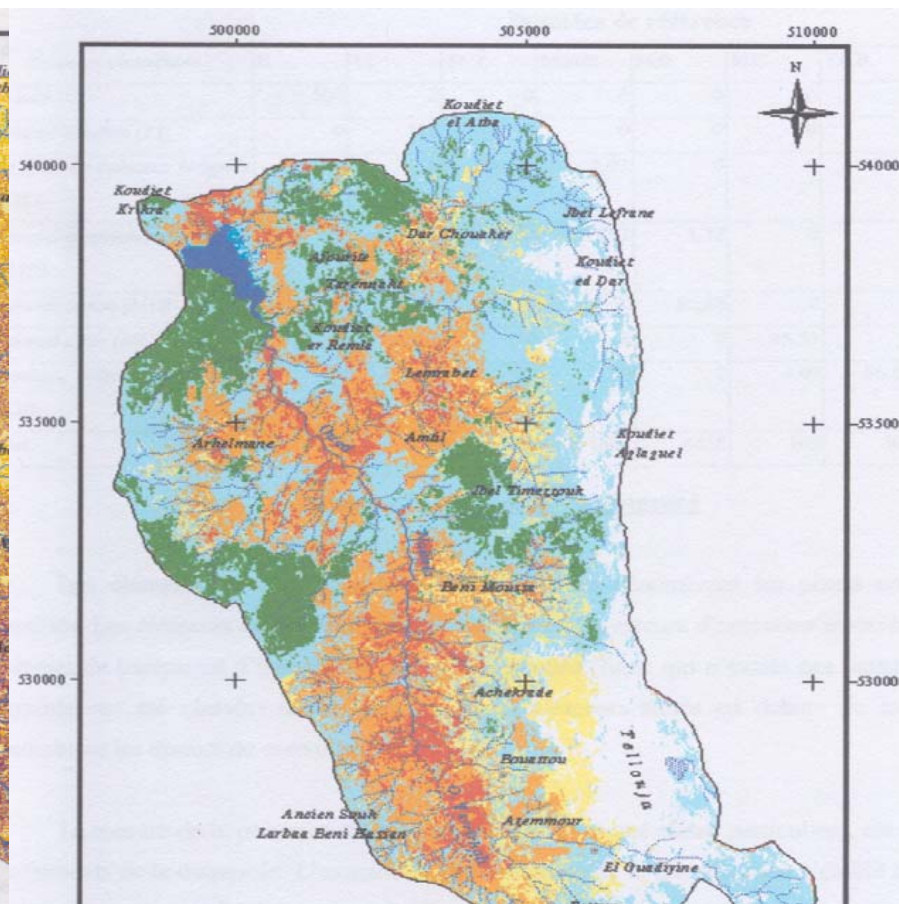


LS

**Facteur topographique**

#### Facteur LS

- 3 <
- 3 - 6
- 6 - 9
- > 9
- Retenue du barrage

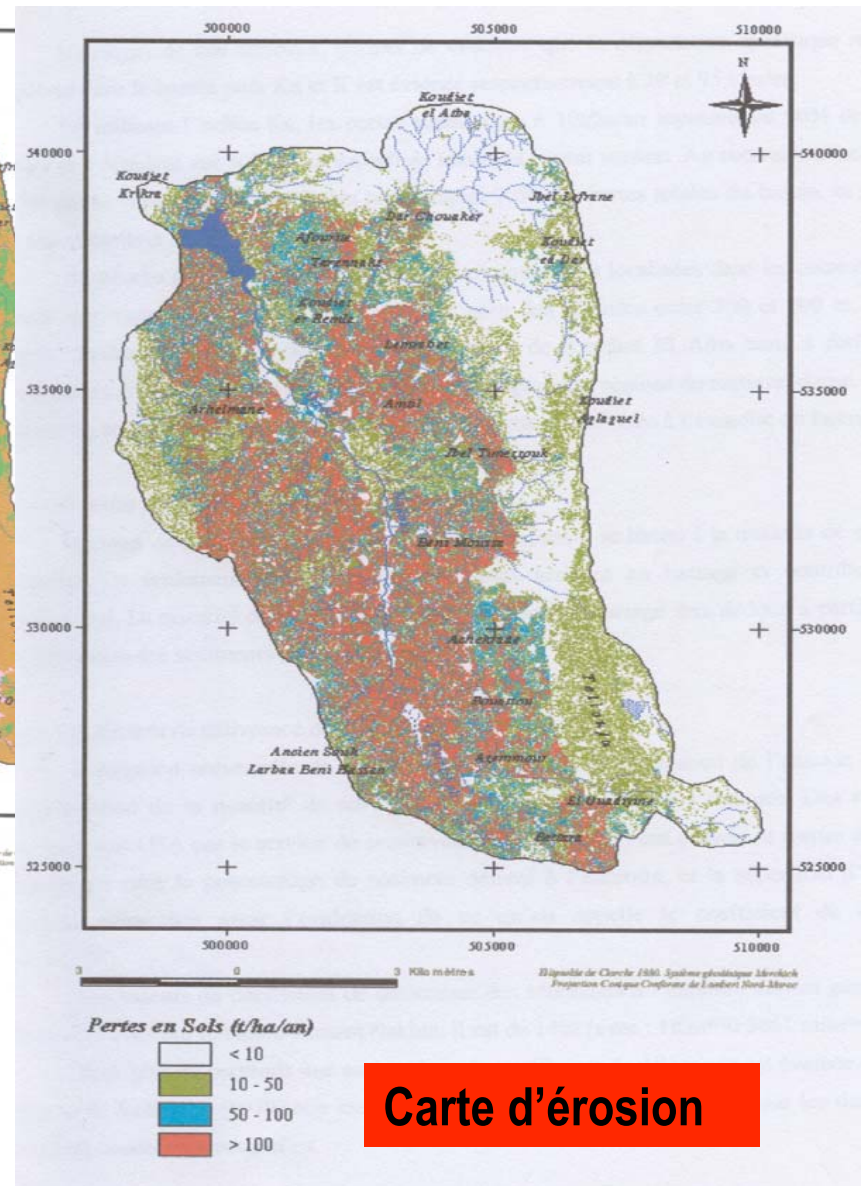
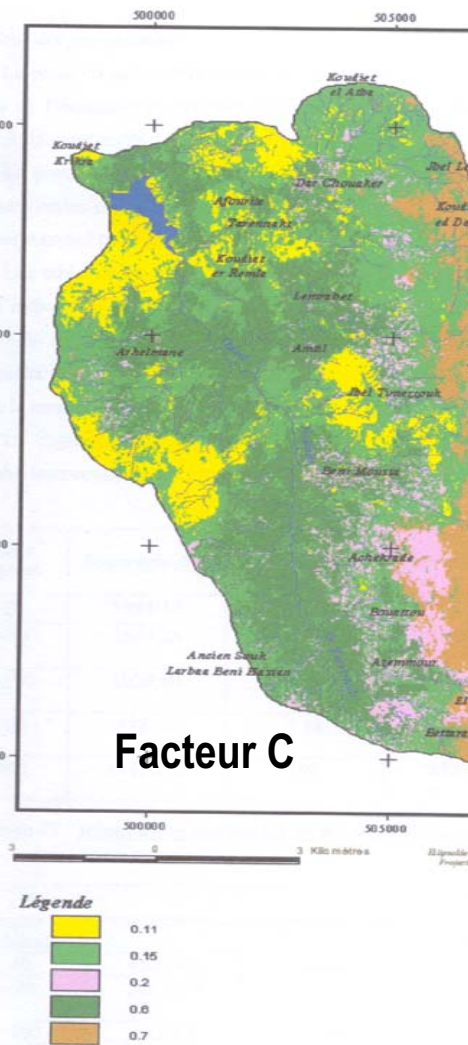
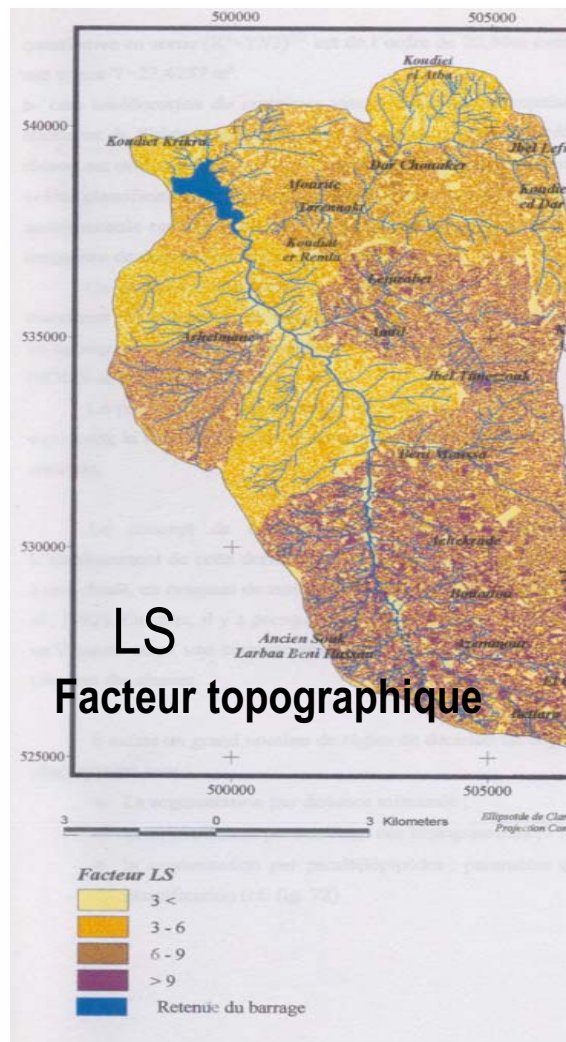


**Carte d'utilisation du sol**

#### Légende

- Matorral Dense
- Matorral Moyennement Dense
- Matorral Clair
- Terrains en Bour
- Terrains Irrigués
- Inculte

BV Nakhla



## BV Nakhla



## II. Les principes de l'approche participative et sa faisabilité sociale

- ➔ Pendant longtemps, l'aménageur s'est comporté comme observateur du paysage ➡ espace notion quasi-mécanique (*formes, limites, superficies, profils, espèces..*)
- ➔ Il importe actuellement de considérer les composantes humaines et sociales de l'aménagement. Le vécu de l'espace devient une autre facette importante de l'observation et de l'aménagement.
- ➔ L'aménagement des BV implique nécessairement les 2 facettes fondamentales du façonnement de l'espace: le volet physique et paysager ➡ **Espace physique** d'application du projet et l'ouverture humaine et sociale (*donc économique et culturelle*) ➡ **Espace social**
- ➔ C'est en tenant compte de cette réalité que l'aménagement des BV devient un **aménagement humain** répondant aux besoins des individus et de la collectivité.

- Le Maroc a une longue tradition dans la mobilisation et la collecte des eaux de surface et dans la lutte contre l'érosion. Plus récemment, la mise en oeuvre des plans d'aménagement anti-érosif s'est appuyée sur des mesures physiques
- L'idée de protection des barrages, intègre de plus en plus celle de développement rural de montagne. La volonté d'impliquer les populations est venues d'abord pour assurer un entretien régulier des réalisations, puis pour réduire les coûts. Ce n'est que progressivement qu'est apparue la nécessité d'impliquer la population dans la définition, la hiérarchisation, la mise en oeuvre et l'évaluation des actions.
- Si la **participation** des populations est donc une nécessité son application n'est pas toujours évidente.

# Participer, c'est quoi ?

## Trois dimensions :

- - c'est prendre part à ... *dimension créative*
- - c'est faire part de... *dimension de prise de conscience*
- - c'est partager... *dimension de partage*

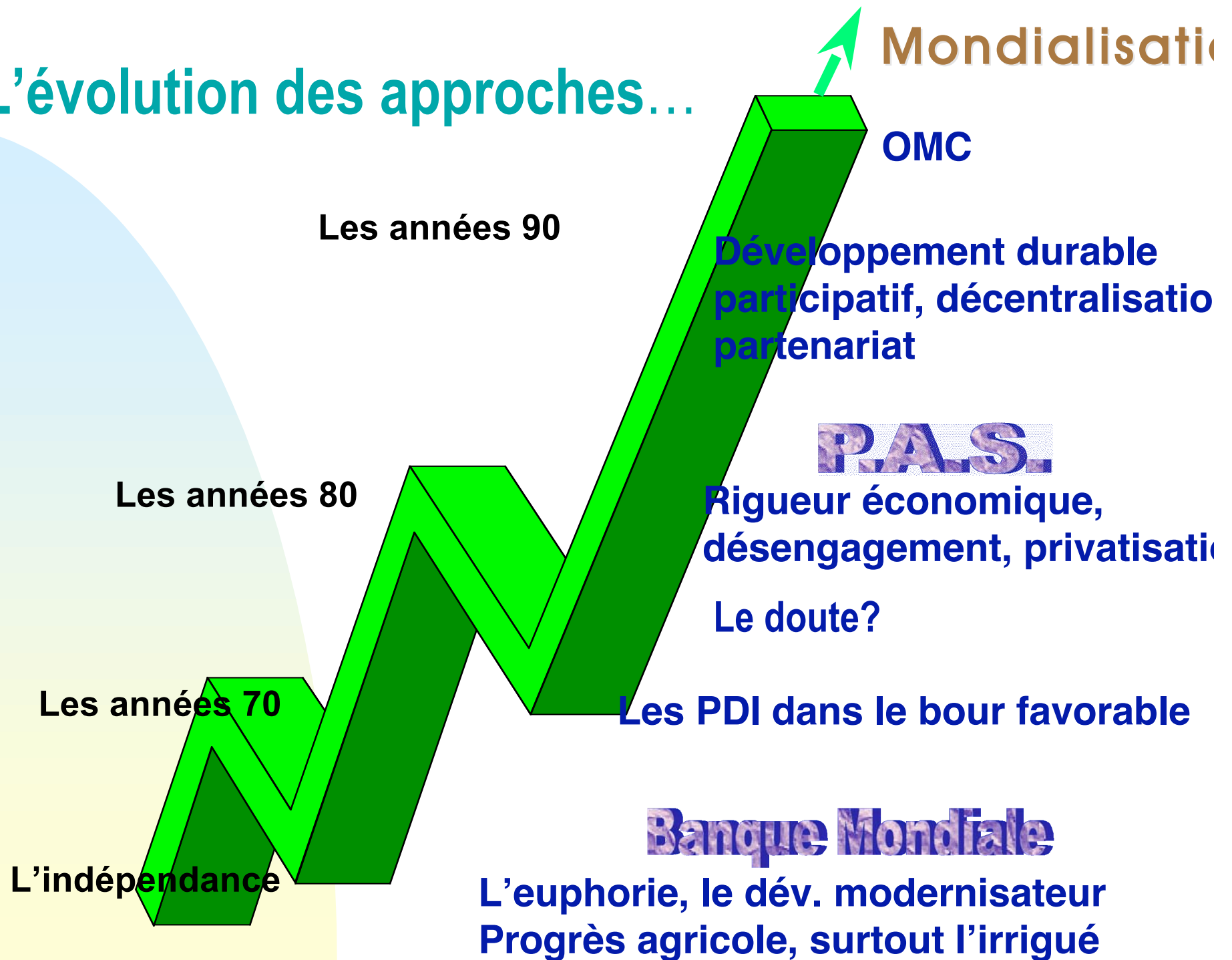
## Plusieurs niveaux :

- Une participation de fait, volontaire, spontanée, provoquée, imposée (*A.Meister*)
- Une participation activiste, intégrative, mobilisatrice, consultative, décisionnelle (*G. Fortin*)
- *Une participation/encadrement, participation /partage des coûts, participation/concertation*

# Participer, pourquoi ?

- **Echec des modèles passés** (conventionnels): *ne permettent pas toujours une bonne compréhension des réalités (fiabilité de l'information pour certaines questions « sensibles », temps consacré à la collecte et au traitement de l'information, coût élevé des études)*
- **Renforcer les capacités des populations locales** *pour l'analyse de leur propre situation, la planification, la mise en œuvre et le suivi/évaluation de leur propre programme*

# L'évolution des approches...



# Genèse et évolution

## Avant hier

- Le développement communautaire des années 50 et 60, le dialogue et conscientisation de P. Freire, la recherche action..

## Hier

- Émergence vers fin années 70 de la RRA (Rapid Rural Appraisal), méthode extractive jugée moins coûteuse, plus rapide que les questionnaires d'enquête, **approche alternative**.
- Pendant les années 80, la RRA méthode rigoureuse a ses principes et concepts. Elle représente **la meilleure alternative** et est largement utilisée.
- Vers fin des années 80, la RRA devient PRA (Participatory Rural Appraisal) ou MARP en y introduisant la dimension participative, le chercheur devient facilitateur.

## Aujourd'hui

- Emergences de multiples méthodes : DIGRAP, SEPO, SONDEO...

# Genèse et évolution

## Et Demain ?

- ❑ Quelles sont les perspectives du développement participatif? Quelle évaluation peut-on faire des nouvelles dynamiques induites par la mondialisation? Et comment la pratique participative doit évoluer pour relever les défis?
- ❑ Comment les professionnels du développement peuvent-ils être des agents du changement essayant de créer les conditions nécessaires pour une amélioration du niveau de vie des populations?
- ❑ Comment les approches pour l'aménagement participatif, qui demeurent souvent localisées et isolées, peuvent-elles se joindre aux efforts de changement plus englobant tels les mouvements suscités par la société civile, la décentralisation et d'une façon plus large les questions de gestion des affaires publiques et de bon gouvernement?
- ❑ L'aide à la décision.....

# Statut juridique et participation

Niveau de  
participation

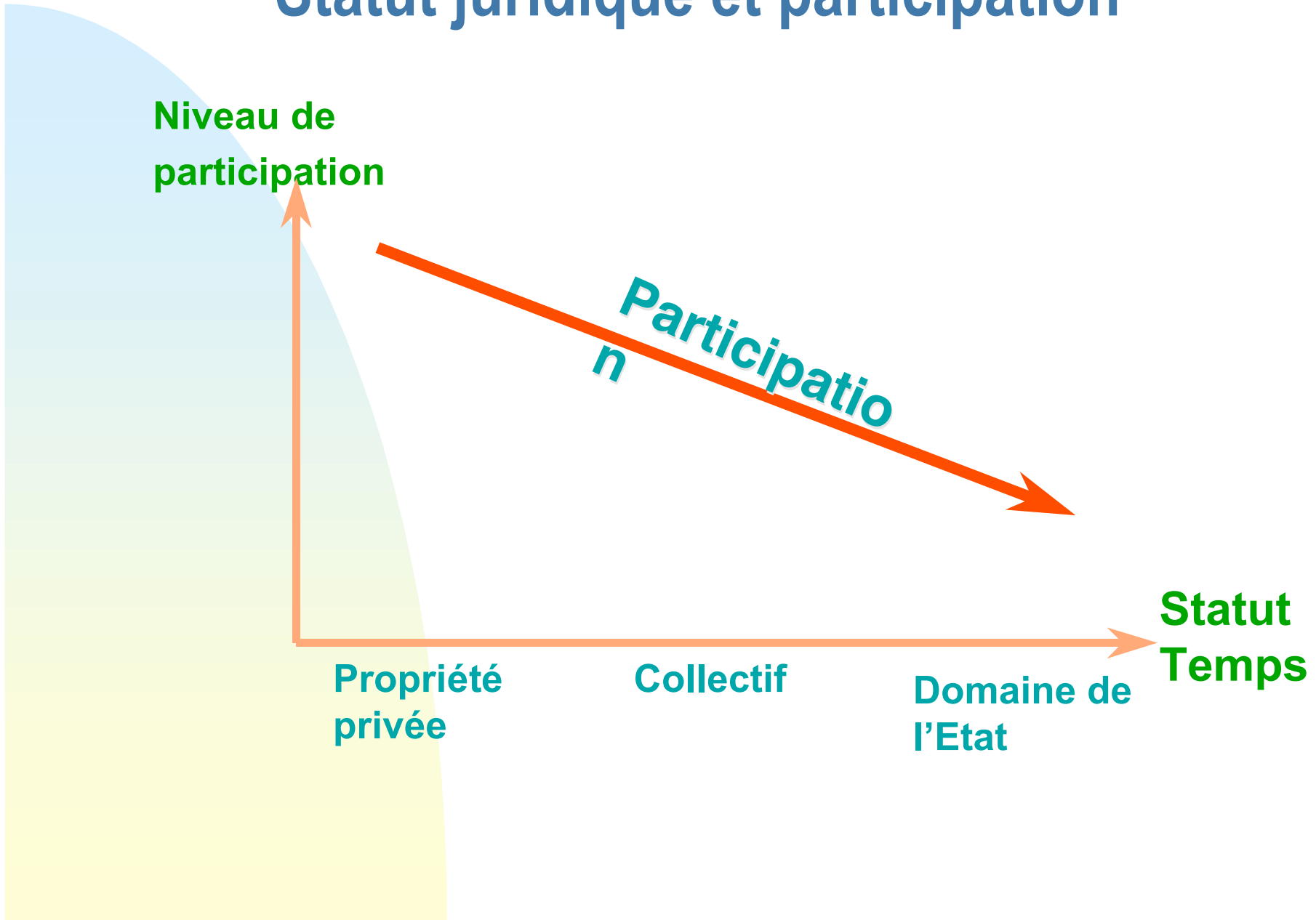
Participatio  
n

Statut  
Temps

Propriété  
privée

Collectif

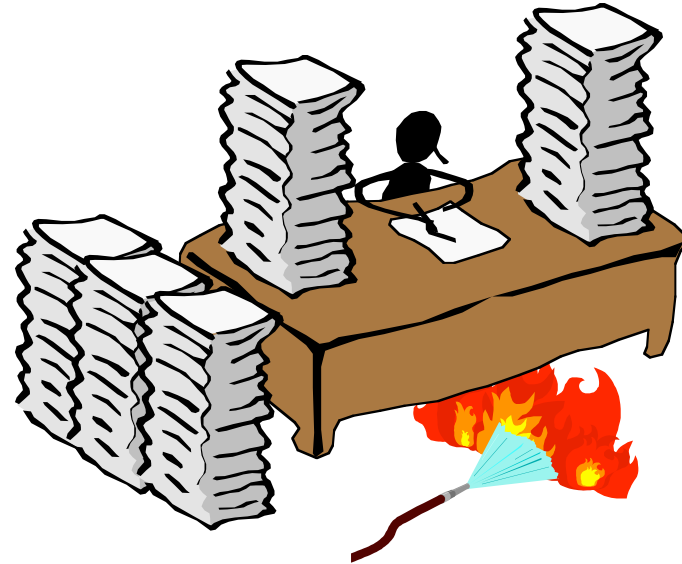
Domaine de  
l'Etat



# Les dangers

## *Danger*

- L'effet de mode
- La précipitation
- Le formalisme
- La routine



# La faisabilité sociale de l'approche participative

**Approche d'application difficile pour une gestion rationnelle et durable des RN surtout dans un environnement fragile (milieu dégradé, population pauvre). Trois conditions doivent être remplies:**

- ⇒ Reconnaître le rôle central des populations locales dans la gestion des ressources et dans la définition des modalités et des orientations du développement;**
- ⇒ Ne pas considérer l'échelon locale comme simple réceptacle des orientations et objectifs définis en dehors de lui;**
- ⇒ L'AP ne constitue pas une solution de rechange pour une administration soumise à de fortes restrictions budgétaires.**

# Les critères de la faisabilité de l'approche participative

**Au moins 6 critères:**

- **La culture participative**
- **Les attentes des populations**
- **Les relations administration/administrés**
- **La dynamique institutionnelle**
- **Les ressources mobilisables**
- **L'opérationnalité du niveau de base**

# Conclusion

- ➔ La mise en œuvre d'un projet participatif d'aménagement des BV nécessite l'adoption d'une stratégie appropriée. Un référentiel existe au Maroc et pourrait être davantage capitalisé. Mais la grande diversité des situations interdit toute extrapolation ou généralisation. L'approche participative devra se développer dans un processus d'apprentissage pour la population et leurs élus ainsi que pour l'administration.
- ➔ L'aménagement des BV est devenu très complexe et nécessite une banque de données, des séries d'observations, l'analyse minutieuse du terrain et ses connexions... C'est une affaire trop complexe pour être confiée à la compétence d'un seul département.
- ➔ En dépit du recours à la science et aux technologies, il convient de cultiver étroitement le contact avec la réalité socio-spaciale des BV, de coller à la rugosité des sols et de placer l'homme au centre de nos préoccupations.

# Défrichement



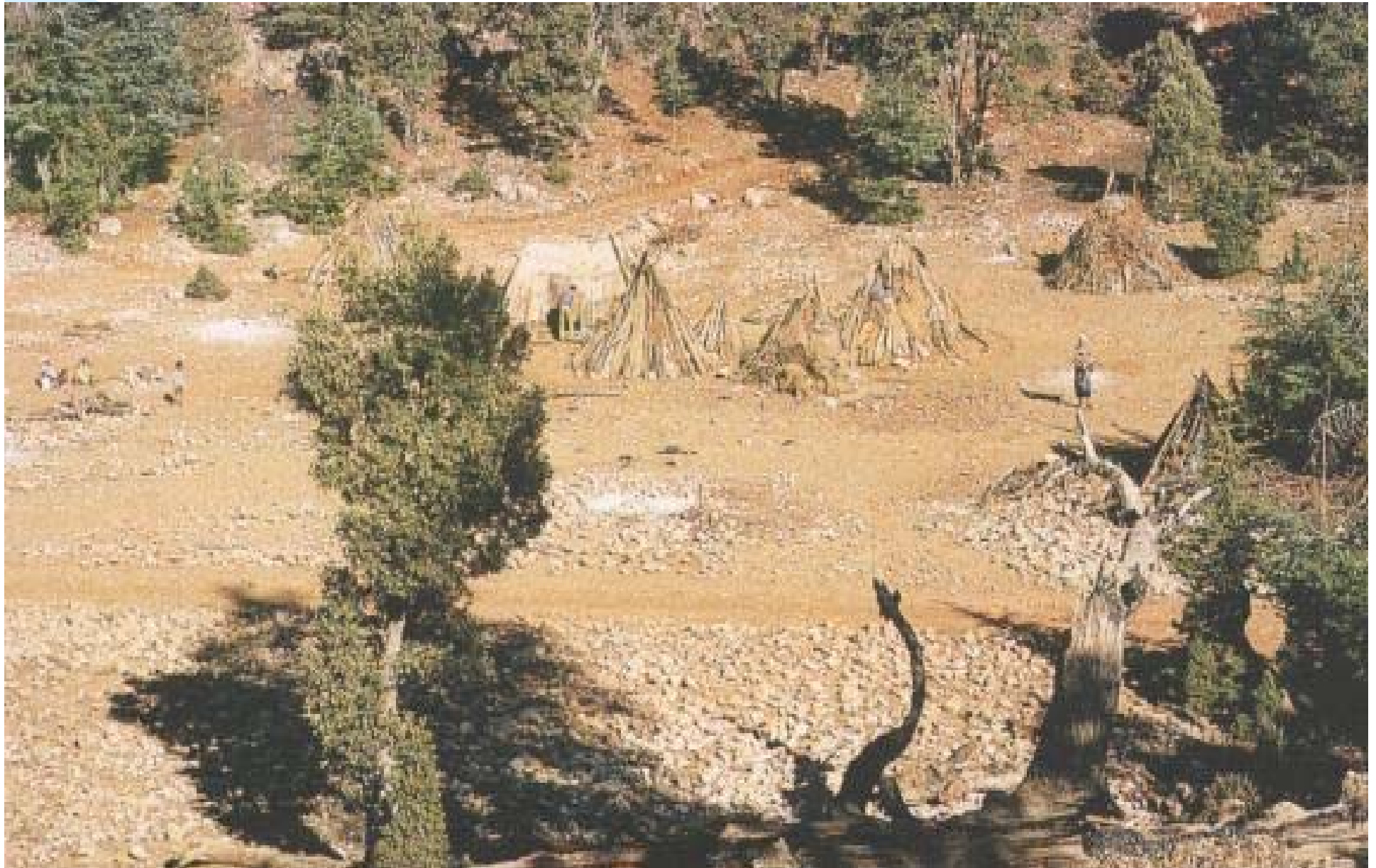
# Défrichement



# Parcours



# Coupe de bois



# Érosion hydrique



# DRS Fruitière



# Ensemblement



# Lutte contre l'ensablement



# DRS Fruitière



# Parallélisme entre les deux processus

| Formation des sols                      | Erosion des sols*                                                        |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| $S = f(Cl, V, P, R, O)_{T1} + (M)_{T2}$ | $A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P + \sum Ri + Ra + Sa + Gl + etc.$ |
| S = Taux de formation du sol            | A = Perte en sols ou taux d'érosion                                      |
| Cl = Précipitation et température       | R = Pluie et ruissellement                                               |
| R = Topographie                         | L = Longueur de pente                                                    |
|                                         | S = Degré de pente                                                       |
| V = Végétation                          | C = Couverture de sols et pratiques culturales                           |
| P = Roche mère                          | K = Erodabilité du sol                                                   |
| M = Aménagement                         | P = Pratiques de conservation                                            |
|                                         | $\sum Ri + Ra + Sa + Gl + etc.$ : autres formes d'érosion                |
| T1 et T2 = Temps                        |                                                                          |

\* **Ri : rigoles ; Ra : Ravinement ; Sa : Sapement des berges ; Gl : Glissement**

### 3. Equation de l'Erosion des Sols (1)

L'équation universelle de perte de sol est une équation mathématique qui permet d'estimer à long terme la perte en sol d'un site spécifique. Les pertes de sol sont reportées par rapport à une unité de surface et de temps. D'où les pertes en sol ou la disponibilité des sédiments sont reportées en tons/ha/an.

L'équation est

Avec

$$E = R \cdot K \cdot LS \cdot CP$$

**E = Perte de terre calculée par unité de surface (t/ha/an)**

**R = Indice de pluie, caractérisant l'agressivité climatique. C'est le seul facteur du second terme ayant une dimension.**

**K = Indice du sol ou facteur d'érodibilité : c'est la perte en terre en t/ha par unité de R quand tous les autres coefficients (du second terme de l'équation) ont une valeur unitaire.**

**L = Indice représentant la longueur de la pente : c'est le rapport de la perte en terre d'un champs de longueur donnée à celle d'un champs de 22,1 mètres**

## Equation de l'Erosion des Sols (2)

**S = Indice d'inclinaison de la pente : c'est le rapport de la perte en terre d'un champs d'inclinaison donnée, à celle d'un champ à pente de 9 % et de même longueur et condition du sol.**

**C = Indice des pratiques culturales, facteur sans dimension, il permet de tenir compte de l'action des pluies sur un sol pouvant être couvert ou nu avec des valeurs respectivement de 0 et 1 pour les cas extrêmes. C'est le rapport de la perte en terre d'un champ caractérisé par son mode d'utilisation à celle d'une jachère continuellement travaillée de pente 9 % et de longueur de 22,1 m.**

**P = Indice qui caractérise les pratiques de conservation des eaux et des sols : C'est le rapport de la perte en terre d'un champs sur lequel on utilise des pratiques conservatrices (culture en courbe de niveau, bandes alternées, banquettes etc.) à celle d'un champs cultivé selon le sens de la plus grande pente, toutes les autres conditions étant par ailleurs.**

# Méthodes d'estimation des paramètres (1)

## Indice d'érosivité des pluies (R)

L'indice d'érosivité R d'une pluie est défini comme étant le produit de l'énergie cinétique de la pluie par l'intensité horaire maximale de celle-ci en 30 minutes. Ce produit doit être calculé pour l'ensemble des épisodes pluvieux au cours d'une année et pour plusieurs années pour avoir une valeur moyenne annuelle.

$$R = 143 \times \log(P \times P_{24}^2 \times 10^{-6}) + 89.7$$

## Avec

**R** : Indice d'agressivité

**P** : Pluviométrie moyenne annuelle

**P<sub>24</sub>** : Pluie maximale de 24 h d'une période de retour de 20 ans

# Méthodes d'estimation des paramètres (2)

## Indice d'érodibilité des sols (K)

L'érodabilité d'un sol est la mesure de sa résistance aux forces érosives des pluies et du ruissellement. Elle représente l'impact conjugué des pluies et du ruissellement sur l'érosion d'un sol donné.

### La relation analytique (Barill, 1988) :

Avec 
$$K = \left( 2.1 \times 10^{-4} (12 - MO) \times M^{1.4} + 3.25 \times (S - 2) + 2.5 \times (P - 3) \right)$$

K : Erodibilité (unité USA) = (t.ha/New.h) x 1.317 ; MO : matière organique en % ; S : code de la structure du sol ; P : classe de perméabilité ; M : (% sable fin + % limon) x (100 - % argile) ;

Pour la conversion au système international, la valeur est divisée

Pour tenir compte des éléments grossiers, la formule est ajustée comme suit :

$$K_a = K \times (1 - \text{Fraction des éléments grossiers})$$

### 3. Méthodes d'estimation des paramètres (3)

#### Evaluation du code de perméabilité

| Numéro de code | Perméabilité (cm/h)            |
|----------------|--------------------------------|
| 1              | Rapide à très rapide (12.5)    |
| 2              | Modérément rapide (6.5 – 12.5) |
| 3              | Modérée (2 – 6.5)              |
| 4              | Modérément lente (0.5 – 2)     |
| 5              | Lente (0.15 – 0.5)             |
| 6              | Très lente (inférieur à 0.15)  |

#### Evaluation du code de structure

| Numéro de code | Classe de structure                                   |
|----------------|-------------------------------------------------------|
| 1              | Granulaire et grumeleuse très fine (1 mm)             |
| 2              | Granulaire et grumeleuse fine (1 – 2 mm)              |
| 3              | Granulaire grossière et grumeleuse moyenne (2 - 5 mm) |
| 4              | Lamellaire, prismatique, granulaire très grossière    |

# Méthodes d'estimation des

## Facteur topographique (LS)

Pour l'Equation Universelle de Perte en Sol, le facteur topographique (LS) qui combine la longueur de la pente qui est la distance moyenne entre la limite du bassin versant et le point où l'eau de ruissellement commence à se concentrer (à l'amont d'un élément du réseau hydrographique le plus proche) et la déclinaison de la pente (S).

Ce facteur (LS) peut être déterminé soit directement à partir d'abaques établis par Wischmeier ou à partir de l'équation suivante :  $LS = (L / 22.15) \times (65.41 \sin^2 S + 4.56 \sin S + 0.065)$

Avec : L = Longueur de la pente en mètres ; S = Degré de pente en %

m=0,5 pour S > 5 %

m=0,4 pour 3,5 < S < 4,5 %

m=0,3 pour 1 < S < 3 %

m=0,2 pour S < 1 %

### 3. Méthodes d'estimation des paramètres (5)

#### Indice de pratique culturale (C)

Le facteur pratique culturale exprime l'effet de l'utilisation du sol sur la perte en sol. Le facteur C utilisée dans l'équation de perte en sol exprime l'effet des cultures et des techniques culturales sur le taux d'érosion. Il permet de comparer l'impact des différentes utilisations du sol et des aménagements anti-érosifs.

Quelques valeurs du coefficient C pour la Tunisie (Masson, 19

| Occupation du sol                              | C (moyenne annuelle) |
|------------------------------------------------|----------------------|
| Terre nue, jachère nue                         | 1                    |
| Arboriculture fruitière                        | 0.9                  |
| Blé d'hiver                                    | 0.7                  |
| Assolement céréalier                           | 0.4                  |
| Fourrages                                      | 0.2                  |
| Assolement céréalier + fourrage                | 0.01 – 0.1           |
| Pâturage amélioré                              | 0.01                 |
| Végétation naturelle (40 – 70 % de couverture) | 0.01 – 0.04          |