



USE OF BIO-ECOLOGICAL METHODS TO CONTROL SOIL EROSION IN THE HIGHWAYS OF MOROCCO.

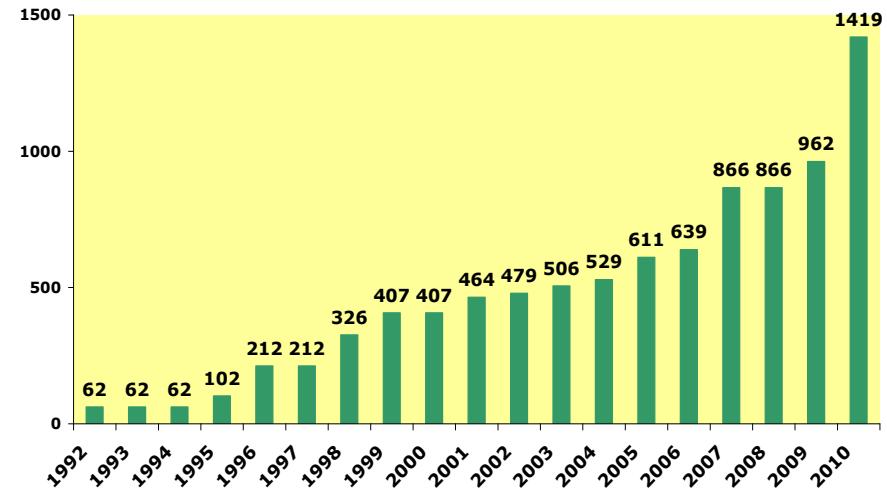
C. Al Faiz¹, A. Derradji², N. Tlemçani³, J. Blidi², A. Bouirmane¹ and M. Tampe⁴

¹*INRA Morocco, ²Autoroutes du Maroc, ³Iav Hassan II Morocco, ⁴GIZ Morocco*

Introduction : Autoroute du Maroc (ADM)

- ❑ ADM was engaged to release last two decades a development program of : **1.420 km**
- ❑ Currently, the annual rate of achievement is estimated to **100 km**.
- ❑ The future planed network will reach **1800 Km by 2015.**

Evolution des kilomètres mis en service depuis 1992



Fragilité des milieux

source : Projet érosion, Ministère des eaux et Forêts

1) Milieux instables à forte contribution à l'envasement

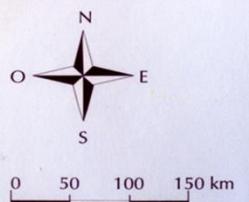
- milieu très érodable : ruissellement > 500 mm, substrat fragile; érosion hydrique avec possibilité d'extension et fort entraînement de matériel
- milieu fortement érodable : ruissellement de 200 à 500 mm et substrat fragile
- milieu érodable : ruissellement modéré sur substrat fragile

2) Milieux stables aux sols menacés (faible contribution à l'envasement)

- milieu aux sols très menacés ; ruissellement très fort mais charge solide modérée ; érosion localisée dans les sols et les alluvions
- milieu aux sols menacés (ruissellement modéré)
- milieu aux sols modérément érodés (ruissellement modéré)

milieu à faible érosion hydrique menacé par l'érosion éolienne

- milieu à ruissellement épisodique et à fort potentiel d'érosion éolienne



Eddakhla

Laâyoune

Boujdour

Es-semara

Tan-Tan

Guelmim

Tiznit

Essaouira

Casablanca

El Jadida

Rabat

Kénitra

Salé

Meknès

Fès

Beni Mellal

Ouarzazate

Errachidia

Tanger

Tétouan

Larache

Al Hoceima

Nador

Oujda

Fragilité des milieux

source : Projet érosion, Ministère des eaux et Forêts

1) Milieux instables à forte contribution à l'envasement

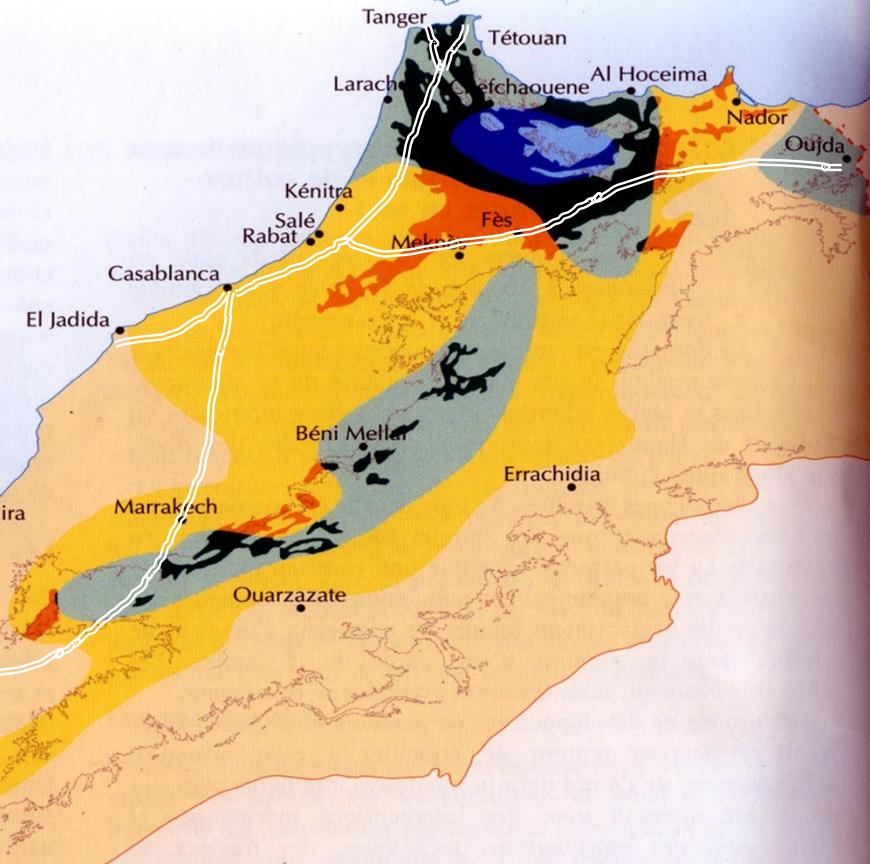
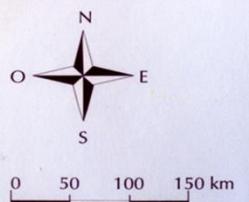
- milieu très érodable : ruissellement > 500 mm, substrat fragile; érosion hydrique avec possibilité d'extension et fort entraînement de matériel
- milieu fortement érodable : ruissellement de 200 à 500 mm et substrat fragile
- milieu érodable : ruissellement modéré sur substrat fragile

2) Milieux stables aux sols menacés (faible contribution à l'envasement)

- milieu aux sols très menacés ; ruissellement très fort mais charge solide modérée ; érosion localisée dans les sols et les alluvions
- milieu aux sols menacés (ruissellement modéré)
- milieu aux sols modérément érodés (ruissellement modéré)

milieu à faible érosion hydrique menacé par l'érosion éolienne

- milieu à ruissellement épisodique et à fort potentiel d'érosion éolienne



Consequences on soil erosion



Gullying of dug side slope

Consequences of soil erosion

**Highway Tétouan – Fnideq,
Pk 11 (2009)**



**Highway Tanger-Med,
PK 39 (2009)**



Saturation of shoulder's roads

Dammages on the raods



Highways of the North



Erosion & landslide



**Destruction of the infrastructure
(Concreted channels)**

Geo-ecological context

- High rainfall concentrated in a short time and intensity more strong latest years (Climatic changes)
- Weak soil structure and high slopes
- Low integration of environmental component in the original conception of the project

Sol fertiaillitique



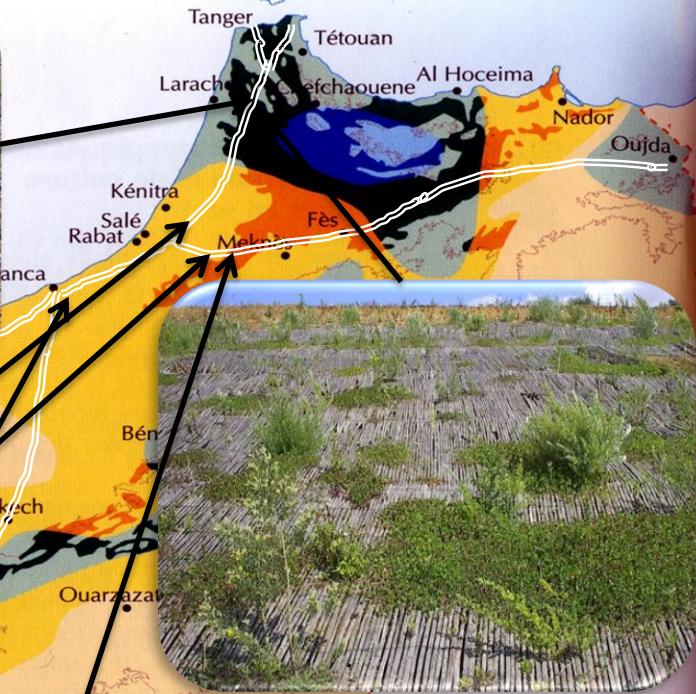
Dominance of lime marl



Principles of bio-ecological methods tested to control erosion

- Use of local plant species (annual, perennials, shrubs and trees) : more adapted to the ecological conditions;
- Find the efficient methods to install these species on the side slope : aerial sowing, plantation, hydroseeding
- Test some local material to be associated to the plantation for soil stabilisaton : mulch, fertilisation, etc.

Different experiments techniques along the highways



Eddakhla

Toutefois il existe plusieurs autres méthodes pour lutter contre la désertification.

Table1 : list of adapted and non adapted species at the site
Oued El Kell (Rabat-Fes Highway).

Vegetation	Species	Survival
Trees	<i>Arganisa spinosa</i> <i>Pinus halepensis</i> <i>Pistacia lentiscus</i> <i>Quercus ilex</i> <i>Tetraclinis articulata</i>	++ +++ +++ + ++
Shrubs	<i>Acacia cyclops</i> <i>Atriplex halimus</i> <i>Atriplex nummularia</i> <i>Cytisus arboreus</i> <i>Olea oleaster</i> <i>Retama monosperma</i> <i>Spartium junceum</i> <i>Anagyris featida</i>	++ ++ +++ ++ ++ + + ++
Perennials	<i>Oryzopsis millicea</i> <i>Cenchrus ciliaris</i> <i>Sanguisorba minor</i> <i>Cymbopogon choenanthus</i>	++ - + -

Table2 : liste of adapted and non adapted species at the site Oued Wislane
 (Rabat-Fes Highway).

Vegetation	Species	Survival	Observation
Trees	<i>Pin d'Alep</i>	++	
	<i>Parkinsonia</i>	++	
	<i>Chêne vert</i>	++	
	<i>Pistachia lentiscus</i>	+	
	<i>Olea oleaster</i>	+++	Low growth rate
Shrubs	<i>Acacia cyclops</i>	+++	
	<i>Anagyris faetida</i>	++	Nice blooming
	<i>Cistus salvifolius</i>	+	Not in its original habitat
	<i>Cytisus trifolius</i>	-	
	<i>Teline linifolia</i>	+	
	<i>Retama monosperma</i>	+++	
	<i>Atriplex nummularia</i>	++	
	<i>Spartium junceum</i>	-	
	<i>Lavandula stoechas</i>	-	To be sown with high sowing rate
Perennials	<i>Orysopsis milicea</i>	++	
	<i>Cenchrus ciliaris</i>	-	
	<i>Sanguisorba minor</i>	++	To be sown with high sowing rate
	<i>Cymbopogon choenanthus</i>	-	

Oued El Kell (Highway Rabat-Fès, 2011)



O. Wislane (2011)



**Table3. List of sown species and those persisted, 10 years after the hydroseeding
(Highway Rabat Fès: side slope PK74.**

Vegetation	Species	Survival statut
Trees	<i>Tetraclinis articulata</i> <i>Gleditsia triacanthos</i>	- -
Shrubs	<i>Coronaria glauca</i> <i>Rosa canina</i> <i>Spartium junceum</i> <i>Atriplex halimus</i> <i>Atriplex nummularia</i> <i>Atriplex semi baccata</i> <i>Medicago arborea</i> <i>Retama monosperma</i>	+++ - ++ +++ +++ - ++ +++
Perennials	<i>Brachypodium phoenicoides</i> <i>Bromus erectus</i> <i>Cynodon dactylon</i> <i>Dactylis glomerata</i> <i>Festuca ovina</i> <i>Festuca rubra</i> <i>Festuca arundinacea</i> <i>Lolium perenne</i> <i>Lolium italicum</i> <i>Lotus corniculatus</i> <i>Medicago polymorpha</i> <i>Onobrychis vicifolia</i> <i>Achillea millefolium</i> <i>Cichorium intybus</i> <i>Lavatera trimestris</i> <i>Plantago coronopus</i> <i>Plantago sempervirens</i> <i>Plantago lanceolata</i> <i>Sanguisorba minor</i> <i>Saponaria ocymoides</i> <i>Salvia officinalis</i>	- - + - - - - - ? ? ? - ? ? - - - - ++ ++ + -



Hydroseeding : one year later

Hydroseeding : 10 years after





Aerial sowing + plantation + Hessian



Kénitra PK 39



Sowing + mulch



Straw



Common reed

8 years after

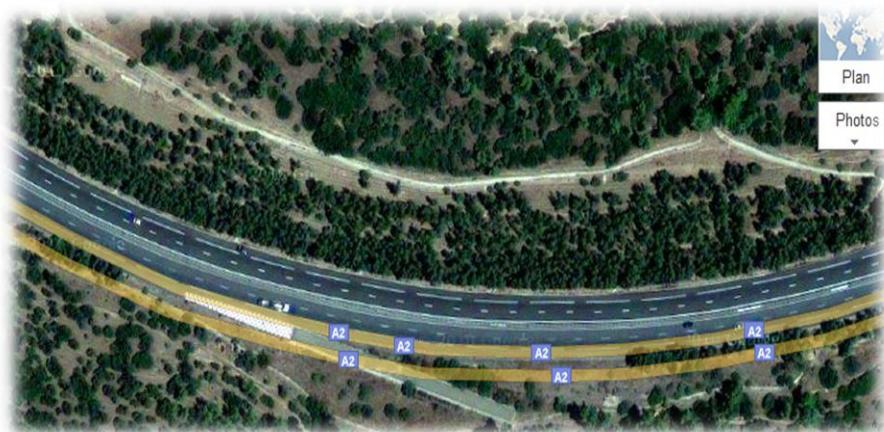


ADOPTION TO A LARGE SCALE

1: Plantation

Major achievement on the total highway

- 1) Larache-Sidi El Yamani : 15 ha
- 2) Rabat-Fès : 120 ha
- 3) Asilah-Tanger : 50 ha
- 4) Sidi El Yamani-Asilah : 20 ha
- 5) Tanger-Port Med : 150 ha
- 6) Tétouan-Fnideq : 30 ha
- 7) Fès-Taza : 250 ha



2: Hydroseeding: still under experimentation

Operation undertaken following 3 phases :

- ▶ *1st passage (Dec-Jan) : Autumnal seed projection mixed with adjuvant and fertilizers.*
- ▶ *2^d passage (Feb-Mar) : Spring germination seeds + fertilizers complementation*
- ▶ *Last passage (Dec-Jan) : reinforcement by seed projection of the most adapted species + fertilizers complementation*



CONCLUSION

1. Superficial erosion is well controlled by using all the experimented techniques.



2. Most vegetal species tested are well adapted. Among which the local species have shown the best adaptation. Seed multiplication should be undertaken to extend their use at large scale.

3. Plantation is however the most economical methods, but should be undertaken as quickly as possible, since its efficiency requires enough time to take place, due to the low development of the vegetation cover.

For best results, it is recommended to combine different methods according to the specific situation of the side slope (fragility, extend of erosion, rain strength, etc.).