



STABILITE DES MASSIFS ROCHEUX FRACTURES

Caractérisation géotechnique
et modélisation numérique

Déblai 11 la voie express
Taza-Al Hoceima à Bouârma

M. Abdelmajid .CHOUKAILI

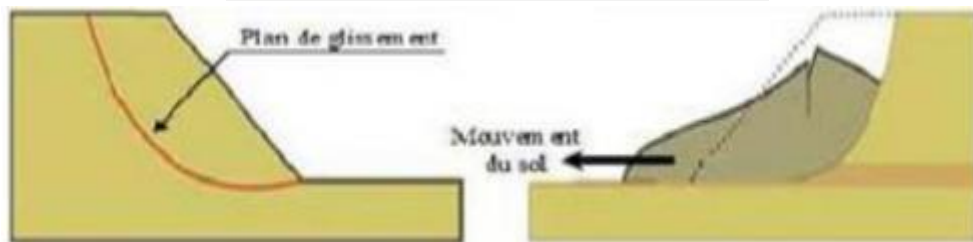
M. Youssef ELBALGHITI

PLAN:

- **INTRODUCTION-CONSIDERATIONS GENERALES**
- **TYPES DE RUPTURE ET MODÉLISATION**
- **VERSANT ROCHEUX**
- **ETUDE DE CAS**
- **DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES**

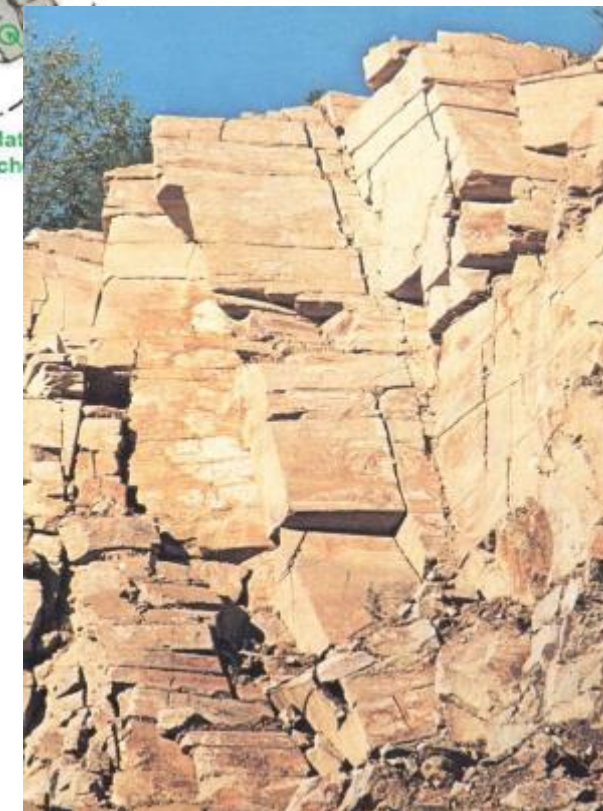
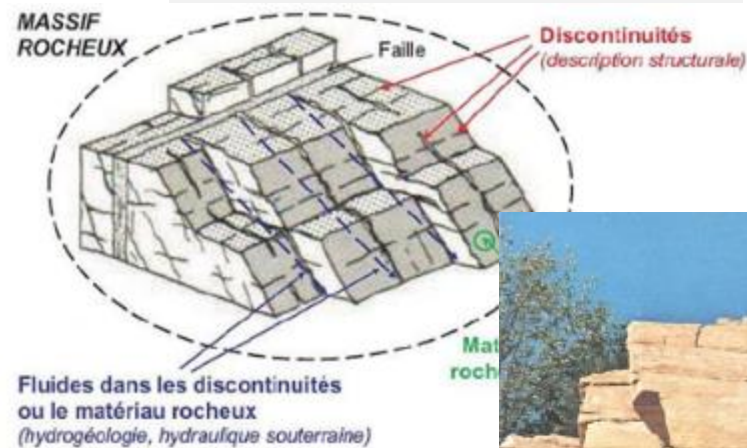
CONSIDERATIONS GENERALES

SOLS MEUBLES



Glissement suivant une surface continue à géométrie compatible à celle d'un plan de glissement géométrique

MASSIFS ROCHEUX



Effondrement de direction tridimensionnelles

CONSIDERATIONS GENERALES

SOLS MEUBLES



Milieu:

- HOMOGENÈ
- CONTINUE
- ISOTROPE

MASSIFS ROCHEUX



Milieu:

- HETEROGENE
- DISCONTINUE
- ANISOTROPE

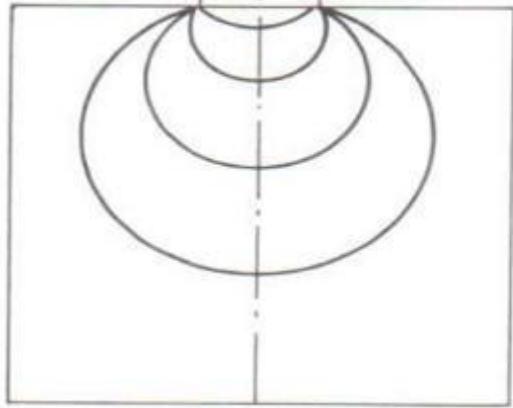
QUE FAUT-IL FAIRE ?



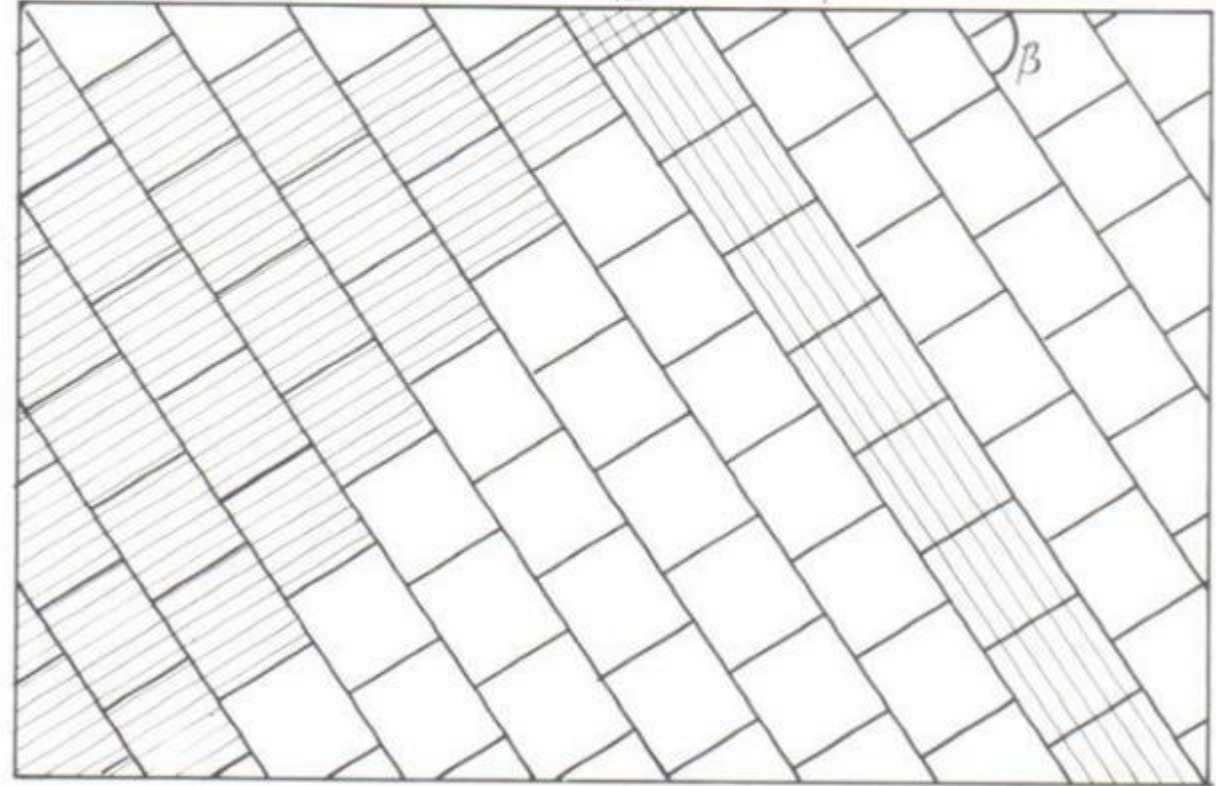
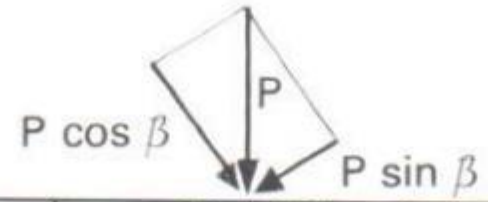
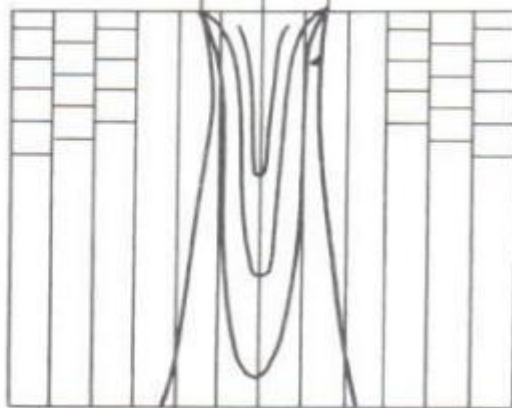
1. Relevé géologique local précis,
2. Coupes géologiques, accompagné d'une analyse structurale des formations géologiques
3. Mesure des directions et pendages des couches par rapport à l'axe de la route
4. Elaboration d'un diagnostic de risques d'instabilité
5. Identification les causes des instabilités des talus
6. Proposition de solutions de rétablissement de leur stabilité

TYPES DE RUPTURE ET MODÉLISATION

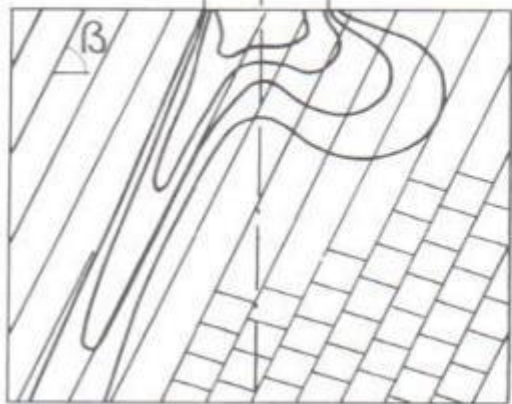
Milieu homogène



$$\beta = \frac{\pi}{2}$$



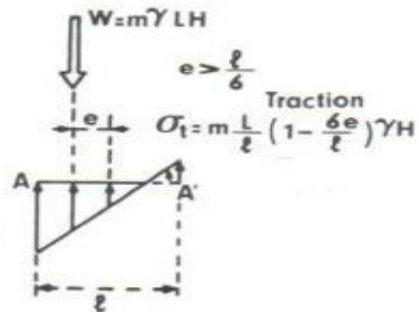
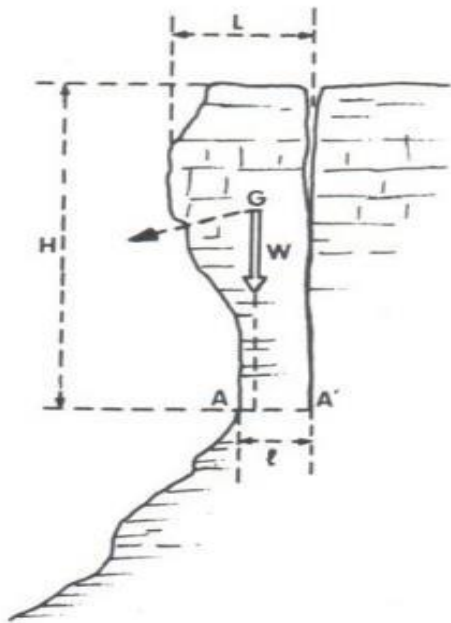
$$\beta = 60^\circ$$



$$\beta = 30^\circ$$

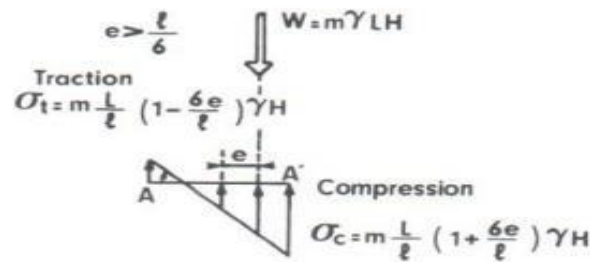
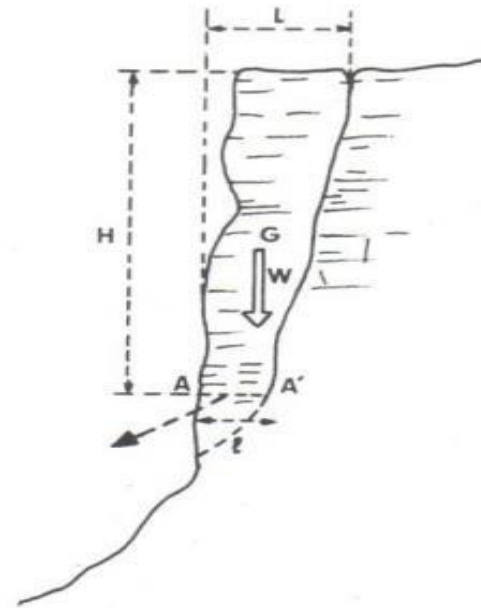


VERSANTS ROCHEUX



(a)

Rupture par basculement

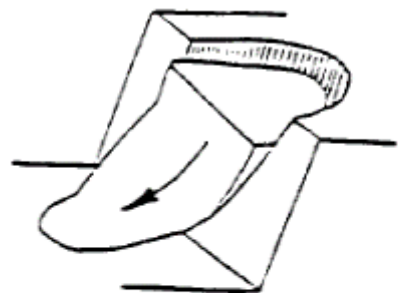


(b)

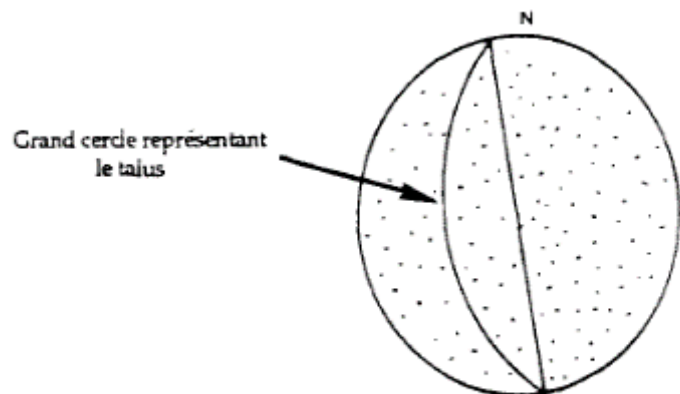
Rupture de pied

DEUX TYPES DE RUPTURE

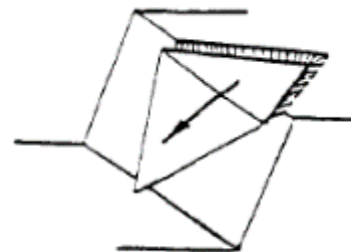
VERSANTS ROCHEUX



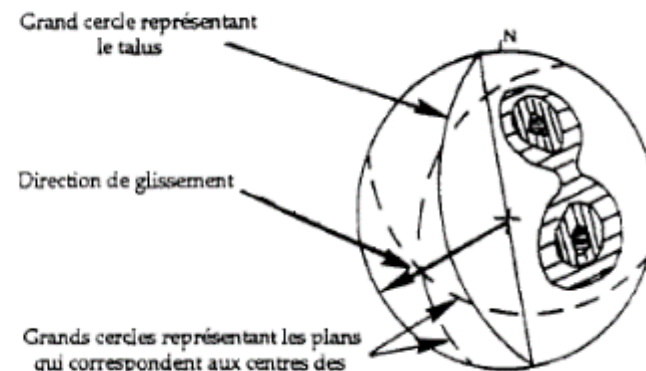
Rupture circulaire dans les sols, remblais rocheux ou massifs rocheux très fracturés et sans structure.



Grand cercle représentant le talus



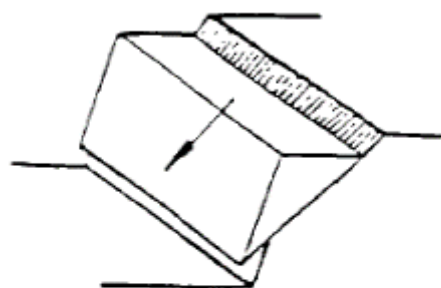
Rupture en dièdre comportant le glissement le long de l'intersection de deux discontinuités



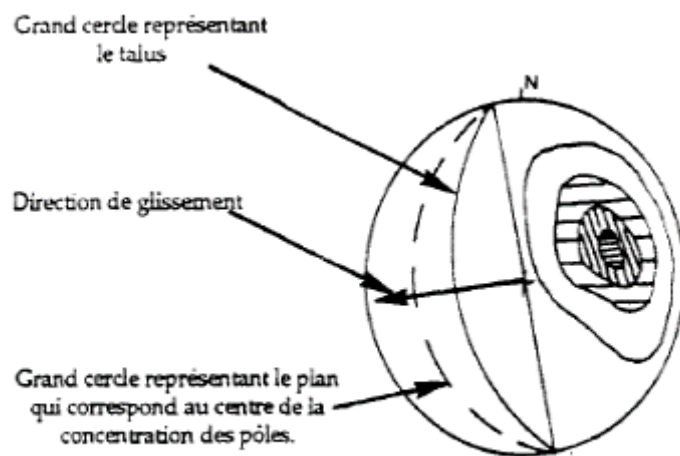
Grand cercle représentant le talus

Direction de glissement

Grands cercles représentant les plans qui correspondent aux centres des concentrations des pôles.



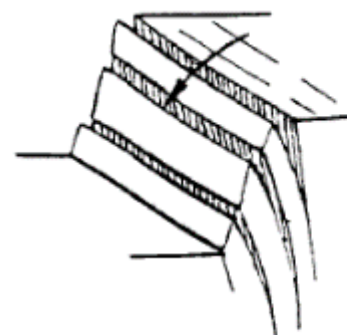
Rupture plane suivant une discontinuité parallèle à la direction du talus



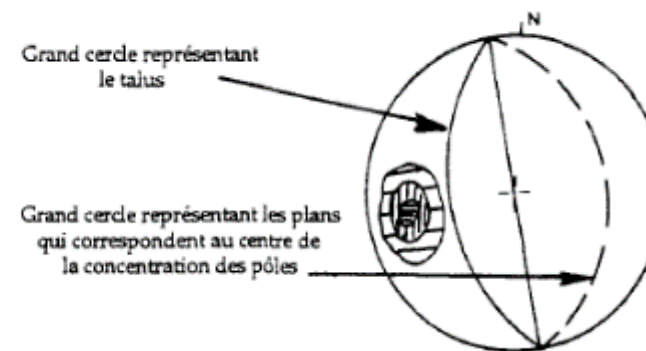
Grand cercle représentant le talus

Direction de glissement

Grand cercle représentant le plan qui correspond au centre de la concentration des pôles.



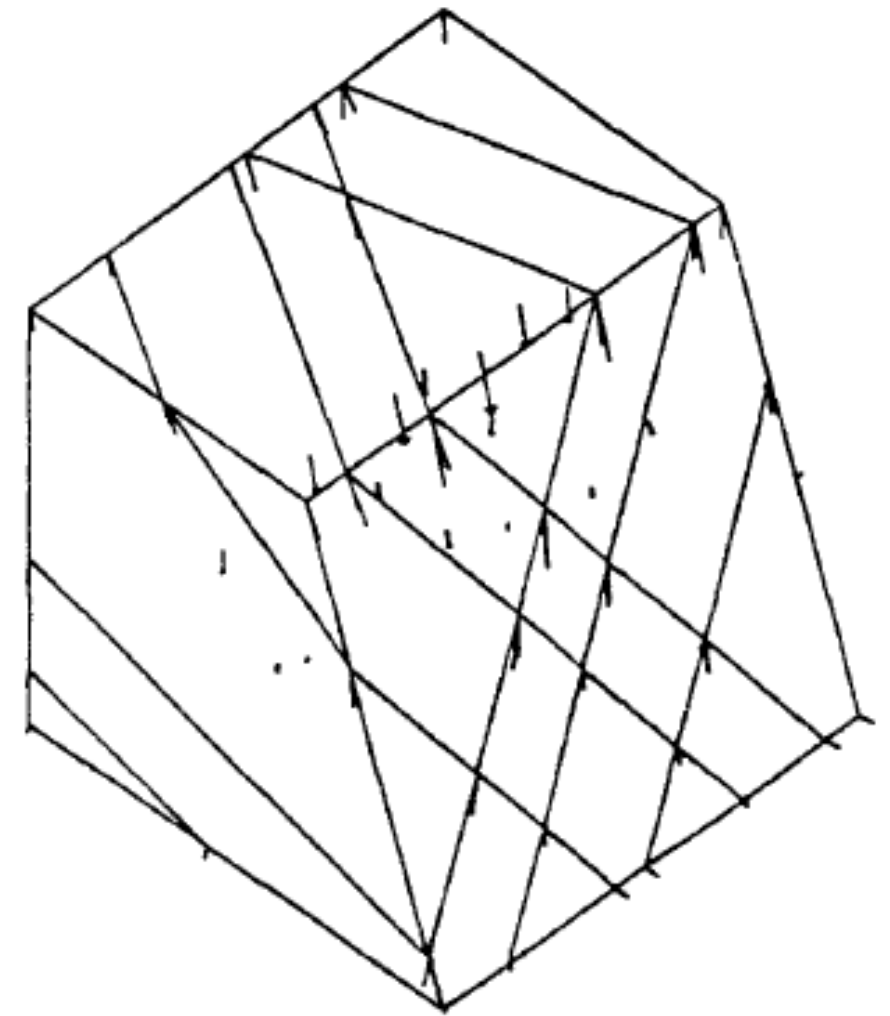
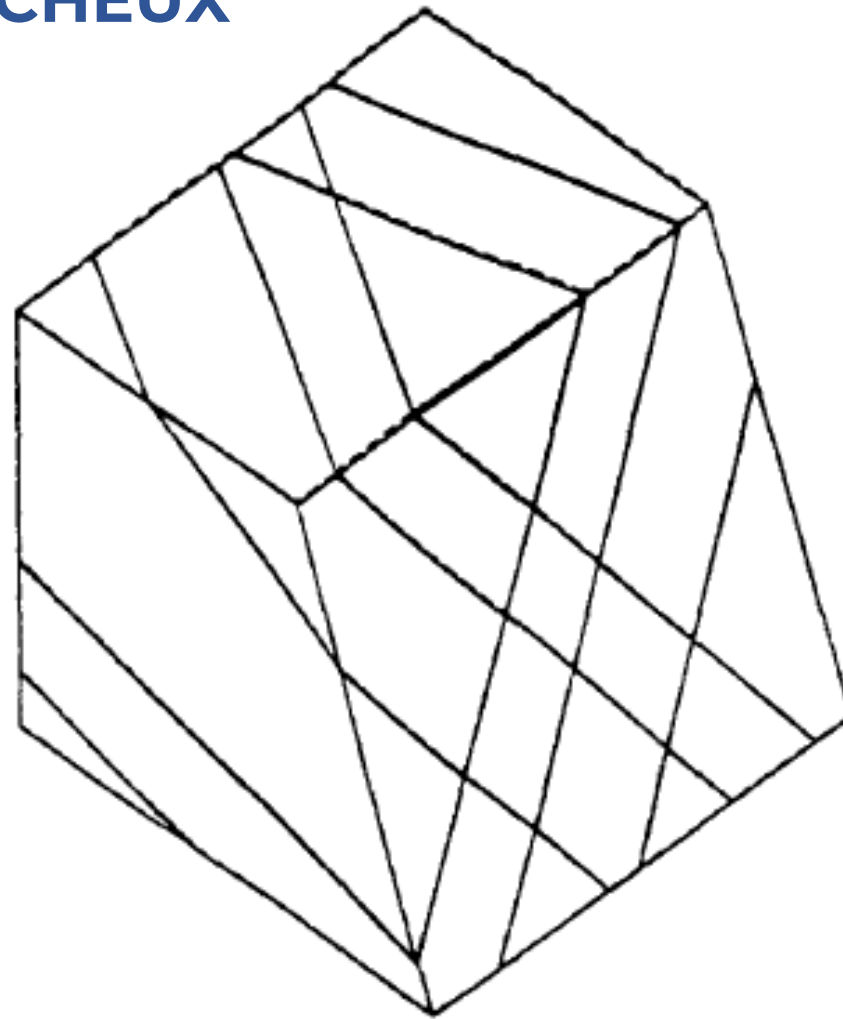
Basculement en roche dure avec des discontinuités très fort pendage.



Grand cercle représentant le talus

Grand cercle représentant les plans qui correspondent au centre de la concentration des pôles

VERSANTS ROCHEUX



----- Etat initial
————— Etat déformé

Déplacement

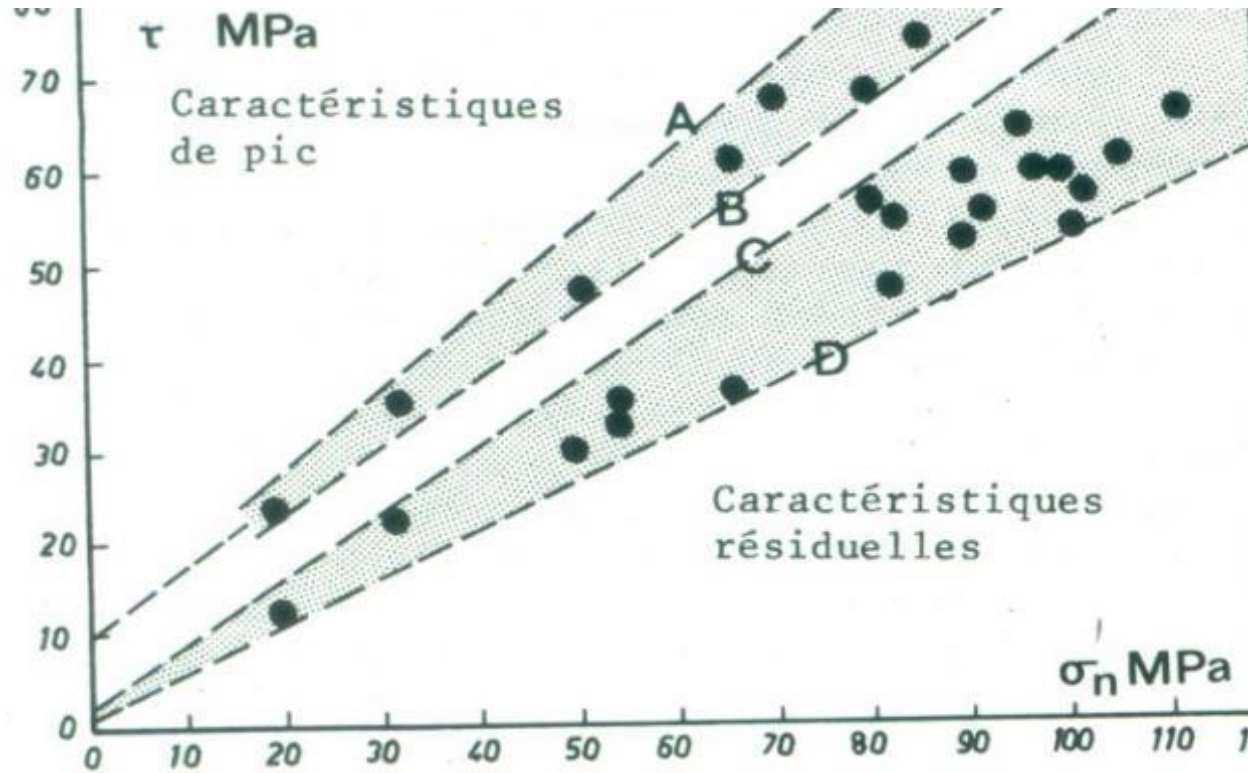
VERSANTS ROCHEUX

Hauteur critique

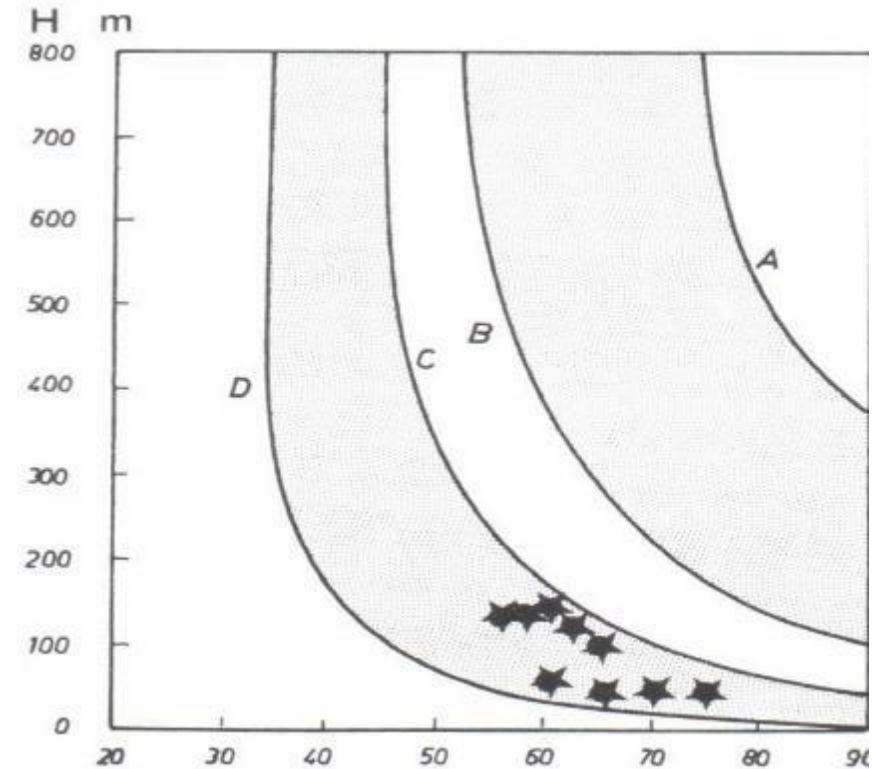
$(\beta = \pi/2)$

Théorie: $H = (\pi + 2)/\gamma$

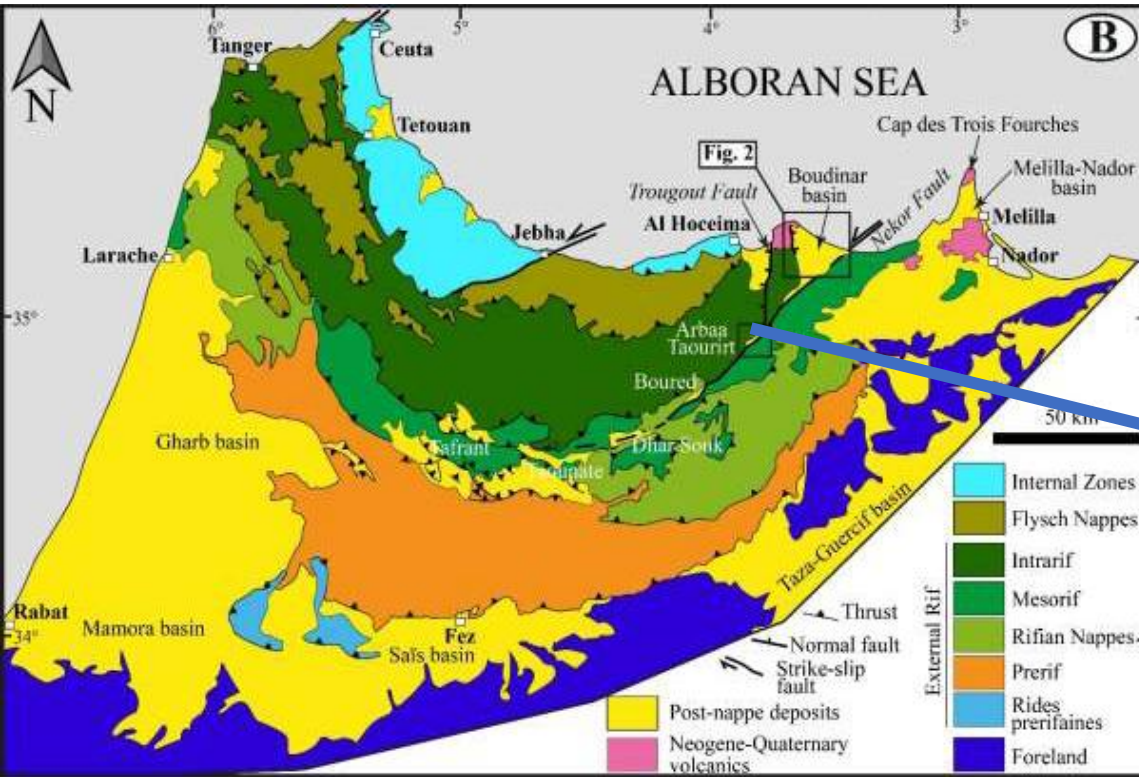
Pratique: $H = 3,84/\gamma$



Caractéristiques de cisaillement



Hauteur critique – groupe C-D



Formation géologique

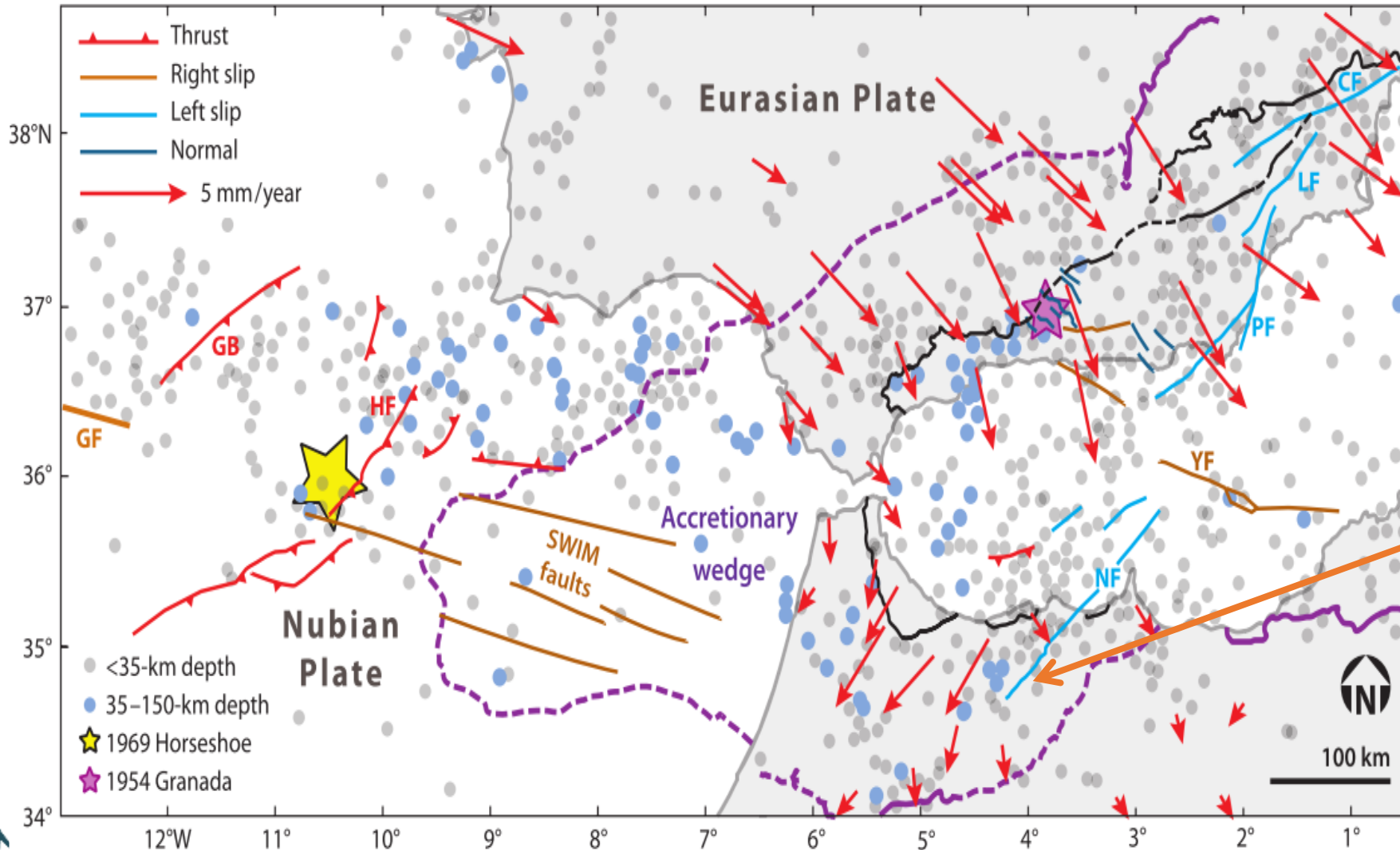


SECTION BOUARMA

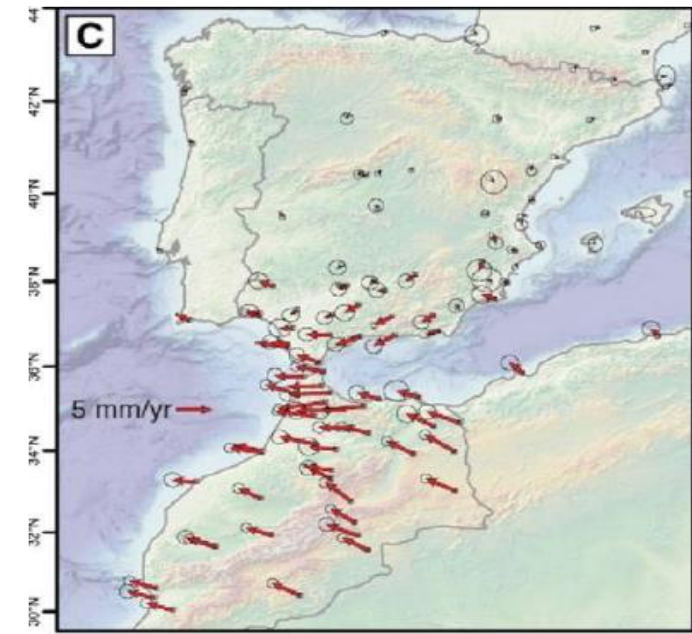


INTENSE TECTONISATION DE LA ZONE

CADRE STRUCTURAL ET TECTONIQUE



A. ZONE DE COLLISION DE LA MER D'ALBORAN



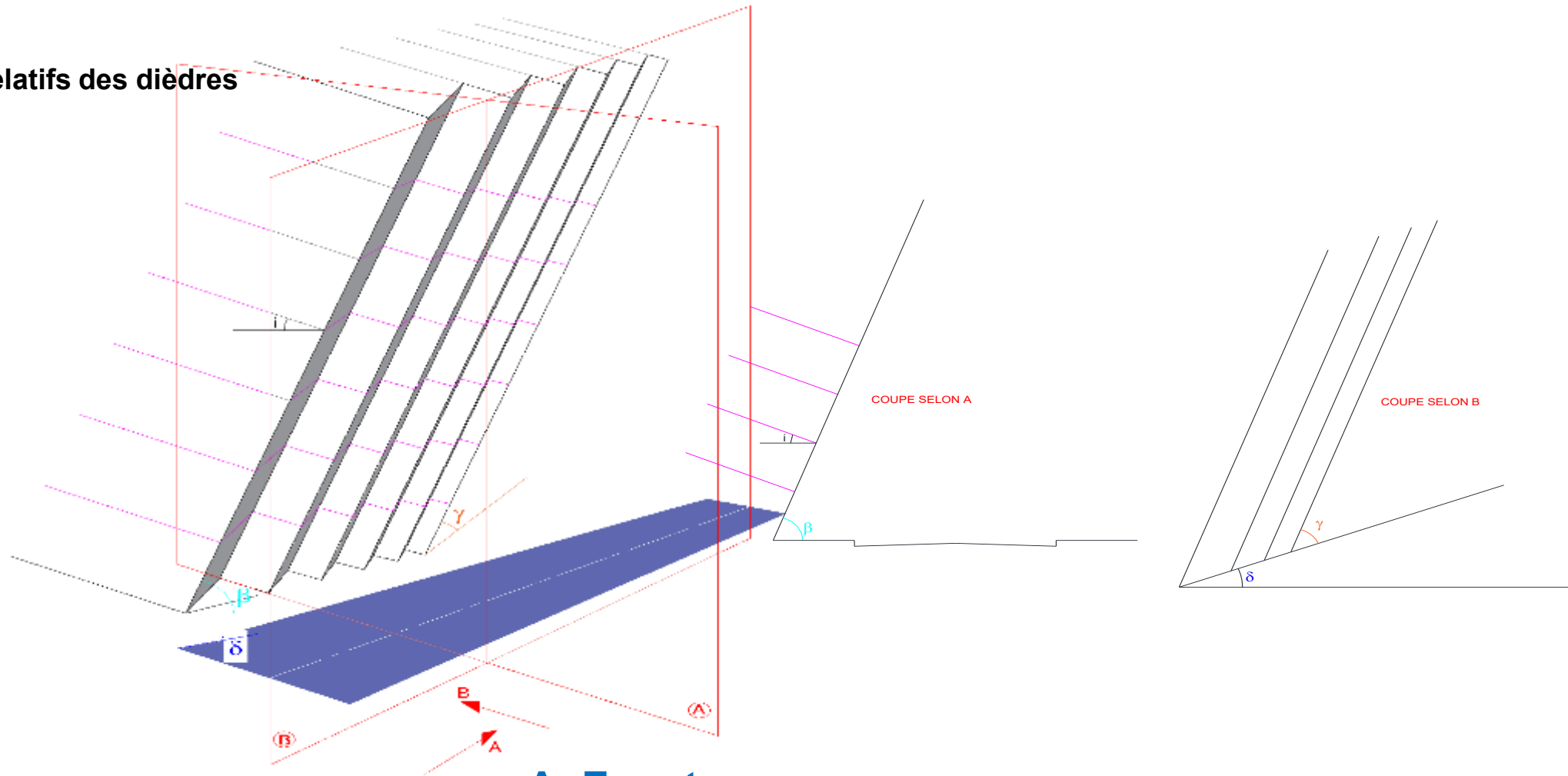
Bouârma

CADRE STRUCTURAL ET TECTONIQUE

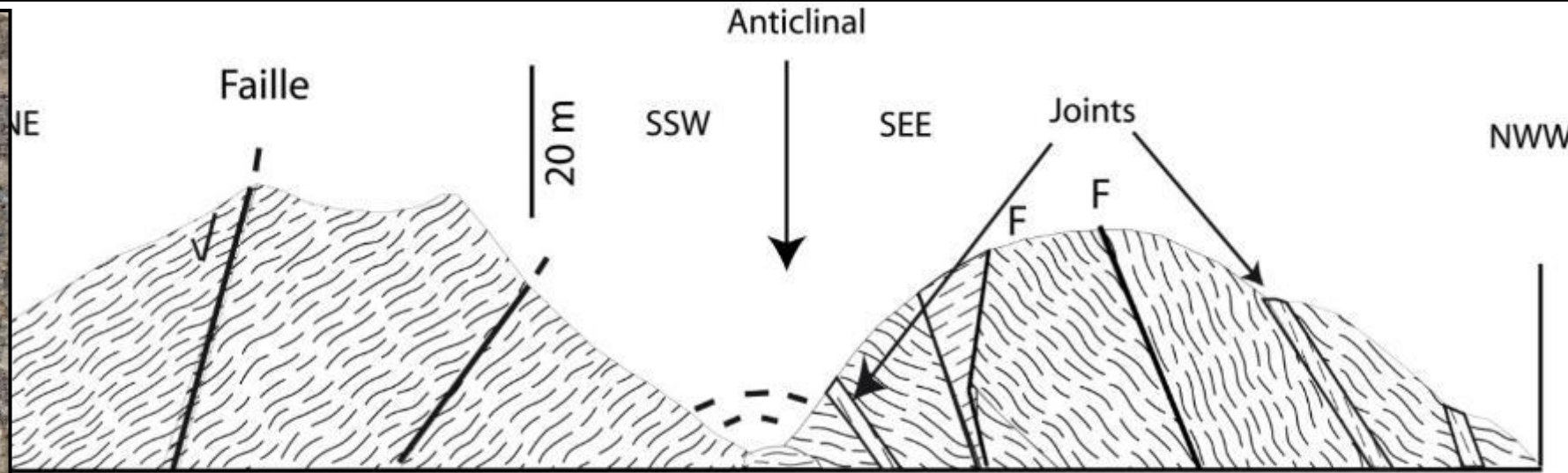


CADRE STRUCTURAL

Angles relatifs des dièdres






A- Epontes rugueuses
B- Epontes lisses



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
S11

LEGENDE

-  Schiste
-  Joint de Marne
-  Faille
-  Fracture

Coupe géologique dans les sections 10 et 11

ANALYSE DE STABILITE



GLISSEMENT DE TERRAIN AU NIVEAU DE LA SECTION 11

NATURE, DIRECTION ET PENDAGE DES COUCHES PAR RAPPORT A L'AXE DE LA ROUTE

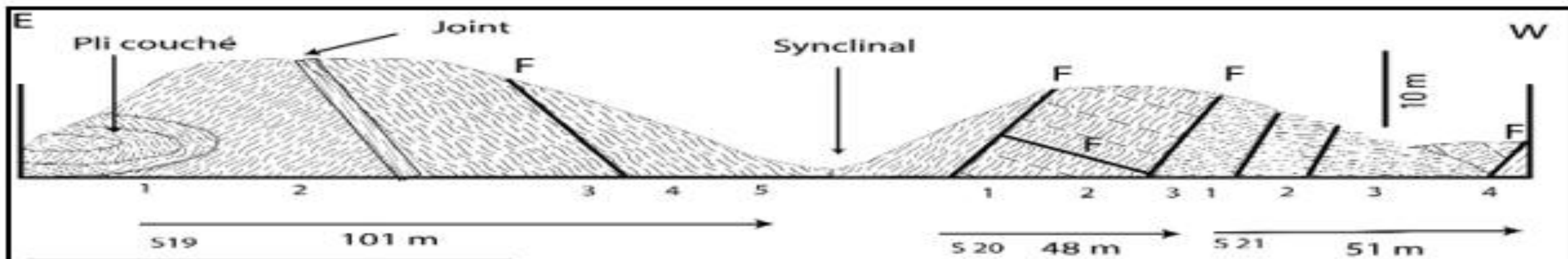
| S 11 Bouaarma | | | | | | | | | | |
|---------------|-----------|-----------|-----|-----------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------------------|-----------------|-----------------------|--------------|
| N° Station | x | y | z | Direction des couches | Pendage des couches (°) | Epaisseur des bancs (m) | Pendage des fissures ou diaclases (°) | Direction Route | Inclinaison Route (°) | Lithologie |
| 1 | N34,91211 | W03,8009 | 746 | N250 sw | 60 | 0.5 | | N120 | 6 | schiste |
| 2 | N34,91244 | W03,80076 | 741 | N267 | 46 | 0.3 | 45 | N120 | 6 | schiste |
| 3 | N34,91259 | W03,80082 | 738 | N254 | 32 | 0.4 | | N130 | 6 | mica schiste |
| 4 | N34,91274 | W03,80094 | 743 | N204 | 50 | 0.4 | 50 | N130 | 6 | schiste |
| 5 | N34,91281 | W03,80104 | 732 | N230 | 60 | 0.4 | 40 | N150 | 6 | schiste |
| 6 | N34,91306 | W03,80119 | 739 | N240 | 40 | 0.4 | 80 | N150 | 6 | schiste |
| 7 | N34,91351 | W03,80139 | 728 | N230 | 39 | 0.4 | 60 | N160 | 6 | schiste |
| 8 | N34,91394 | W03,80142 | 730 | N220 | 40 | 0.5 | | N120 | 9 | pelite |
| 9 | N34,91410 | W03,80160 | 720 | N225 | 45 | 0.5 | 70 | N125 | 9 | schiste |
| 10 | N34,91432 | W03,80182 | 717 | N230 | 45 | 0.4 | | N120 | 9 | schiste |

| S 10 Bouaarma | | | | | | | | | | |
|---------------|-------------|------------|-----|-----------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------------------|-----------------|-----------------------|------------|
| N° Station | x | y | z | Direction des couches | Pendage des couches (°) | Epaisseur des bancs (m) | Pendage des fissures ou diaclases (°) | Direction Route | Inclinaison Route (°) | Lithologie |
| 1 | N34,9127460 | W03,76905 | 745 | N165 | 10 | 0.30 | | N02 vers NE | 6 | schiste |
| 2 | | | | N165 | 25 | 0.45 | 75 | N03 | 5 | schiste |
| 3 | N34,9127504 | W03,76969 | 743 | N275 | 40 | 0;40 | 80 | N10 | 5 | schiste |
| 4 | | | | N264 | 30 | 0;30 | | N35 | 6 | schiste |
| 5 | | | | N260 | 45 | 0.40 | | N60 | 5 | schiste |
| 6 | N34,9127802 | W03,799496 | 740 | N260 | 45 | 0.45 | 60 | N65 | 5 | schiste |
| 7 | | | | N261 | 45 | 0.40 | 45 | N70 | 6 | schiste |



Matrice de la section 19 affectée par deux familles de fractures avec pendage dans deux directions

Matrice constituée de schiste marneux avec fort pendage (section 21)

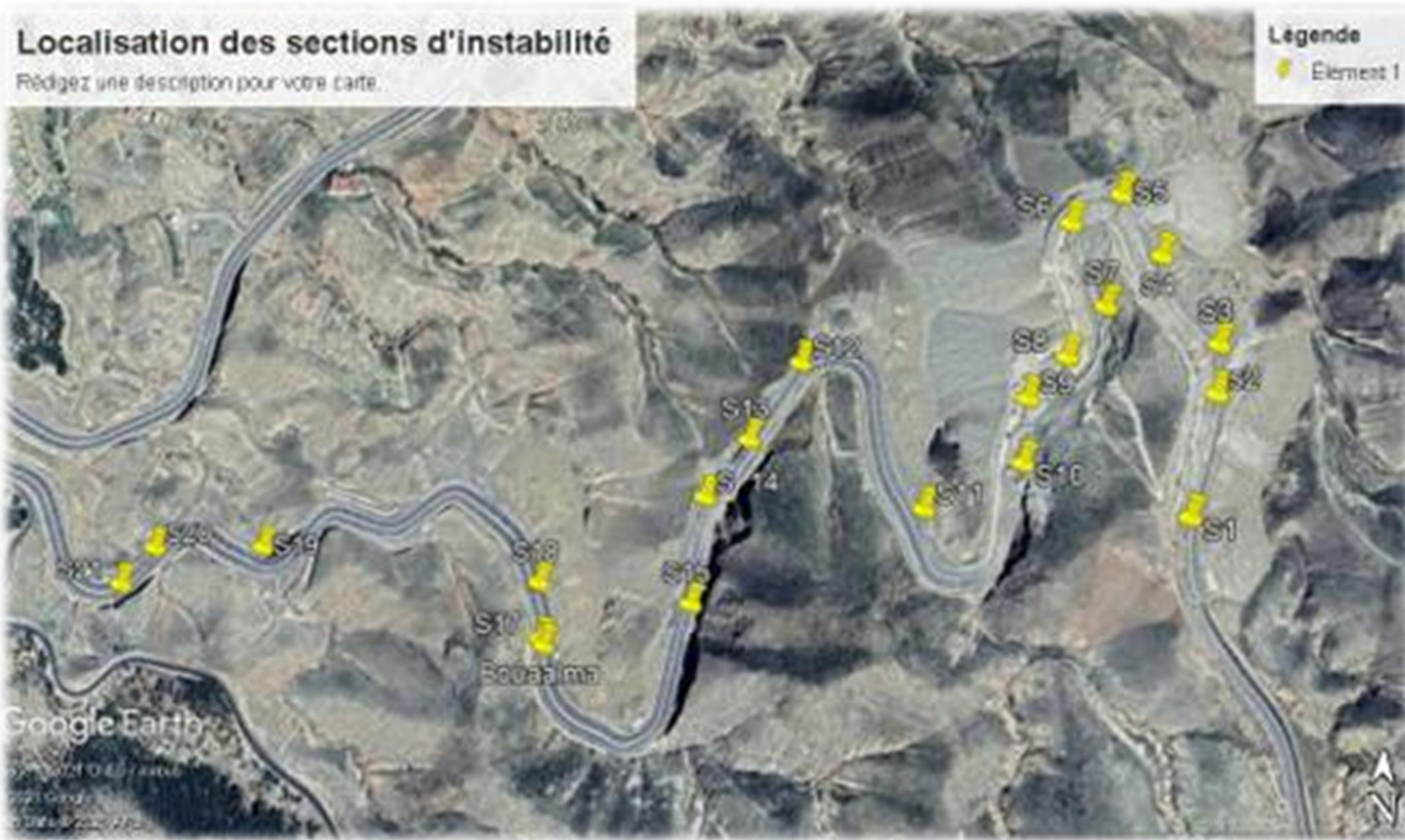


RECAPITULATIF DES LEVES GEOLOGIQUES ET TECTONIQUES

| N Station | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---------------------------|------------|------------|------------|------------|-----------|------------|---------|------------|----------|-----------------|----------|------|------------|
| N Section | | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 7 | 7 | 8 | 9 |
| Coordonnées | X | N34.88443 | N3491299 | N3491357 | | N34.91402 | | N34.91553 | | N34.91534 | | | N34.91349 |
| | Y | W003.72722 | W003.79776 | W003.79764 | | W003.79748 | | W003.79834 | | W003.79910 | | | W003.79971 |
| Route | Direction | N180 | N185 | N190 | N190 | N185 | 145 | N150 | N160 | N335 | Virage | N40 | N335 |
| | Pendage | 6 | 4 | 4 | 4-5 | 8-9 | 6-7 | 8 | 8 | 7-8 | | 8 SW | 6 SW |
| Talus | Dr | N90 | N120 | N100 | N100 | N90 | N245 | 225 | 250 | 250 | 245 | 170 | 230 |
| | Pendage | 35 v SE | 35 SE | 35 | 35-40 | 20-30 | 15-45 | 25-30 NW | 15 | 40 NW | 45 NW | 35 | 45 NW |
| | Hauteur | 20 | 24 | 26 | 27 | 28 | 35 | 33 | 37 | 38 | 38 | 17 | 25 |
| Stratification Principale | Dr | 80-90 | 120 | N100 | 100 | 90 | 240 | | 250 | 250 | | | |
| | Pendage | 35 vers SE | 30 SE | 35 SE | 35-40 SE | 20-30 SE | 35 | | 15 NW | 40 NW | | | |
| | Lithologie | Schiste | Schiste | Schiste | Quartzite | Quartzite | Schiste | | Schiste | Schiste-marneux | | | |
| Discontinuité | Type | Fracture | Fracture | Joint | Fracture | Fracture | | | Fracture | Fracture | Fracture | | |
| | Direction | 330-335 | 330 | 260 | 255 | 255 | | | 280 | 90 | 90 | | |
| | Pendage | 50-60 S-W | 50-60 S-W | 40-80 | 45 NW | 45-55 NE | | | 50 SE | 85 NW | 80 NW | | |
| | Epaisseur | 0.10 | 3 | 0-40 | 0 | | | | | | | | |
| Stratification secondaire | Dr | | | N105 | | | | | | | | | |
| | Pendage | | | 35 SE | | | | | | | | | |
| | Lithologie | | | Schiste | | | | | | | | | |

| N Station | | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 |
|---------------------------|------------|---------|---------|------------|----------|-----------------|----------|----------------|----------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|------------|----------|
| N Section | | 9 | 9 | 10 | 10 | 10 | 10 | entre 10 et 11 | entre 10 et 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 |
| Coordonnées | X | | | N34.913117 | | | | | | | N34.91264 | | | | |
| | Y | | | W003.79959 | | | | | | | W03.80089 | | | | |
| Route | Direction | Virage | Virage | N100 | N350 | N350 | N355 | N140 | N140 | N140 | N150 | N 140 | N150 | N 160 | N 170 |
| | Pendage | | | 6 S | 6 S | 6 S | 6 S | 6 N | 6 N | 6 NW | 7 | 8 NW | 8 | 7 | 8 |
| Talus | Dr | N220 | N220 | 240 | 265 | 260 | 265 | 260 | 260 | 230 | 220 | N 190 | 225 | | |
| | Pendage | 45 NW | 45 NW | 40-45 | 35-40 | 40 | 45 | 30 | | 65 | 65-75 | 60-70 | 60 | | |
| | Hauteur | 27 | 28 | 40 | 40 | 40 | 35 | 35 | | 15 | 25 | 30 | 28 | 27 | 20 |
| Stratification Principale | Dr | 220 | 220 | 240 | 260 | 260 | 265 | 260 | 250 | 230 | 220 | 190 | 225 | 250 | 250 |
| | Pendage | 45 NE | 45 NE | 40 | 35-40 | 40 | 45 N | 30 | 40 | 65-75 | 75 E | 60-70 | 60 | 40-45 | 45 |
| | Lithologie | Schiste | Schiste | Schiste | Schiste | Schiste | Schiste | Schiste | Schiste | Schiste gréseux | schiste | schiste mar. | schiste mar. | schiste | schiste |
| Discontinuité | Type | Joint | Joint | Faille | Faille | Fracture | Fracture | Joint mar. | joint mar. | joint mar. | fracture | fracture | joint mar. | joint mar. | fracture |
| | Direction | N160 | N130 | 280 | 270 | 140 | 125 | 140 | 170 | 220 | 240 | 190 | 240 | 250 | 260 |
| | Pendage | 65 sw | 70-75 | 35-45 NW | 45-50 NW | 85 SW | 80 NE | 45 W | 55 W | 70 | 60-70 | 60-70 | 30-40 | 45 | 50 NW |
| | Epaisseur | 0.05 | | | | | | 0,8 | 0,7 | 0,5 | 1 | 0,5 | 0,6 | 0,4 | |
| Stratification secondaire | Dr | 220 | 225 | | | 250 | | N 160 | N 165 | 220 | 220 | 220 | 250 | 245 | 250 |
| | Pendage | 50 NE | 45 NE | | | 10 | | 5 | 15 | 70 NE | 45 | 30-40 | 30-40 N | 40 N | 45 N |
| | Lithologie | Schiste | Schiste | | | schiste ardoisé | | Schiste-mar. | schiste-mar. | schiste-mar. | schiste ard. | schiste mar. | argile | argile | argile |

DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES – RÉCTIFICATION DU TRACÉ



DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES -CLOUTAGE



DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES –EXCAVATION DES BLOCS INSTABLES



**Optimiser les travaux d'excavation et de stabilisation
Assurer la sécurité des travailleurs**

تحت الرعاية السامية لصاحب الجلالة الملك محمد السادس
Ο ΥΠΟΥΡΓΟΣ ΕΡΓΩΝ ΚΑΙ ΥΔΡΟΧΡΗΣΕΩΝ
SOUS LE HAUT PATRONAGE DE SA MAJESTÉ LE ROI MOHAMMED VI

11^{ème} المؤتمر الوطني للطرق
ΟΧΟΔΑ ΕΡΓΩΝ ΚΑΙ ΥΔΡΟΧΡΗΣΕΩΝ
Congrès National de la Route

MERCI

SOUS LE THÈME

Quels rôles de l'infrastructure
routière dans le nouveau modèle
de développement économique
et social du Maroc ?

تحت شعار

أية مكانة لتطوير البنية التحتية
الطرقية في تنزيل النموذج
الجديد للتنمية الاقتصادية
و الاجتماعية بالمغرب ؟

10 / 12
نوفبر NOV
DAKHLA 2022

الداخلة
DAKHLA