



MINISTERE DES RESSOURCES EN EAU

AGENCE NATIONALE DES RESSOURCES HYDRAULIQUES

A

N

R

H

**ETUDE SUR MODELE MATHEMATIQUE
DE SYSTEME AQUIFERE DE
LA REGION DE BISKRA**

ETUDE SUR MODELE MATHEMATIQUE DE SYSTEME AQUIFERE DE LA REGION DE BISKRA

- 1 - OBJECTIFS
- 2 - SITUATION DE LA ZONE D'ETUDE
- 3 - CONTEXTE GEOGRAPHIQUE
- 4- HYDROLOGIE
- 5- GEOLOGIE
- 6- HYDROGEOLOGIE
- 7- MODELE NUMERIQUE
- 8- CONCLUSION

A
N
R
H

OBJECTIFS

- 1 - Identifier les niveaux aquifères (contexte géologique et hydrogéologique complexe)
- 2 - Déterminer les relations entre les différents aquifères
- 3- Déterminer les potentialités du CT dans la région de Biskra
- 4- Consolider les connaissances du SASS dans la région de Biskra
- 5-Relation avec les Chotts (dégradation de la qualité)

A

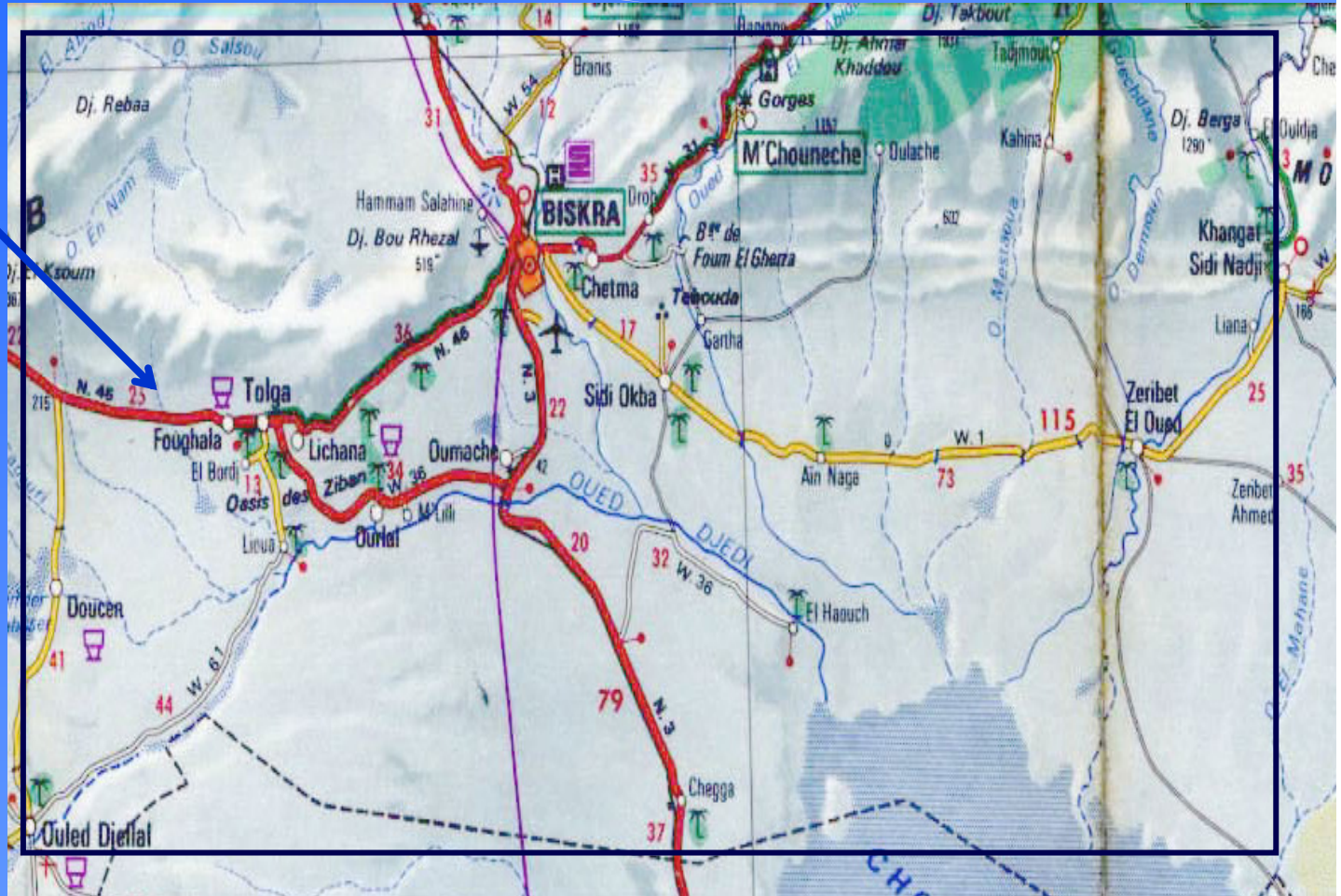
N

R

H

SITUATION DE LA ZONE D'ETUDE

Zone d'étude
Superficie
30.000 Km²



ANRH

CONTEXTE GEOGRAPHIQUE

Origine du nom : **Romain, Vescera.**

Situation et accès : **Altitude 125 m.**
243 km au Sud de Constantine.
220 km au Nord de Touggourt.
113 km à l'Est de Bou Saada.
A 425 Km au Sud-Est d'Alger

Population : **575 858 habitants**
dont : 285 899 Femmes et 289 959 Hommes
: 128 920 au chef lieu

Superficie : **21 671 Km²** Densité : **26,57 H/Km²**

A
N
R
H

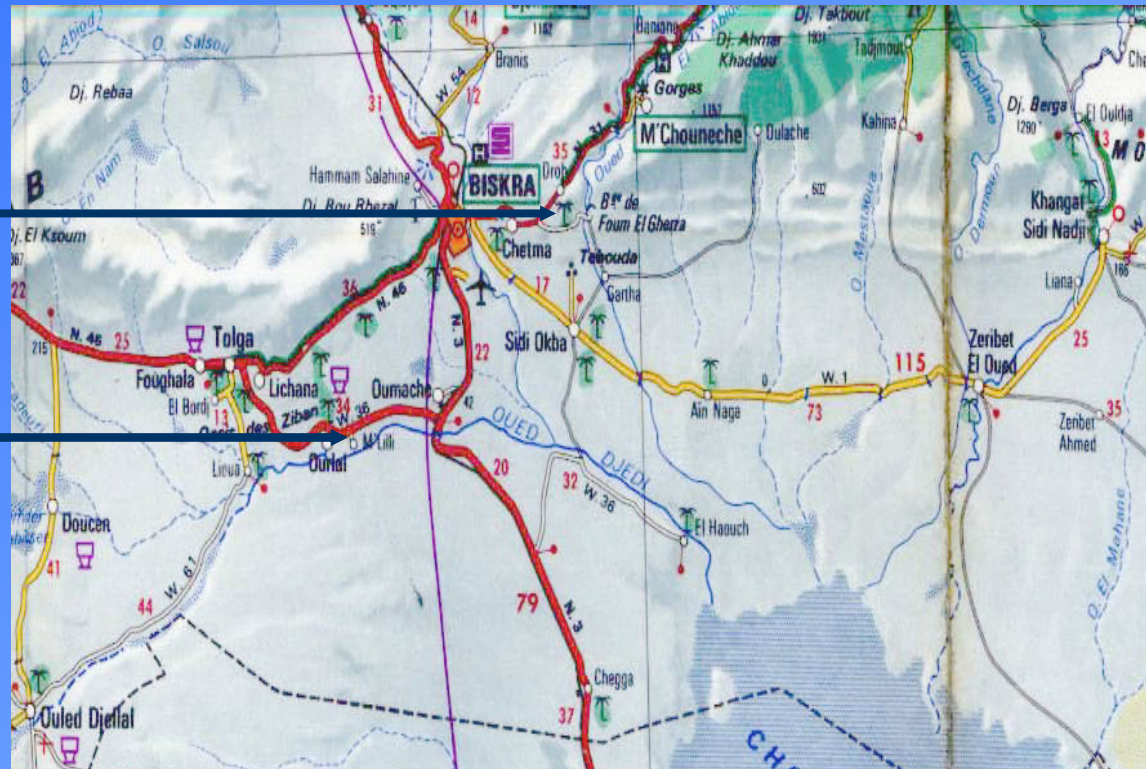
HYDROLOGIE

L'ensemble des oueds de la région de Biskra fait partie du grand bassin versant saharien du Chott Melhir.

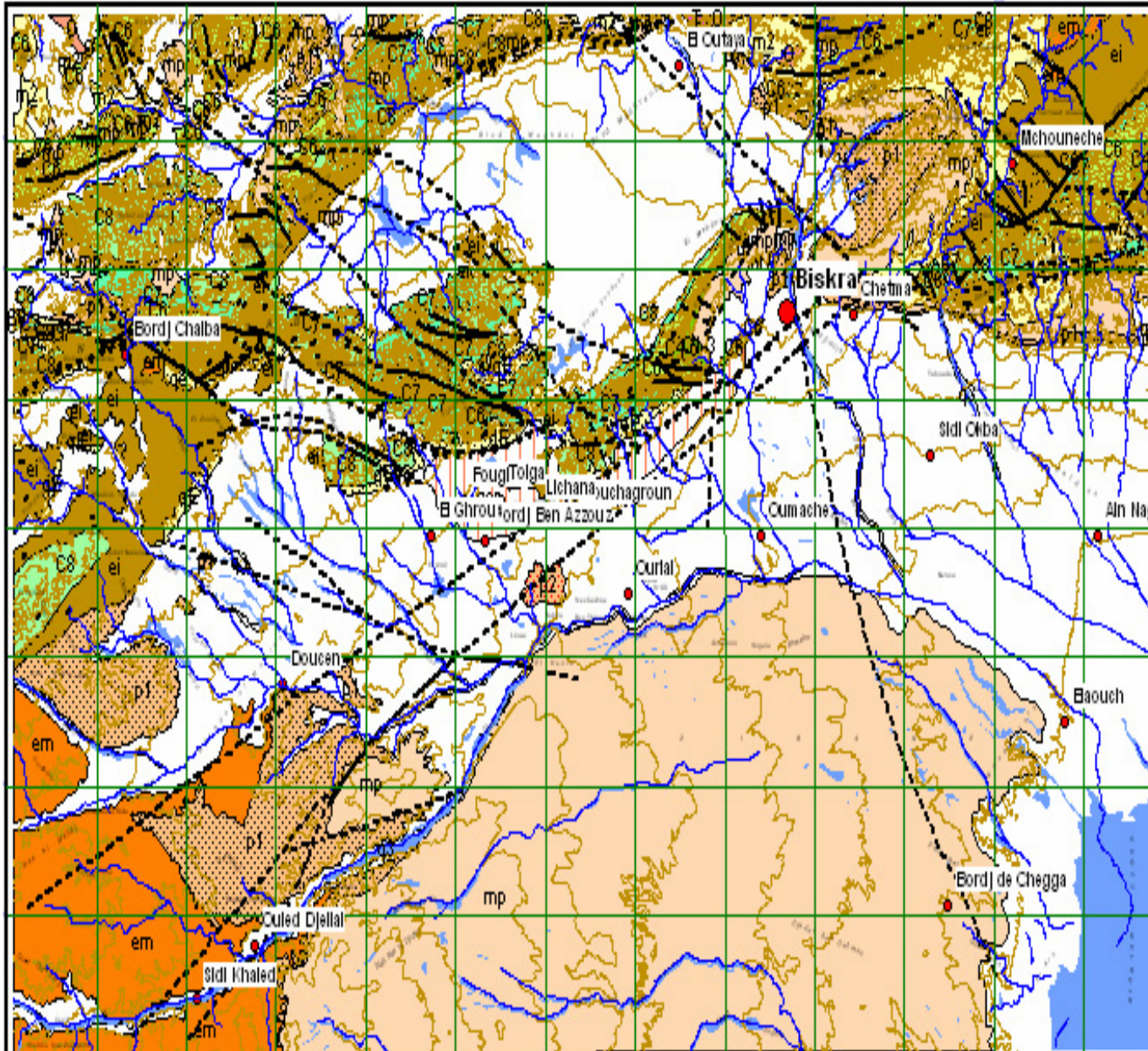
Parmi les oueds importants :

- L'Oued Biskra :

- L'Oued Djeddi :



GEOLOGIE



Terrain c	Stratigraphie	Lithologie
Sédimentaires		
QUATERNAIRE		
	qE	Brouils sur les pentes et au pied des montagnes
	q3	Gailloux, graders et sables dans les lits des oueds
	qcn	Croûle calcaire gypseuse
	q	Alluvions sableuses des grandes plaines
TERCIAIRE		
Pliocène supérieur		
	P1	Poulingues, grès
	P2	Couches rouges sableuses et gypseuses
Mio-pliocène		
	mp	Grès sables argiles et marnes
Miocène inférieur		
	m2	Marnes rouges à gypse
Oligocène		
	0	Conglomérats
Eocène moyen		
	em	Dépôts lagunaires (Argiles, gypses et anhydrites)
Eocène inférieur		
	ei	Calcaires maritils à silex
SECONDAIRE		
Mésocène - Campanien		
	C8	Calcaires à calcaires mameux
Santonien - Coniacien		
	C7	Calcaires à calcaires mameux
Turonien		
	C6	Calcaires maritils
Cénomane		
	C4-5	Calcaires et marnes gypseuses
Albien		
	C1-3	Grès et argiles rouges
Aptien		
	C1H	Calcaires, dolomies et anhydrites
Barrémien		
	C1II	Grès, graders et argiles rouges
Triaç		
	j	Diapir de sel gemme
Signes conventionnels		
	Unité d'étages géologiques	
	Failles et contacts anormaux	
	Flexure	
	Pente des couches	

HYDROGEOLOGIE

- Le bassin hydrogéologique de Biskra englobe :
 - La vallée de l'oued Djeddi
 - La région de Biskra
 - La cuvette d'El Outaya
- La lithologie et les considérations hydrodynamiques permettent d'individualiser 4 unités aquifères principales
 - La nappe phréatique du Quaternaire
 - La nappe des sables du Mio-Pliocène et Pontien
 - La nappe des calcaires de l'Eocène inférieur et Senonien
 - La nappe des grès du Continental Intercalaire

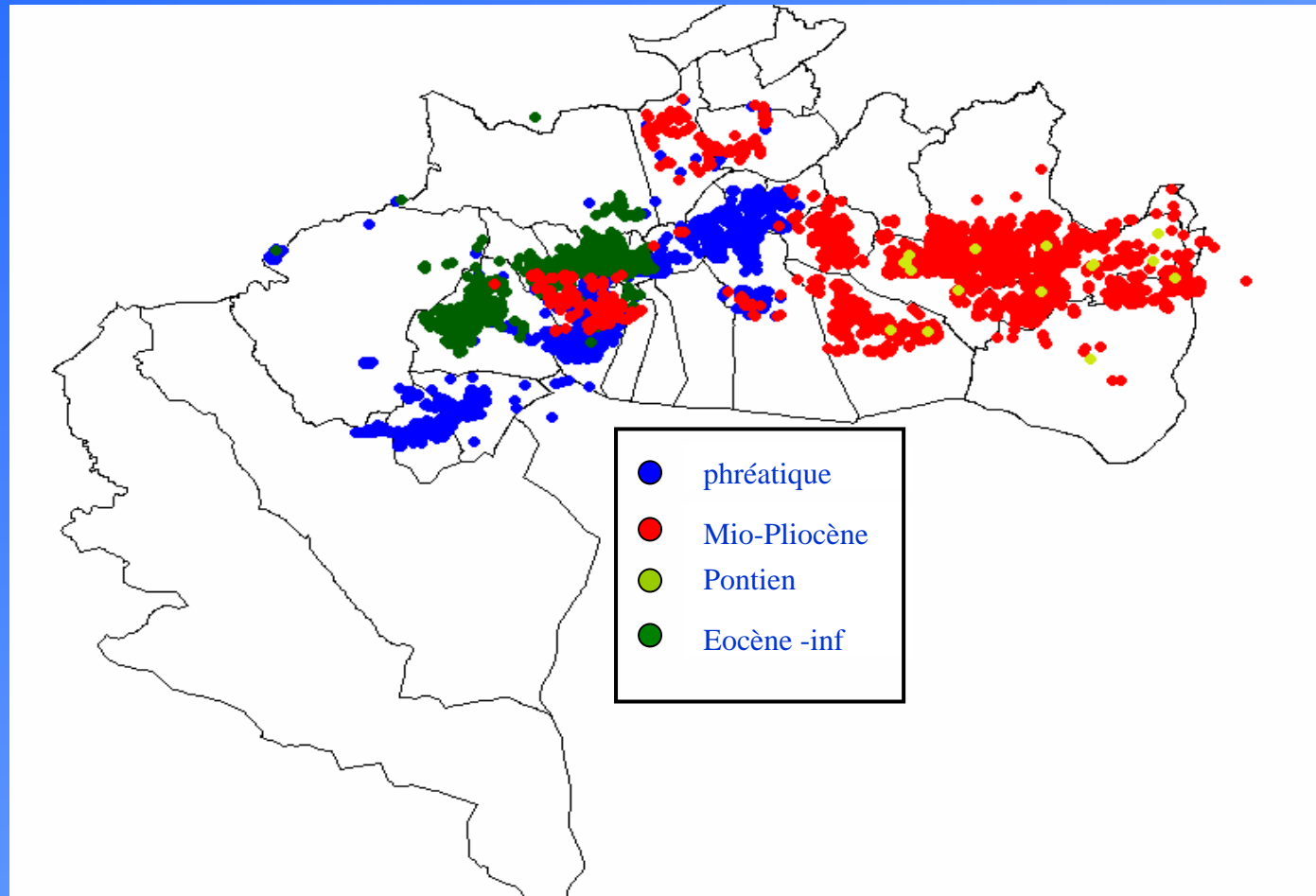
A

N

R

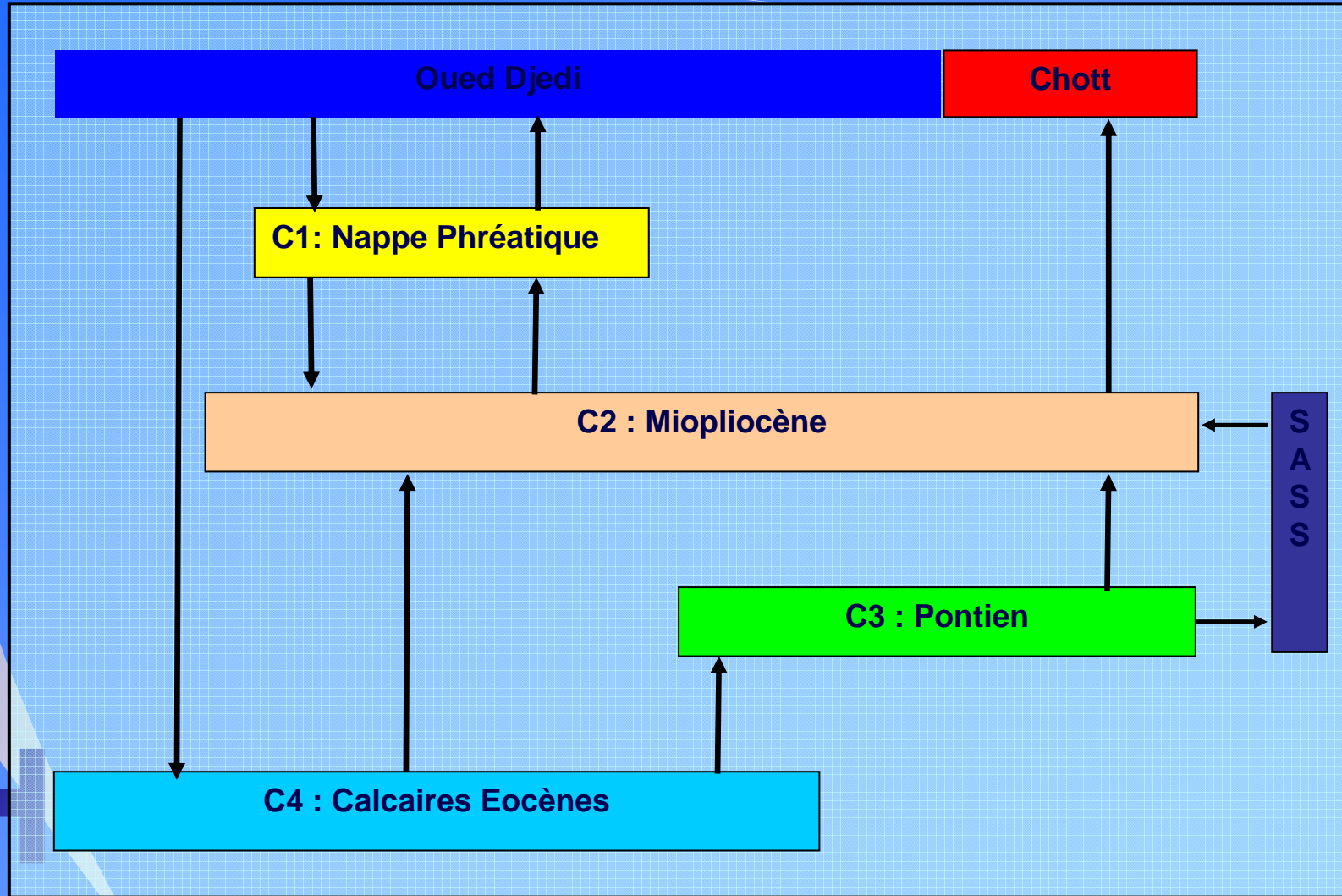
H

Répartition des points d'eau



A
N
R
H

MODELE CONCEPTUEL



A
N
R
H

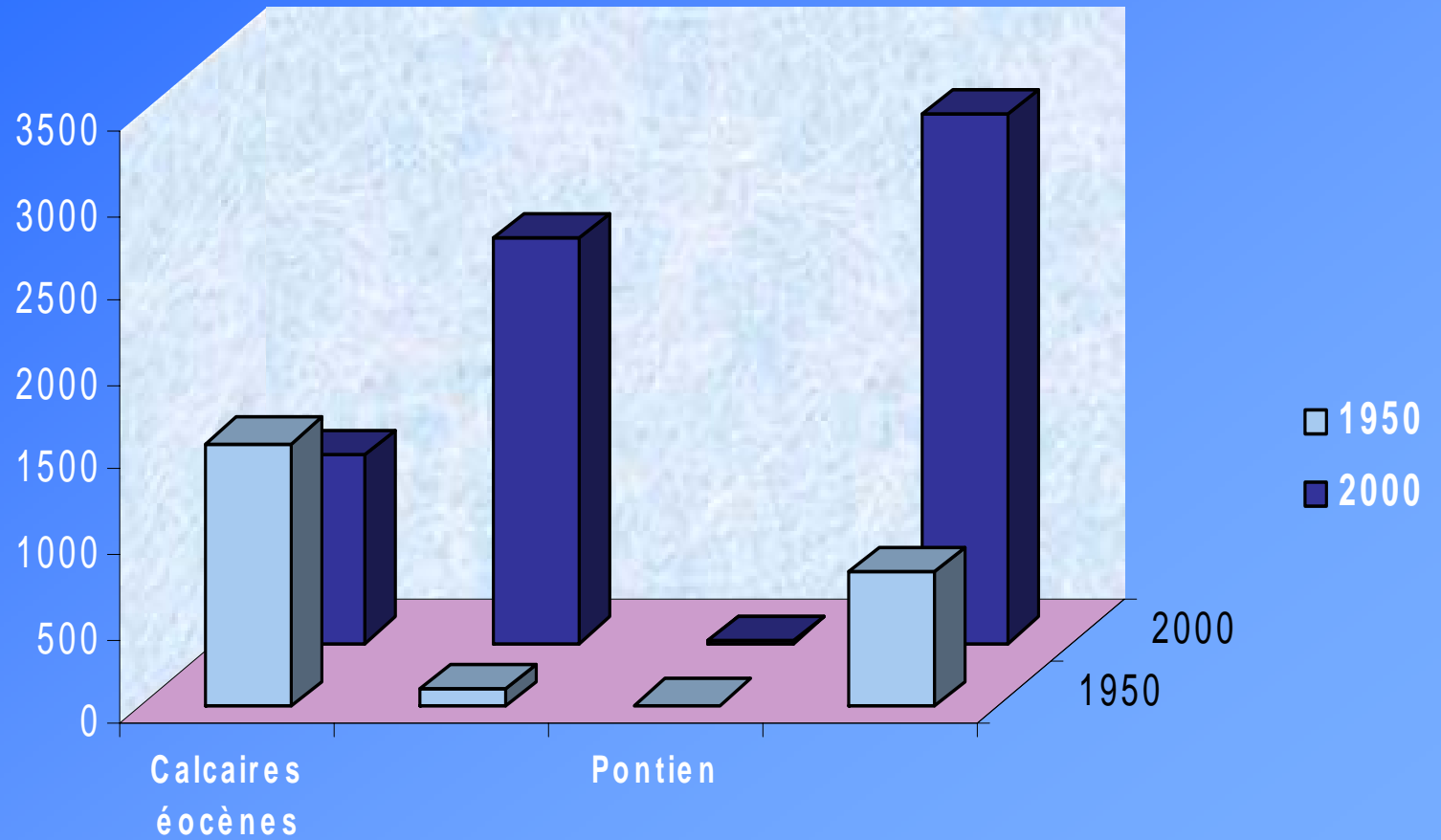
DONNEES DU MODELE

EVOLUTION DES POINTS D'EAU EN XPLOITATION (FORAGES ET PUIITS)

Aquifères	1950	2000
Calcaires éocènes	250	1109
Mio-pliocène	100	2385
Pontien	2	17
Phréatique	789	3126
TOTAL	1141	6637

**A
N
R
H**

EVOLUTION DES POINTS D'EAU EN XPLOITATION (FORAGES ET PUITTS)



A
N
R
H

EVOLUTION DES PRELEVEMENTS

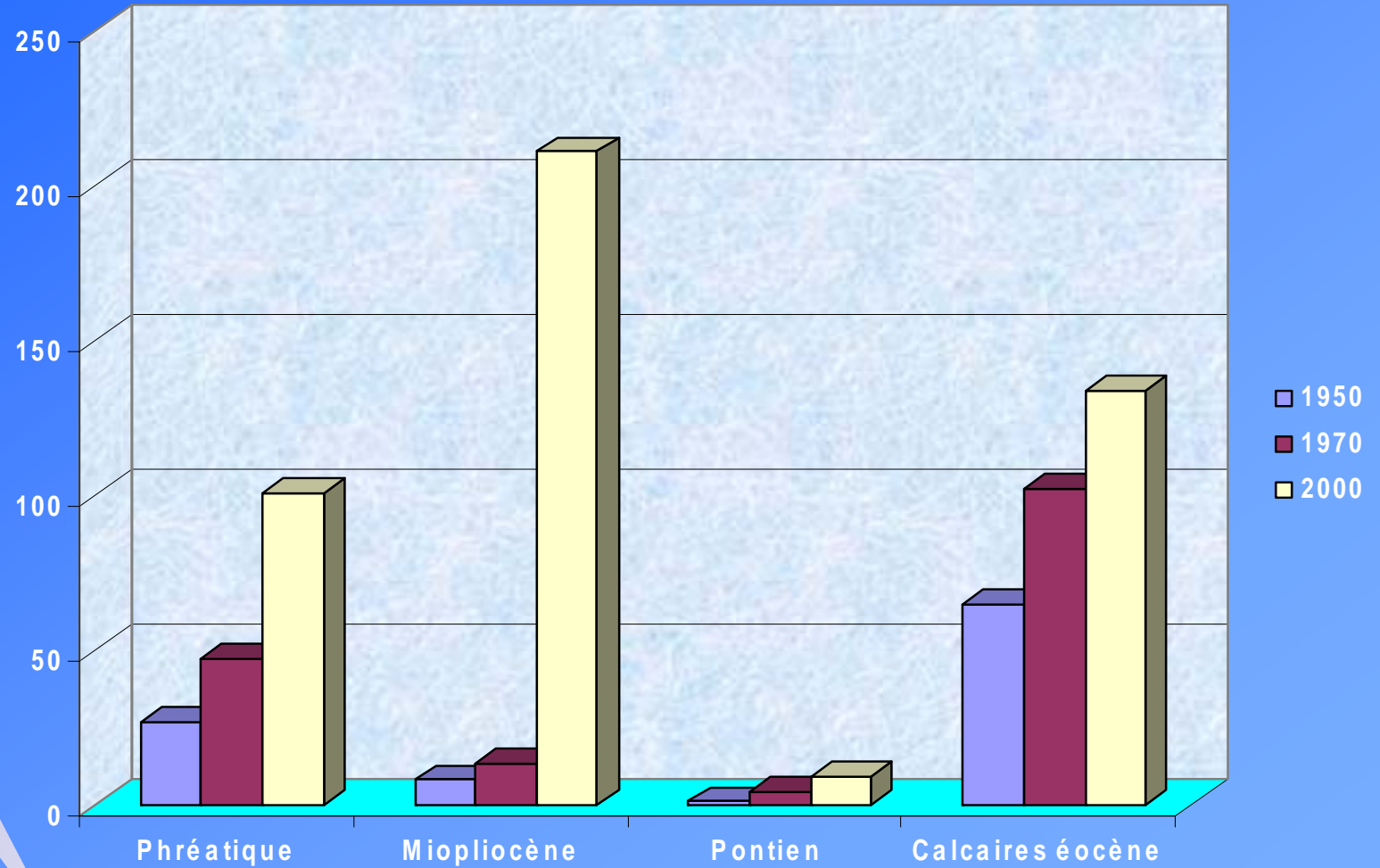
EN MILLIONS DE M3/S

Aquifères	1950	1970	2000
Calcaires éocènes	65	102	134
Miopliocène	8	13	211
Pontien	1	4	9
Phréatique	27	47	101
TOTAL	101	166	455

A
N
R
H

EVOLUTION DES PRELEVEMENTS

EN MILLIONS DE M3/S



A
N
R
H

A

N

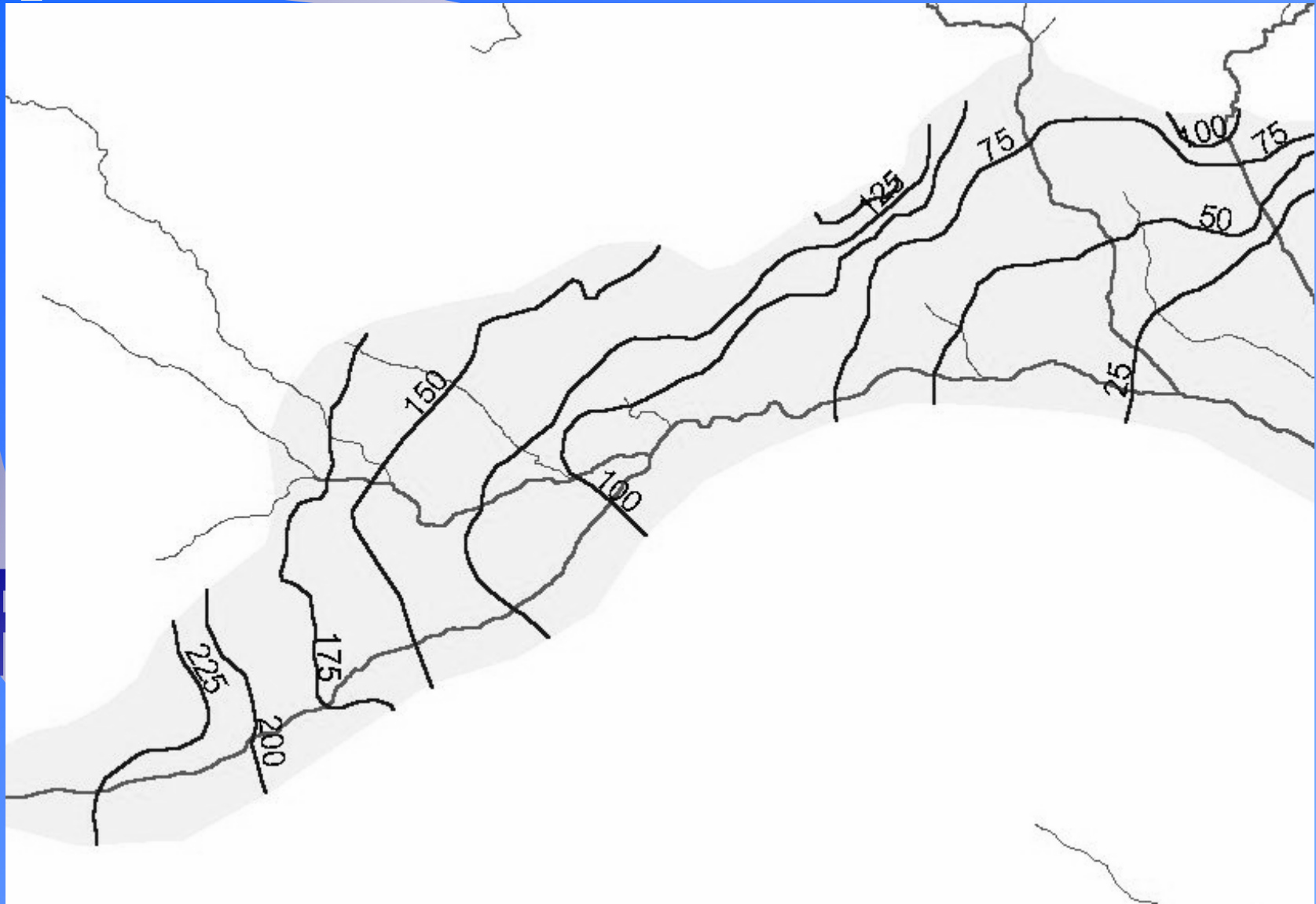
R

H

CARTES

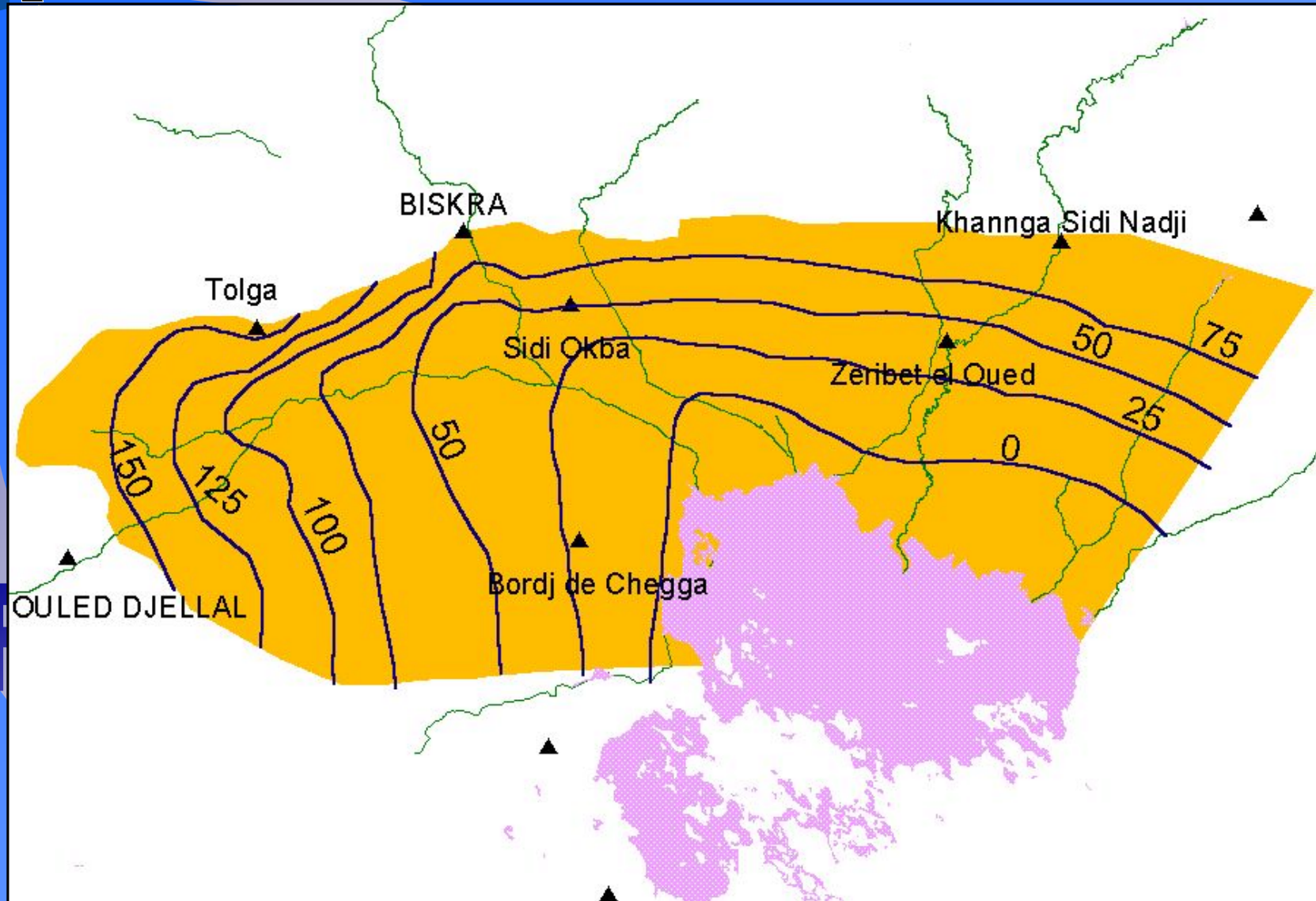
PIEZOMETRIQUES

PHREATIQUE



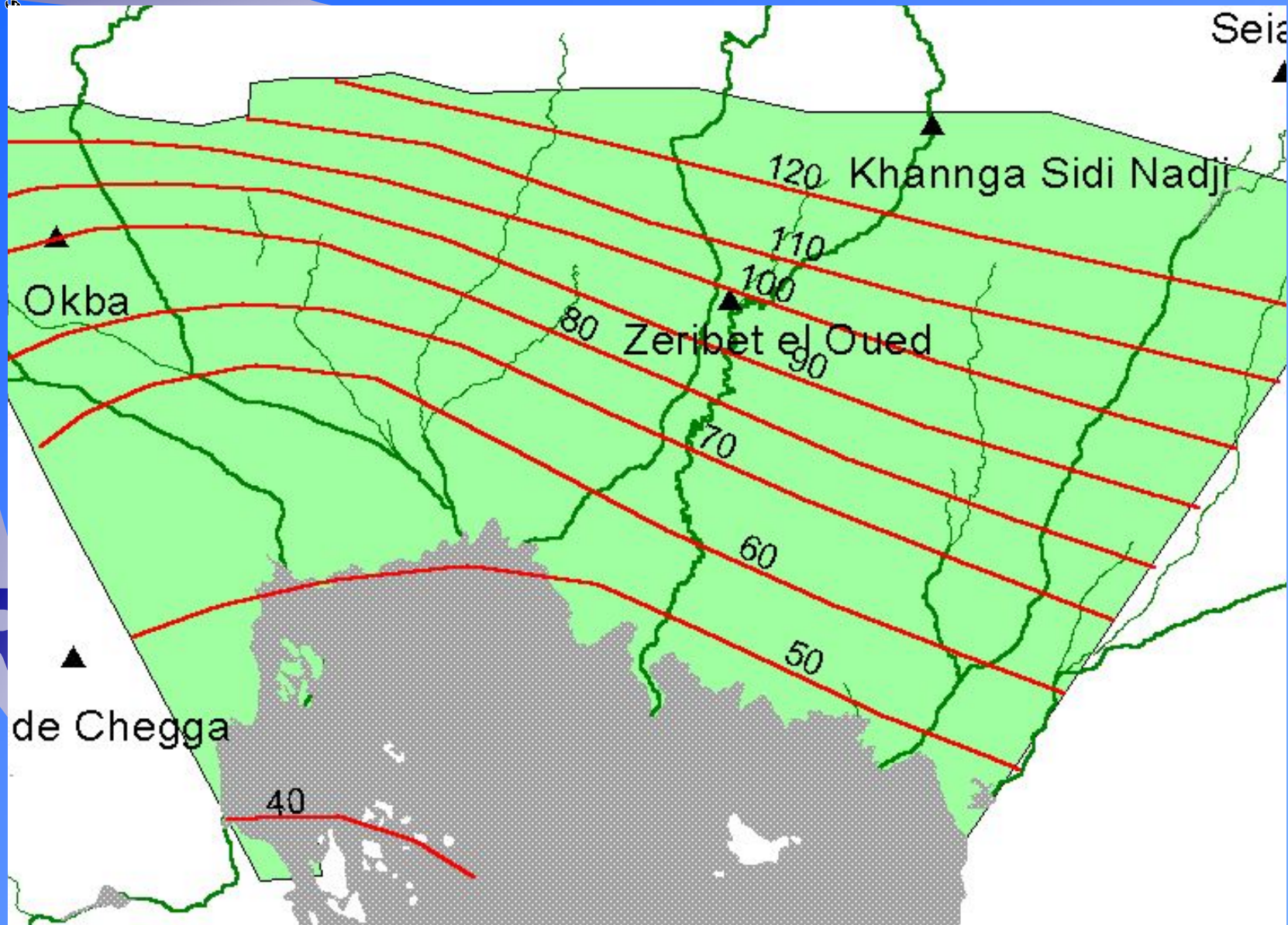
A
N
I

MIO-PLIOCENE



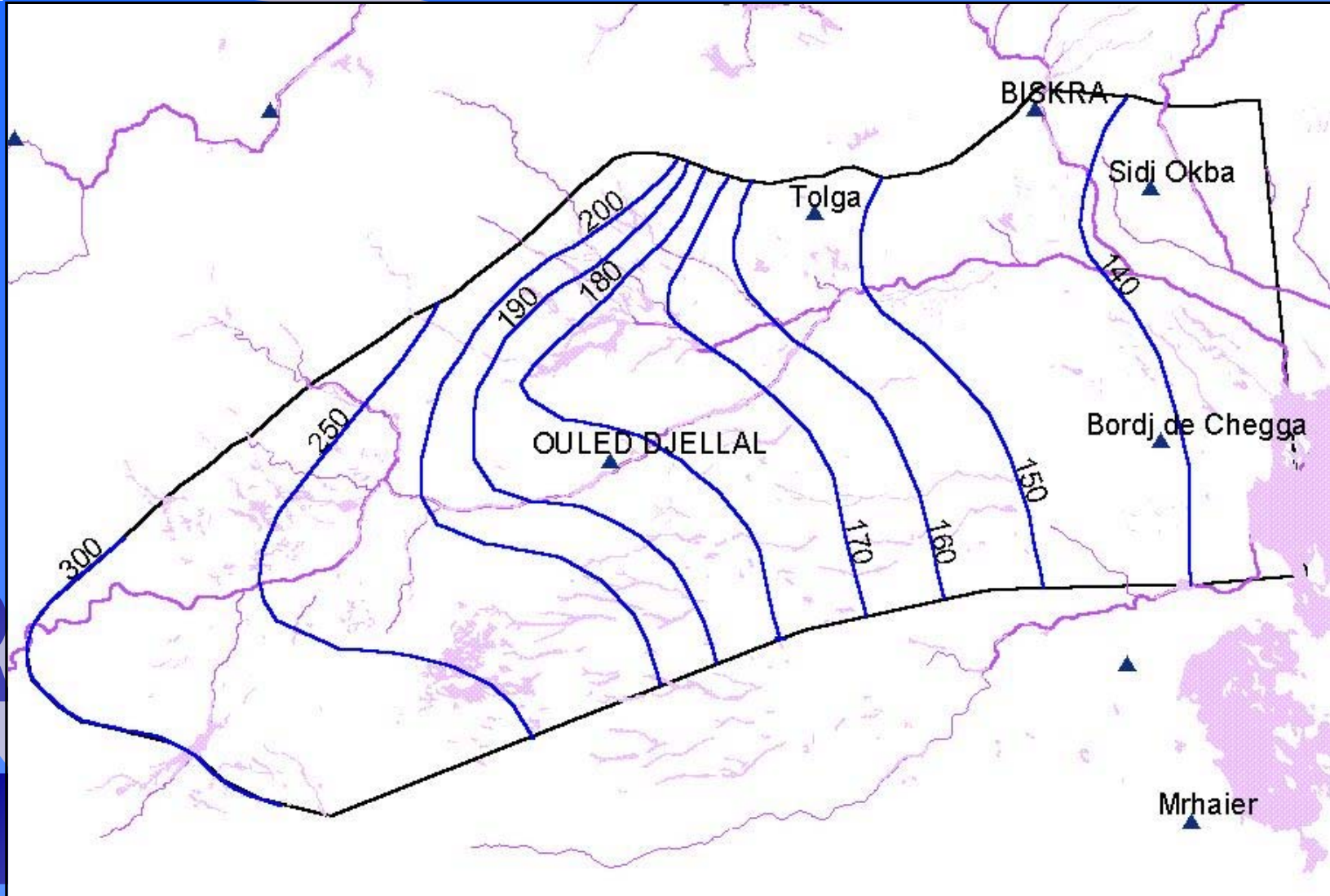
A
N

PONTIEN



A
N
R

EOCENE INFERIEURE



A
N
R
H

A

N

R

H

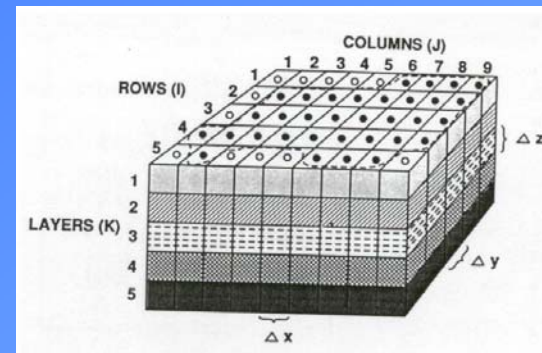
PRINCIPES ET CONSTRUCTION DU MODELE

CONSTRUCTION DU MODELE MATHEMATIQUE

$$\text{div} (\bar{T} \vec{\text{grad}} h) = S \frac{\partial h}{\partial t} + q$$

Equation Générale

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mm} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \\ \vdots \\ q_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H_1 \\ H_2 \\ \vdots \\ H_m \end{bmatrix}$$



Discretisation du Domaine

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(T_x \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(T_y \frac{\partial h}{\partial y} \right) + q_H + q_B = S \frac{\partial h}{\partial t} + q$$

$$q_B = K_v \frac{H_B - H_C}{e_B}$$

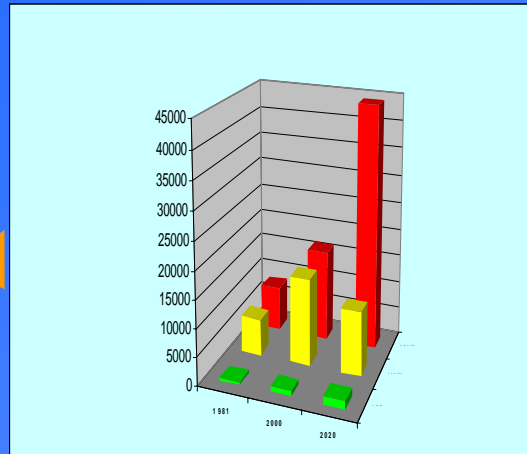
$$q_H = K_v \frac{H_H - H_C}{e_H}$$

$$T_{Nc} H_N + T_{Sc} H_S + T_{Ec} H_E + T_{Wc} H_W - (T_{Nc} + T_{Sc} + T_{Ec} + T_{Wc}) H_c = a^2 S_c \frac{\partial H_c}{\partial t} + Q_c$$

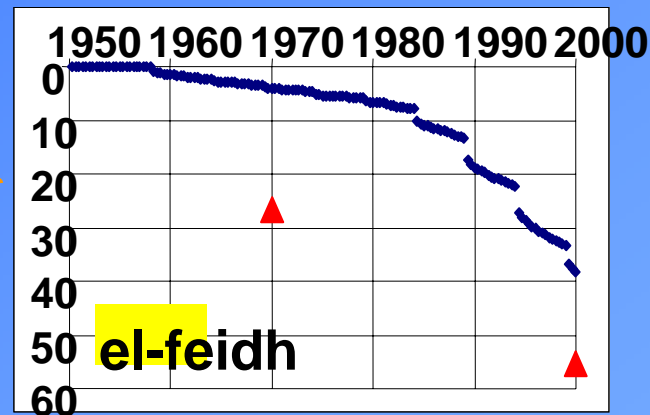
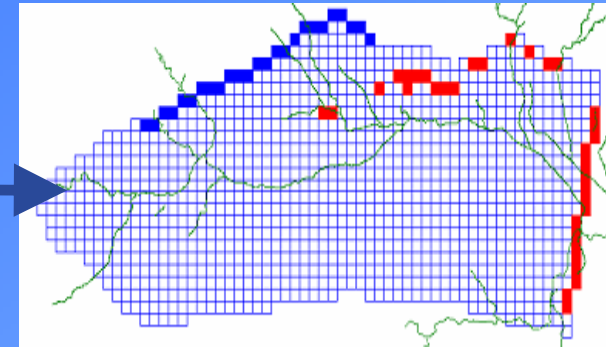
Equation Discrétisée

Impacts sur le Système : RABATTEMENTS

A
N
R
H



Modèle de Simulation



About Processing Modflow



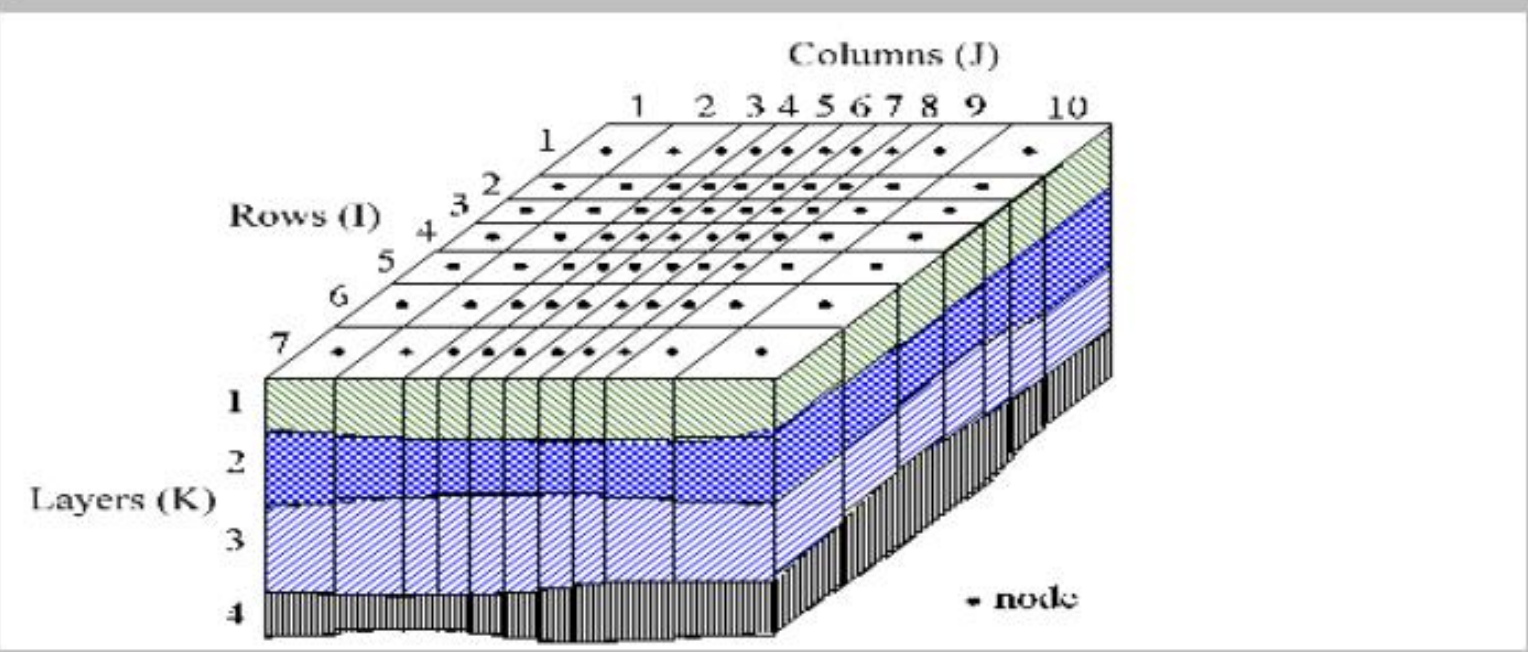
Processing Modflow

OK

Version 5.1.7

Copyright (c) 1991-1999 W.-H. Chiang & W. Kinzelbach

All Rights Reserved.

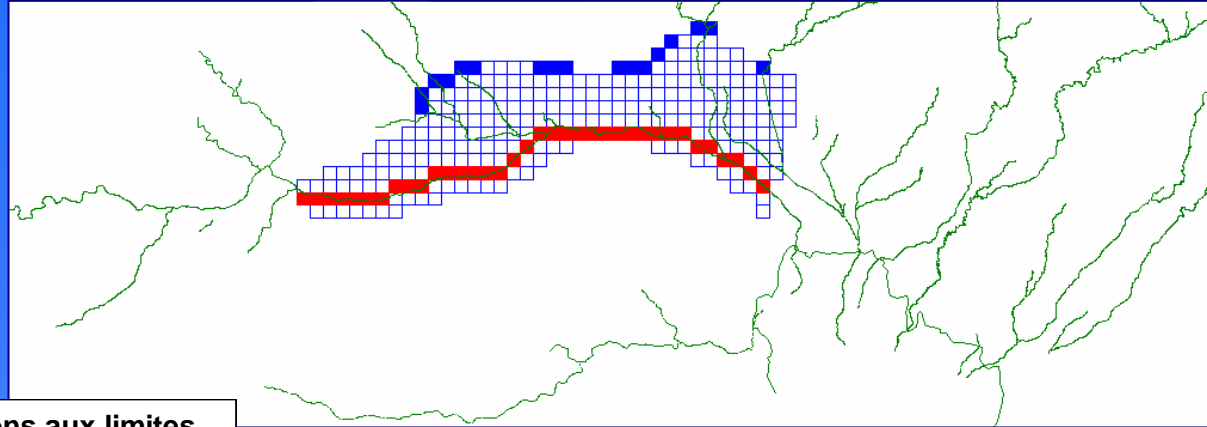




MAILLAGES DES AQUIFERES

A
N
R
H

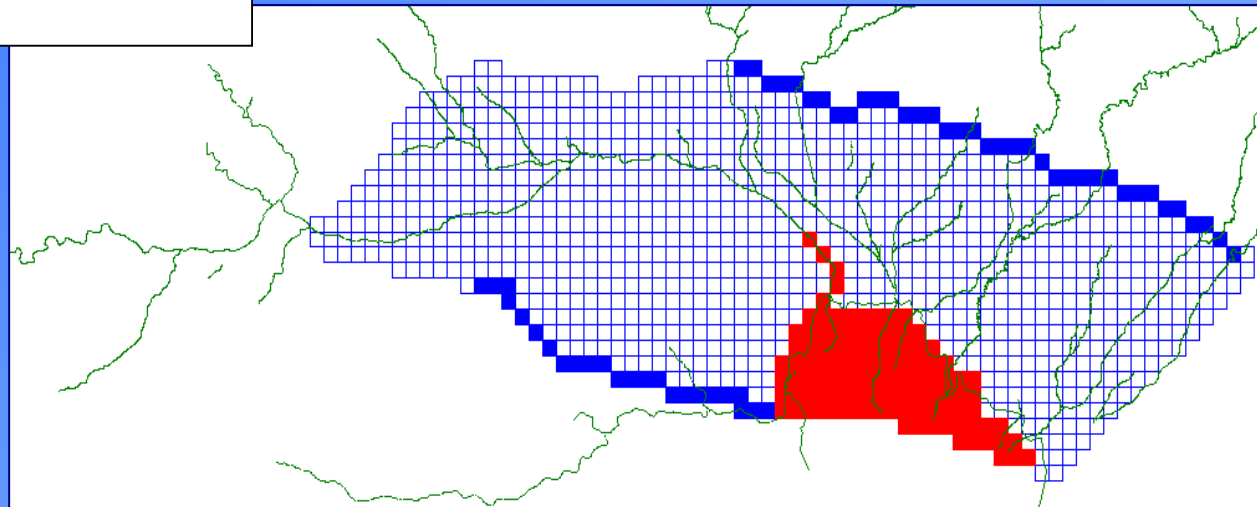
PHREATIQUE



Nature des Conditions aux limites

- Condition de Potentiel Imposé
- Condition de Drain

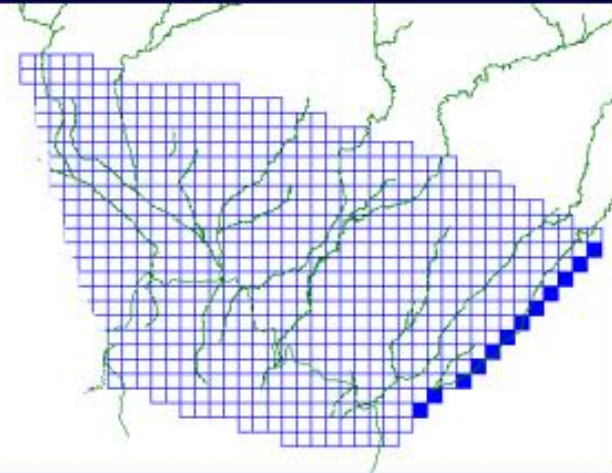
MIO-PLIOCENE



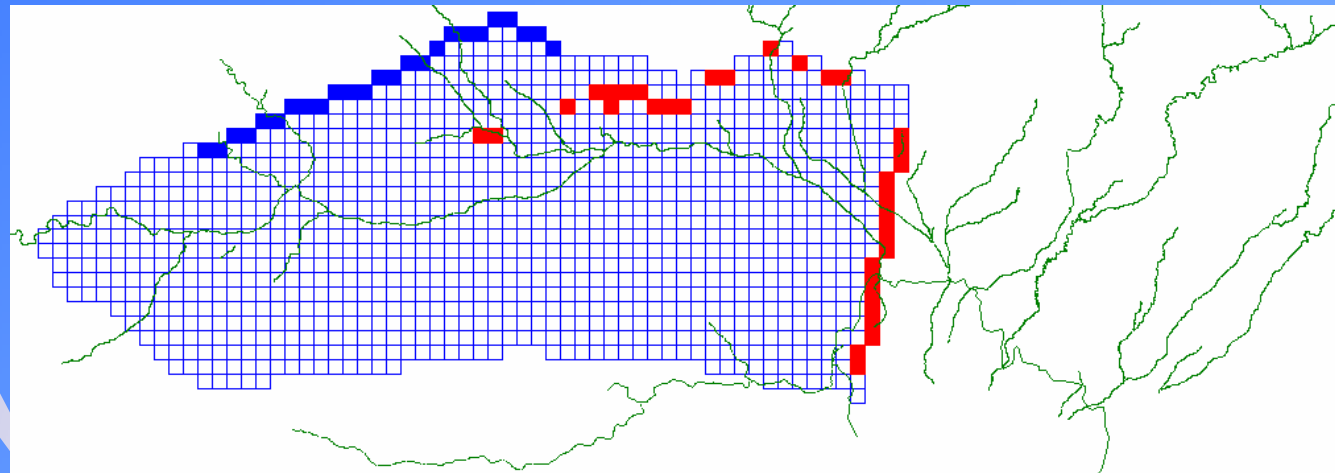
PONTIEN

Nature des Conditions aux limites

- Condition de Potentiel Imposé
- Condition de Drain



EOCENE-INFERIEUR



1 Maille = 3,125 km x 3,125 km

Nappes	Mailles
Phréatique	284
Miopliocène	1115
Pontien	612
Éocène-inférieure	1107
Total	3118

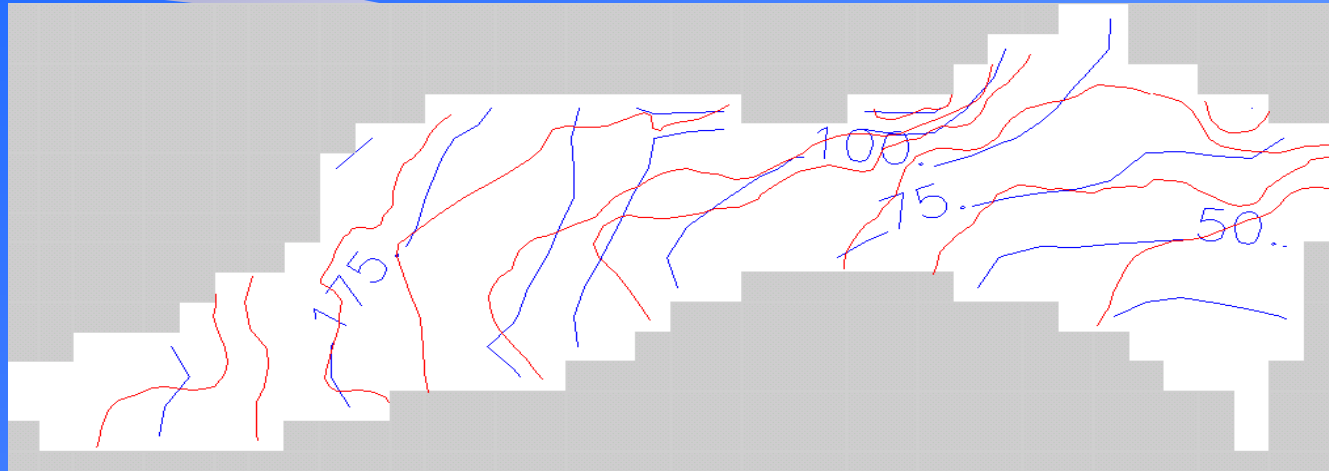
Soit un total de 3118 Mailles représentant une superficie modélisée de près de 30.000 Km²

**A
N
R
H**

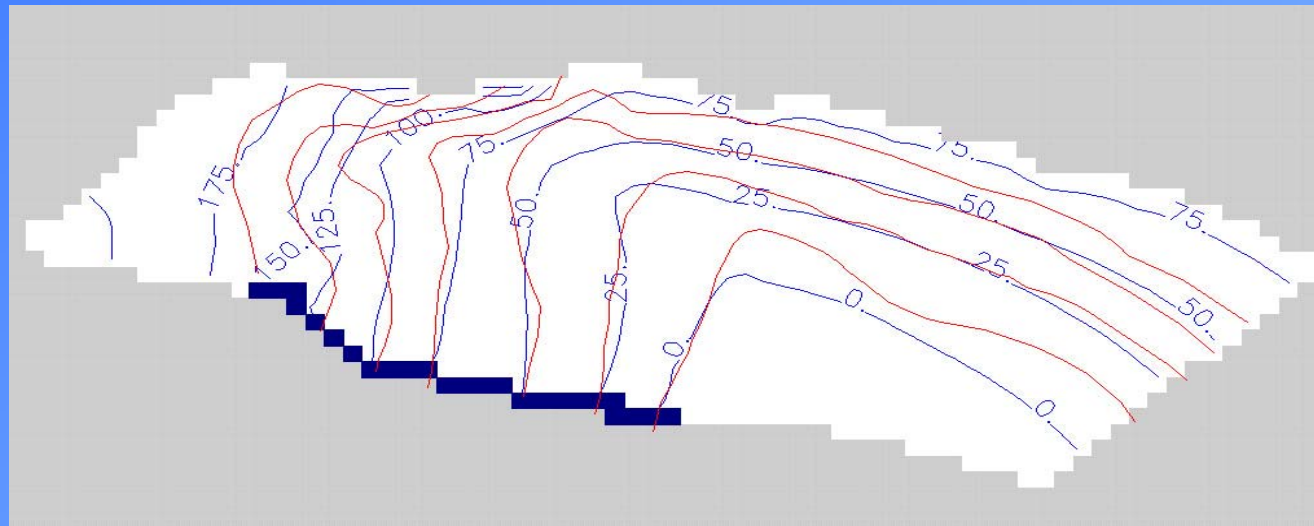
A
N
R
H

CALAGE EN REGIME PERMANENT

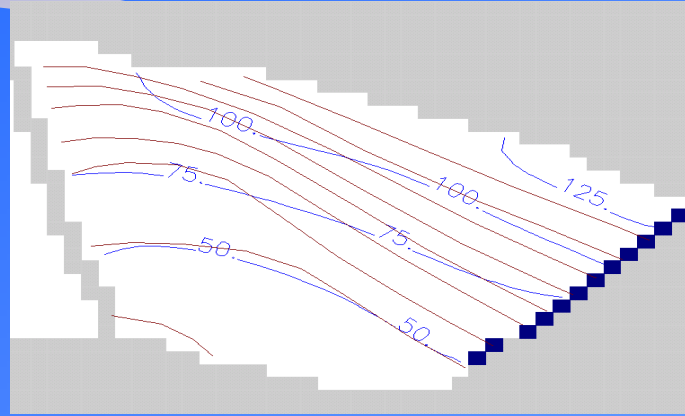
PHREATIQUE



MIO-PLIOCENE



PONTIEN



EOCENE-INFERIEUR



A
N
R
H

BILAN en Régime Permanent

Aquifère	Entrées	m3/s	Sorties	m3/s
PHREATIQUE	Infiltration amont Oued Djedi	0.2	Exploitation	0.8
	Recharge Limite Nord	1.6	Drainage Oued Djedi	2.8
	Drainance MP	2.5	Drainance MP	1.0
	recharge directe	0.3		
	Total N.Ph	4.5	Total N.Ph	4.5
MIOPLIOCENE	Piedmonts Aurès	1.1	Exploitation	0.1
			Drainage Chott	1.8
	Limite SASS	0.3	Limite SASS	0.3
	Drainance N. Phréatique	1.0	Drainance N.Phréatique	2.5
	Drainance Eocène	1.7	Drainance Eocène	0.1
	Drainance Pontien	0.7	Drainance Pontien	0.0
Total Miopliocène	4.7	Total Miopliocène	4.8	
Pontien	Piedmonts Aurès	0.9	Exploitation	0.0
	Limite SASS	0.0	Limite SASS	0.2
	Drainance Eocène	0.0	Drainance Eocène	0.0
	Drainance MP	0.0	Drainance MP	0.7
	Total Pontien	0.9	Total Pontien	0.9
Nappe Calcaires	Infiltration crues Oued Djedi	1.2	Sources	1.6
	Recharge Limite Nord et Ouest	1.6	Exploitation Forages	0.7
	Inf. dir. B-V hydrogeologique	0.8	Exutoire profond	0.6
	Inf. dir. Nappe libre	0.9		
	Oueds du Nord Ouest	0.1		
	Drainance MP	0.1	Drainance MP	1.7
	Drainance Pontien	0.0	Drainance Pontien	0.0
Total Eocène	4.7	Total Eocène	4.7	
TOTAL GENERAL	14.9	TOTAL GENERAL	14.9	

A

EVOLUTION DU NIVEAU PIEZOMETRIQUE (m)

ET

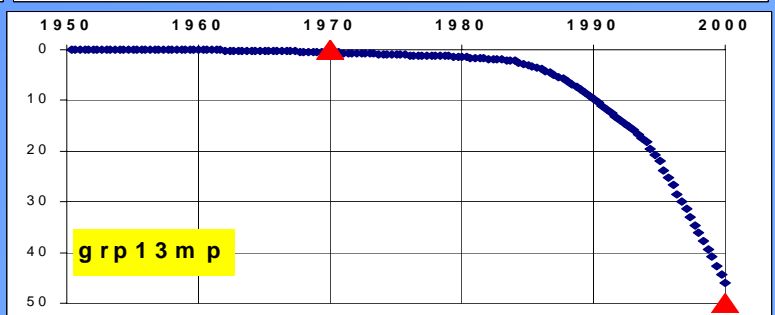
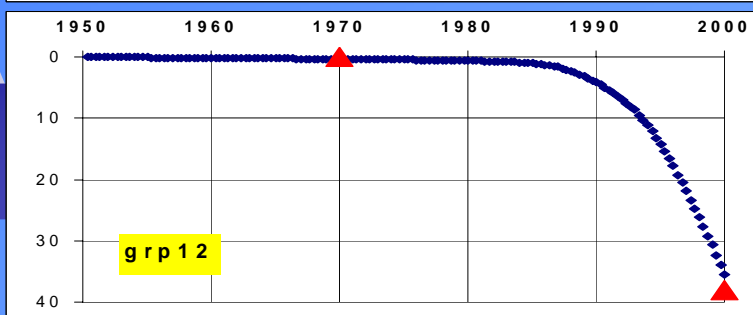
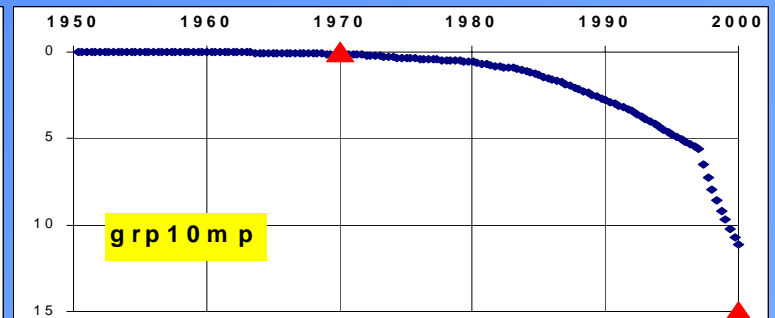
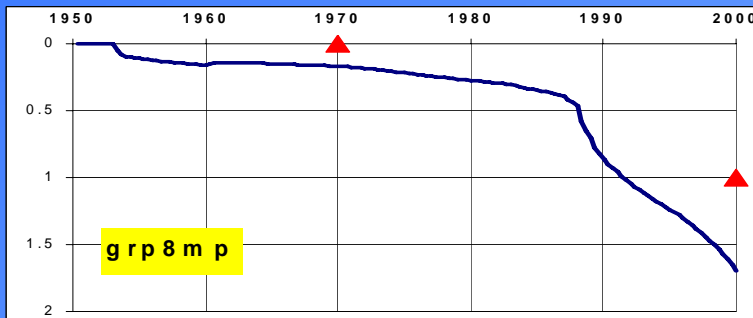
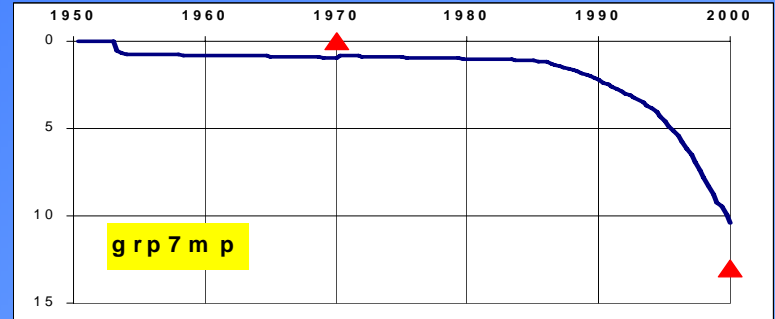
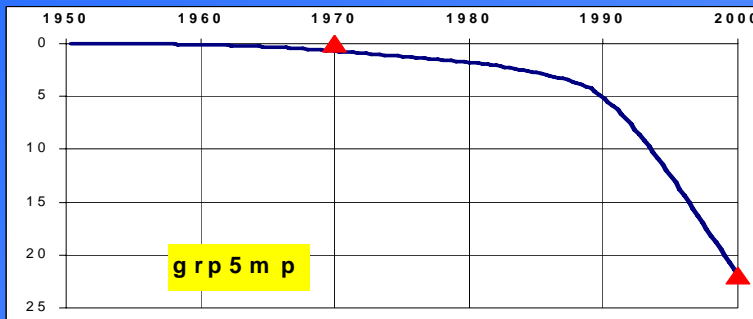
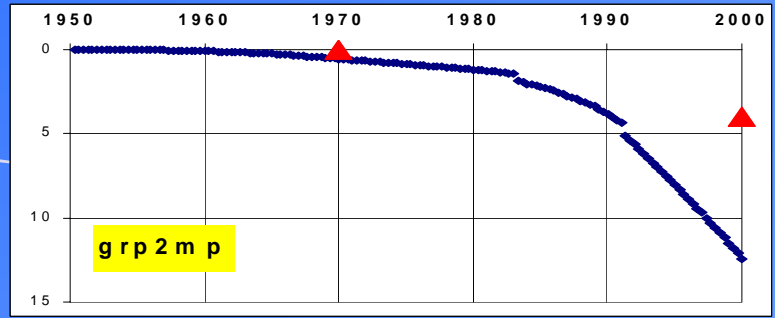
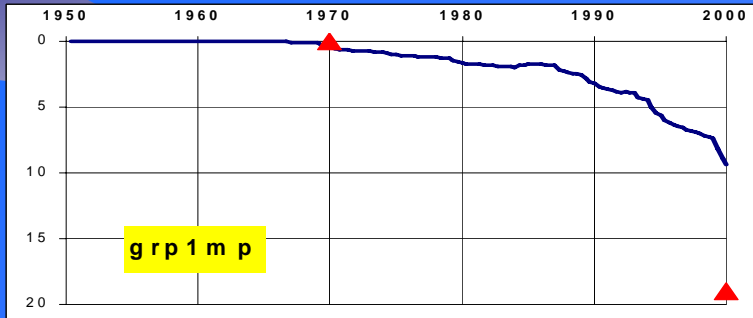
N

CALAGE EN REGIME TRANSITOIRE

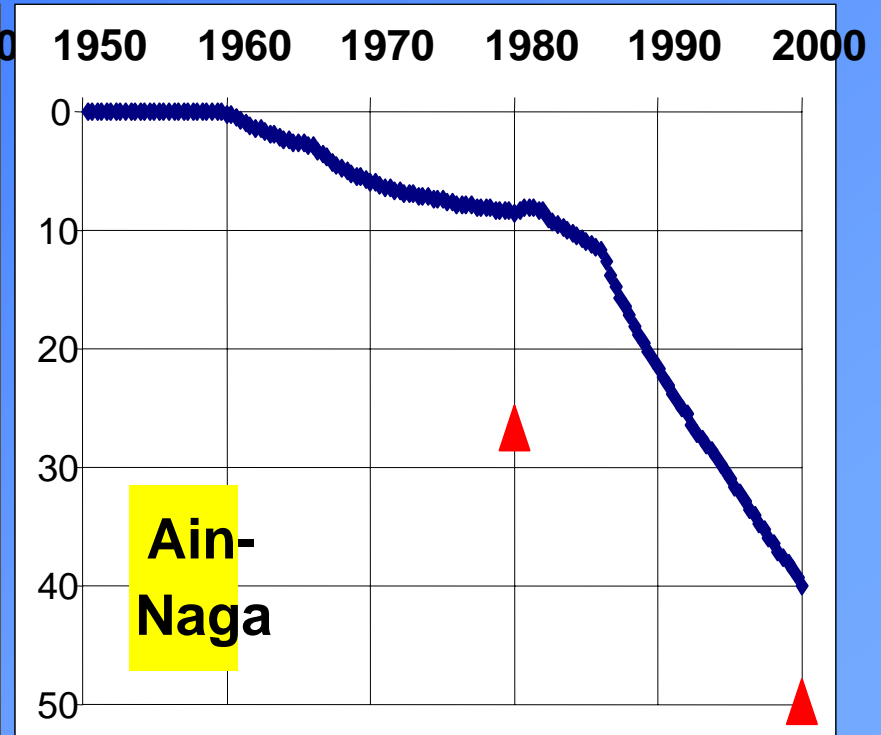
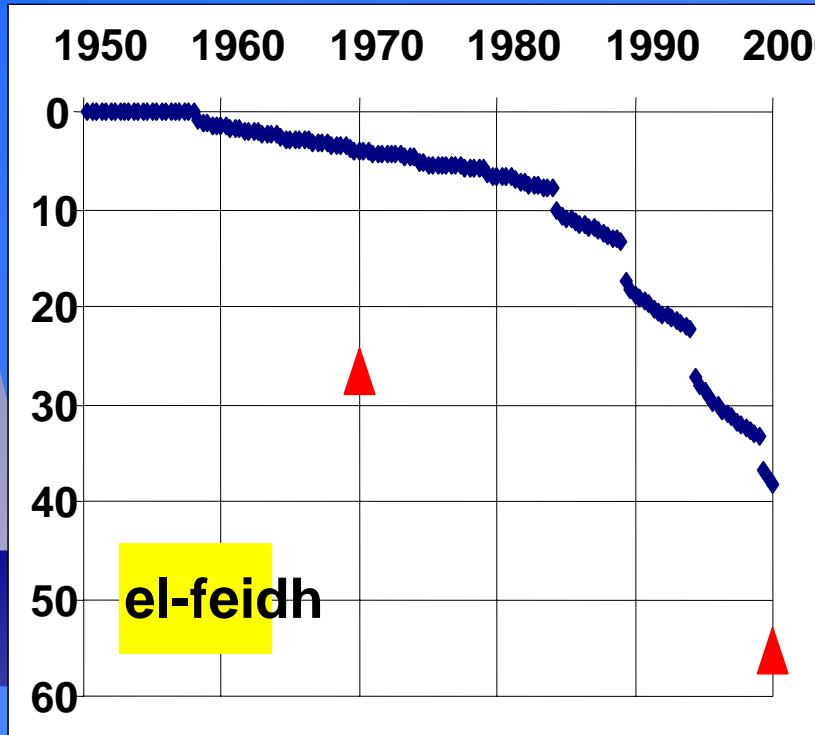
R

H

AN
MIOPLIOCENE
H

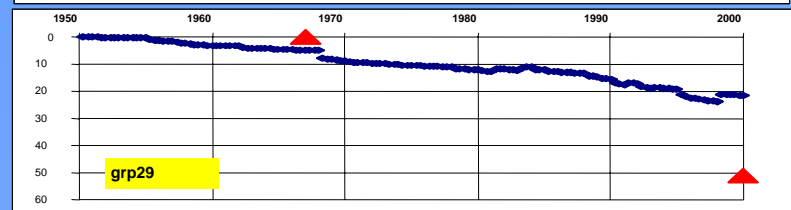
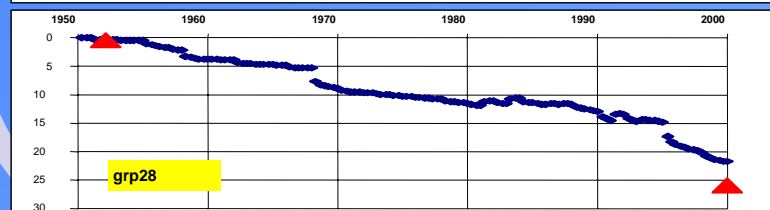
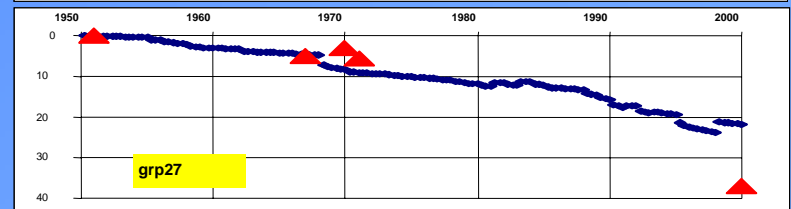
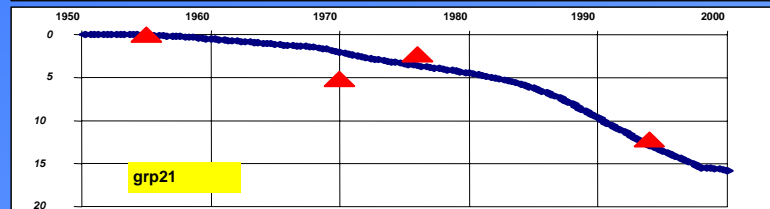
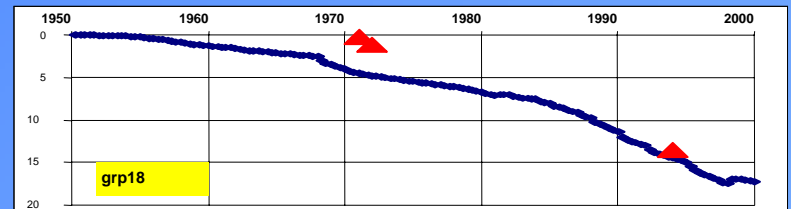
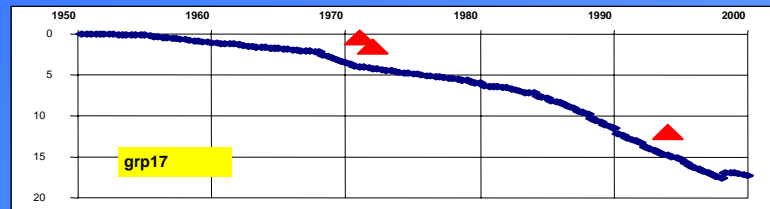
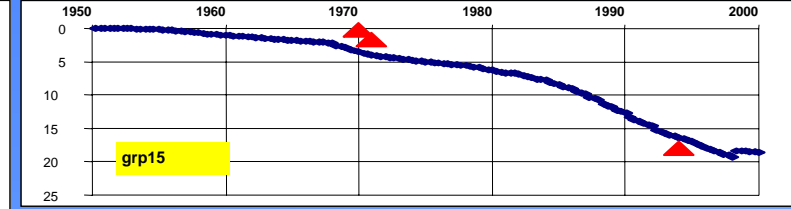
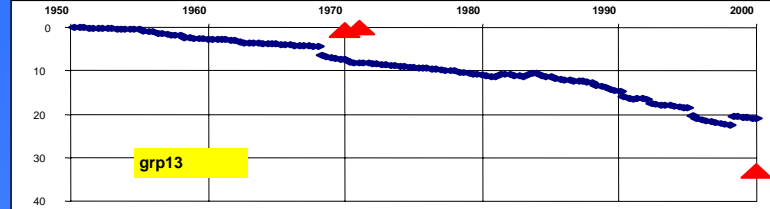
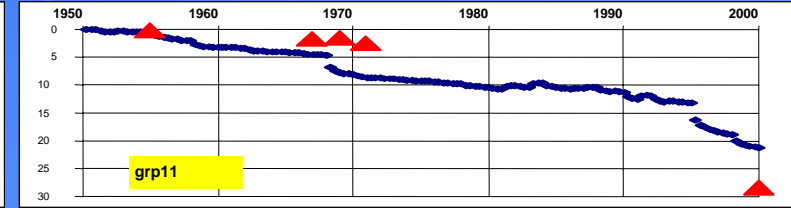
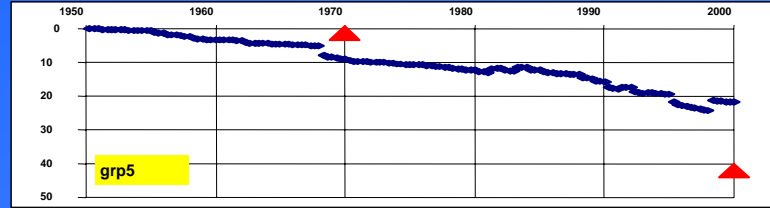
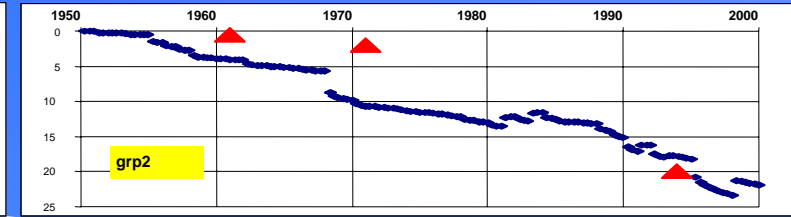
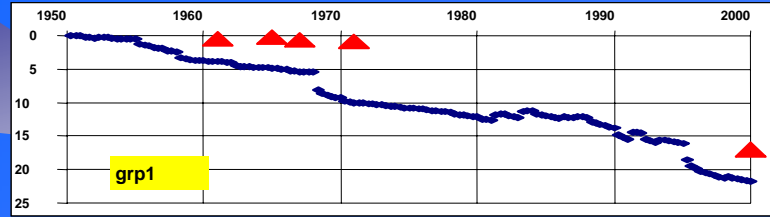


PONTIEN



A
N
H

ANNEE INFÉRIEURE





A
N
R
H

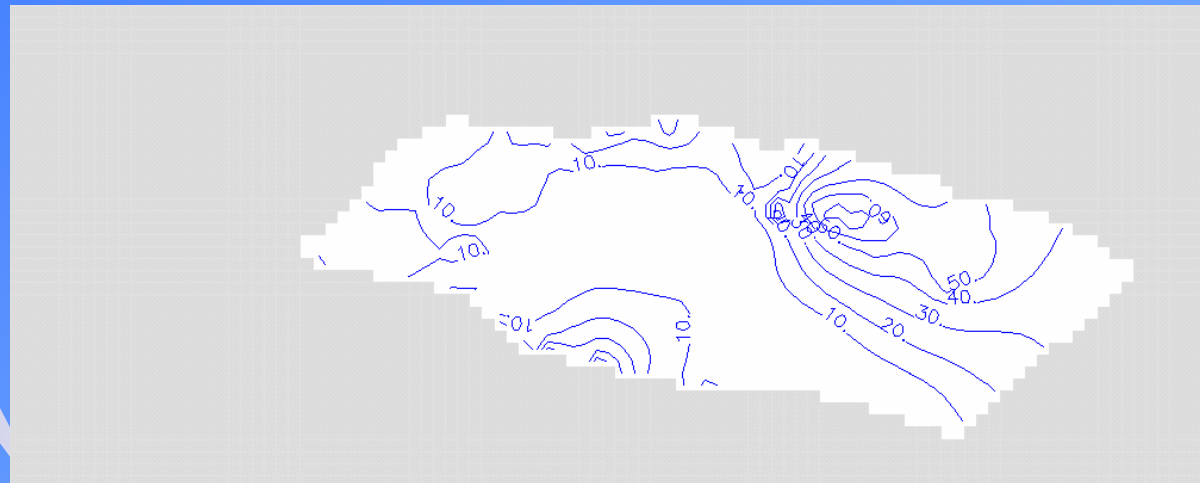
RABATTEMENTS

1950-2000

PHREATIQUE

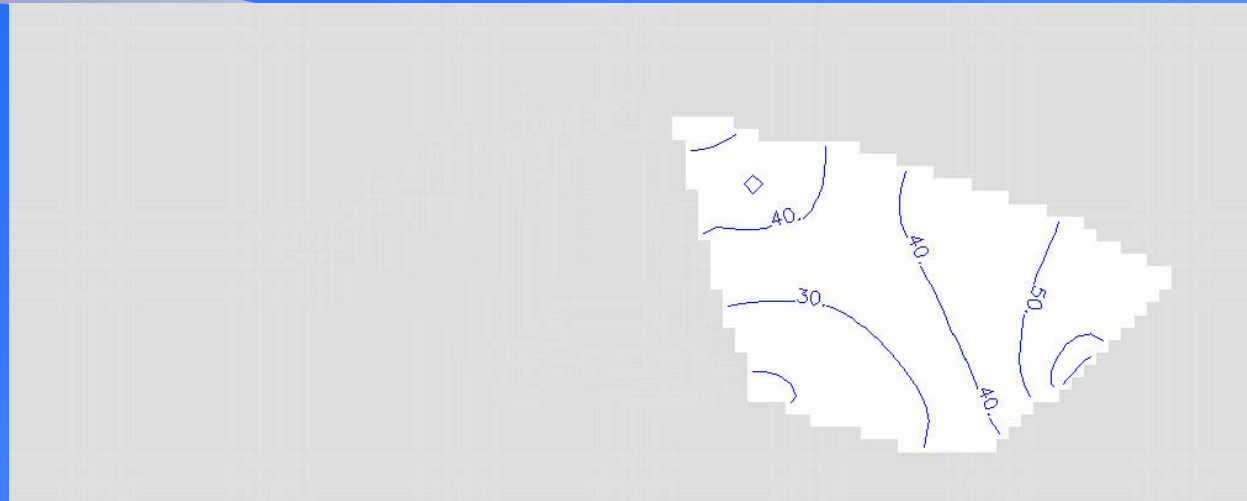


MIO-PLIOCENE

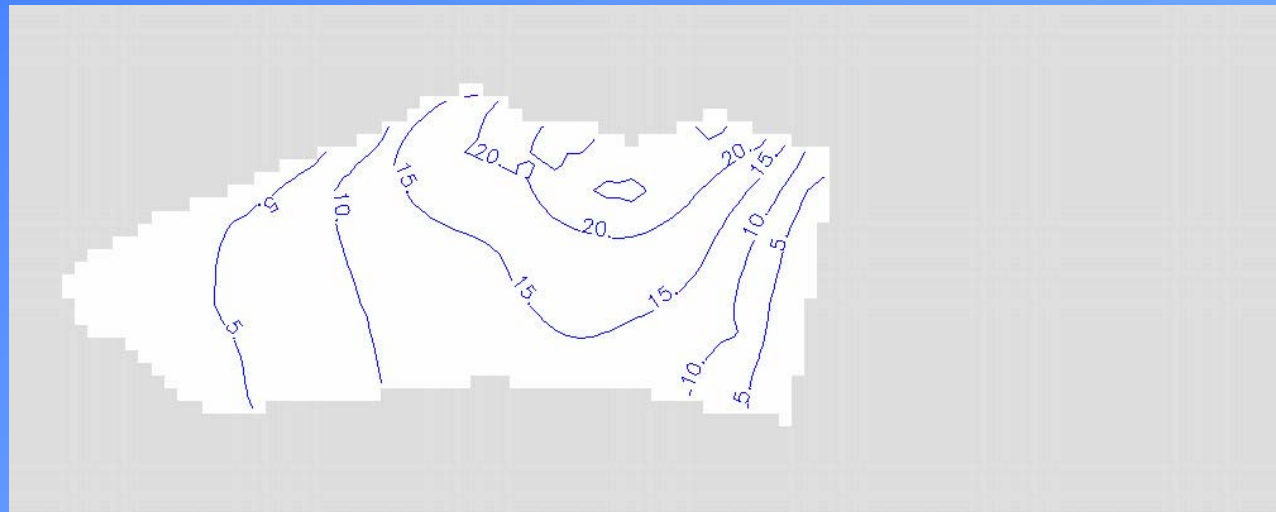


A
N
R
H

PONTIEN



EOCENE-INFERIEUR



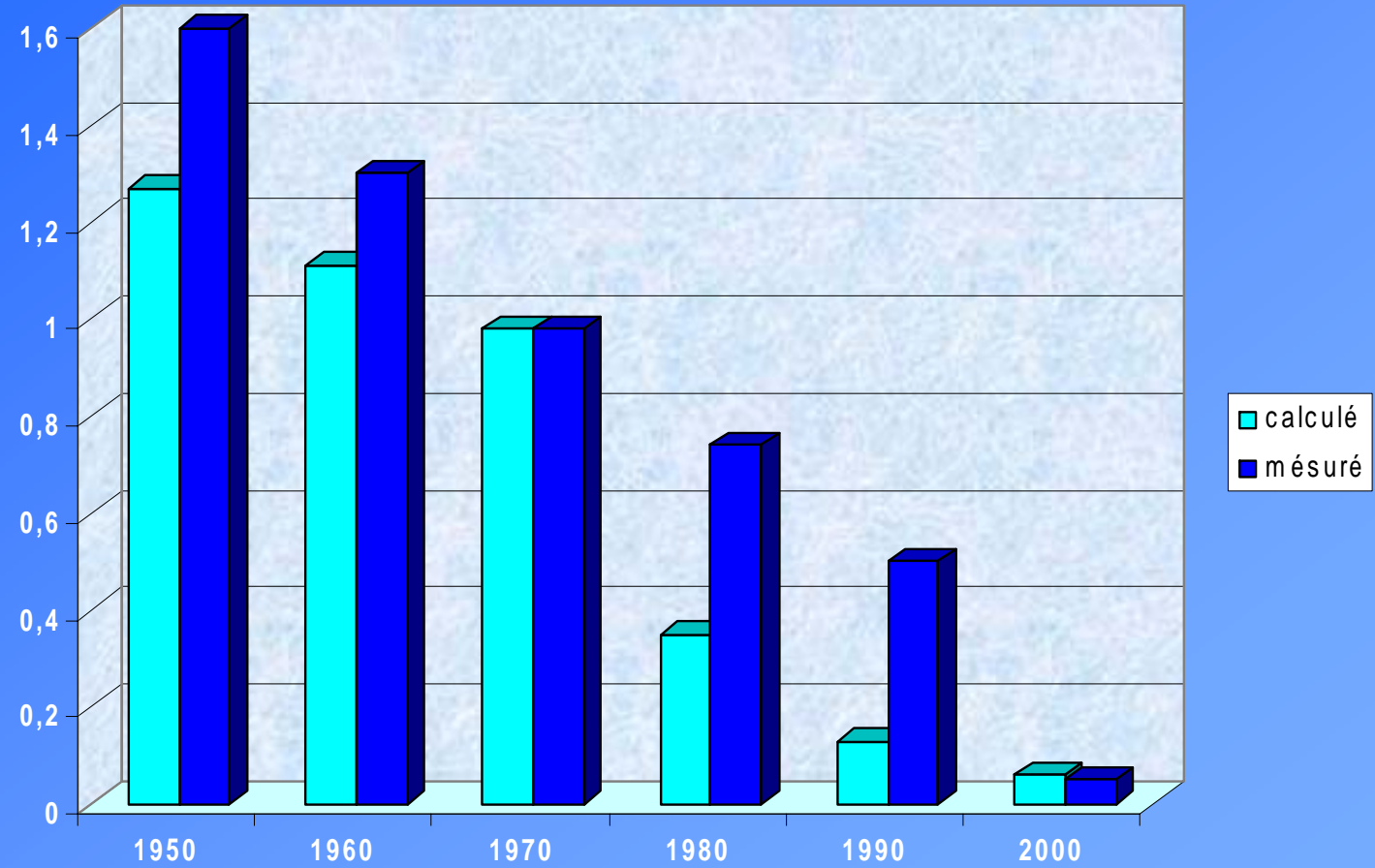
A
N
R
H

DEBIT DES SOURCES

	1950	1960	1970	1980	1990	2000
Valeur de Référence	1.27	1.11	0.98	0.35	0.13	0.06
Calculée par le Modèle	1.60	1.30	0.98	0.74	0.50	0.05

A
N
R
H

EVALUATION DE DEBIT DES SOURCES



A
N
R
H

BILAN en 2000

Aquifère	Entrées	m3/s	Sorties	m3/s
Phréatique	Déstockage	2.8		
	Infiltration amont Oued Djedi	0.2	Exploitation	3.2
	Recharge Limite Nord	1.6	Drainage Oued Djedi	1.4
	Drainance MP	1.5	Drainance MP	1.7
	recharge directe	0.3		
	Total N.Ph	6.3	Total N.Ph	6.3
Moi-pliocene	Déstockage	4.7	Exploitation	5.9
	Piedmonts Aurès	1.1	Drainage Chott	0.7
	Limite SASS	0.1	Limite SASS	1.0
	Drainance N. Phréatique	1.7	Drainance N.Phréatique	1.5
	Drainance Eocène	1.0	Drainance Eocène	0.1
	Drainance Pontien	0.4	Drainance Pontien	0.0
	Total Miopliocène	8.9	Total Miopliocène	9.0
Pontien	Déstockage	0.1		
	Piedmonts Aurès	0.9	Exploitation	0.3
	Limite SASS	0.0	Limite SASS	0.2
	Drainance Eocène	0.0	Drainance Eocène	0.0
	Drainance MP	0.0	Drainance MP	0.4
	Total Pontien	0.9	Total Pontien	0.9
Nappe Calcaires	Déstockage	0.8		
	Infiltration crues Oued Djedi	1.2	Sources	0.1
	Recharge Limite Nord et Ouest	1.6	Exploitation Forages	4.2
	Inf. dir. B-V hydrogeologique	0.8	Exutoire profond	0.3
	Inf. dir. Nappe libre	0.9		
	Oueds du Nord Ouest	0.1		
	Drainance MP	0.1	Drainance MP	1.0
	Drainance Pontien	0.0	Drainance Pontien	0.0
Total Eocène	5.5	Total Eocène	5.5	
TOTAL GENERAL	21.6	TOTAL GENERAL	21.7	

A
N
R
H

Flux en m3/s		RECHARGE	Déstockage	EXPLOITATION	EXUTOIRES
1950	Nappe Phréatique	2.0	0.0	0.8	2.8
	Miopliocène	1.1	0.0	0.1	1.8
	Pontien	0.9	0.0	0.0	0.1
	Nappe des calcaires	4.6	0.0	0.7	2.2
	TOTAL 1950	8.6	0.0	1.7	7.0
2000	Nappe Phréatique	2.0	2.8	3.2	1.4
	Miopliocène	1.1	4.7	5.9	1.5
	Pontien	0.9	0.1	0.3	0.2
	Nappe des calcaires	4.6	0.8	4.2	0.4
	TOTAL 2000	8.6	8.4	13.5	3.5

A
N
R
H



A

N

R

H

SIMULATIONS PREVISIONNELLES

A

N

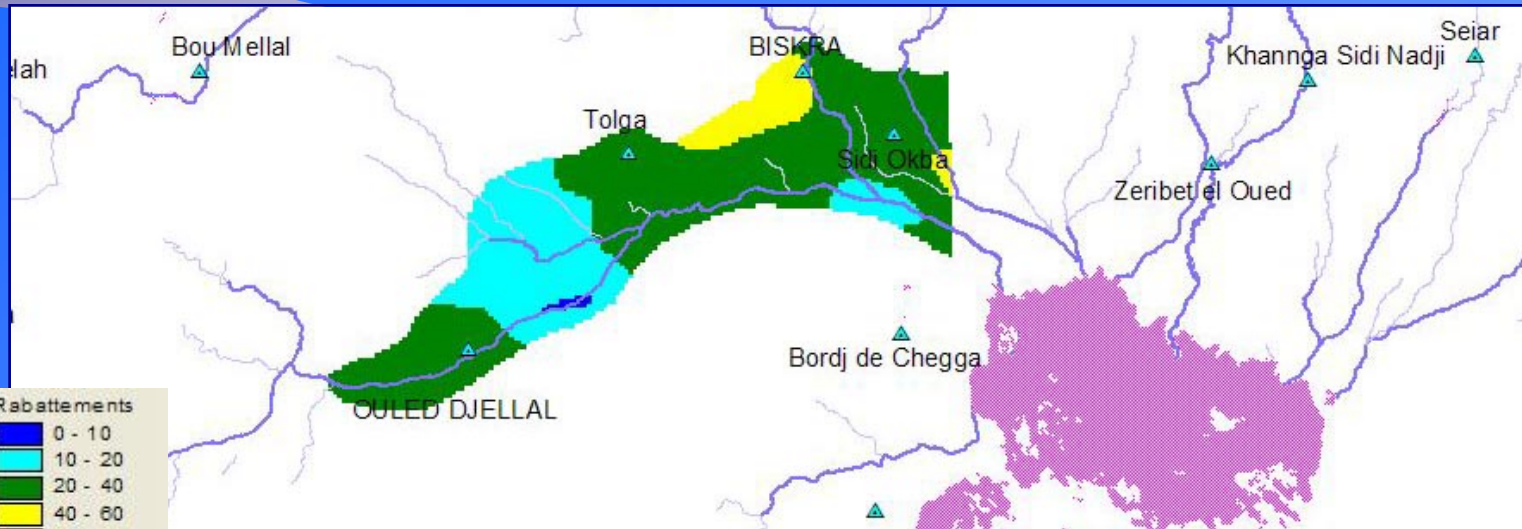
R

H

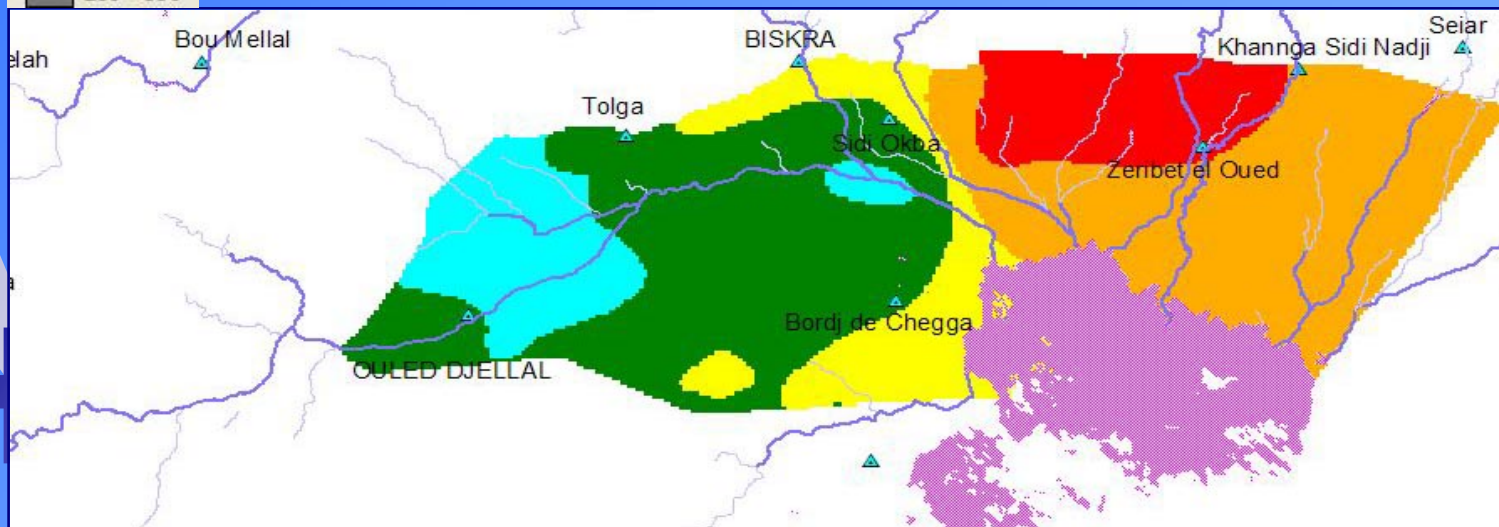
Poursuite de l'Actuel

la Simulation Zéro

PHREATIQUE



MIO-PLIOCENE



ANRH

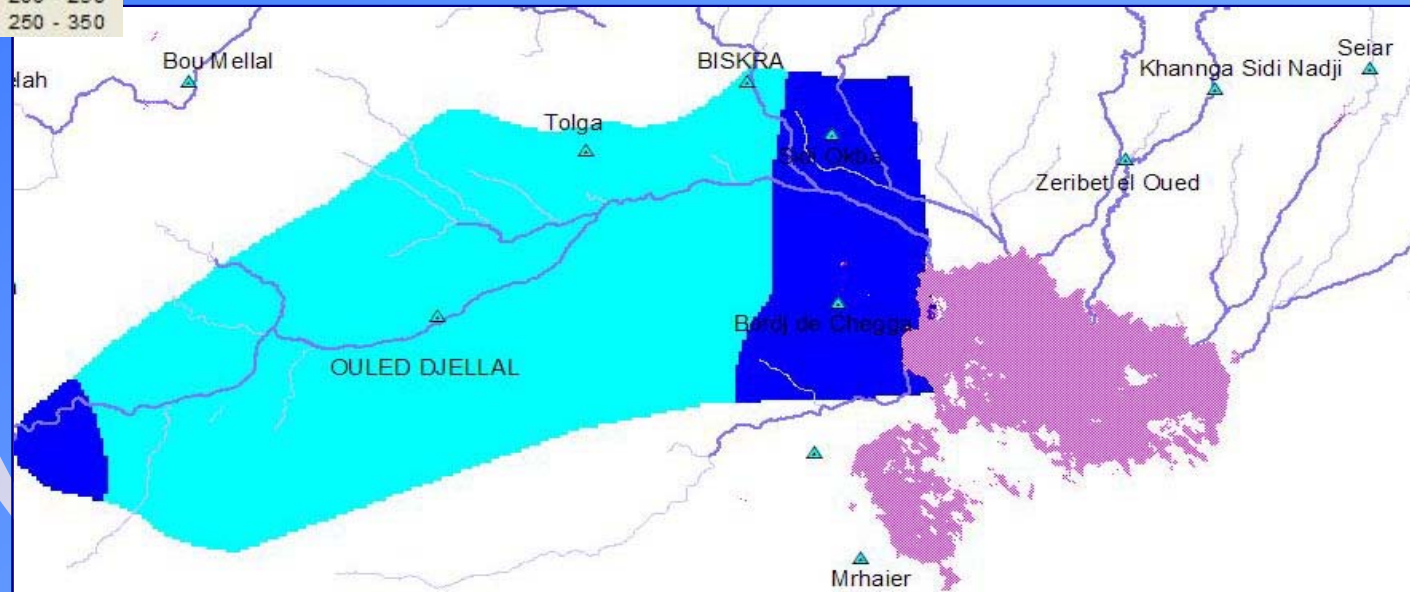
PONTIEN



Rabattelements

0 - 10
10 - 20
20 - 40
40 - 60
60 - 100
100 - 150
150 - 200
200 - 250
250 - 350

EOCENE-INFERIEUR



ANRH

Bilans calculés en 2050

<i>ENTREES ; m3/s</i>	2000	2050	<i>SORTIES ; m3/s</i>	2000	2050
<i>Nappe Phréatique</i>					
destockage	2.8	2.3	drainance MP	1.7	2.2
infiltration amont Djedi	0.2	0.2	exploitation	3.2	3.2
recharge	1.9	1.9	drainage oued Djedi	1.4	0.1
drainance vers le mp	1.5	1.2			
total	6.3	5.6		6.3	5.6
<i>Miopliocène</i>					
destockage	4.7	2.6	exploitation	5.9	5.9
Piedmonts Aures	1.1	1.1	Drainage chott	0.7	0.0
limite SASS	0.1	0.3	limite SASS	1.0	0.9
drainance vers le haut	1.7	2.2	drainance vers le haut	1.5	1.2
drainance vers le bas	1.4	1.9	drainance vers le bas	0.1	0.2
total	9.0	8.1		9.0	8.1
<i>Pontien</i>					
destockage	0.1	0.1			
Piedmonts Aures	0.9	0.9	exploitation	0.3	0.3
limite SASS	0.0	0.2	limite SASS	0.2	0.3
drainance vers le haut	0.0	0.2	drainance vers le haut	0.4	1.9
drainance vers le bas	0.0	1.7	drainance vers le bas	0.0	0.5
total	0.9	3.0		0.9	3.0
<i>Nappe des Calcaires</i>					
destockage	0.8	0.8	exutoire (profond et source)	0.4	0.1
recharge	4.6	4.6	exploitation	4.2	4.2
drainance vers le haut	0.1	0.5	drainance vers le haut	1.0	1.7
total	5.5	5.9		5.5	6.0

A

N

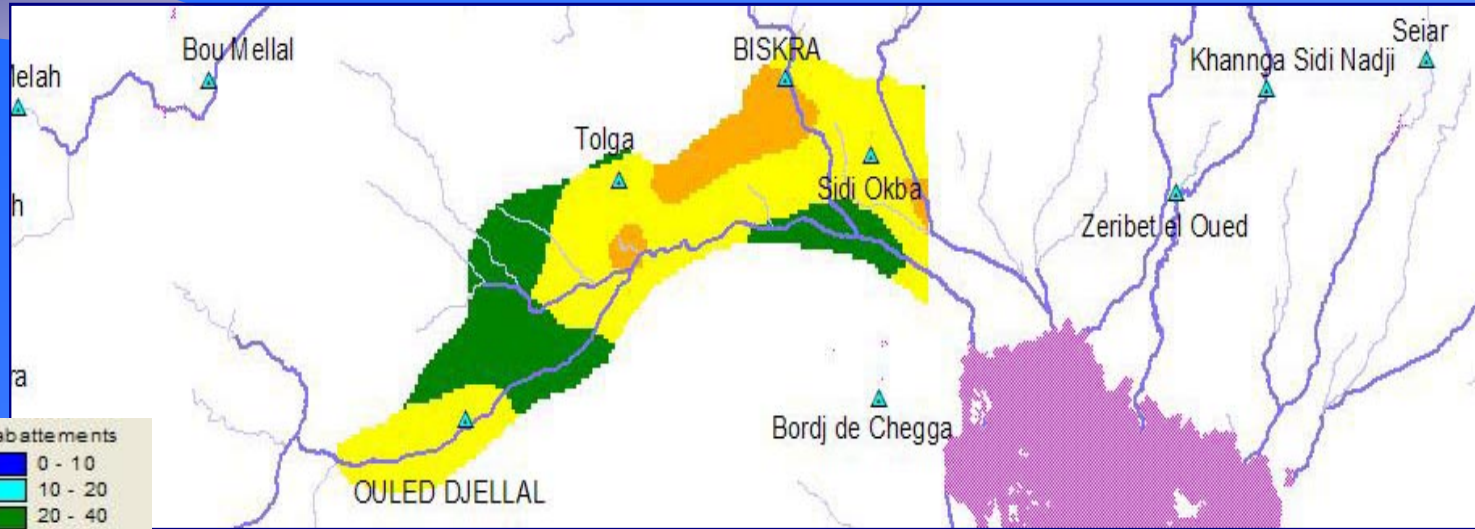
R

H

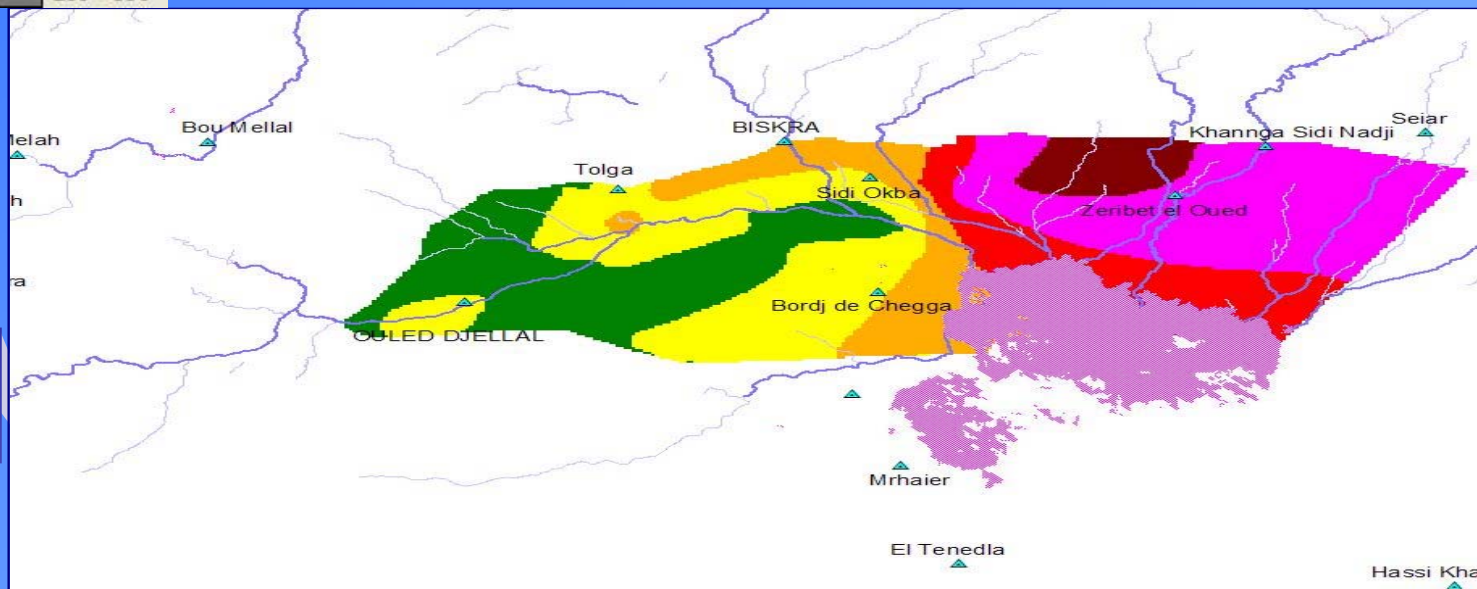
Scénario Bedrani

50% de Débits additionnels

PHREATIQUE



MIO-PLIOCENE



ANRH

PONTIEN



Rabattements	
0 - 10	Blue
10 - 20	Cyan
20 - 40	Green
40 - 60	Yellow
60 - 100	Orange
100 - 150	Red
150 - 200	Pink
200 - 250	Brown
250 - 350	Grey

EOCENE-INFERIEUR



ANRH

Bilans calculés en 2050

<i>ENTREES ; m3/s</i>	2000	2050	<i>SORTIES ; m3/s</i>	2000	2050
<i>Nappe Phréatique</i>					
destockage	2.8	4.8	drainance Mp	1.7	3.3
infiltration amont Djedi	0.2	0.2	exploitation	3.2	4.8
recharge	1.9	1.9	drainage oued Djedi	1.4	0.0
drainance vers le bas	1.5	1.1			
Total N.Ph	6.3	7.9		6.3	8.0
<i>Miopliocène</i>					
destockage	4.7	4.9	exploitation	5.9	8.8
Piedmonts Aures	1.1	1.1	Drainage chott	0.7	0.0
limite SASS	0.1	0.4	limite SASS	1.0	0.8
drainance vers le haut	1.7	3.3	drainance vers le haut	1.5	1.1
drainance vers le bas	1.4	1.6	drainance vers le bas	0.1	0.5
Total Miopliocène	9.0	11.2		9.0	11.2
<i>Pontien</i>					
destockage	0.1	0.1			0.0
Piedmonts Aures	0.9	0.9	exploitation	0.3	0.4
limite SASS	0.0	0.3	limite SASS	0.2	0.2
drainance vers le haut	0.0	0.5	drainance vers le haut	0.4	1.6
drainance vers le bas	0.0	1.2	drainance vers le bas	0.0	0.9
Total Pontien	0.9	3.1		0.9	3.1
<i>Nappe des Calcaires</i>					
destockage	0.8	1.9	exutoire profond et sources	0.4	0.0
recharge	4.6	4.6	exploitation	4.2	6.3
drainance vers le haut	0.1	0.9	drainance vers le haut	1.0	1.2
Total Eocène	5.5	7.4		5.5	7.5

ANRH

QUALITE DES EAUX

NAPPE	RESIDU SEC EN (g/l)
Quaternaire	$1 < R_s < 12.9$
Mio-pliocène	$1 < R_s < 9$
Pontien	$2 < R_s < 4$
Eocène-inferieur	$0.4 < R_s < 7$

A

N

R

H

CONCLUSION

- Modèle régional du système aquifère de la région de Biskra

* ERESS ET SASS : mono couche

* ETUDE : multicouches

- Potentialité de la région d'étude :

* ERESS = 1Hm^3

* ETUDE = 450Hm^3

A
N
R
H