

**Risks, Forest Fires and Territory**

**Seminar of the Forest Fire-Soil Network  
Ibero-Afro-American Symposium of Riks  
Faro 4 - 6 november 2015**


**Changements climatiques et inondations urbaines  
au  
Maghreb Central.  
(Maroc, Algérie, Tunisie)**

**Zeineddine NOUACEUR**  
***UMR IDÉES ROUEN CNRS 6226,***  
***Université de Rouen,***

*1 Rue Thomas Becket 76821, Mont Saint-Aignan Cedex France*

*[zeineddine.nouaceur@univ-rouen.fr](mailto:zeineddine.nouaceur@univ-rouen.fr) ,*

**PROJET PHC Maghreb 30254WL**

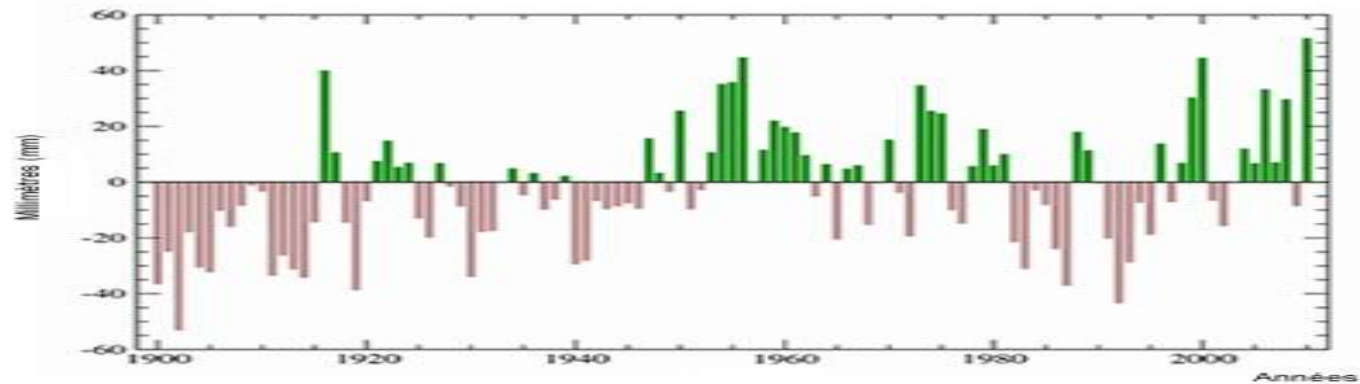
- 
- **Objectif**
  - Evaluer les changements climatiques
  - Répondre à des questions cruciales pour la région :
    - va-t-on vers un retour des pluies après une longue sécheresse climatique ?
    - Va-t-on vers plus d'inondations urbaines dans la région ?

- **Plan**
- Contexte mondial et régional
- Données et méthodes
- Résultats

# Le changement climatique observé

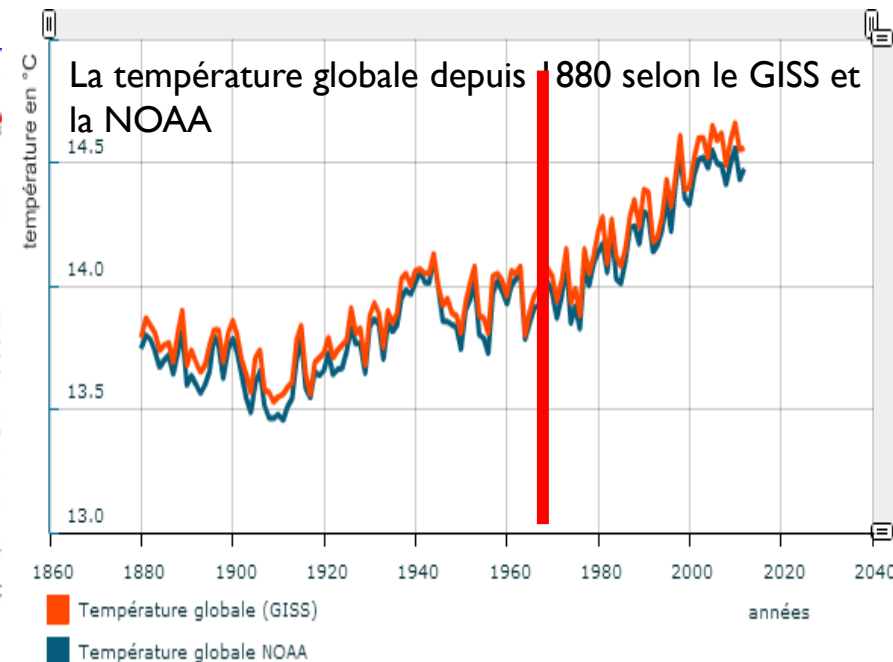
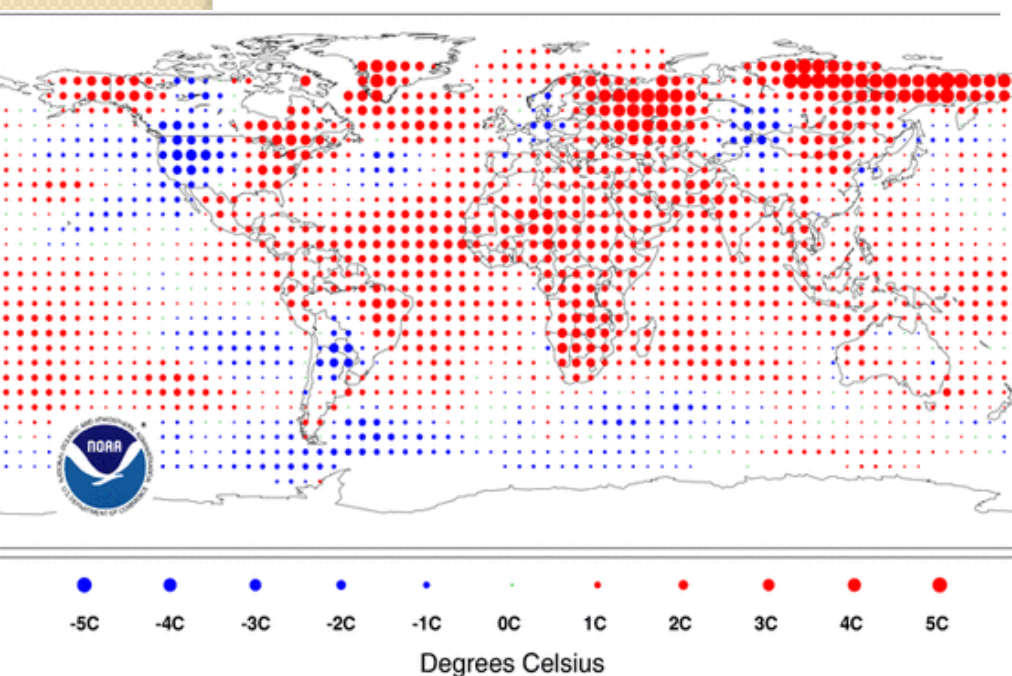
## Contexte mondial

Anomalies de précipitations de janvier à décembre



Moyenne annuelle globale des anomalies de précipitations durant le XX<sup>e</sup> siècle en mm

Anomalie des températures 2010  
(moyenne 1971- 2000)



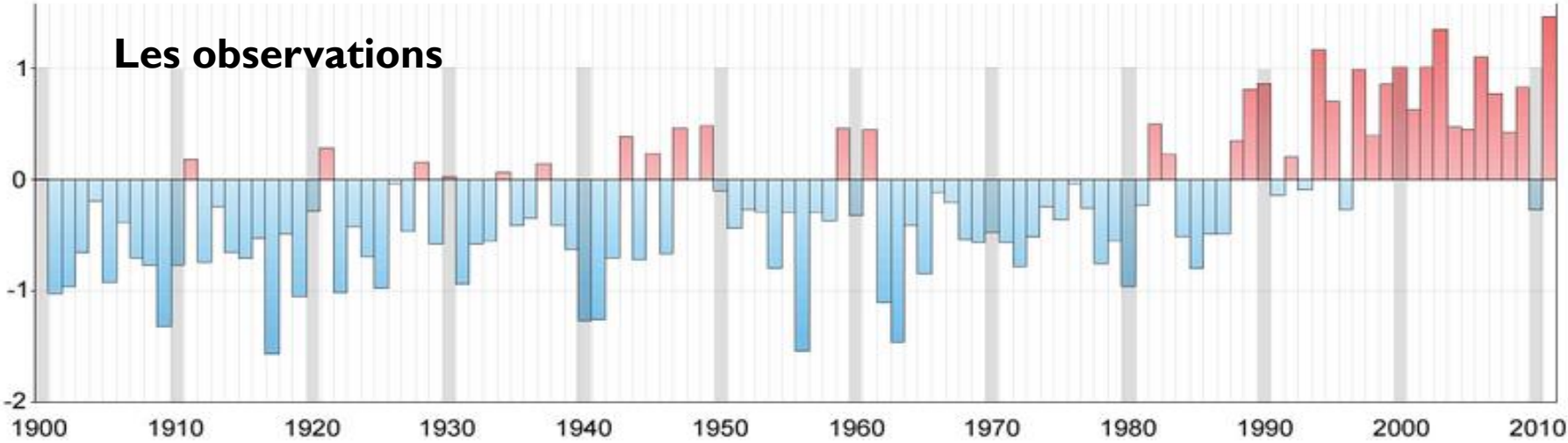
# Contexte régional

Écart à la normale en °C

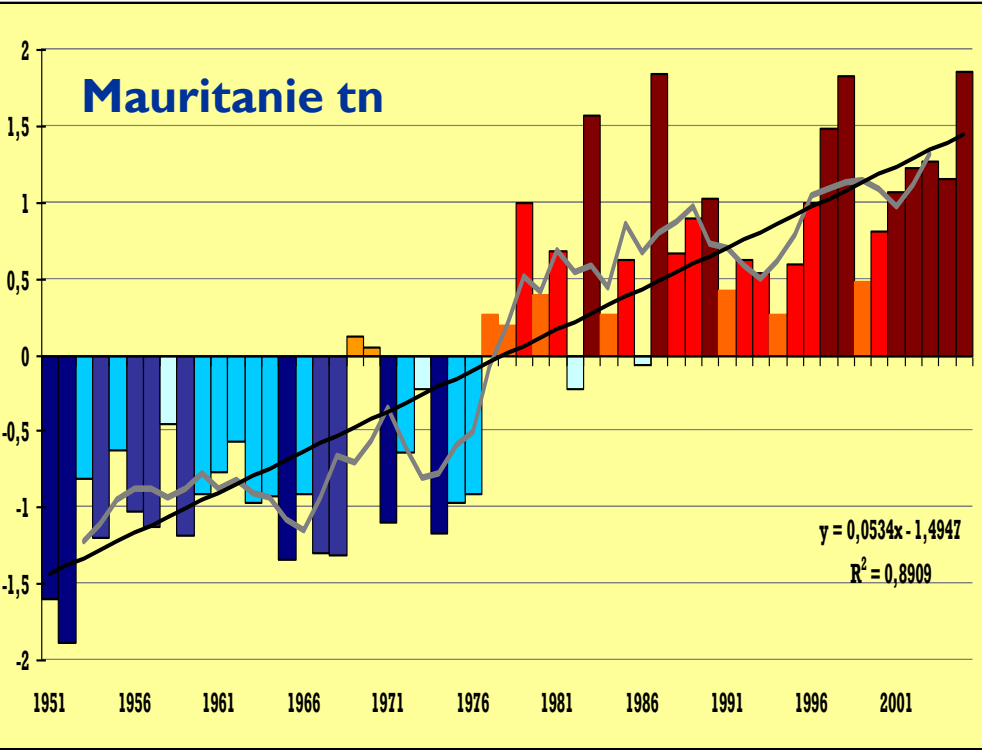
Température en France métropolitaine depuis 1901  
écart à la moyenne de référence 1971-2000



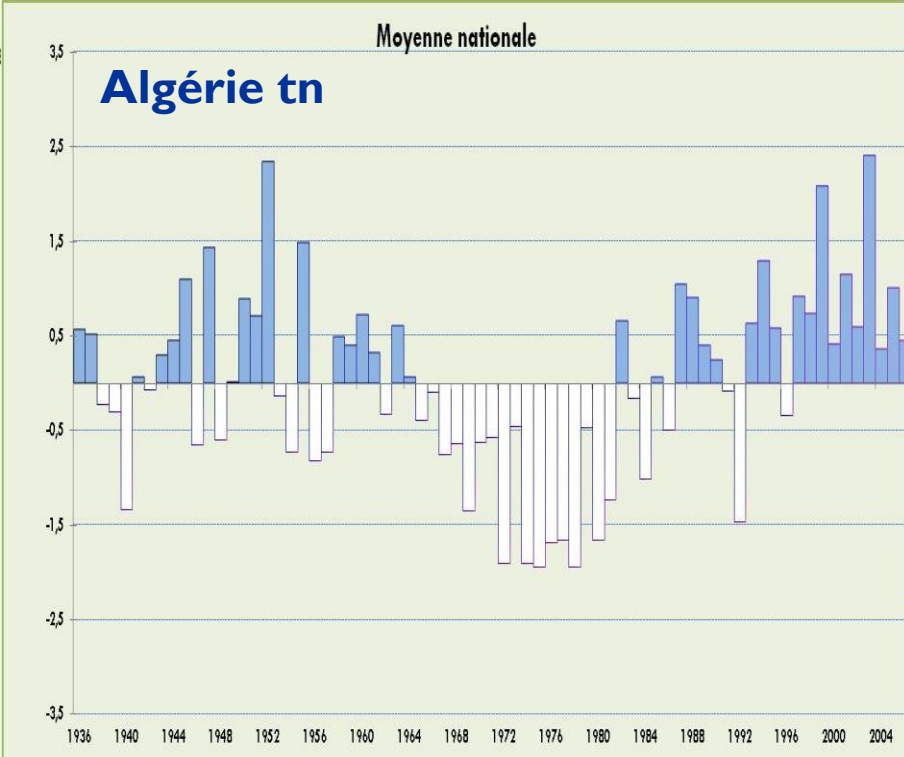
## Les observations



## Mauritanie tn

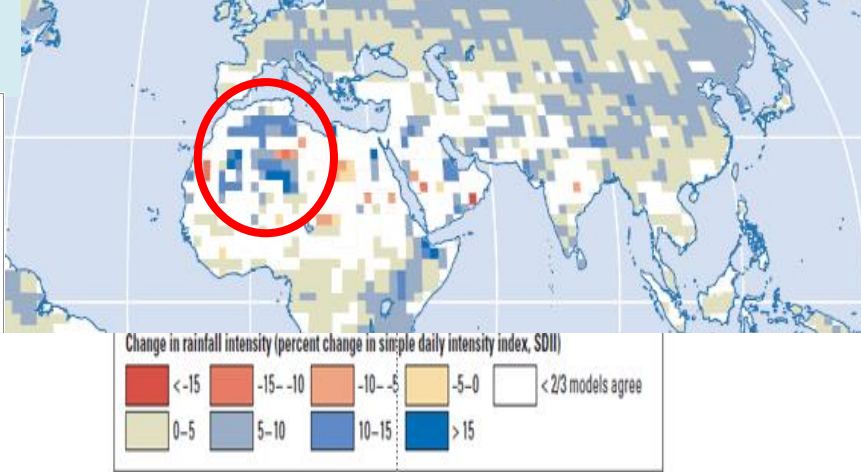
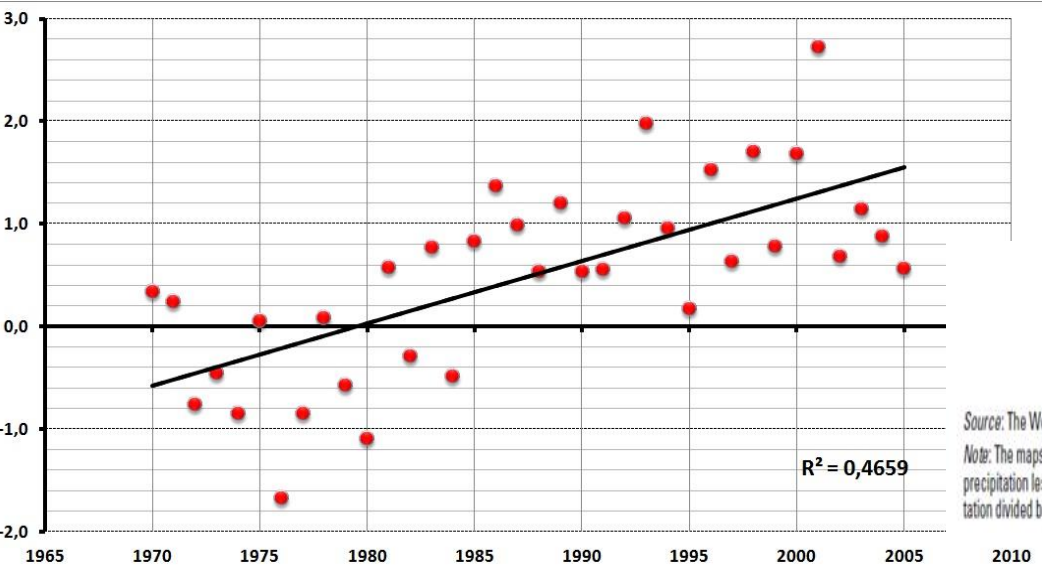


## Algérie tn





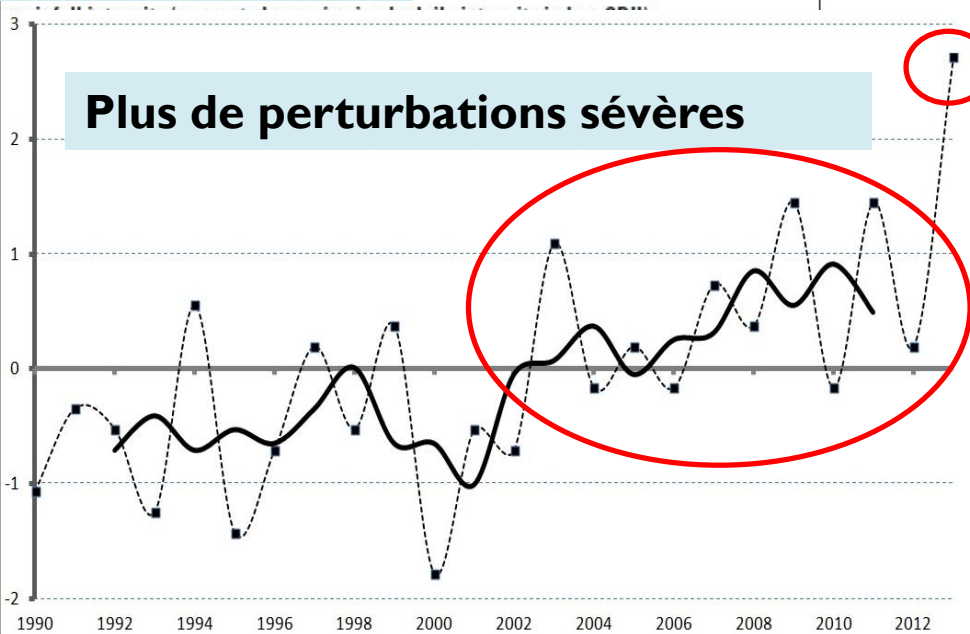
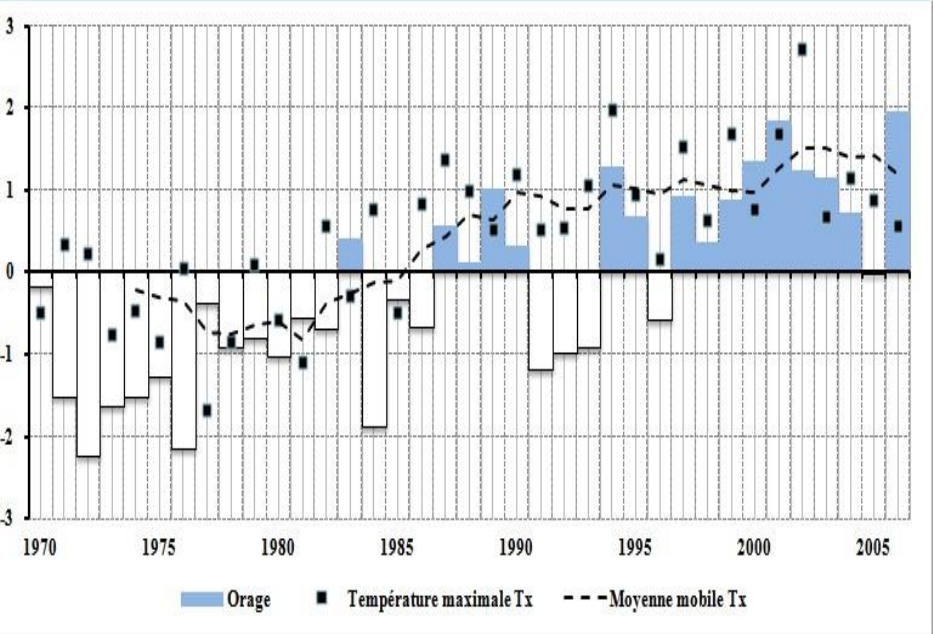
# Part des jours d'orage dans le total des jours de pluie (écarts centrés réduits des fréquences calculées sur la période 1970 – 2011).



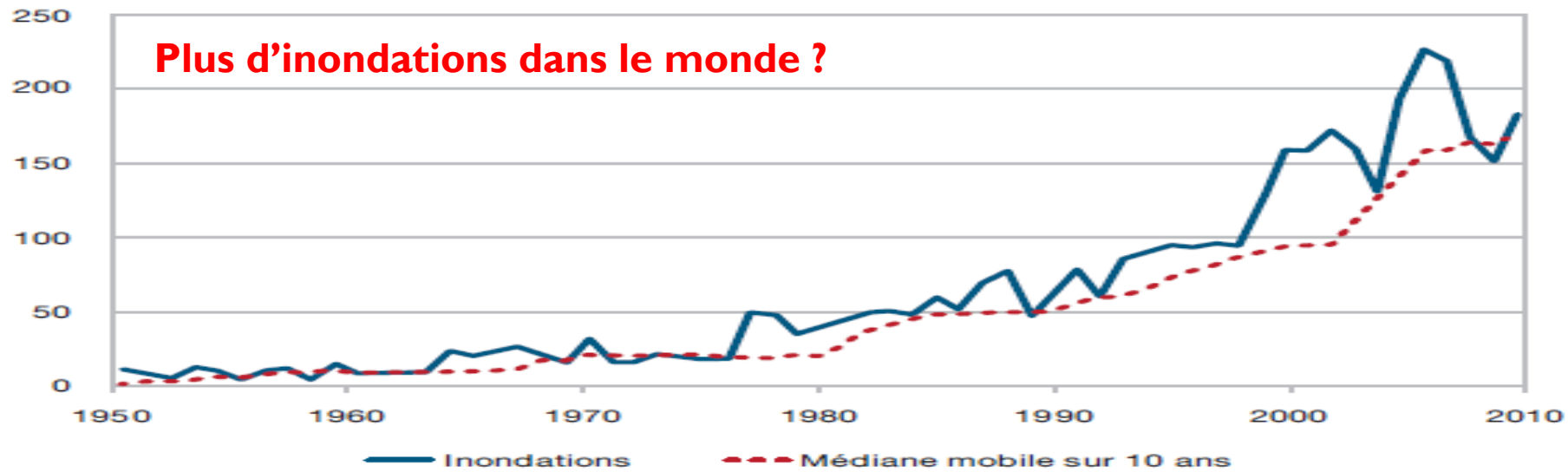
Source: The World Climate Research Program CMIP3 Multi-model Database ([http://www.pcmi.llnl.gov/ipcc/about\\_ipcc.php](http://www.pcmi.llnl.gov/ipcc/about_ipcc.php)). Analysis by the World Bank.  
 Note: The maps show the median change (based on 8 climate models using SRES A1B) in annual values in 2030-2049, compared with 1980-1999. A "dry" day is defined as one with precipitation less than 1 millimeter whereas a "rainy" day has more than 1 millimeter. Precipitation intensity (SDII, or simple daily intensity index) is the total projected annual precipitation divided by the number of "rainy" days. White areas show areas of high model disagreement (fewer than two-thirds of the models agree on the sign of change).

## Plus de pluies intense ?

# Évolution des températures maximales et de la part des orages dans le total des jours de pluie (écarts centrés réduits calculées pour la totalité des postes de mesure sur la période 1970 - 2011)

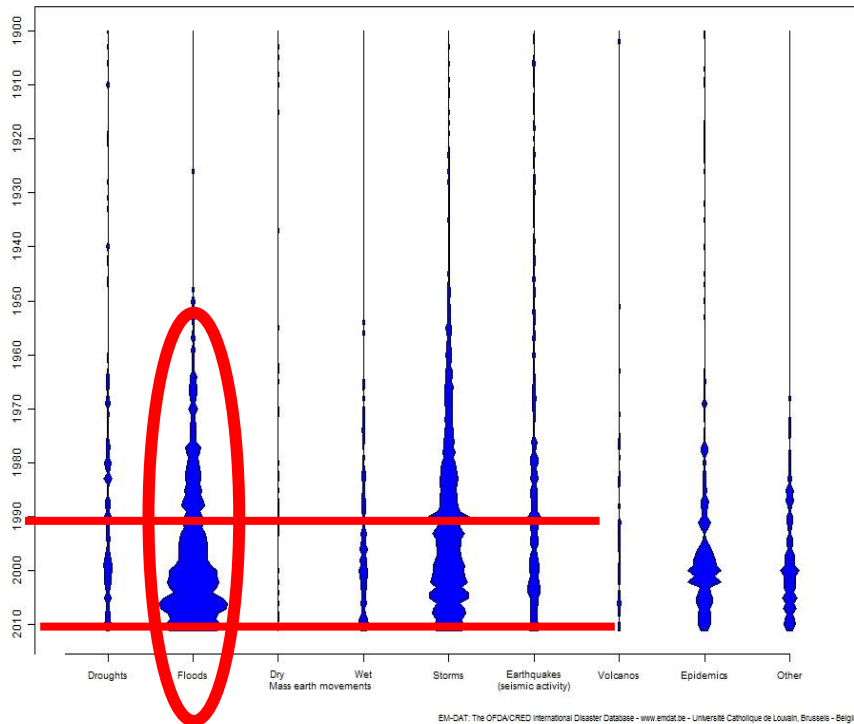


## Plus d'inondations dans le monde ?

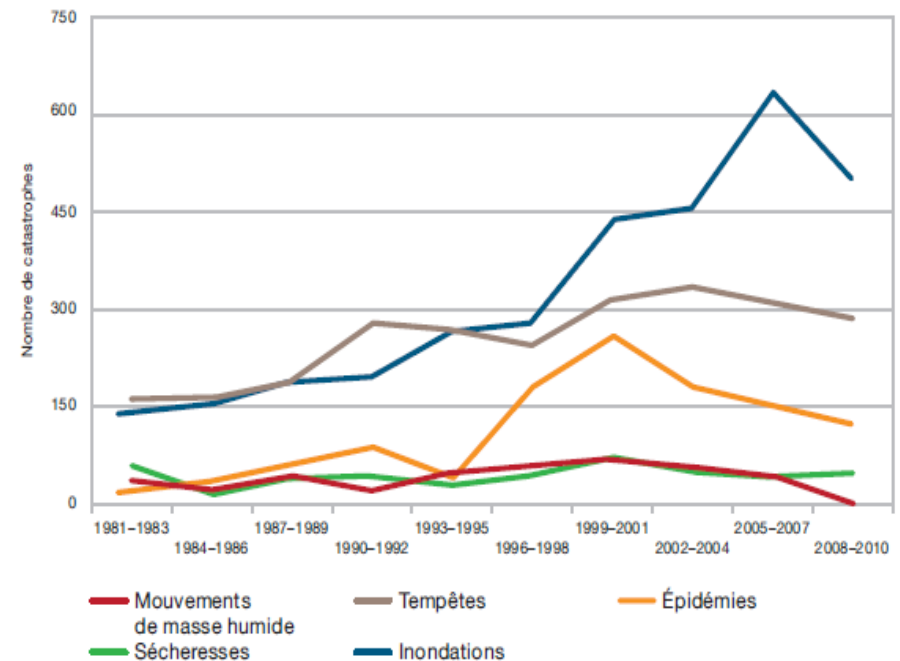


I : Nombre d'inondations déclarées. Source : D'après la base de données EM-DAT/CRED

Number of natural disasters reported 1900 - 2011



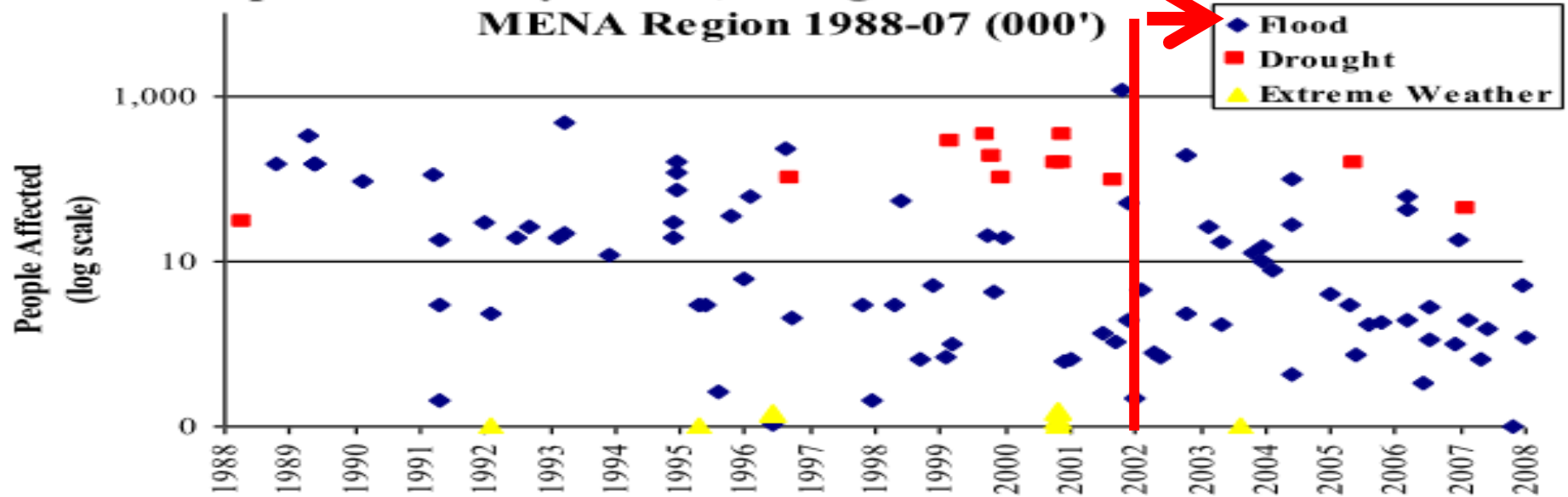
EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database - [www.emdat.be](http://www.emdat.be) - Université Catholique de Louvain, Bruxelles - Belgium



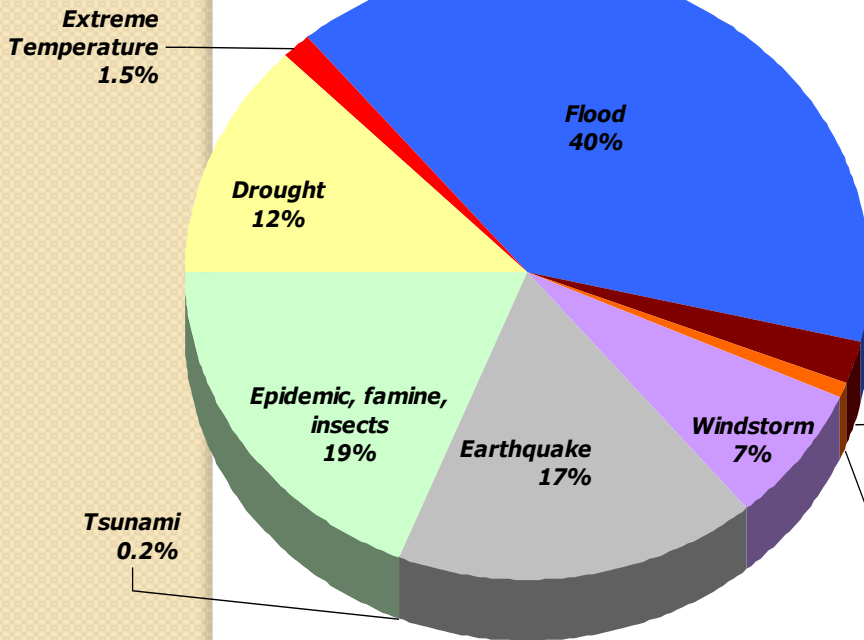
: Tendances des catastrophes liées à l'eau. Source : D'après la base de données EM-DAT/CRED

# People Affected by Floods, Droughts and Extreme Weather

MENA Region 1988-07 (000')



## MENA Region



## Plus d'inondations sur la dernière décennie

Source: EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database - [www.em-dat.net](http://www.em-dat.net) - Université Catholique de Louvain - Brussels - Belgium

Distribution of Natural Disasters in MENA Region (middle east and north africa) (1980-2005)

Number of events

More than 80 % of natural disasters were caused by Weather-related hazards.

# Tunisie

- 2000 : Vallée de la Medjerda (Jendouba et Boussalem)
- 2003 : Grand Tunis
- 2007 : Grand Tunis
- 2009 : Région de Gafsa
- Sfax
- 2013 : Vallée de la Medjerda

## Afrique de l'Ouest

Cas des inondations: 2005 (Dakar); Burkina Faso en 2007 (33 morts), 2009 (08 morts) et Août 2013; Togo en 2007 (23 morts) et 2008 (dégâts matériels et 20 morts); Bénin 2008 (dégâts matériels); crue au Niger en Août 2012 (81 morts) et 2013 (trentaine de morts); Mali en Août 2013 (environ 20 morts).

Début	Fin	Localisation	Nbr de morts
23/10/2008	03/11/2008	Driouch (Province de Nador)	30
26/02/2008	28/02/2008	Marrakech, Kalâat Seraghna	9
28/10/2006	29/10/2006	Ouarzazate, Errachidia	-
25/10/2006	27/10/2006	Provinces d'Essaouira et de Safi	11
26/05/2006	28/05/2006	Province d'Er Rachidia	6
17/11/2003	18/11/2003	Boufrah, Nador, Al Hoceima	35
24/11/2002	29/11/2002	Régions de Settât et de Fès	80
23/12/2001	26/12/2001	Settat, Essaouira	15
22/12/2000	22/12/2000	Tétouan, Tanger, Chefchaouène	6
22/10/2000	25/10/2000	Région de Taza	-
28/09/1997	29/09/1997	El Hajeb, Taza, Khénifra, ...	60
21/01/1996	01/02/1996	Beni Mellal, Sebâa Ayoun, ...	25
04/09/1995	04/09/1995	Taza, Oued Amlil, Zouagha ...	43
17/08/1995	18/08/1995	Marrakech (Région de l'Ourika)	730
01/04/1995	01/04/1995	Région de Tata	18

TOTAL 1 068

## Maroc

Plus de pluies, plus d'inondations en Afrique ?  
Vers la fin de la sécheresse ?

Bab El Oued (Alger) - novembre 2001, une inondation qui a fait près de 800 victimes;

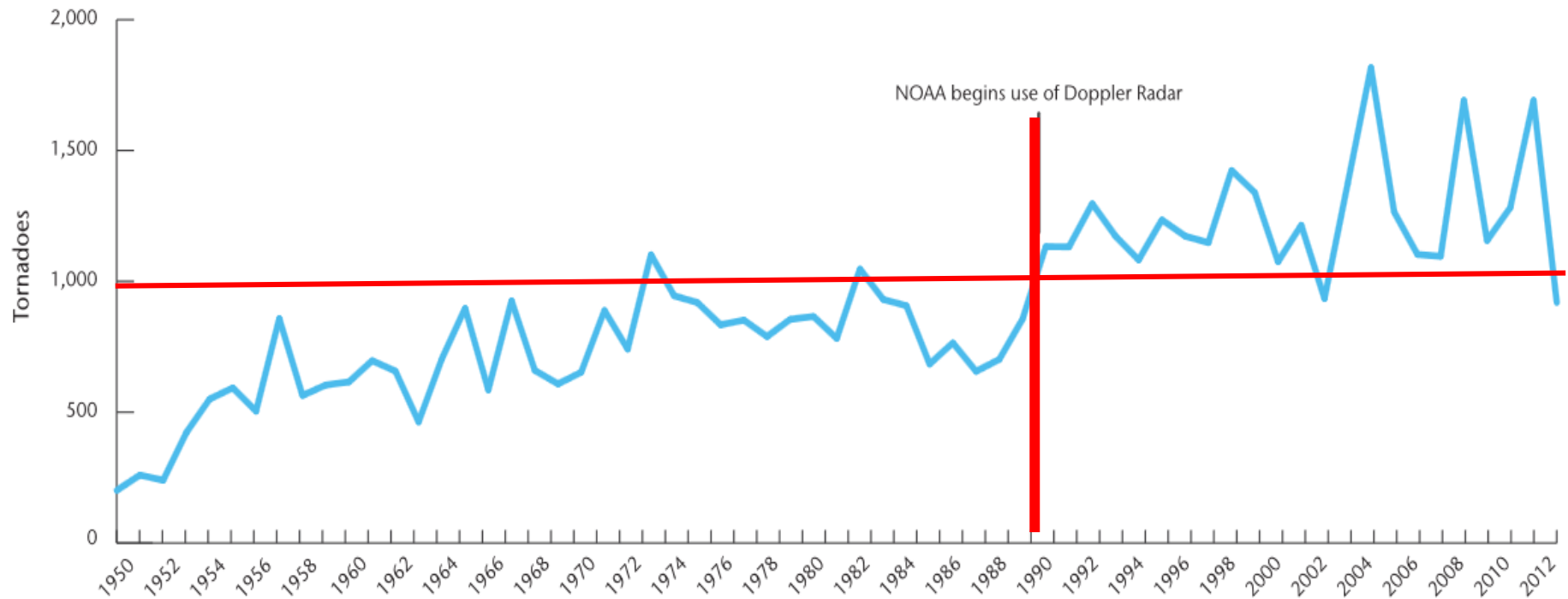
Ghardaïa, 2008, dizaines de victimes

Aïn Defla, Batna et Bechar; ou encore les inondations de 2012 qui ont touché le nord-est et le nord-ouest de l'Algérie (près de 50 morts sur l'ensemble du territoire).

## Algérie



U.S. Tornadoes (1950-2012)



**Plus de phénomènes extrêmes ?**

**Plus d'inondations ?**

**ou**

**Avancée technologique ?**

**Urbanisation massive ?**

Maroc				Algérie				Tunisie			
Stations	Longitude	Latitude	Altitude	Stations	Longitude	Latitude	Altitude	Stations	Longitude	Latitude	Altitude
Agadir	-9,55	30,38	11	Annaba	7,49	36,5	8	Bizerte	9,48	37,15	5
Azzaba	-4,73	33,83	689	Batna	6,19	35,45	822	Gabes	10,06	33,53	4
Casablanca	-7,67	33,56	62	Béjaïa	5,04	36,43	1,74	Gafsa	8,49	34,25	313
Fès	-4,97	33,93	598	Biskra	5,44	34,48	82	Jendouba	8,48	36,29	143
Ifrane	-5,17	33,5	1660	Constantine	6,37	36,13	685	Kairouan	10,06	35,4	60
Kenitra	-6,6	34,3	17	Dar El Beida	3,13	36,41	25	Sfax	10,41	34,43	21
Marrakech	-8,03	31,61	474	Djelfa	3,23	34,2	1180	Tabarka	8,54	36,58	66
Meknès	-5,53	33,88	549	Echlef	1,2	36,13	143	Touzeur	8,06	33,55	87
Nador	-2,92	35,13	226	El Bayed	1	33,4	1341	Tunis Carthage	10,14	36,5	4
Ouarzazate	-6,9	30,93	1187	Oran	-0,36	35,38	90				
Safi	-9,23	32,28	45	Skikda	6,54	36,53	1,3				
Sefrou	-4,49	33,49	801	Tébessa	8,07	35,25	820,47				
Taza	-4,02	34,21	521								
Tétouane	-5,33	35,58	10								



## La matrice graphique chronologique de traitement de l'information (MGCTI)

*Une méthode de travail qui combine deux traitements :*

Un traitement statistique  
Un traitement graphique

- **Les paramètres de dispersion**
- **Les paramètres de dispersion** indiquent de combien les valeurs d'une distribution s'écartent en général de la valeur centrale de référence.
- **Mesures de la dispersion statistique en référence à la médiane**
- **Utilisation des quintiles**
- **La matrice « BERTIN »**
- Très utiles pour **présenter les résultats** d'une analyse statistique.
- Transformer un tableau numérique en tableau graphique pour ensuite examiner les relations entre les lignes et les relations entre les colonnes.

- **Première étape traitement statistique**
- Un classement par année par rapport aux valeurs limites (Q1, Q2, Médiane, Q3 et Q4) est effectué pour toutes les stations et sur toute la série.
- **Etablissement de classes d'intensités**
- Très humide ou Très fraîche ( $>Q4$ ),
- Humide ou Fraîche ( $> Q3$  et  $<Q4$ ),
- Normale ( $>Q2$  et  $<Q3$ ),
- Sèche ou chaude ( $>Q1$  et  $<Q2$ ),
- Très sèche ou très chaude ( $<Q1$ )

**Passage du tableau brut au tableau (codé)**

Affecter un nombre variant de 1 (année très sèche ou très fraîche) à 5 (année très humide ou très chaude) suivant les caractères déjà déterminés est attribués à chaque année.

					ANNEE	IFRANE	FES	TAZA	SEFROU	MEKNES
1970	700,3	656,30	1120,4	527,3	1970	4	5	3	4	3
1971	509,2	785,80	1379,1	718,8	1971	5	4	4	5	5
1972	751,8	697,80	887,1	552,9	1972	3	5	3	4	3
1973	497,9	703,10	832,4	539,5	1973	3	3	3	5	3
1974	430,6	615,60	739,4	505,3	1974	2	2	3	4	3
1975	504,9	600,80	1013,5	707,8	1975	4	4	4	4	5
1976	761,1	777,40	1143,9	1018,8	1976	5	5	5	5	5
1977	632	669,70	940,8	764,9	1977	3	5	5	4	5
1978	433,5	523,50	931,8	534,7	1978	3	3	3	3	3
1979	568,7	738,10	1141,4	652,4	1979	4	4	4	5	4
1980	483,9	546,20	933,3	512,47	1980	3	3	3	3	3
1981	358,9	372,20	673,6	385,8	1981	1	1	1	2	1
1982	483,4	694,20	1045,5	557,6	1982	4	3	4	4	4
1983	513,5	315,20	652,9	469,4	1983	1	4	2	1	2
1984	252,6	422,60	623,9	393,4	1984	1	1	1	2	2
1985	466,8	358,60	850,8	478,5	1985	3	3	2	1	2
1986	375,5	471,50	1001,6	496,3	1986	4	2	2	2	3
1987	608,7	521,20	821,4	554	1987	2	4	3	3	4
1988	377,6	407,60	772,2	435,8	1988	2	2	2	2	2
1989	621,1	600,70	1274,1	682	1989	5	4	4	4	4
1990	558,2	481,30	830,8	496,4	1990	2	4	3	3	3
1991	398,3	536,10	979,7	426,5	1991	4	2	2	3	2
1992	379,7	562,60	878,6	451	1992	3	2	2	3	2
1993	503,6	431,00	710,7	490,72	1993	1	3	2	2	2
1994	270,3	409,70	720,5	413,66	1994	2	1	1	2	1
1995	382,1	363,40	862,6	360,8	1995	3	2	1	1	1
1996	391,2	860,80	1865,7	1203,3	1996	5	2	5	5	5
1997	646,6	570,80	1161	811	1997	5	5	5	3	4
1998	465,4	275,00	688,8	351,3	1998	1	3	1	1	1
1999	312,2	307,30	742,4	483	1999	2	1	2	1	2
2000	206,9	446,70	819,4	718	2000	2	1	4	2	5
2001	336,6	355,40	655,8	425	2001	1	1	1	1	1
2002	248	495,60	1005,6	658	2002	4	1	4	3	3
2003	441,7	701,60	1233	892	2003	5	3	5	5	4
2004	537,3	480,90	807,9	587,5	2004	2	4	4	3	1
2005	364,6	299,01	640,8	380,8	2005	1	2	1	1	1
2006	268,77	368,20	854,2	541,5	2006	3	1	3	2	5
2007	462,3	227,49	583,2	328,2	2007	1	3	1	1	1
2008	690	592,83	1095,8	752,4	2008	4	5	5	4	4
2009	622,49	727,84	1427,6	803,1	2009	5	5	5	5	4
2010	635,76	921,68	1483,6	978,57	2010	5	5	5	5	5



# Passage du tableau codé au tableau graphique

*On remplace les valeurs  
standardisées ou codées  
fortes et faibles par des  
trames allant du clair au  
foncé.*

*Définissions de cinq  
classes visuelles*

Année	EL	BE	ANNAB	SKIKDA	IEJAI	O	Tebes
1970	4	1	3	3	1	1	1
1971	3	3	4	2	4	3	2
1972	5	3	4	4	5	4	5
1973	5	4	2	5	3	1	3
1974	4	1	1	4	1	1	2
1975	3	1	1	3	2	3	4
1976	4	4	2	4	5	5	5
1977	2	1	1	1	1	5	3
1978	4	1	3	2	2	1	1
1979	5	4	4	2	5	2	2
1980	4	3	4	4	4	3	5
1981	1	2	2	1	4	2	1
1982	5	5	5	5	4	4	3
1983	1	2	1	1	1	2	1
1984	5	5	5	5	5	1	3
1985	3	2	2	3	2	3	2
1986	4	5	4	5	4	4	4
1987	2	2	4	2	2	2	2
1988	2	2	3	3	3	2	3
1989	1	2	1	1	1	2	1
1990	1	3	5	2	2	5	5
1991	1	3	1	3	3	3	2
1992	4	4	5	4	5	5	3
1993	2	3	2	1	1	3	1
1994	1	1	3	1	3	4	5
1995	2	3	2	2	4	2	3
1996	5	4	4	4	4	4	3
1997	2	5	3	2	3	4	4
1998	3	5	4	4	4	2	1
1999	5	4	3	2	3	4	4
2000	1	1	1	1	1	1	2
2001	1	1	1	1	2	2	2
2002	1	3	5	5	3	1	4
2003	4	4	5	5	5	4	4
2004	3	5	5	4	5	5	5
2005	2	5	5	3	1	1	4
2006	3	2	2	1	2	4	4
2007	4	4	2	4	2	1	2
2008	2	1	1	2	1	3	5
2009	2	5	3	5	5	4	5
2010	3	2	4	3	3	5	1
2011	3	4	2	3	4	5	5
2012	5	2	3	5	2	3	1



# Traitement graphique : Procédure de réordonnancement

- *On réordonne les colonnes de la matrice pour rapprocher les colonnes qui se ressemblent et séparer celles qui sont différentes.*
- *On repère ainsi des corrélations positives, des corrélations négatives et des absences de corrélation.*

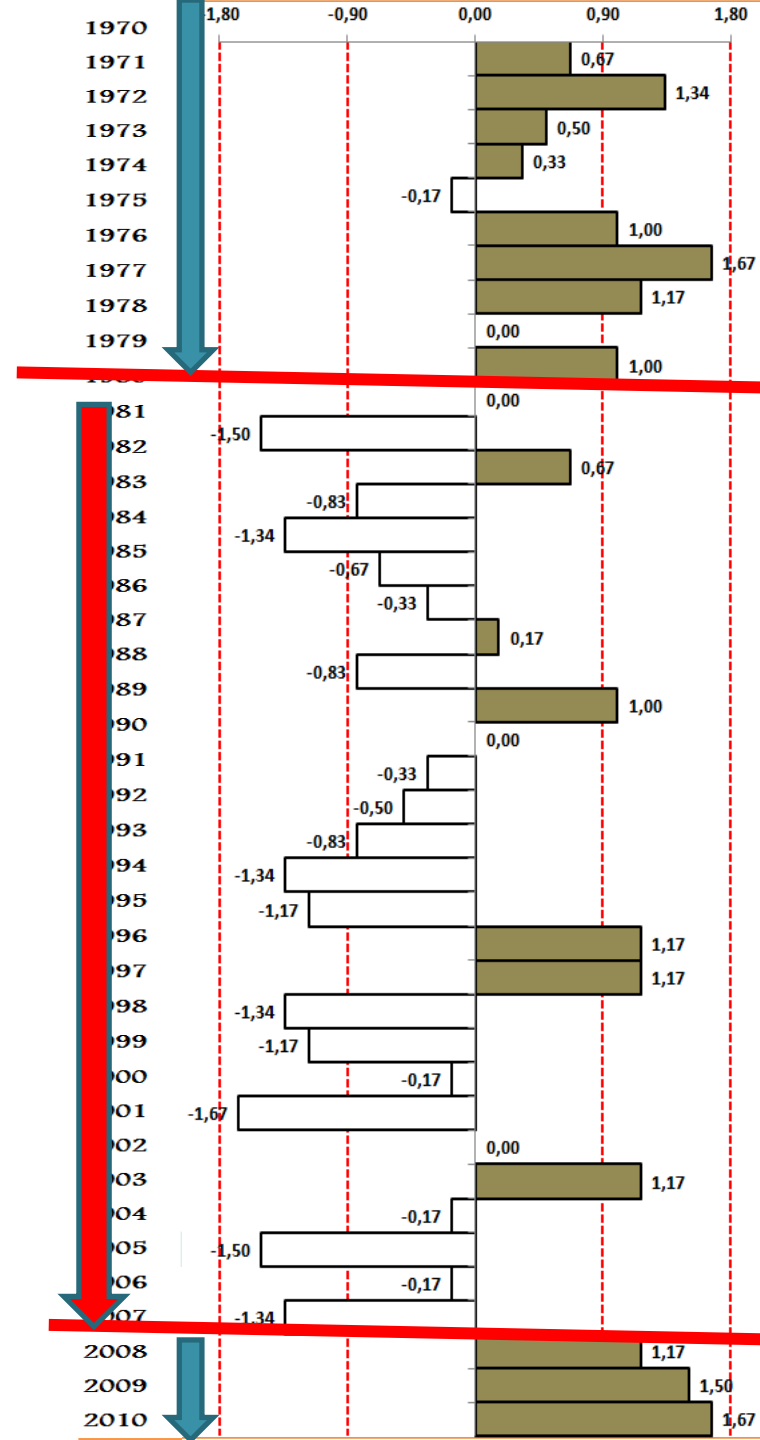
ANNEE	1	2	3	4	5
1970					
1971					
1972					
1973					
1974					
1975					
1976					
1977					
1978					
1979					
1980					
1981					
1982					
1983					
1984					
1985					
1986					
1987					
1988					
1989					
1990					
1991					
1992					
1993					
1994					
1995					
1996					
1997					
1998					
1999					
2000					
2001					
2002					
2003					
2004					
2005					
2006					
2007					
2008					
2009					
2010					

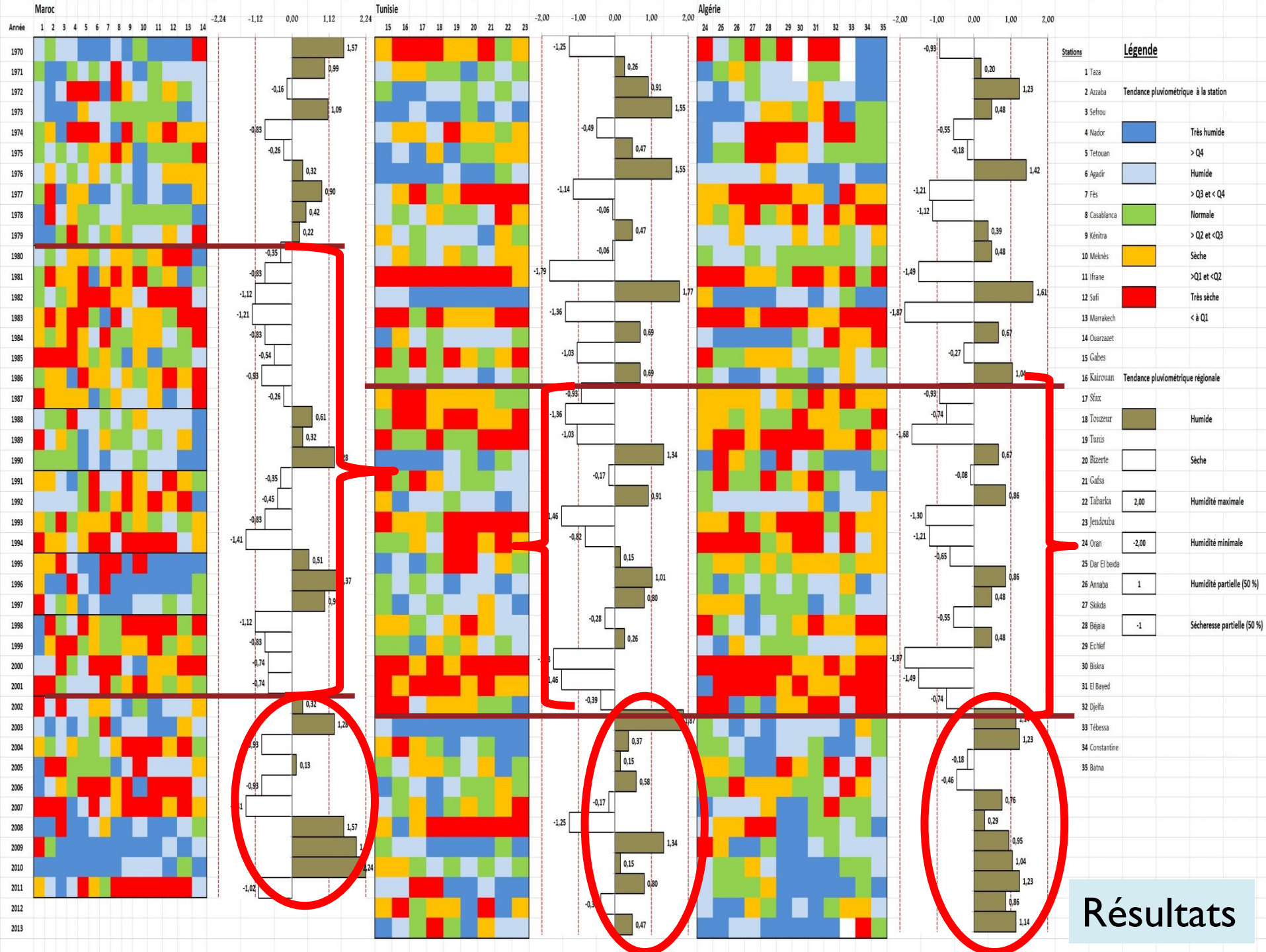
# Synthèse des résultats

## Nouveau traitement statistique

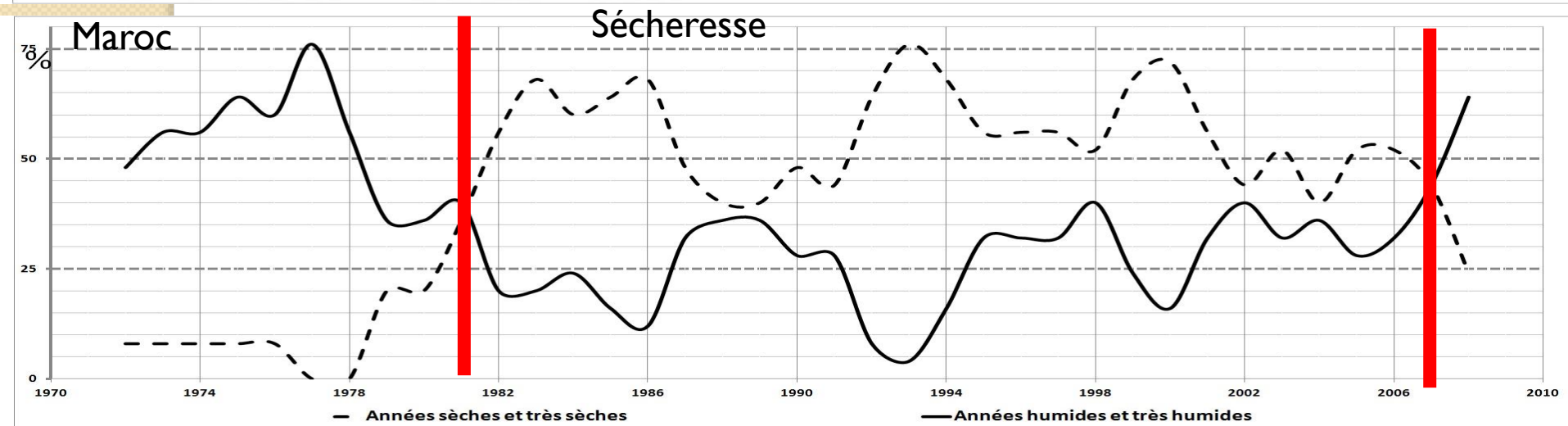
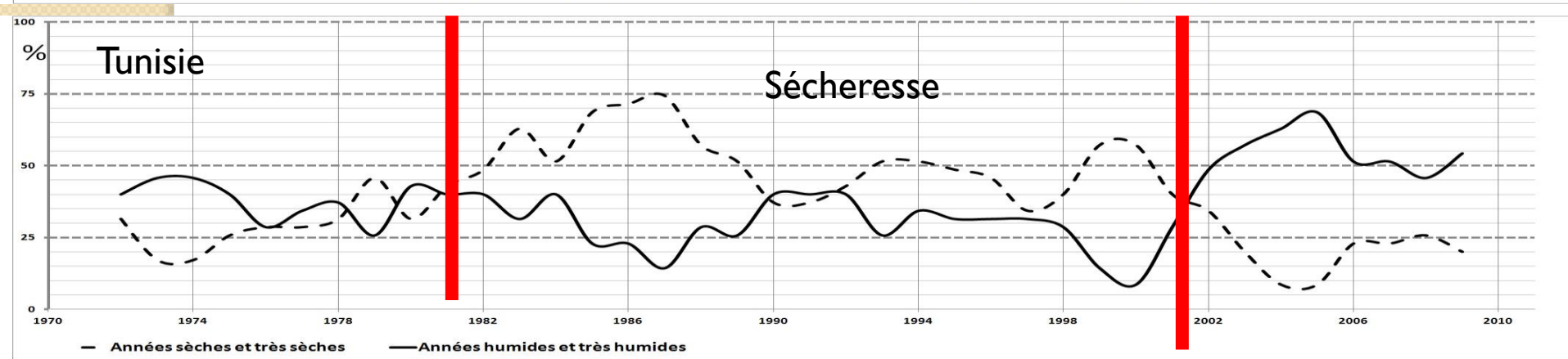
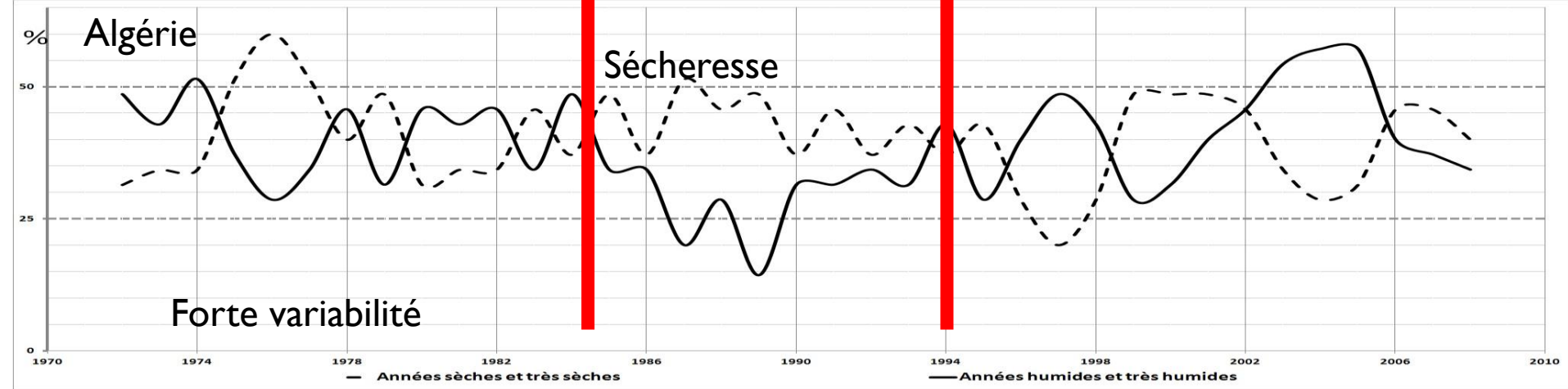
### Outil de détection des ruptures et des cycles

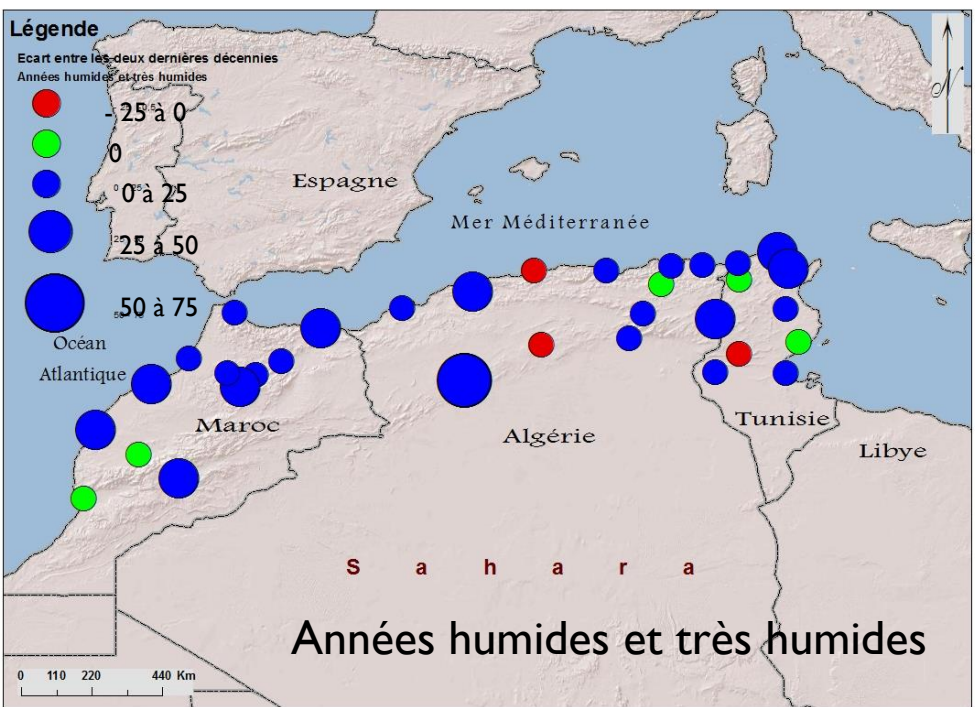
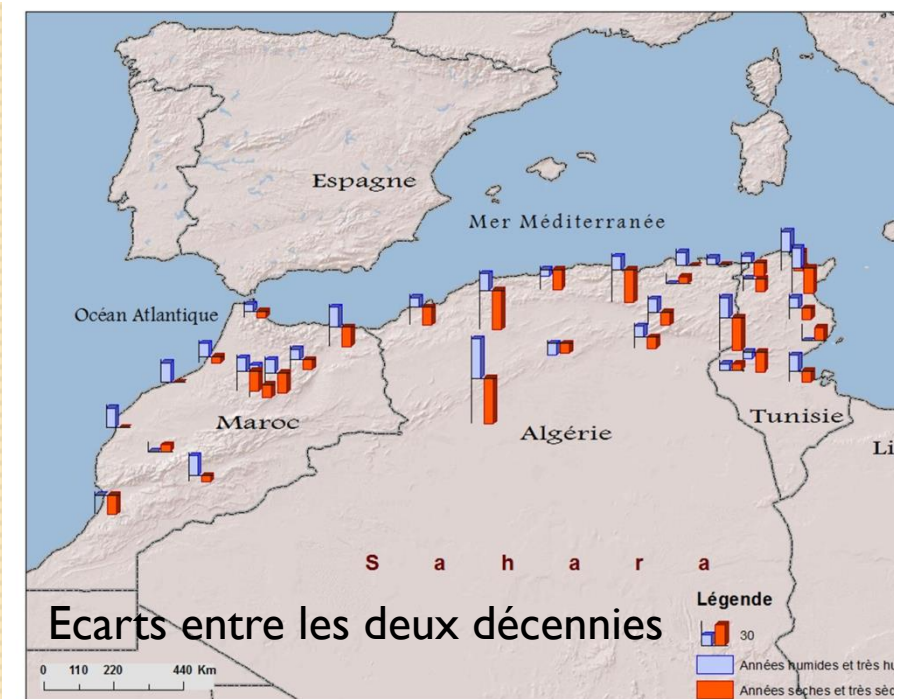
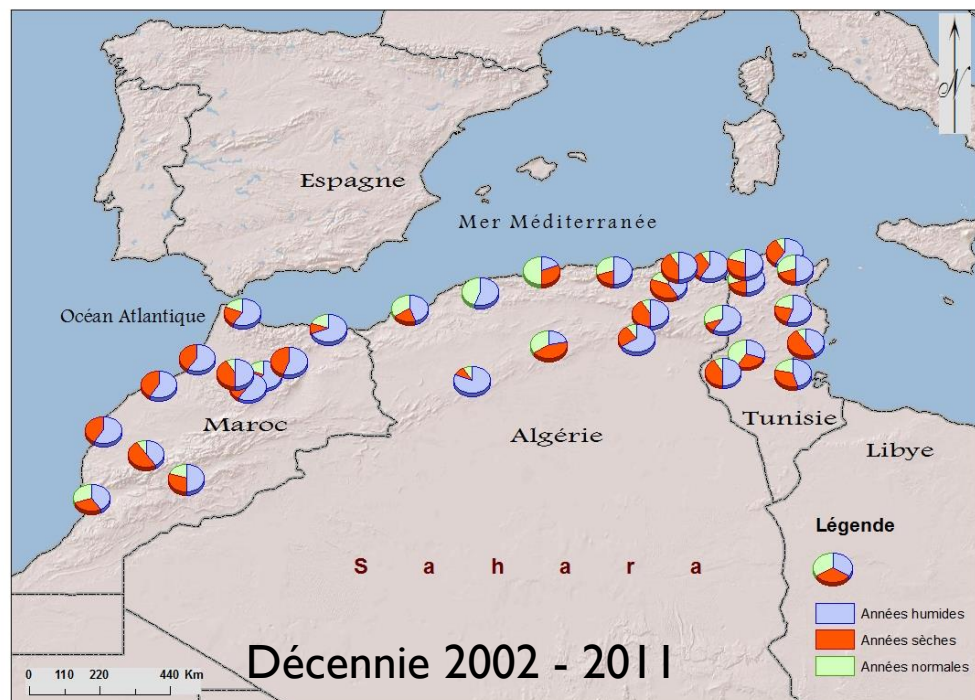
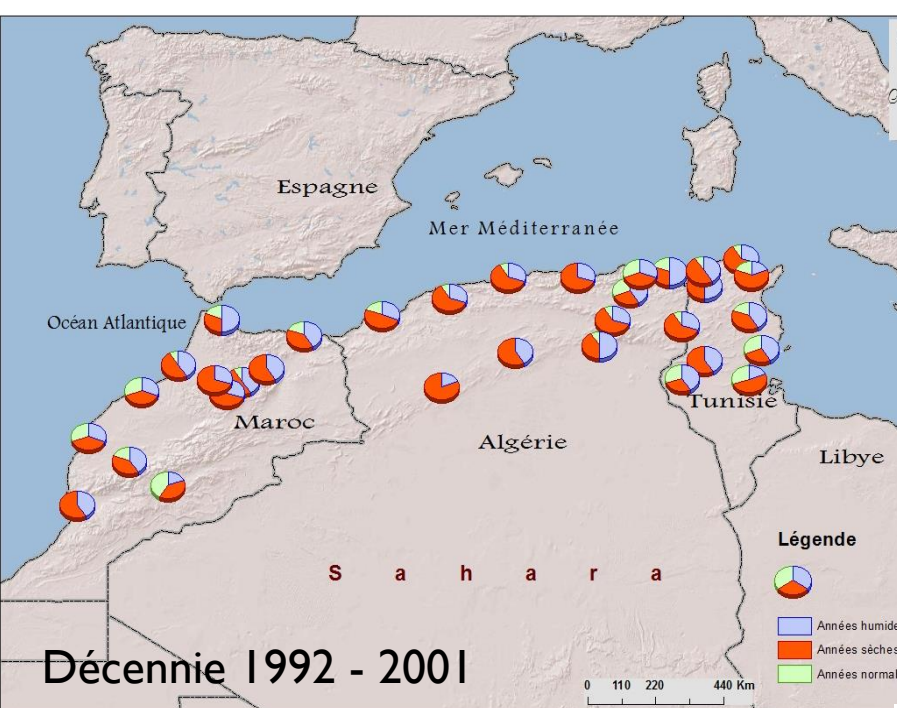
- Pour déterminer les ruptures et les périodes caractéristiques, une deuxième procédure est entreprise.
- La somme des nombres de toutes les stations pour chaque année est centrée réduite, ce qui permet d'obtenir ainsi un indice qui varie de  $+\infty$  pour une année très humide à  $-\infty$  pour une année très sèche.
- La projection du résultat sur un graphique permet de voir l'évolution du phénomène à une échelle régionale dans un premier temps et dans un deuxième temps, de déterminer les dates de ruptures et de changement de tendance.



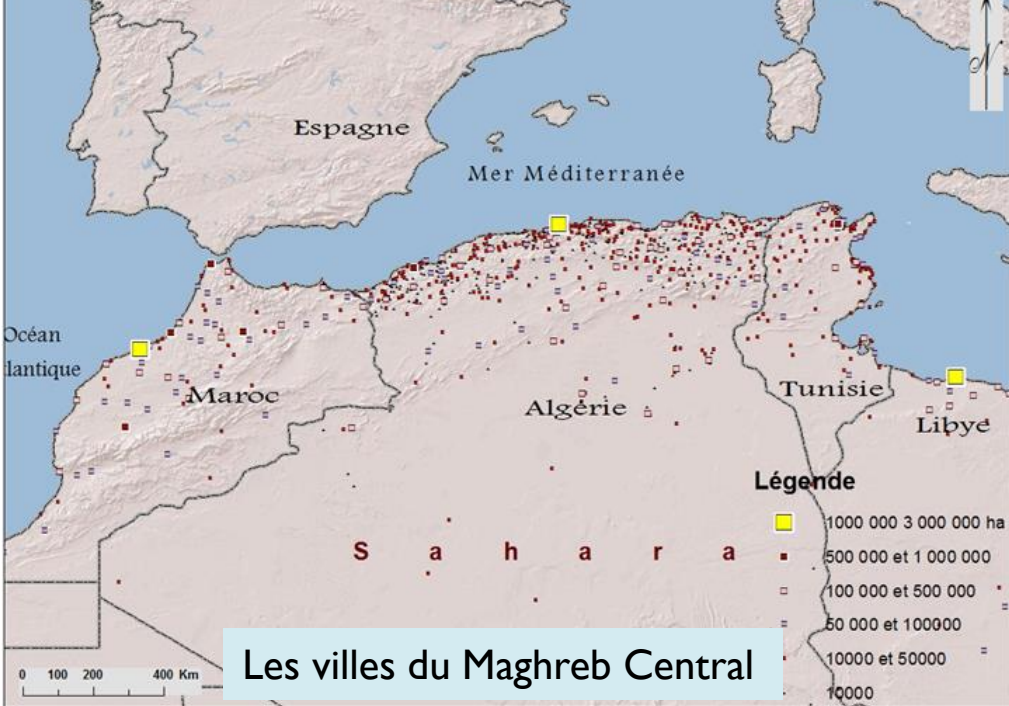
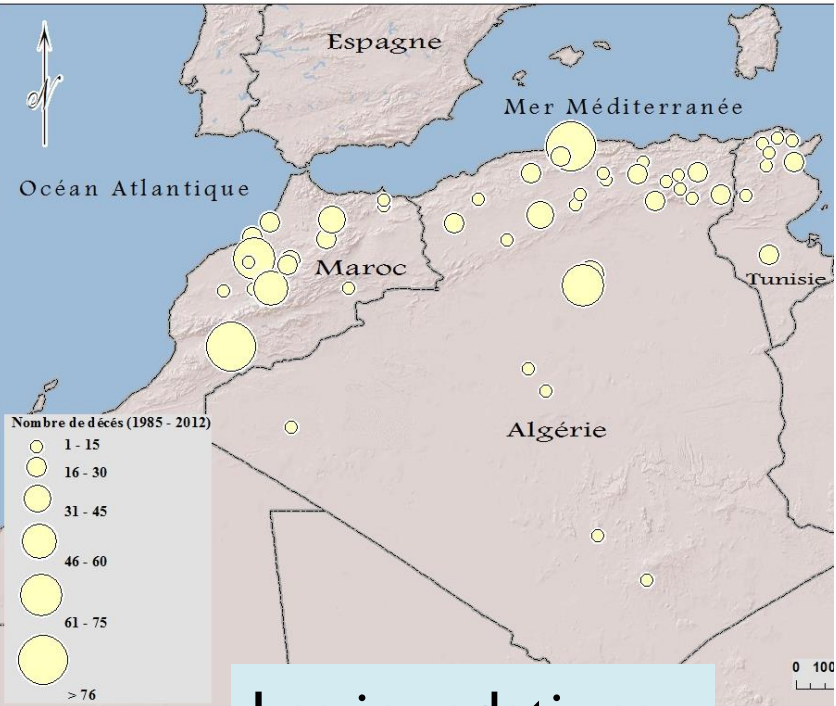




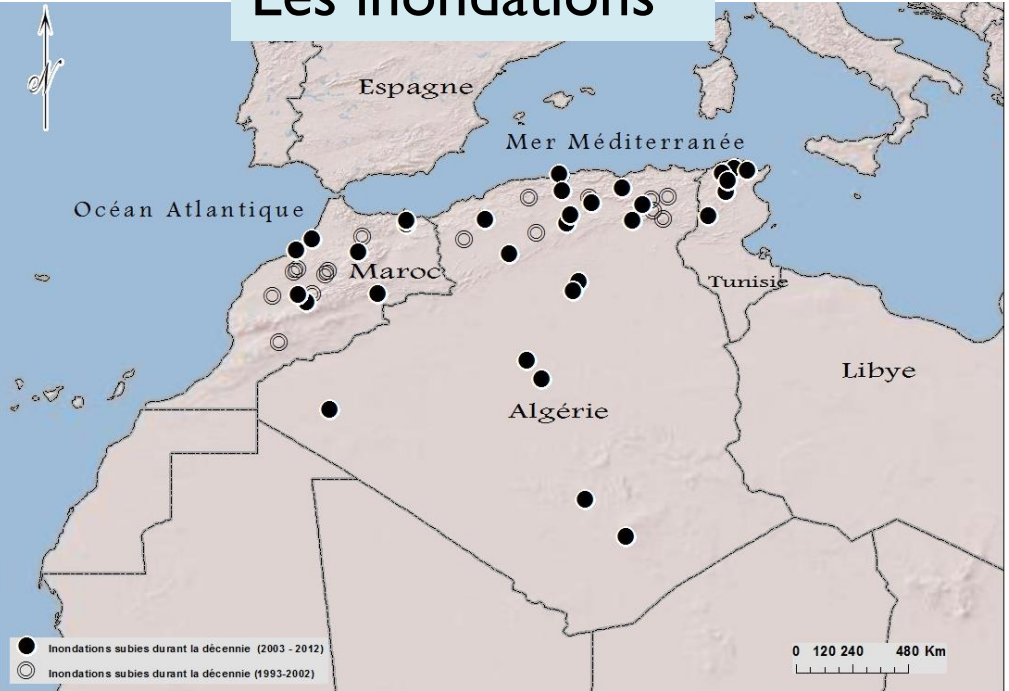






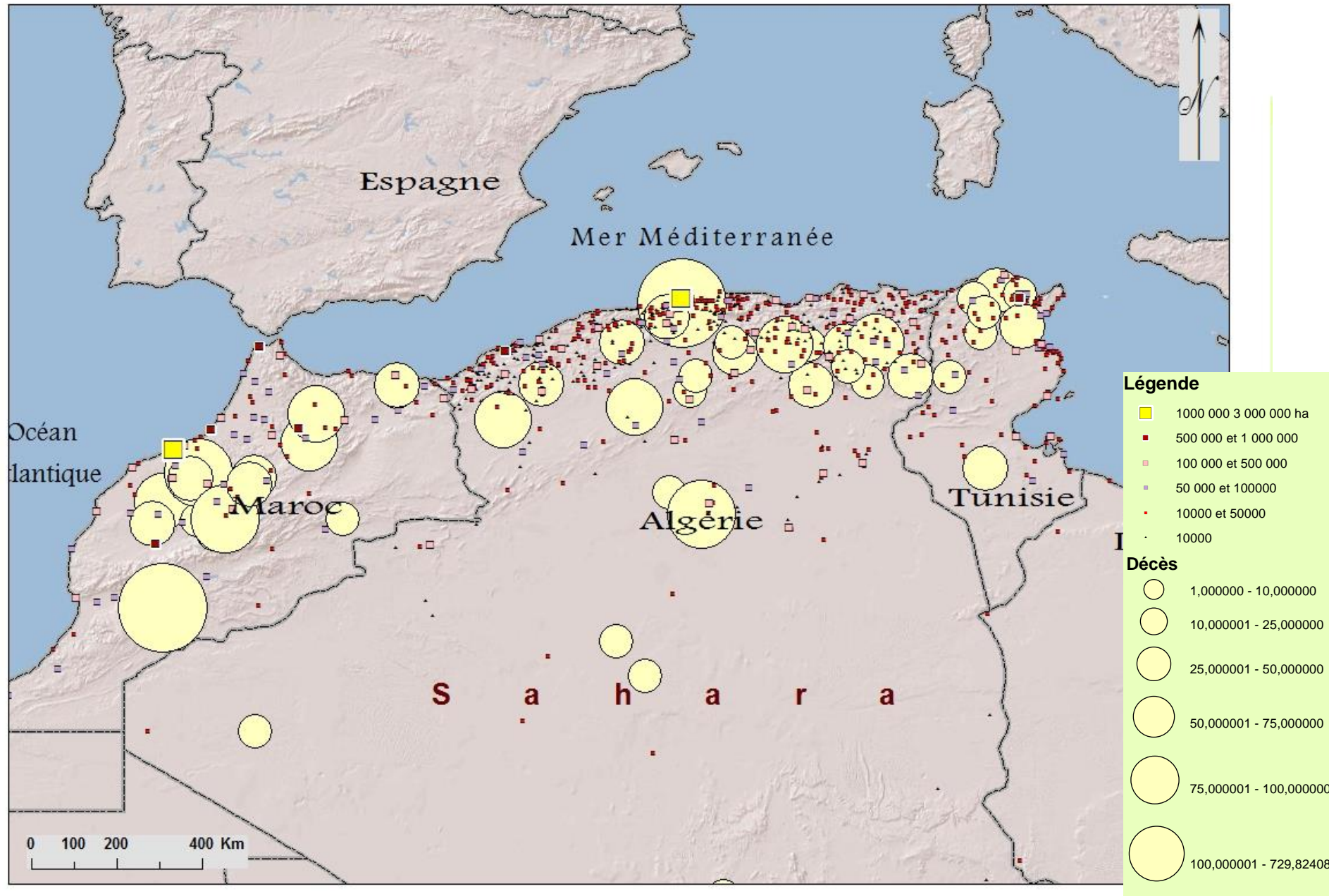


# Les inondations



# Les villes du Maghreb Central

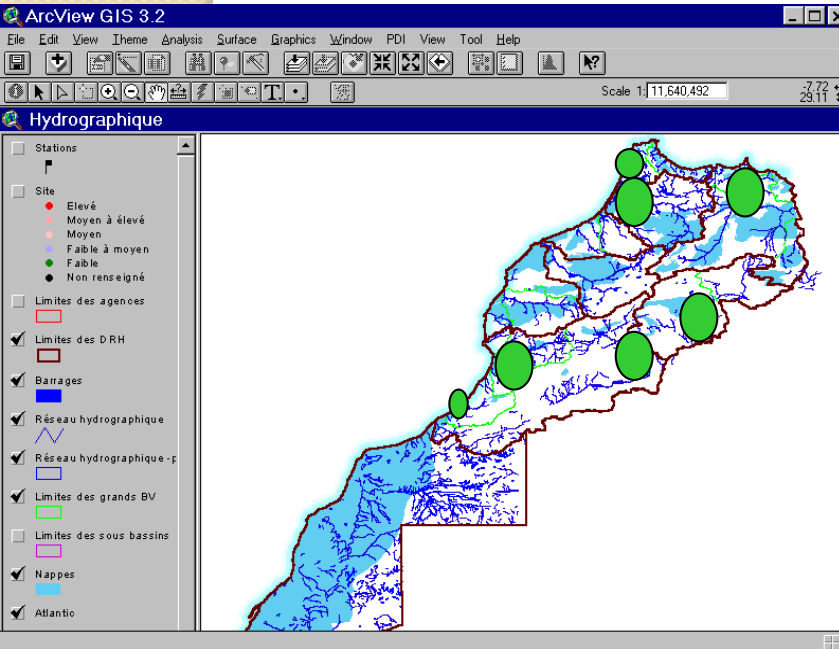
# La population face au risque d'inondation





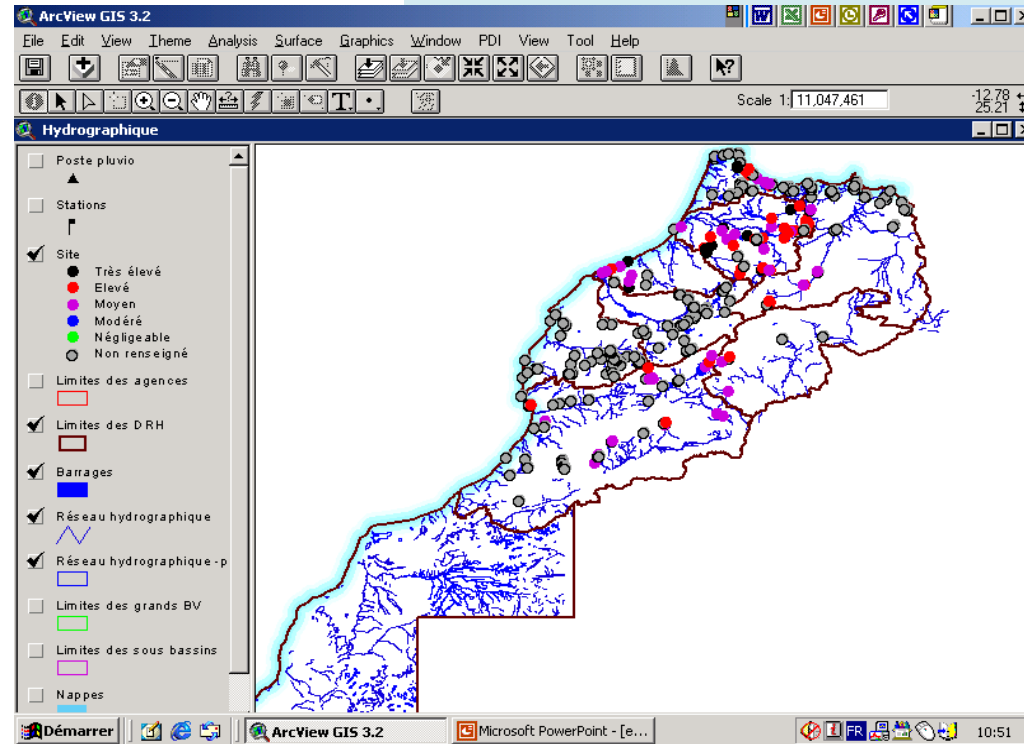
# Comment lutter contre les inondations au Maroc ?

Barrages :  
stockage et laminage des crues



Les données des 391 sites ont été intégrées dans une base de données Access couplée à une interface SIG avec tous les renseignements hydrauliques et hydrologiques.

# Plan National de Protection Contre les Inondations (PNI)



**Renforcement des réseaux d'annonce de crues**  
**Exemple : Ourika**

**Algérie : un autre plan national de lutte (2013 – 2030)**



Merci de votre attention



Inondation à Djibouti en 2004