



CHANGEMENT CLIMATIQUE

4. DESERTIFICATION RISQUE CLIMATIQUE OU ANTHROPIQUE ?

Pierre Ozer

Département des Sciences et Gestion de l'Environnement



Université de Djibouti, 18-23 janvier 2014

Définition (UNCCD)

Désertification:

Dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches par suite de divers facteurs, parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines.

Définition (UNCCD)

Terres:

Système bioproduit terrestre qui comprend le sol, les végétaux, les autres êtres vivants et les phénomènes écologiques et hydrologiques qui se produisent à l'intérieur de ce système.

Définition (UNCCD)

Dégradation des terres:

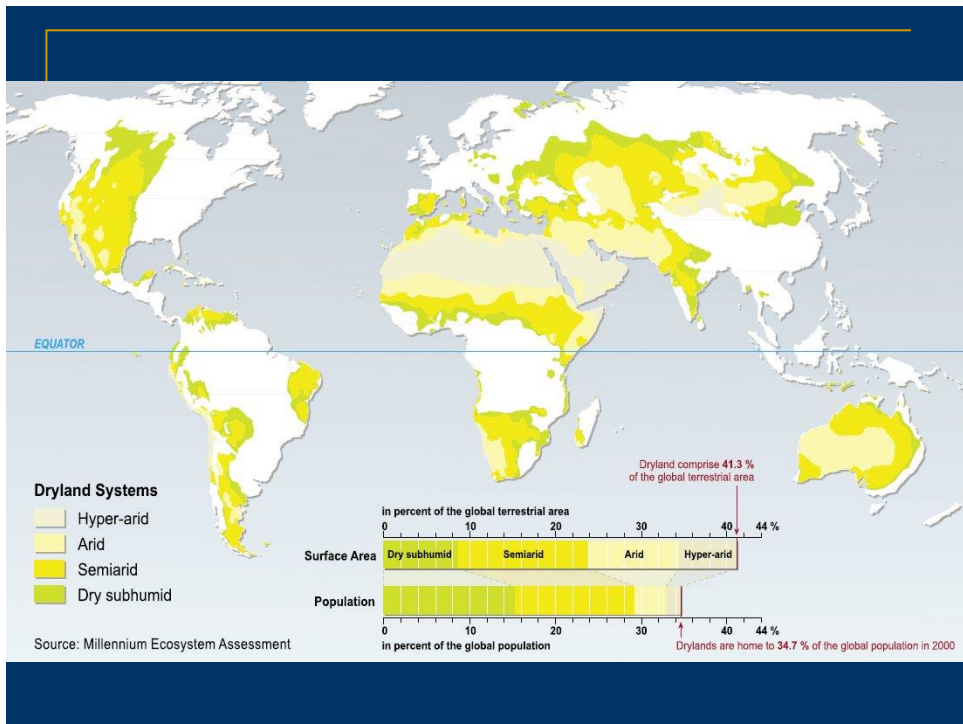
Diminution ou la disparition, dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches, de la productivité biologique ou économique et de la complexité des terres cultivées non irriguées, des terres cultivées irriguées, des parcours, des pâturages, des forêts ou des surfaces boisées du fait de l'utilisation des terres ou d'un ou de plusieurs phénomènes, notamment de phénomènes dus à l'activité de l'homme et à ses modes de peuplement, tels que:

- l'érosion des sols causée par le vent et/ou l'eau,
- la détérioration des propriétés physiques, chimiques et biologiques ou économiques des sols, et
- la disparition à long terme de la végétation naturelle.

Définition (UNCCD)

Zones arides, semi-arides et subhumides sèches:

Les zones, à l'exclusion des zones arctiques et subarctiques, dans lesquelles le rapport entre les précipitations annuelles et l'évapotranspiration possible se situe dans une fourchette allant de 0,05 à 0,65.



Définition (UNCCD)

Sécheresse:

Phénomène naturel qui se produit lorsque les précipitations ont été sensiblement inférieures aux niveaux normalement enregistrés et qui entraîne de graves déséquilibres hydrologiques préjudiciables aux systèmes de production des ressources en terres.

Définition (UNCCD)

Atténuation des effets de la sécheresse:

Activités liées à la prévision de la sécheresse et visant à réduire la vulnérabilité de la société et des systèmes naturels face à la sécheresse dans le cadre de la lutte contre la désertification.

Définition (UNCCD)

Zones touchées:

Les zones arides, semi-arides et/ou subhumides sèches touchées ou menacées par la désertification.

Pays touchés:

Les pays dont la totalité ou une partie des terres sont touchées.

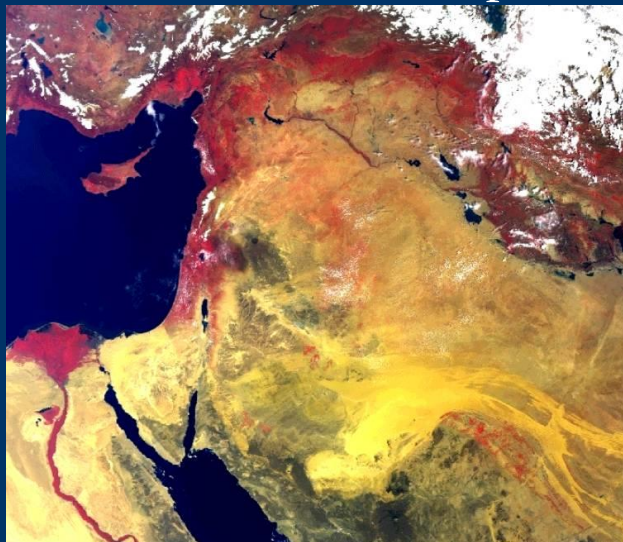
Définition (UNCCD)

Lutte contre la désertification:

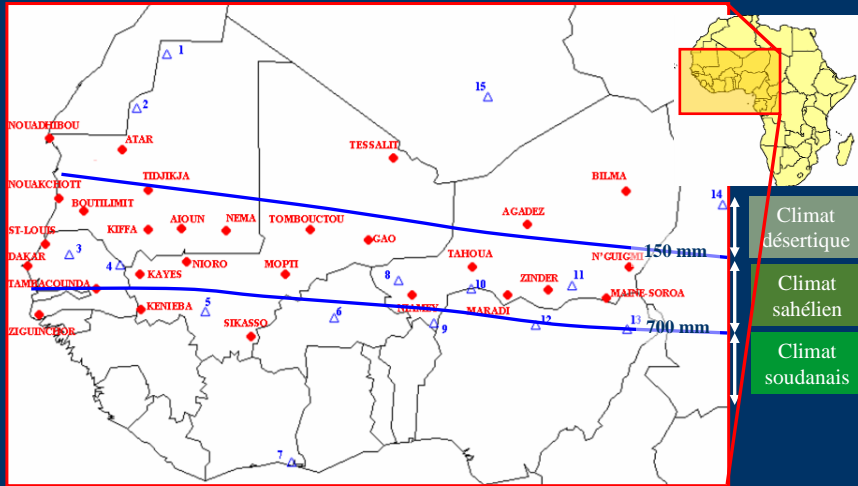
Activités qui relèvent de la mise en valeur intégrée des terres dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches, en vue d'un développement durable et qui visent à:

- prévenir et/ou réduire la dégradation des terres,
- remettre en état les terres partiellement dégradées,
- restaurer les terres désertifiées.

La désertification vue de l'espace



Sahel : Niger



Désertification

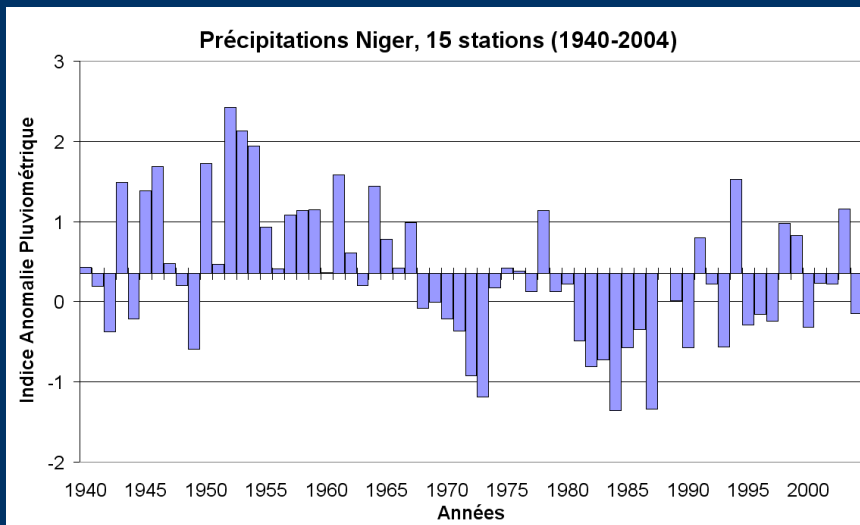
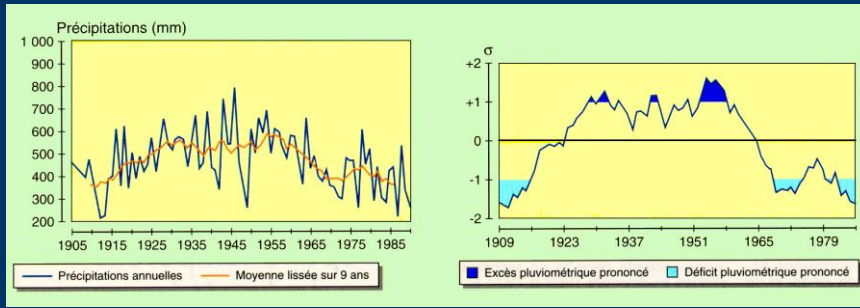
Le climat

Paramètres climatiques

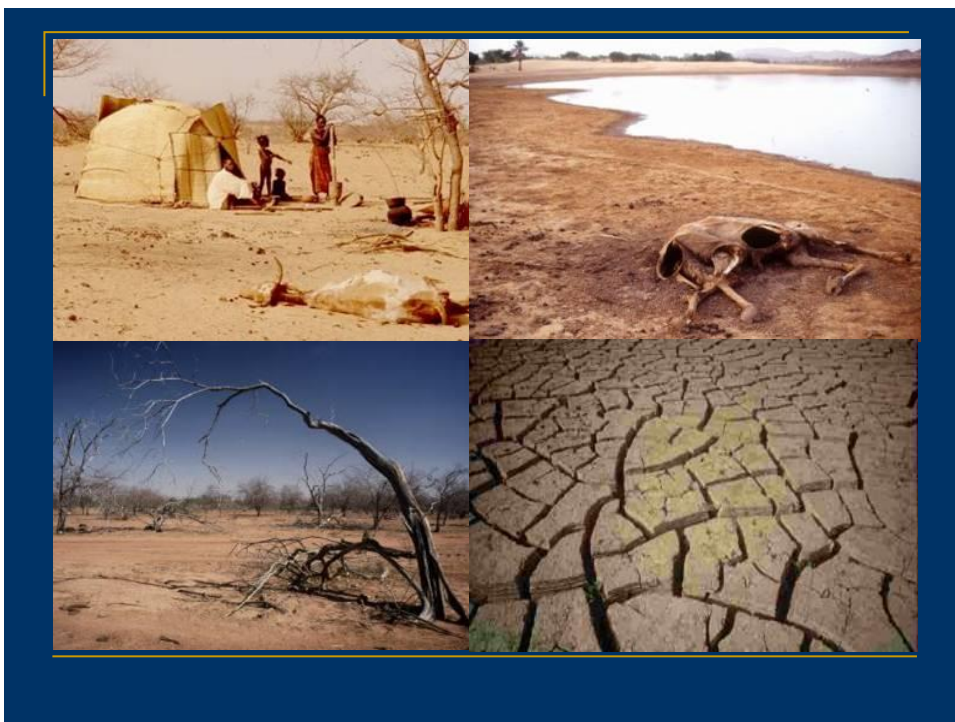
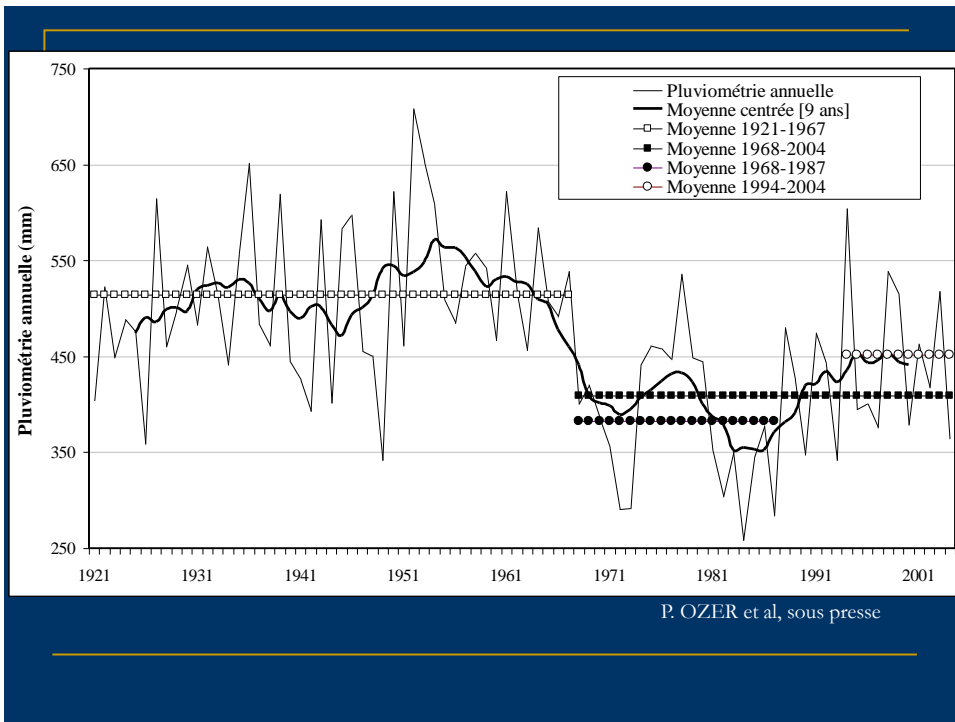
Sécheresse

Analyse des fluctuations pluviométriques à l'échelle du XXe siècle.

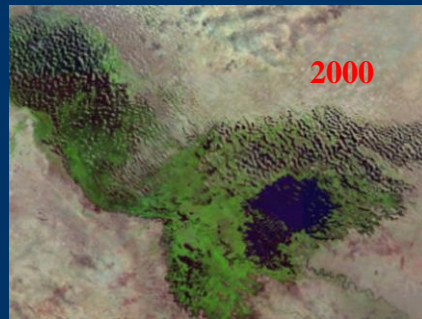
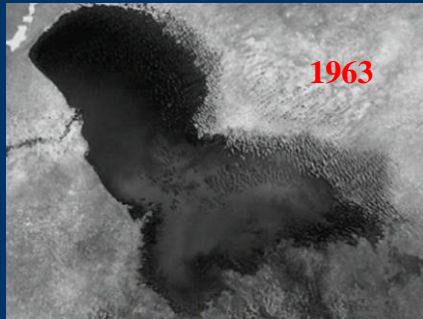
Exemple: Evolution des précipitations annuelles à la station de Zinder (Niger) de 1905 à 1990



P. OZER et al, sous presse



Résultats de la sécheresse



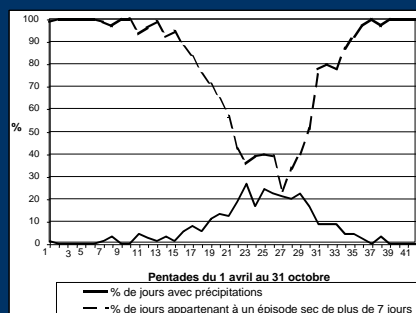
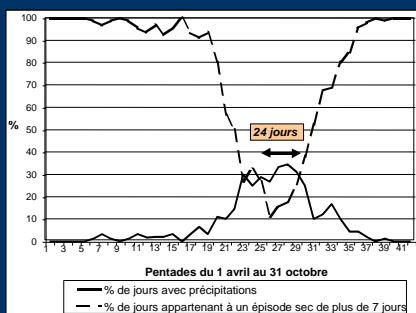
En 1968, la superficie du lac Tchad était approximativement de 23500 km², mais après une trentaine d'années de sécheresse, cette zone est réduite actuellement à 1355 km².

Paramètres climatiques

Sécheresse

Effets sur la longueur de la saison des pluies.

Longueur moyenne (jours) de la saison des pluies durant les périodes humide (1950-1967) et sèche (1968-1985) à N'Guigmi (Est Niger)

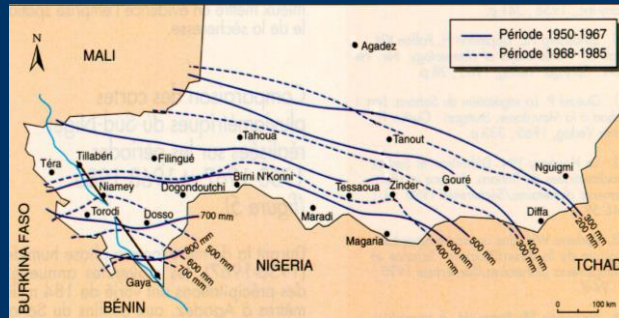


Paramètres climatiques

Sécheresse

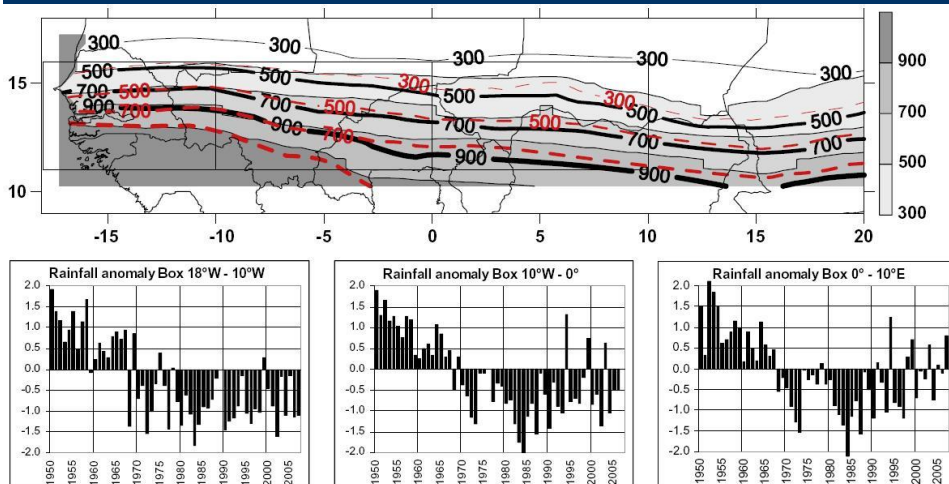
Elaboration de cartes pluviométriques.

Exemple: Comparaison des périodes humide (1950-1967) et sèche (1968-1985) au Niger Evolution



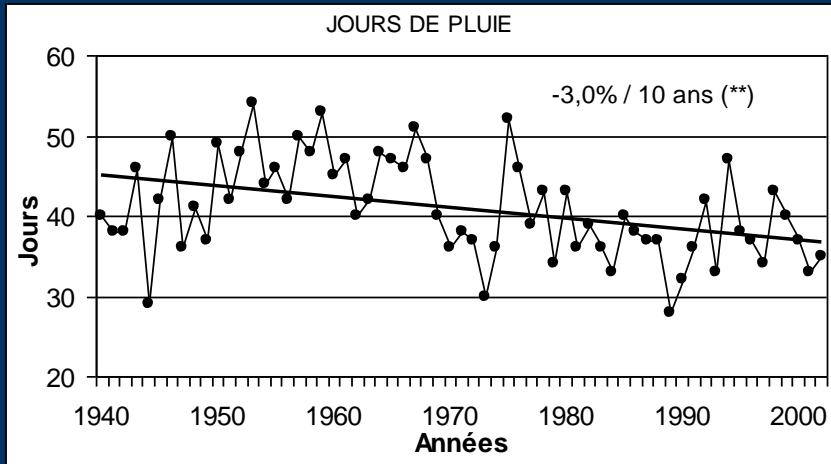
Paramètres climatiques

Elaboration de cartes pluviométriques (1950-2007) (Lebel et Ali, 2009).



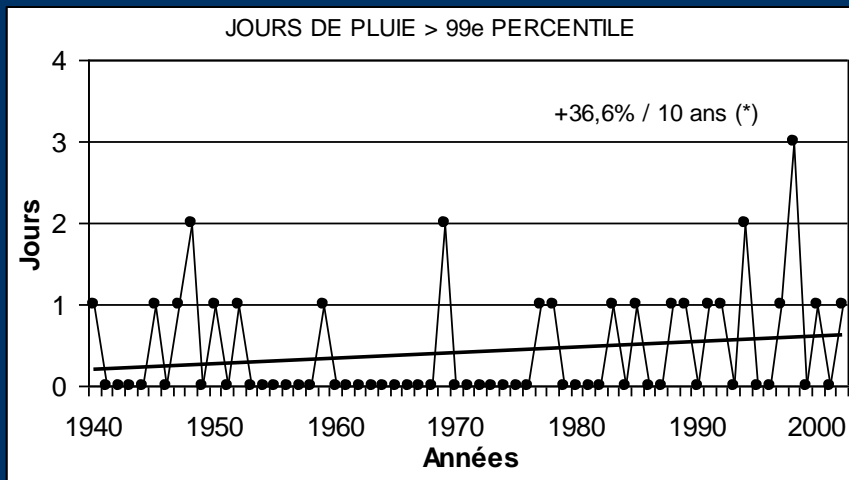
Paramètres climatiques

Jours de pluie



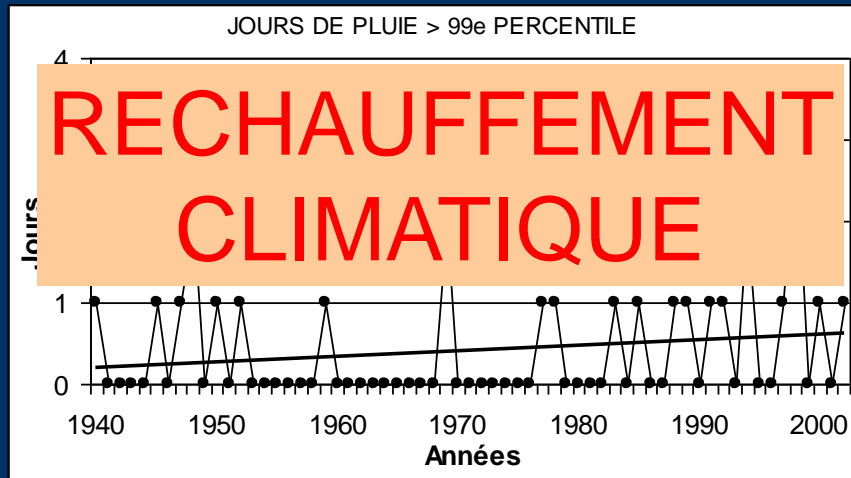
Paramètres climatiques

Pluies extrêmes



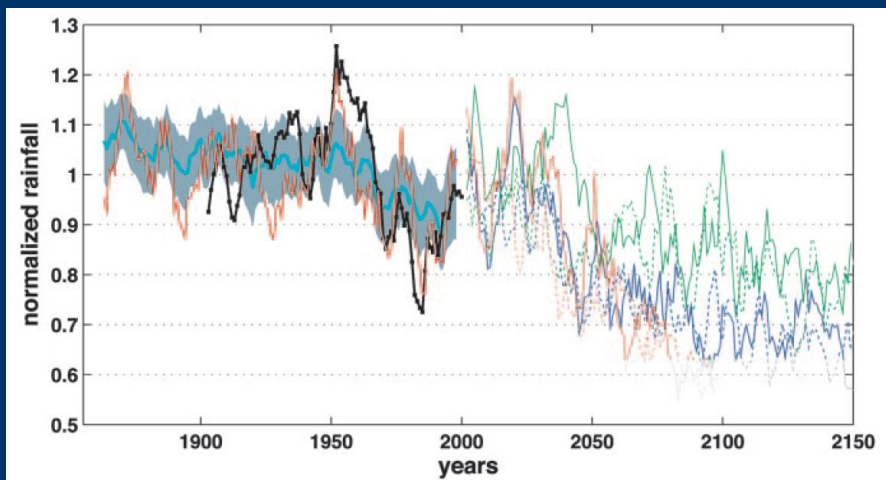
Paramètres climatiques

Pluies extrêmes



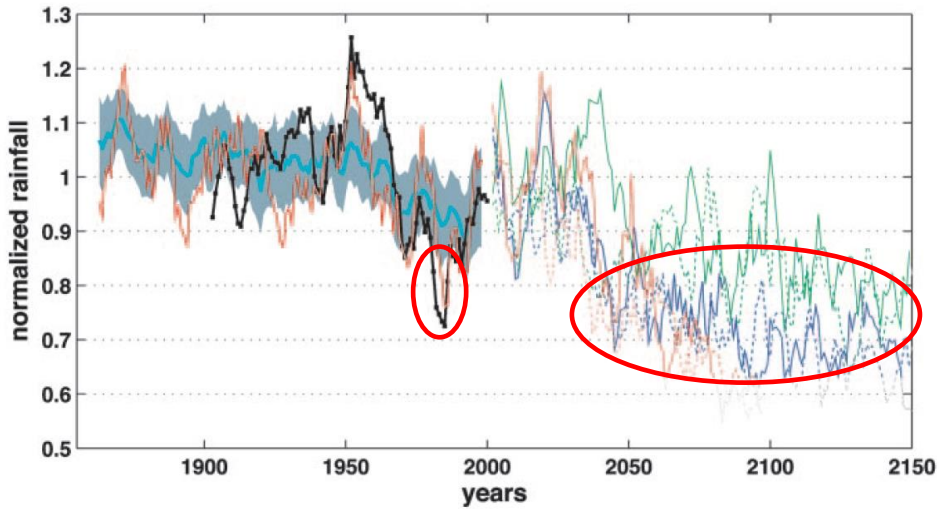
Paramètres climatiques

Dans les années à venir?



Held et al., 2005

Paramètres climatiques: Pleuvra-t-il cette année ?



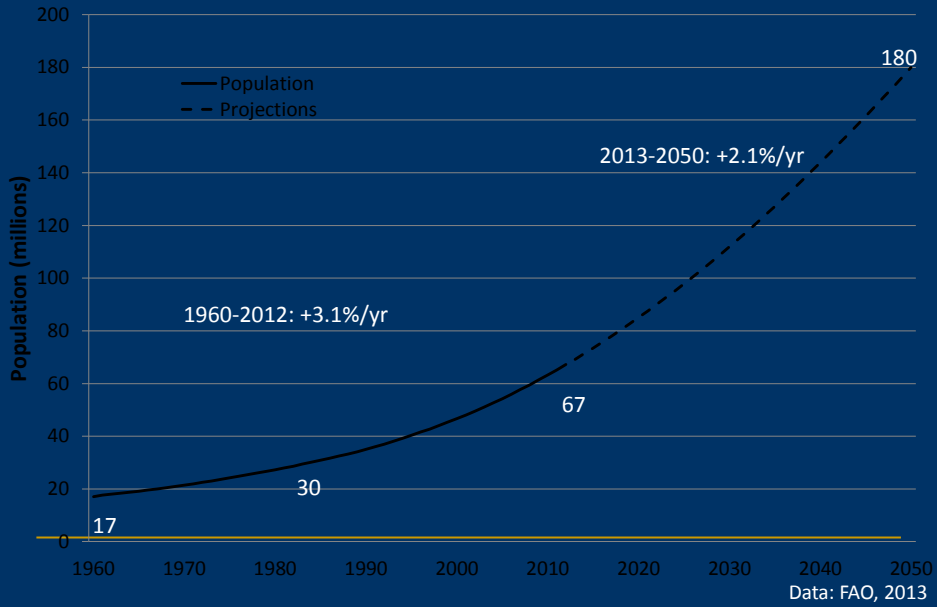
Held et al., 2005

Désertification

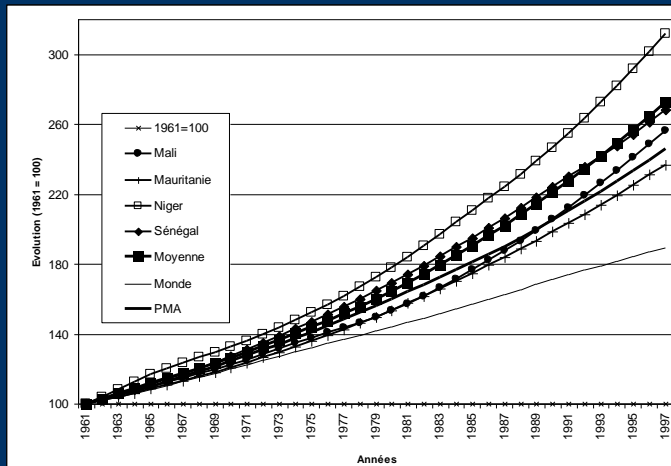
L'Homme

We have a serious problem

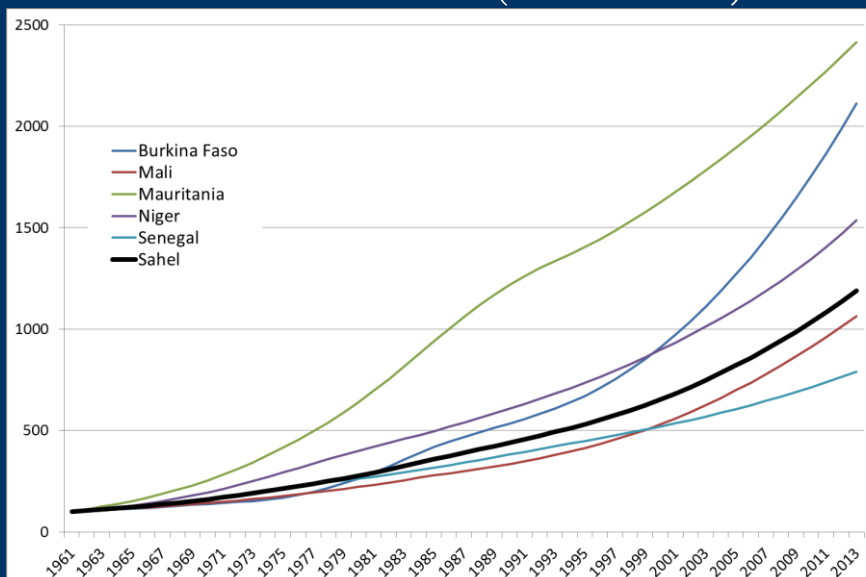
Human population in the Sahel



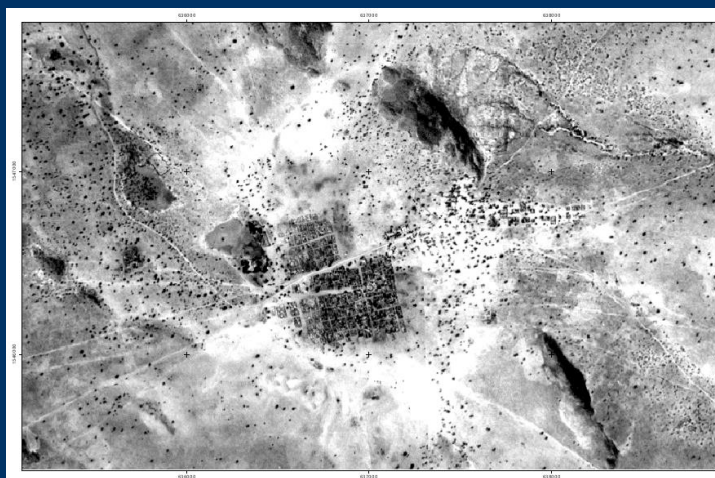
Evolution proportionnelle de la population de 1961 à 1997 (1961 = 100)



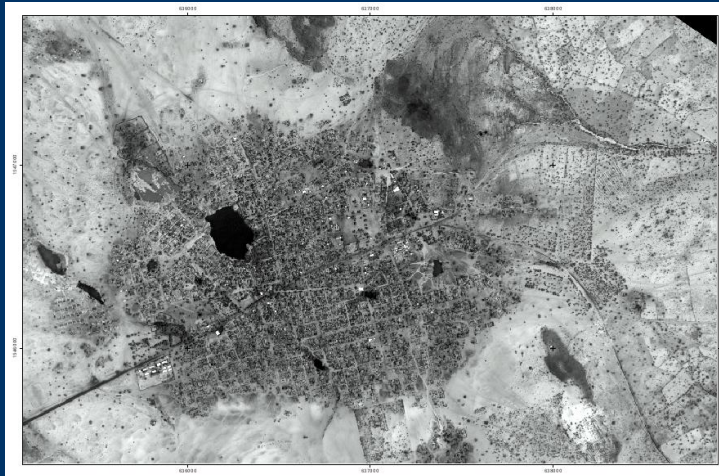
Evolution proportionnelle de la population urbaine de 1961 à 2013 (1961 = 100)



Photos aériennes de 1957



Quickbird (12.08.2002)

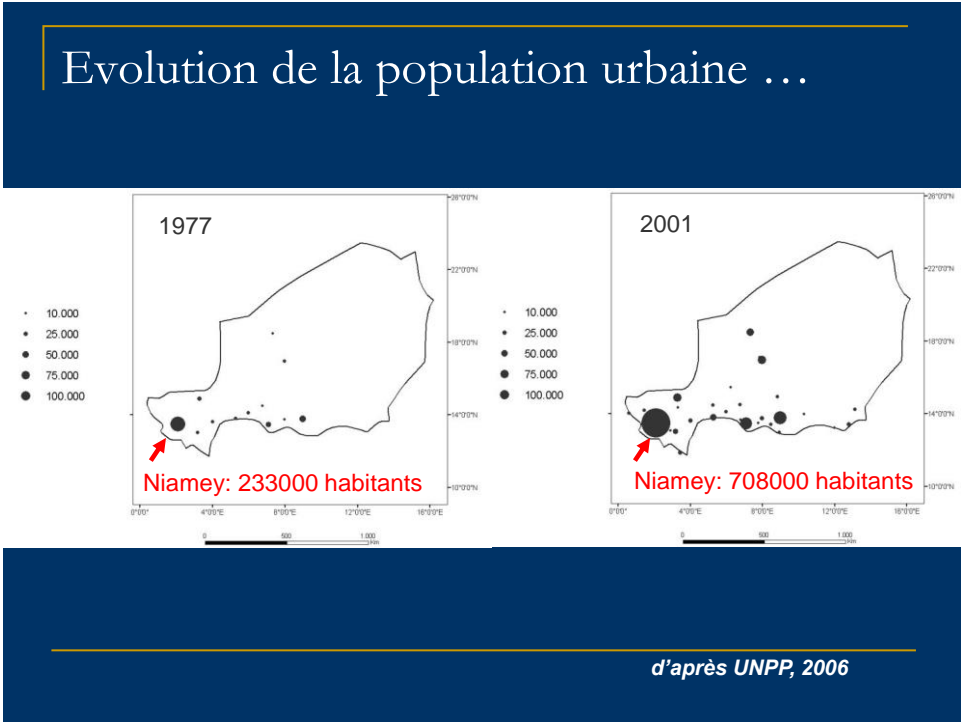


Evolution de la ville de Gouré entre 1957 et 2002

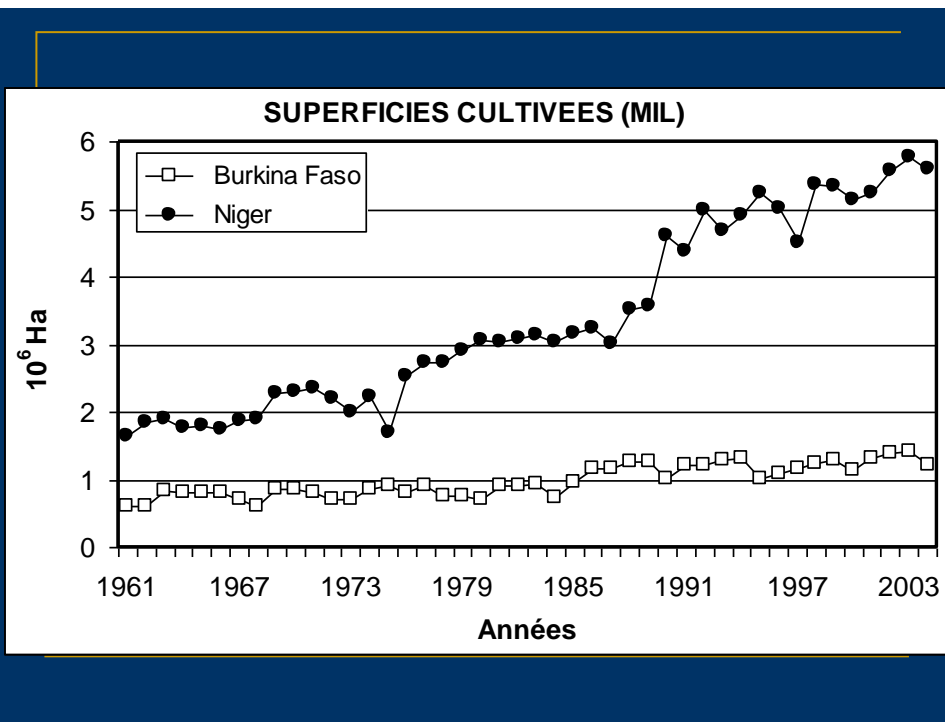
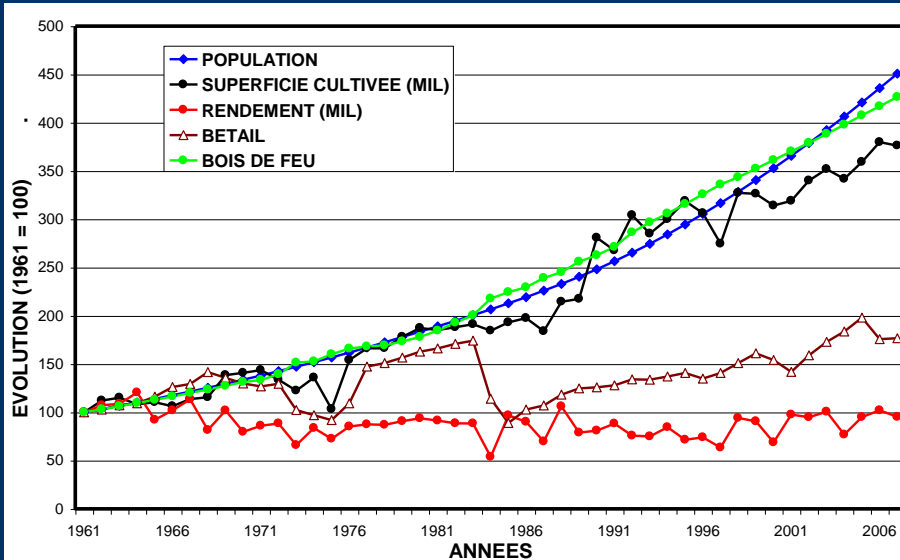


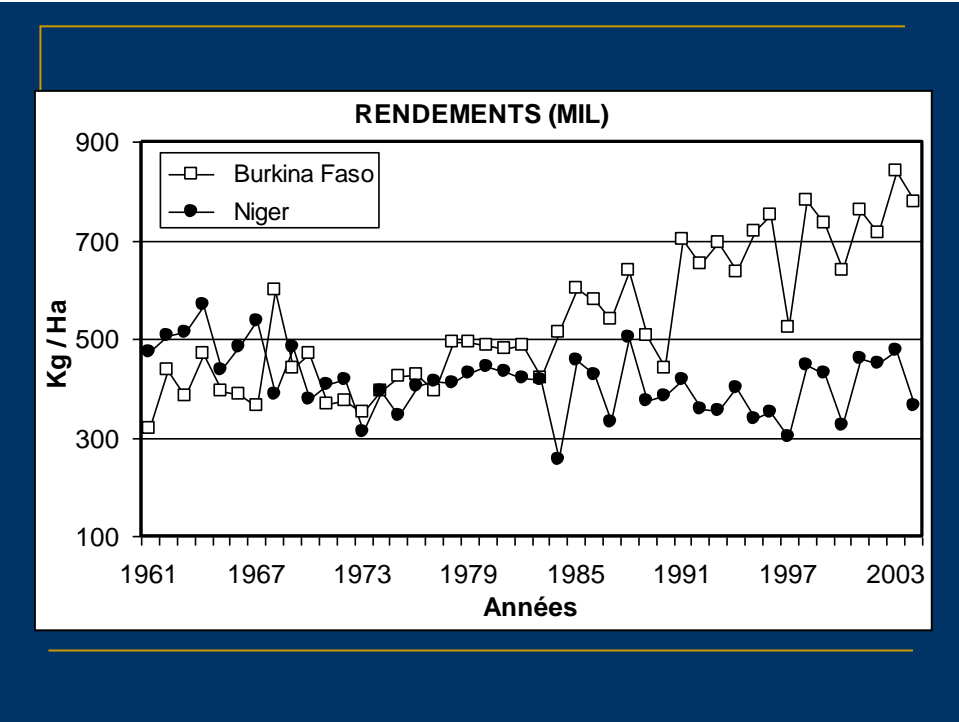






Evolution proportionnelle des paramètres anthropiques de 1961 à 2007 (1961 = 100)



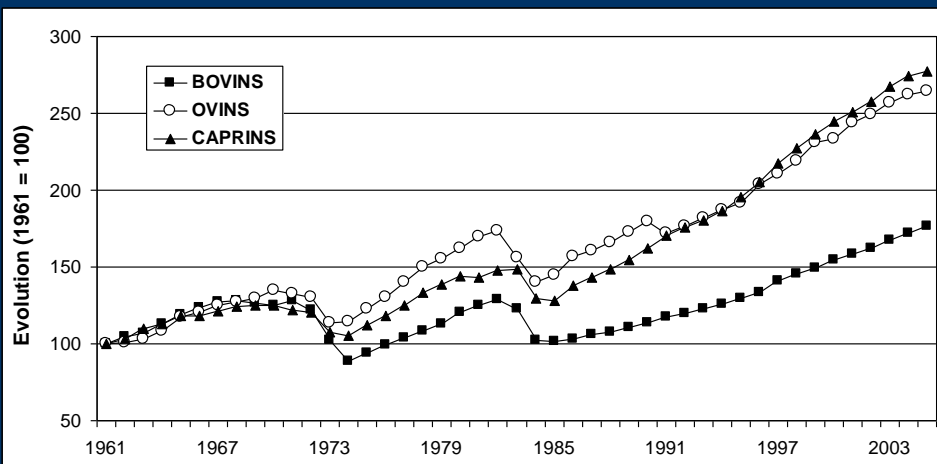


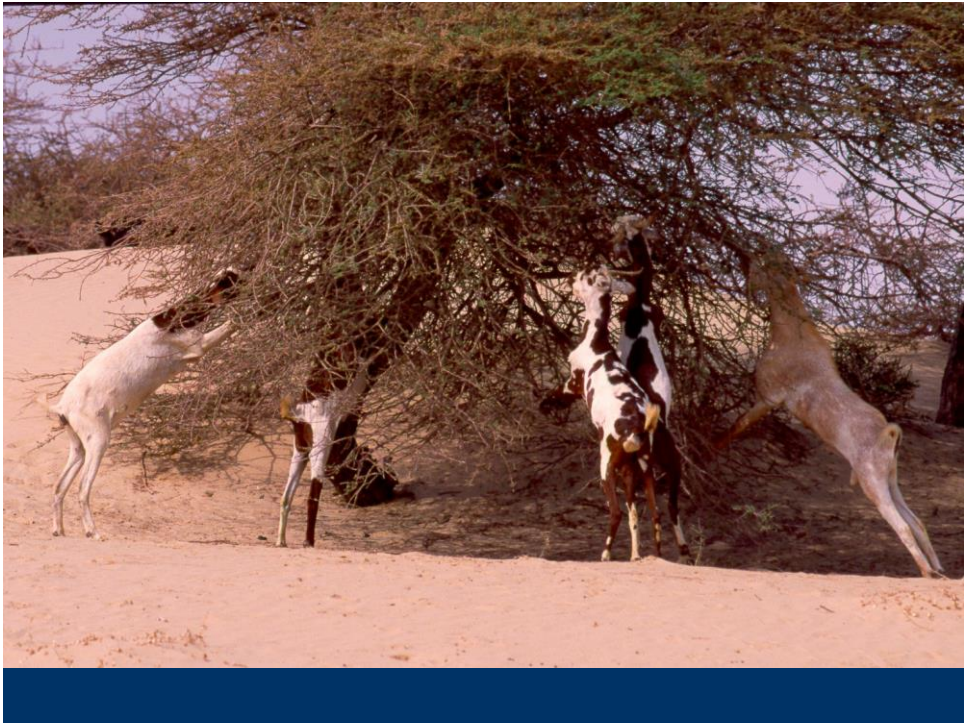
	Bovins	Ovins	Caprins	Chameaux	Total	Evolution
1917	752971	1266788	1215660	233955	3469374	-
1926	1500000	2000000	2000000	410000	5910000	+70%
1936	2700000	2500000	2000000	420000	7620000	+29%
1946	3400000	5000000	4000000	1200000	13600000	+78%
1956	6907000	6946000	5748000	2000000	21601000	+59%
1983	19550000	19500000	12900000	2500000	54450000	+152%
1993	21600000	22500000	16200000	2850000	63150000	+16%
Evolution	X 29	X 18	X 13	X 12	X 18	X 18

Evolution du cheptel (têtes de bétail) de 1917 à 1993 au Soudan.

Évolution proportionnelle du nombre de têtes de bétail au Sahel de 1961 à 2005 (1961 = 100) (d'après les données FAO, 2006a).

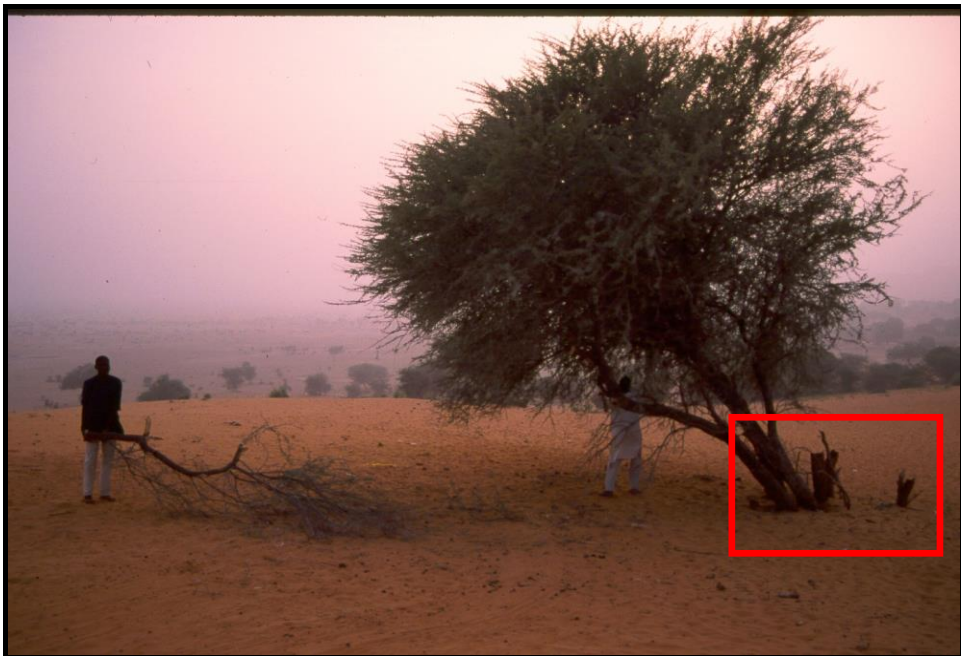
Bovins: 1961 = 16,6 10⁶ ; ovins: 1961 = 13,7 10⁶ ; caprins: 1961 = 16,3 10⁶

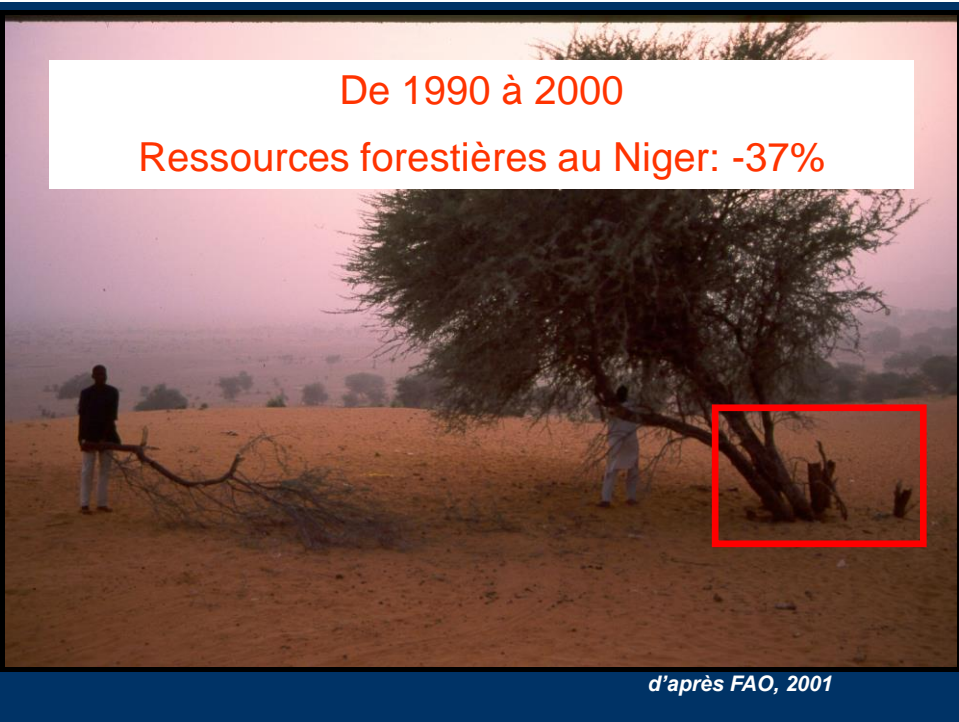


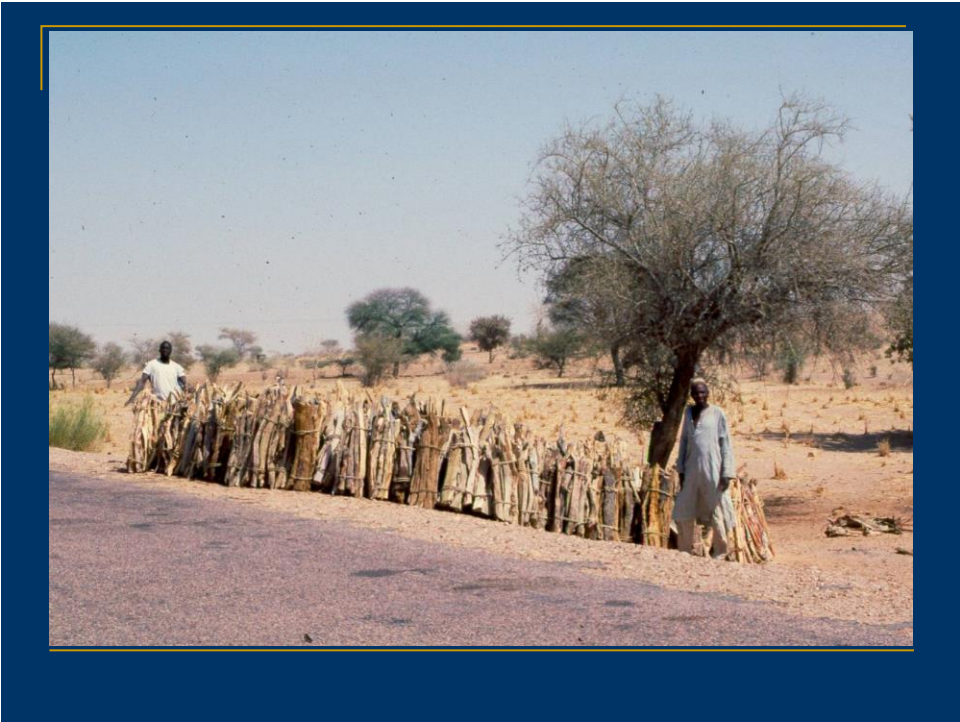


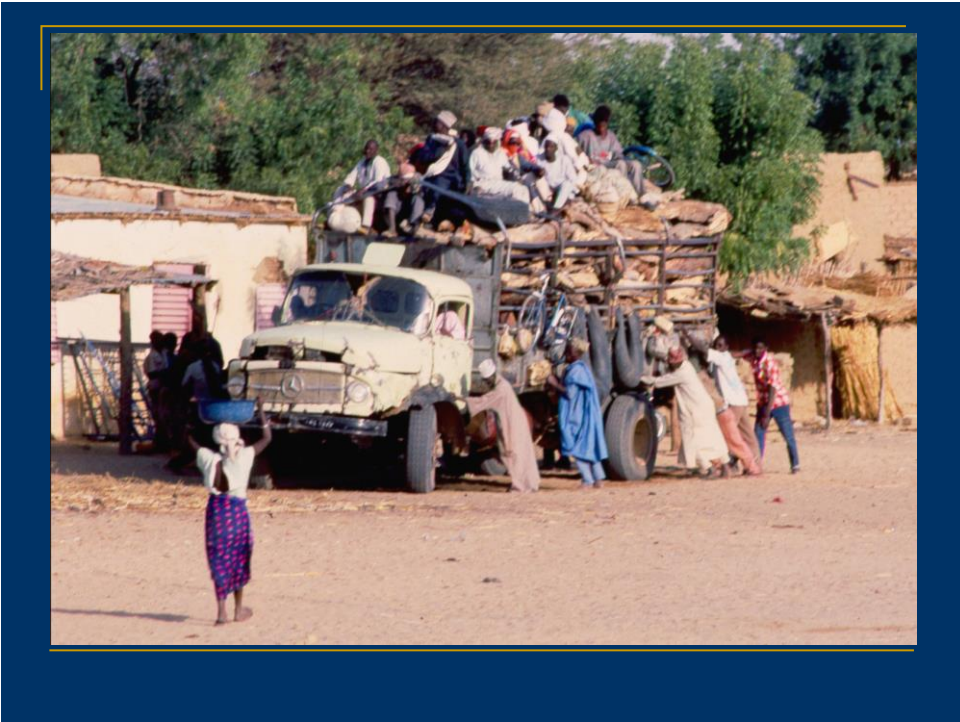


Cause: cheptel, piétinement, Est Niger, ~300-400 mm









Modifications socioculturelles

Bois de feu > charbon de bois (surtout dans les villes).

Exemple: Bamako, 1997.

Charbon de bois:

- 15300 tonnes (1990)
- 70000 tonnes (2000)

Problème...

Pouvoir calorifique:

Bois de chauffe: 3400 kcal/kg

Charbon de bois: 6400 kcal/kg

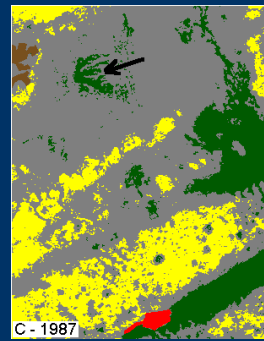
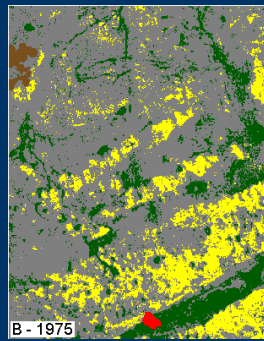
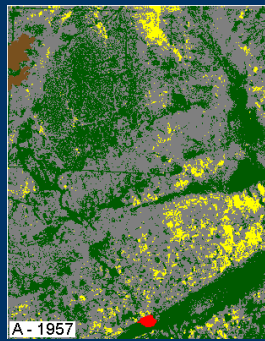
Mais






1 kg de charbon de bois

=

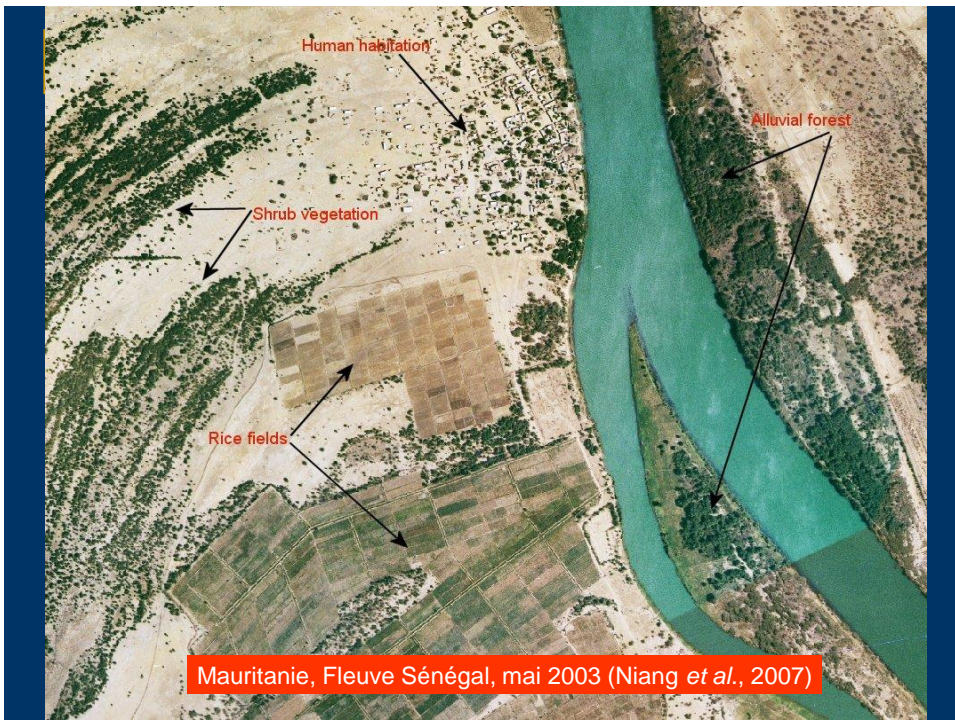
4 – 6 kg de bois de chauffe

Evolution du paysage dans la région de Makaortchi-Gayi (S-E Niger)

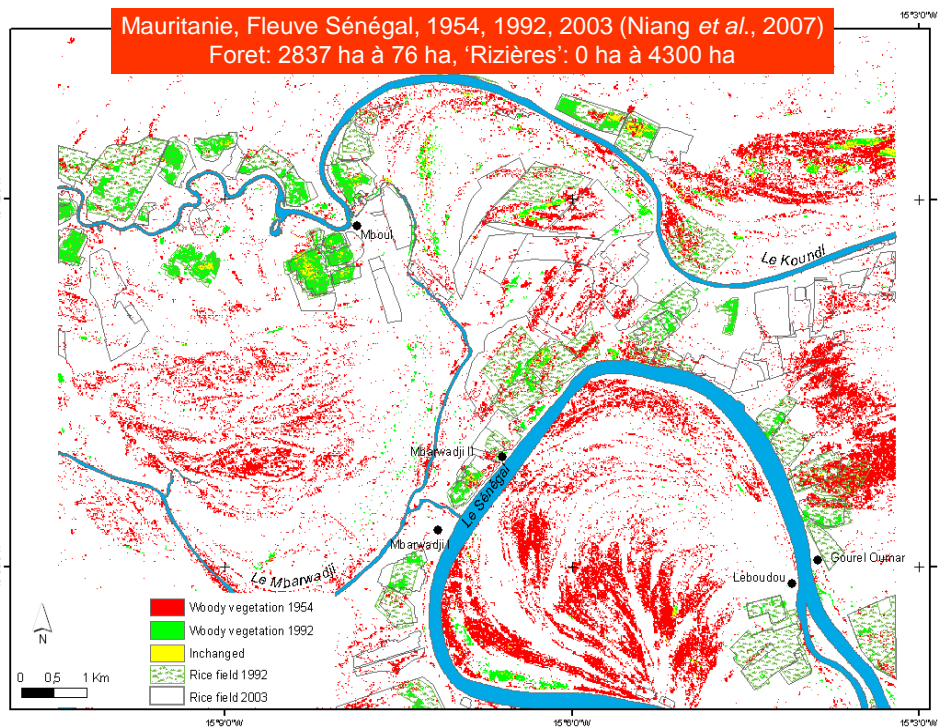


	Sables non remaniés
	Sables remaniés
	Dépressions et végétation
	Reliefs de quartzite
	Delta

	1957-1958	1975	1987
Dépressions et végétation	36%	14%	8%
Sables remaniés	6%	14%	23%
Delta	0.2%	0.24%	0.56%



Mauritanie, Fleuve Sénégal, mai 2003 (Niang *et al.*, 2007)



Evolution du paysage dans deux régions du nord du Burkina Faso

Type de paysage	1955	1974	1981	1990
Savane dense continue	73%	4%	2%	0%
Steppe à couverture ligneuse discontinue	25%	86%	64%	0%
Steppe à couverture végétale discontinue	2%	10%	31%	96%
Sol totalement dénudé	0%	0%	3%	4%

Evolution du paysage du secteur de Kolèl (Nord Burkina Faso).

Type de paysage	1955	1981	1990
Savane dense continue	32%	29%	20%
Steppe à couverture ligneuse discontinue	46%	33%	33%
Steppe à couverture végétale discontinue	19%	13%	21%
Sol totalement dénudé	3%	25%	26%

Evolution du paysage du secteur d'Oursi (Nord Burkina Faso).

Région	Nombre de forêts classées	Superficie au classement (ha)	Superficie en 2000 (ha)	Différence (%)	Observations
Agadez	1	1050	18,4	-98	En voie de disparition, sert de zone de pâturage
Diffa	12	81339	278	-100	9 forêts sur 12 ont disparu
Dosso	4	17236	8618	-50	Surcharge pastorale, défrichements, coupes abusives et clandestines, surpâturage, occupation illégale par l'agriculture et l'élevage, dégradation croissante, existence compromise
Fillabery*	6	61260	?	?	Fortes pressions agricoles, exploitation abusive du bois. Trois forêts dégradées, 2 très dégradées et 1 en voie de disparition
Maradi	15	24900	?	?	
Zinder	23	28533	?	> -50	Pressions diverses. Toutes les forêts dégradées à plus de 50%
Tahoua**	9	11659	4400	-62	Pressions diverses. Trois forêts ont disparu. Toutes les autres sont en voie de dégradation

* Le Parc National du W (330 000 ha) n'est pas considéré.

** Les dernières données disponibles datent de 1975.

Evolution de la superficie des forêts classées au Niger par région.

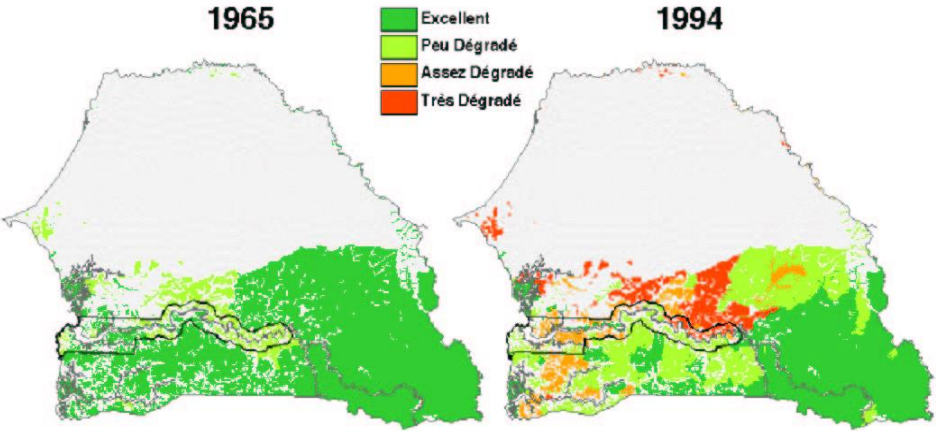
Au Sénégal,

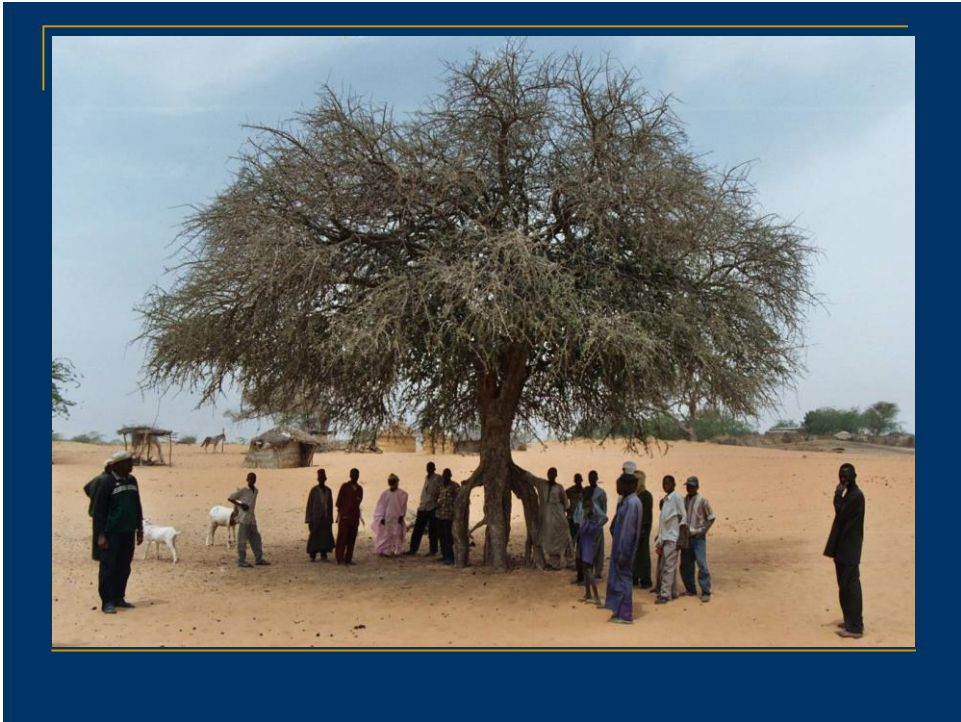
on estime que plus de 60% des mangroves et forêts alluviales ont disparu depuis 1970.

De 1981 à 1990, le potentiel ligneux aurait connu une baisse de $18 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, soit une régression de 800 000 ha.

Pour compenser ces pertes, le reboisement a été retenu comme stratégie de lutte: 159 000 ha ont ainsi été replantés de 1981 à 1990.

Cependant, les résultats sont mitigés lors des actions de reboisement: les taux de survie des plants varient généralement entre 12 et 30%.



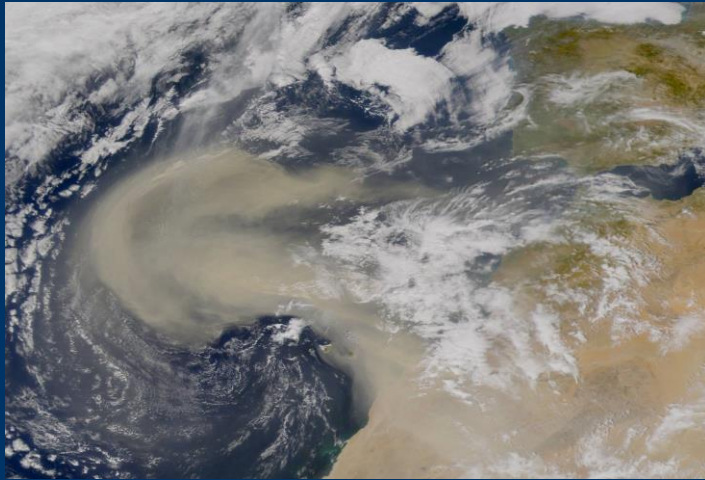




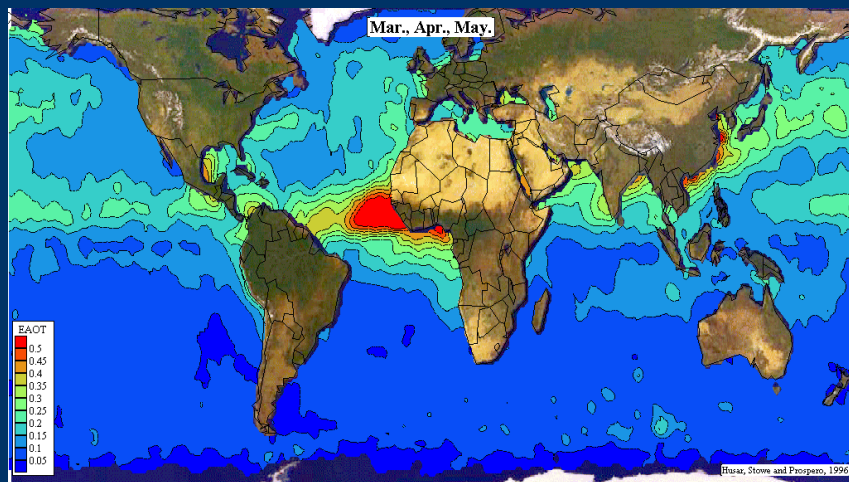
Tempête de sable vue du sol en Mauritanie



Tempête de sable en Afrique de l'Ouest vue de l'espace



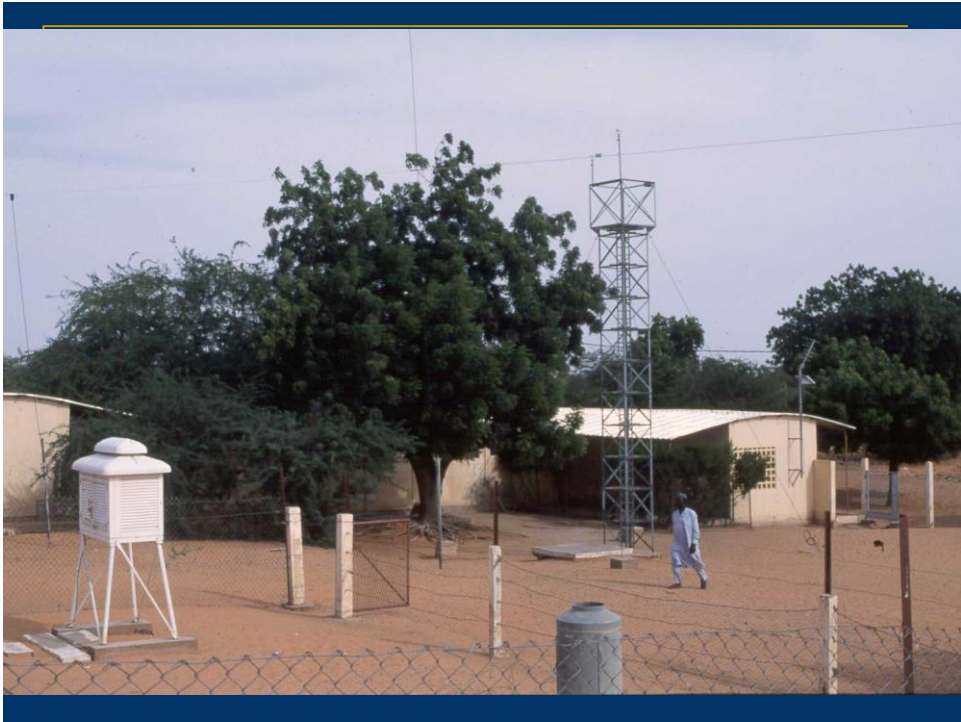
Tempêtes de sable autour du monde





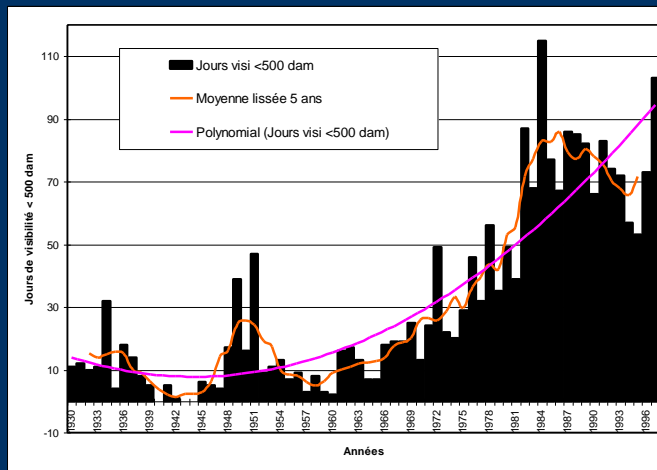




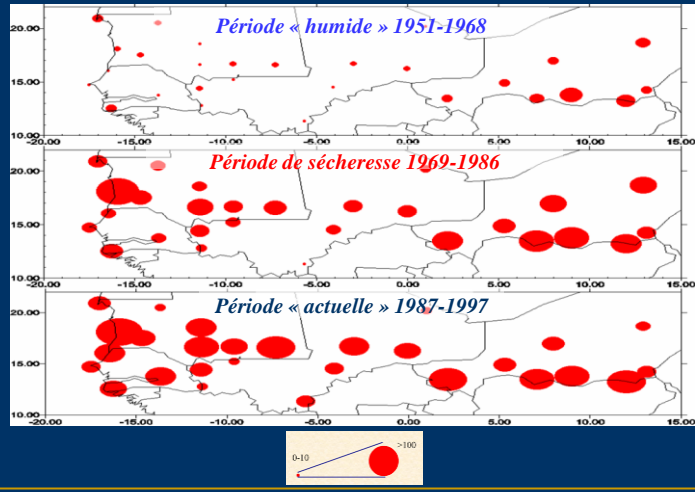




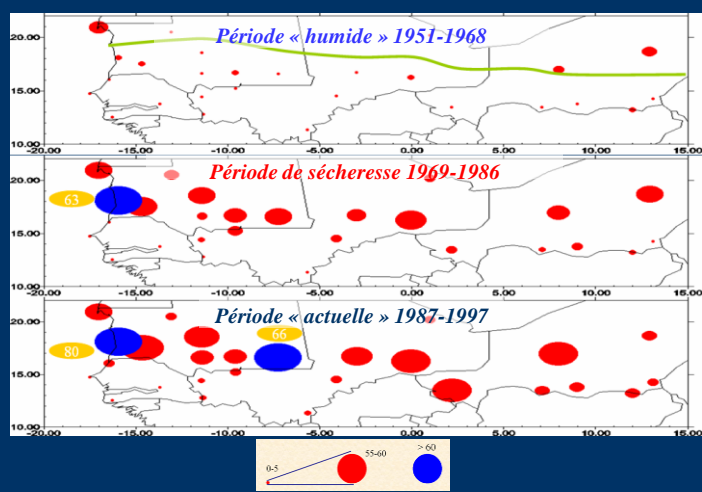
Evolution du nombre de jours de visibilité inférieure à 500 dam durant la saison sèche



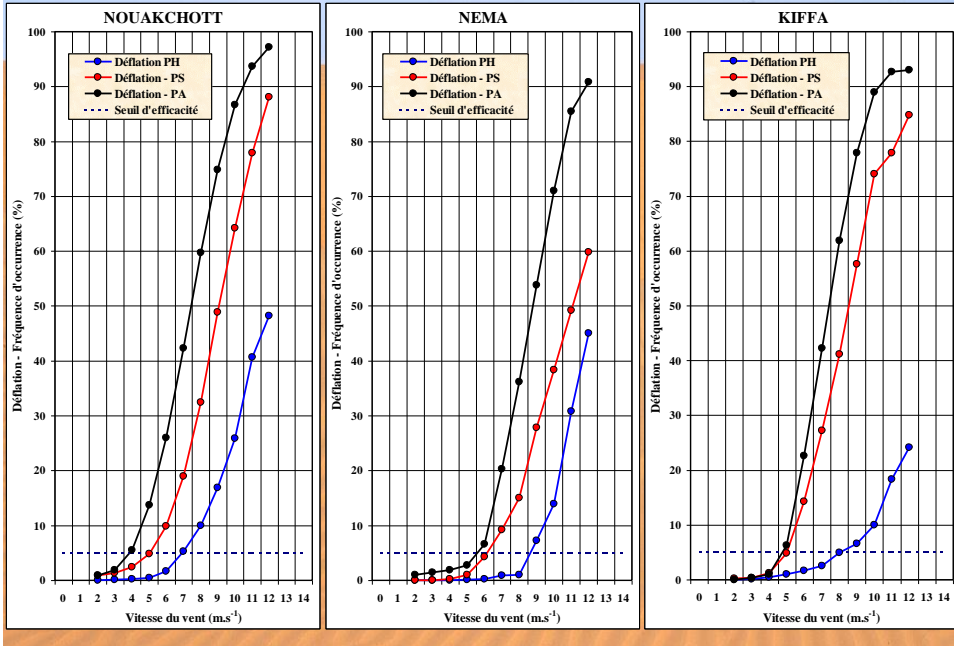
Répartition des lithométéores en saison sèche



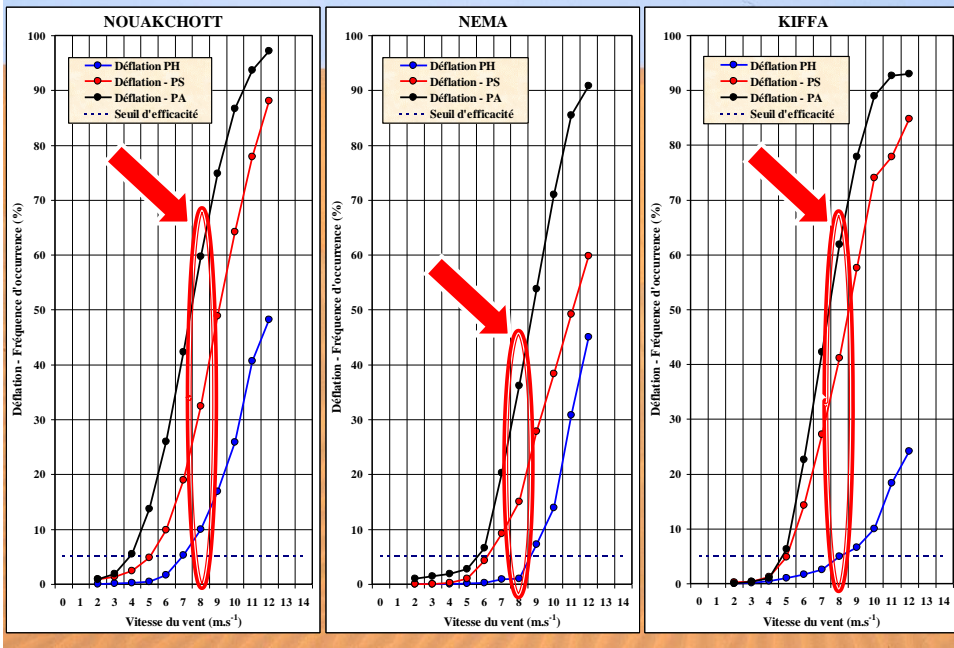
Répartition des cas de déflation en saison sèche

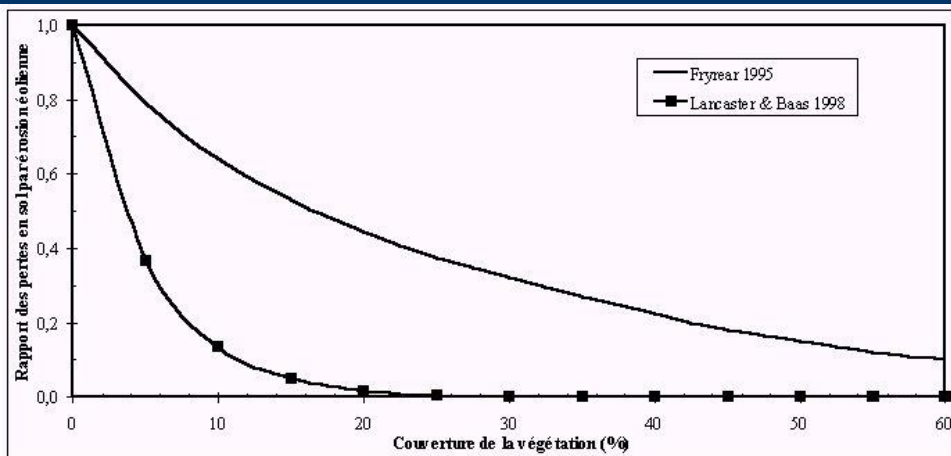


Evolution de l'efficacité des vents



Evolution de l'efficacité des vents





	Vitesse du vent efficace minimum ($m.s^{-1}$)		
	LEYS & ELDRIDGE 1998	LEYS 1991	GILLETTE 1988
Sol sableux			
Croûtes superficielles continues	10.6	13.4	31.8
Croûtes superficielles légèrement dégradées	8.1	-	-
Croûtes superficielles fortement dégradées	5.8	5.5	7.1-13.5
Sol limoneux			
Croûtes superficielles continues	17.6	18.1	42.5
Croûtes superficielles légèrement dégradées	13.8	-	-
Croûtes superficielles fortement dégradées	8.3	15.3	22.3-30.3

Tableau IV. 26 : Vitesse du vent efficace minimum ($m.s^{-1}$ à dix mètres au dessus du sol) observé sur des sols présentant une croûte superficielle continue à fortement dégradée par divers auteurs en Australie (LEYS 1991 ; LEYS & ELDRIDGE 1998) et aux Etats-Unis (GILLETTE 1988).



Usage	Non encroûté	Faiblement encroûté	Fortement encroûté
Champ	57%	43%	0%
Jachère courte	57%	14%	29%
Jachère longue	33%	22%	45%

Tableau IV. 28 : Distribution des fréquences des classes de taux d'encroûtement selon l'usage actuel de la parcelle (Niger) (KARIMOU AMBOUTA et al. 1996).



60 millions de sahéliens

respirent

ces poussières

Impact des lithométéores sur la qualité de l'air

DONNÉES

Valeur: visibilité horizontale
Fréquence: tri-horaire de 1997 à 2003
Limite: < 10 km
Cause: lithométéores «naturels»

MÉTHODE

Relation en visibilité (VV, km) et concentration en PM₁₀ (C, µg.m⁻³):
 $C = 914,06 VV^{0,73} + 19,03$ ($r^2 = 0.95$)
(D'Almeida, 1986)

RÉSULTATS

Estimation de la concentration moyenne quotidienne, mensuelle et annuelle en PM₁₀
Comparaison aux normes en vigueur

Impact des lithométéores sur la qualité de l'air

NORMES

Environmental Protection Agency, USA

Concentration moyenne annuelle de 50 µg.m⁻³

Union Européenne (janvier 2010)

Concentration moyenne annuelle de 20 µg.m⁻³

Environmental Protection Agency, USA

Concentration quotidienne de **150 à 425 µg.m⁻³** : qualité de l'air malsaine à très malsaine

Irritation répandue des voies respiratoires de la population en bonne santé, déclenchement de certaines maladies, diminution de la tolérance en exercice physique chez les personnes en bonne santé

Concentration quotidienne > 425 µg.m⁻³ : qualité de l'air dangereuse

Mort prématurée chez les personnes susceptibles (maladies respiratoires et cardiaques), les personnes en bonne santé connaissent divers symptômes et maladies qui affectent leur activité normale

Union Européenne

Concentration quotidienne de **50 µg.m⁻³** : dépassée 35 fois (2005) puis 7 fois (2010)

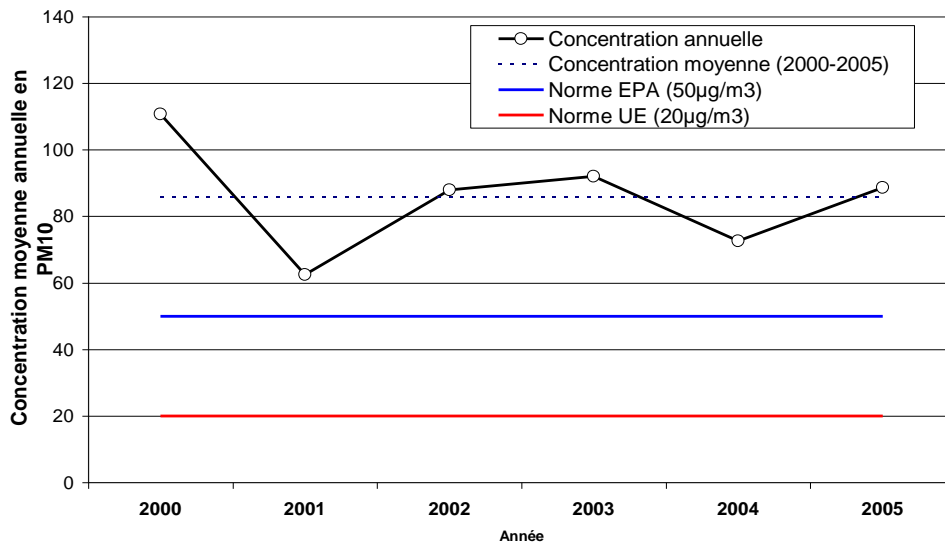
Impact des lithométéores sur la qualité de l'air

ESTIMATIONS ANNUELLES*

*seules les données relatives aux lithométéores sont prises en compte

Impact des lithométéores sur la qualité de l'air

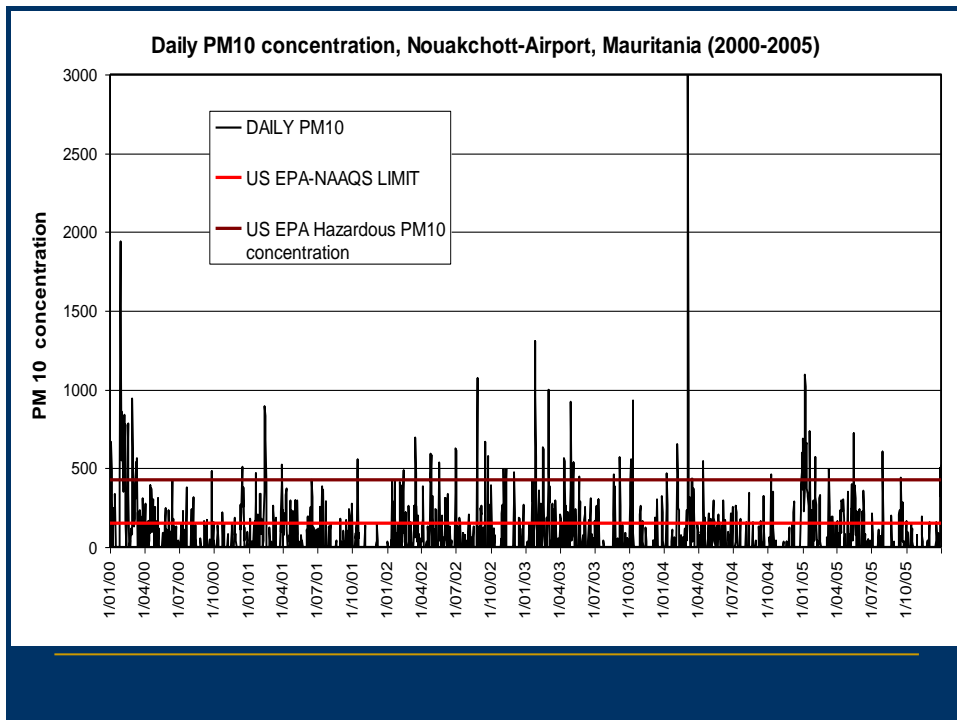
NOUAKCHOTT AEROPORT

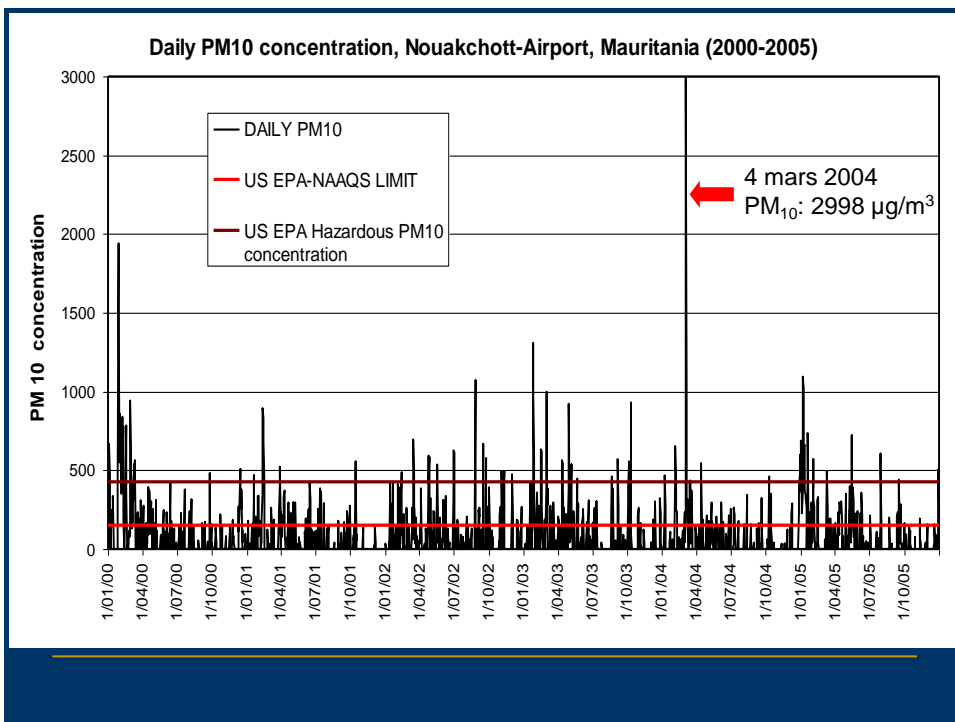
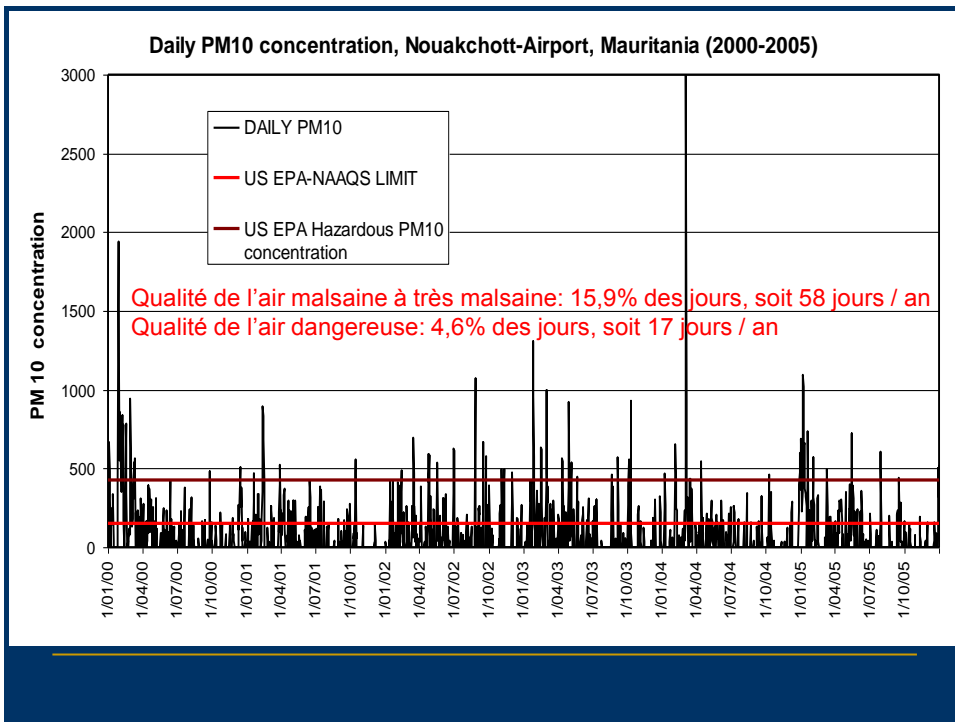


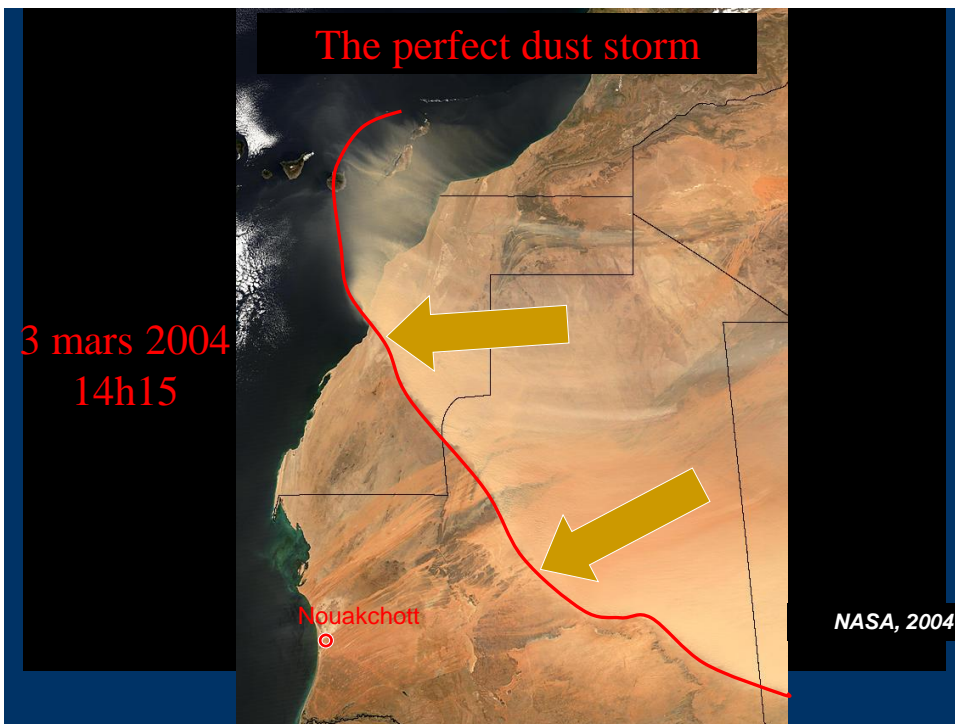
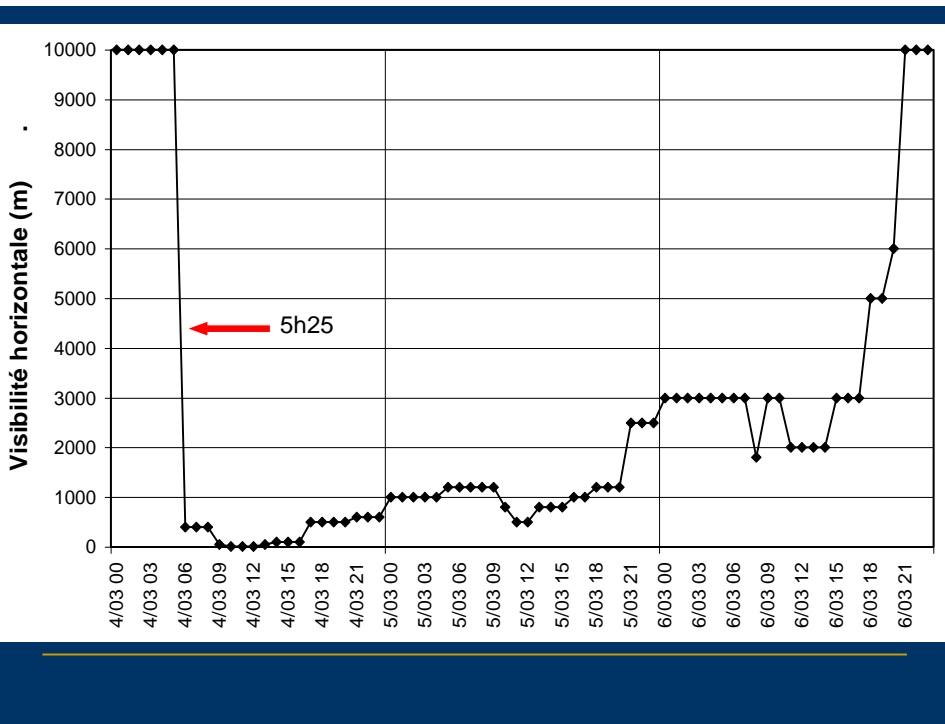
Impact des lithométéores sur la qualité de l'air

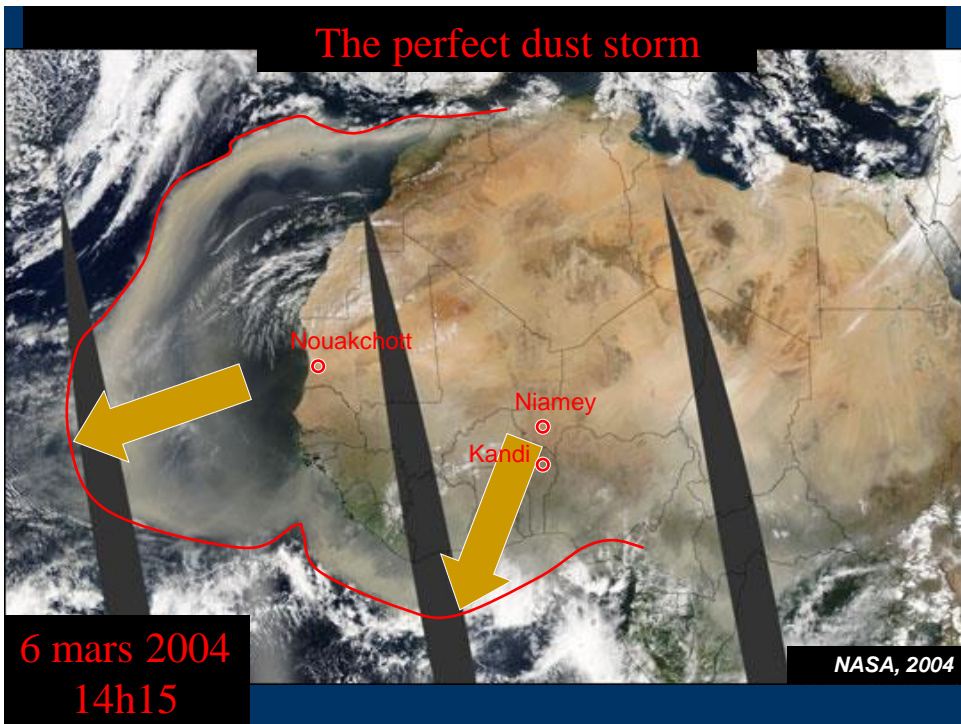
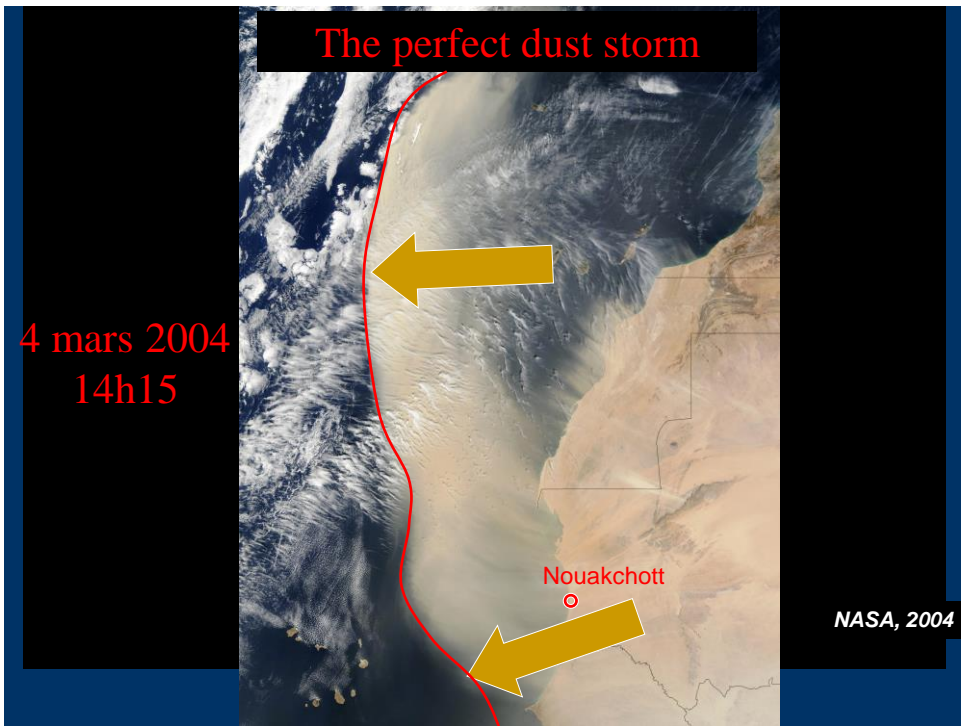
CONCENTRATIONS QUOTIDIENNES*

*seules les données relatives aux lithométéores sont prises en compte

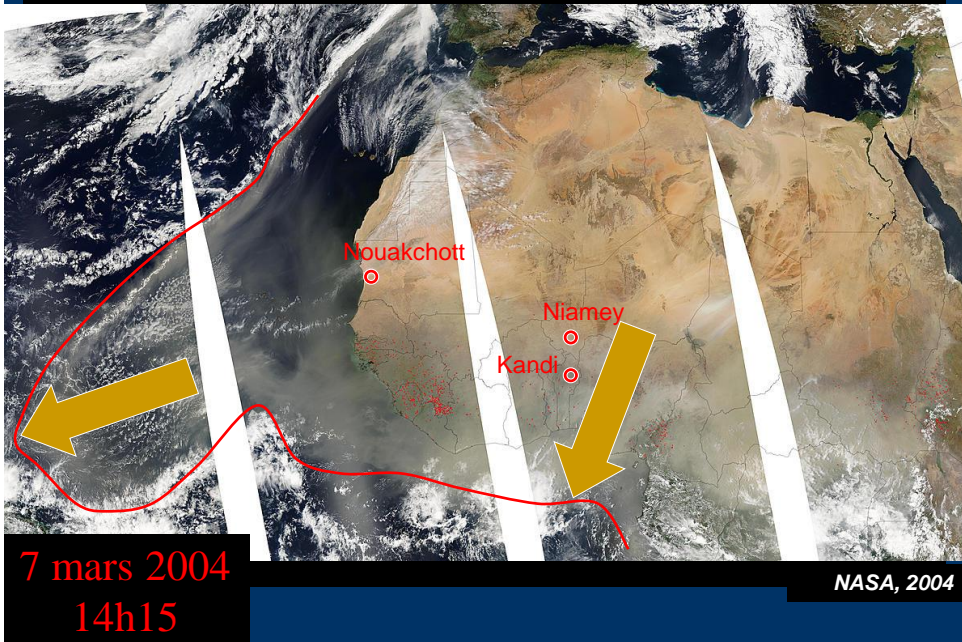








The perfect dust storm



The perfect dust storm



The perfect dust storm



Îles Canaries, 3 mars 2004

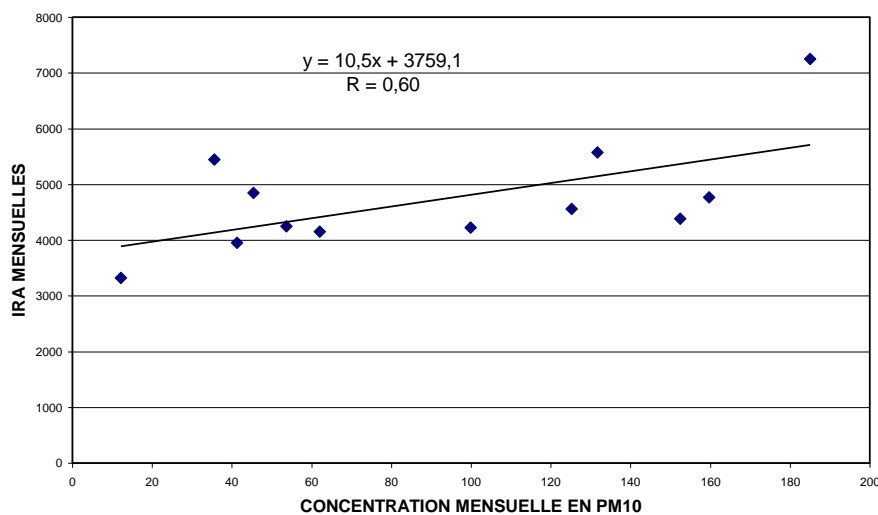
The perfect dust storm



Îles Canaries, 3 mars 2004

Impact des lithométéores sur les IRA

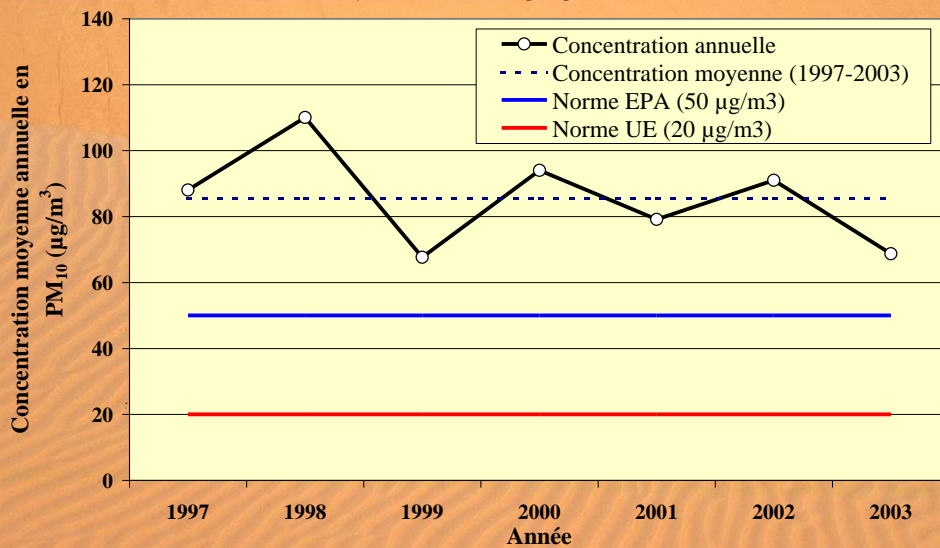
NOUAKCHOTT, MAURITANIA, 2003



Impact des lithométéores sur la qualité de l'air

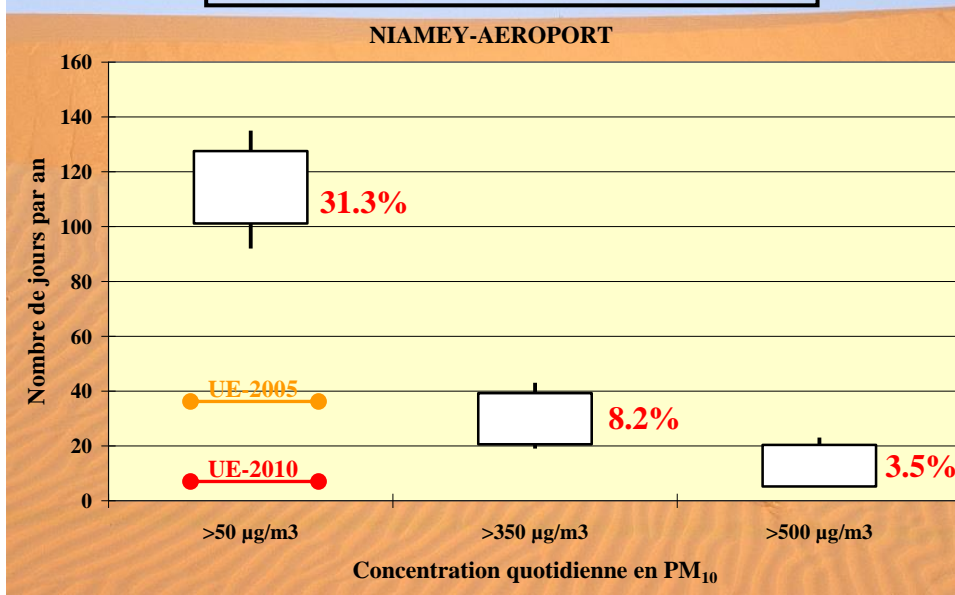
Concentration annuelle en PM_{10} : Résultats

NIAMEY-AEROPORT



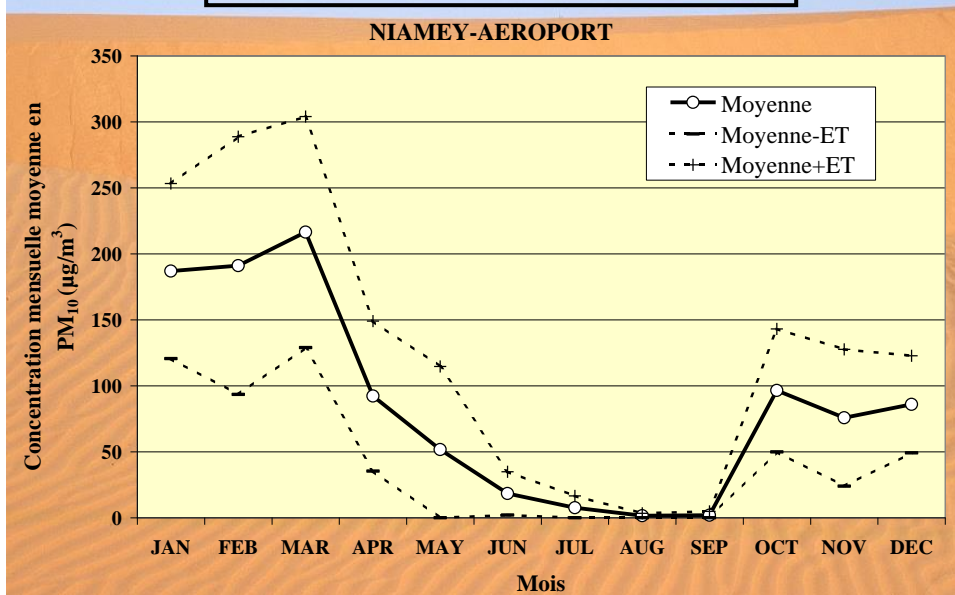
Impact des lithométéores sur la qualité de l'air

Concentration quotidienne en PM₁₀: Résultats



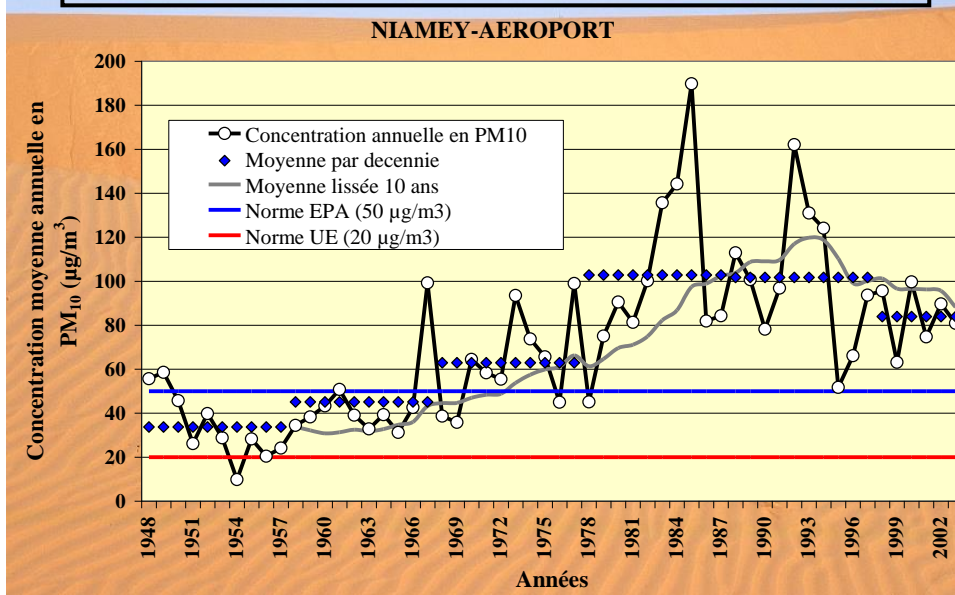
Impact des lithométéores sur la qualité de l'air

Concentration mensuelle en PM₁₀: Résultats



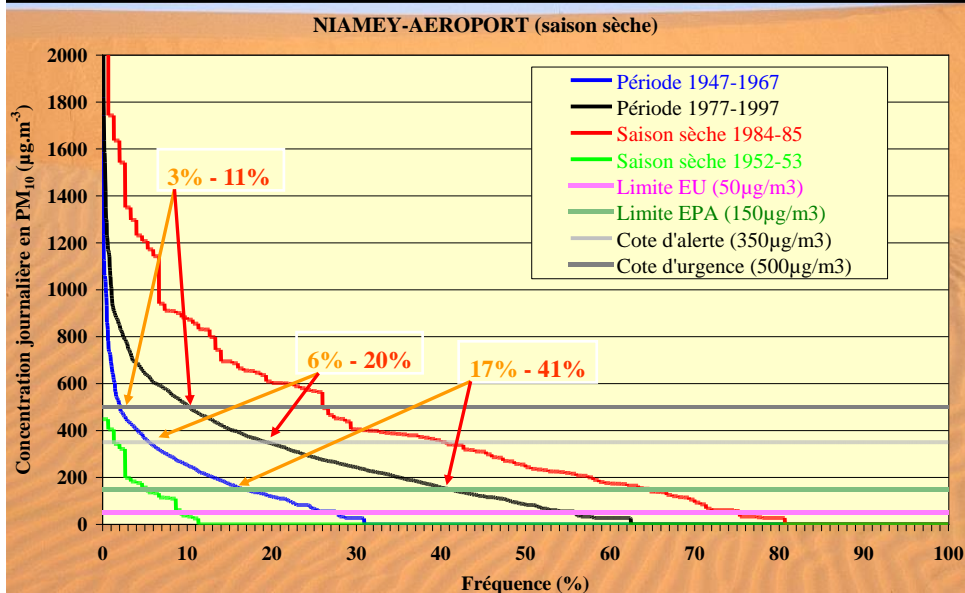
Impact de la désertification sur la qualité de l'air

Estimation de la concentration annuelle en PM_{10} sur le long terme

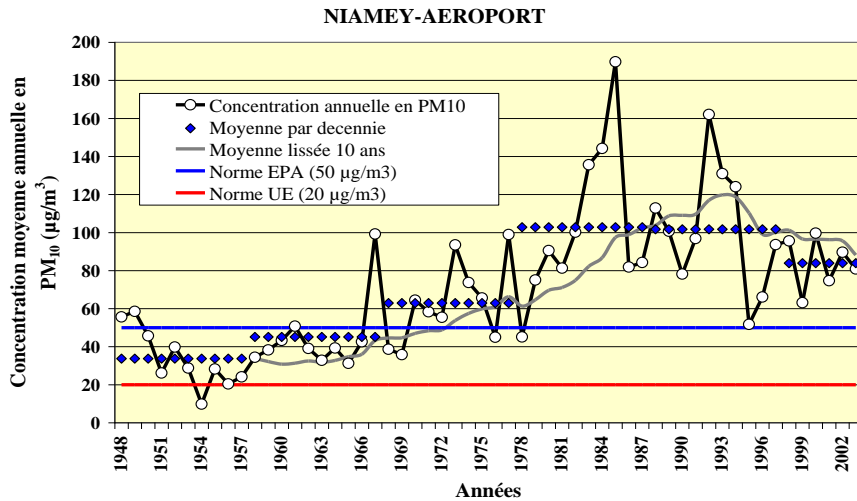


Impact de la désertification sur la qualité de l'air

Fréquence des fortes concentrations quotidiennes en PM_{10} sur le long terme



Impact des lithométéores sur la qualité de l'air Long terme



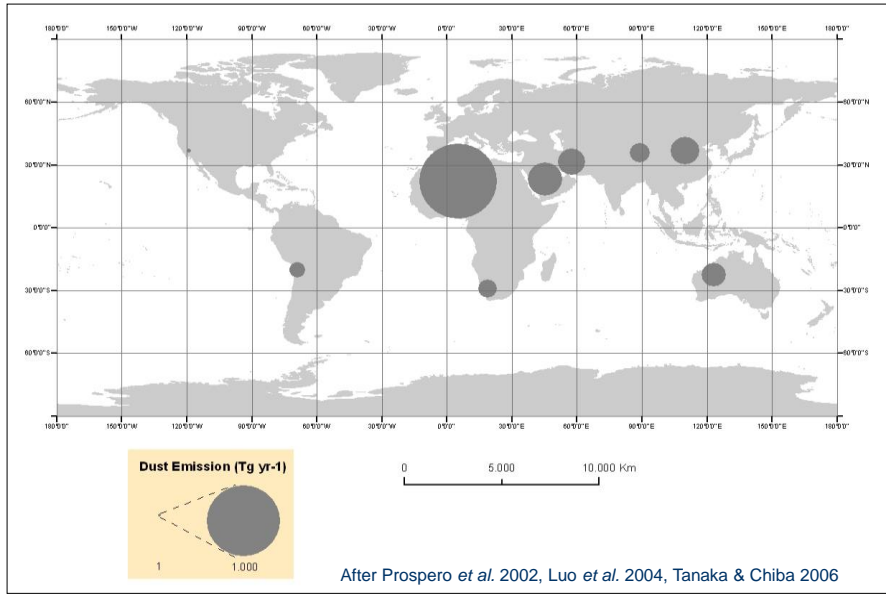
Quel est l'impact de ces poussières

au Sahel?

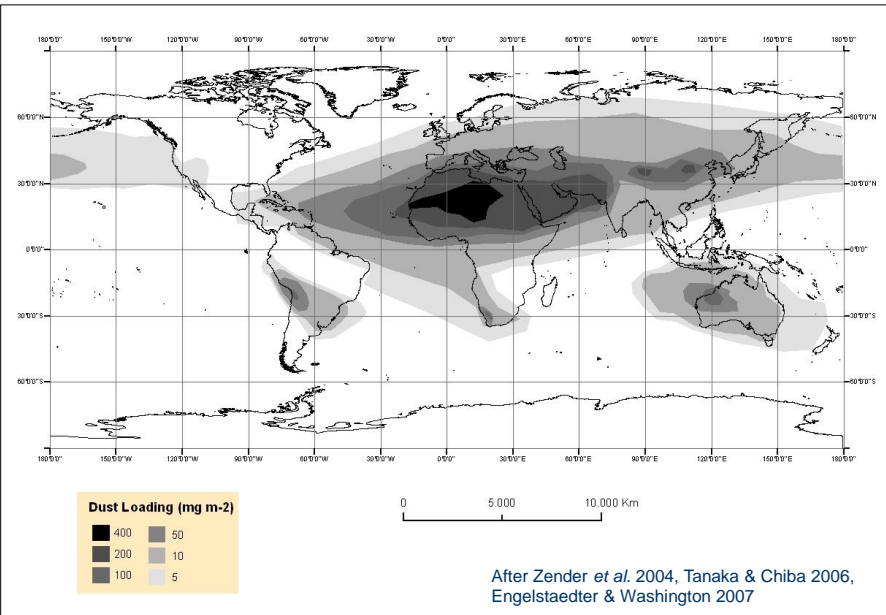
Personne ne le sait... encore...

Mais...

Locations of mineral dust sources areas and importance in terms of dust emissions



Geographical distribution of atmospheric mineral dust loadings



Effects of desert dust on air quality and human health: Method

A systematic review of the literature was undertaken to find relevant studies on Saharan dust impacts on air quality or human health.

The ISI web of knowledge (v4.2) database was searched using one of the terms 'PM10', 'PM2.5', 'mortality', 'morbidity', 'respiratory', 'asthma', 'cardiovascular' or 'health' **AND** one of the terms 'dust storm', 'sand storm', 'African dust', 'Saharan dust', 'Asian dust', 'Yellow dust' or 'dust events' without any limits/restrictions.

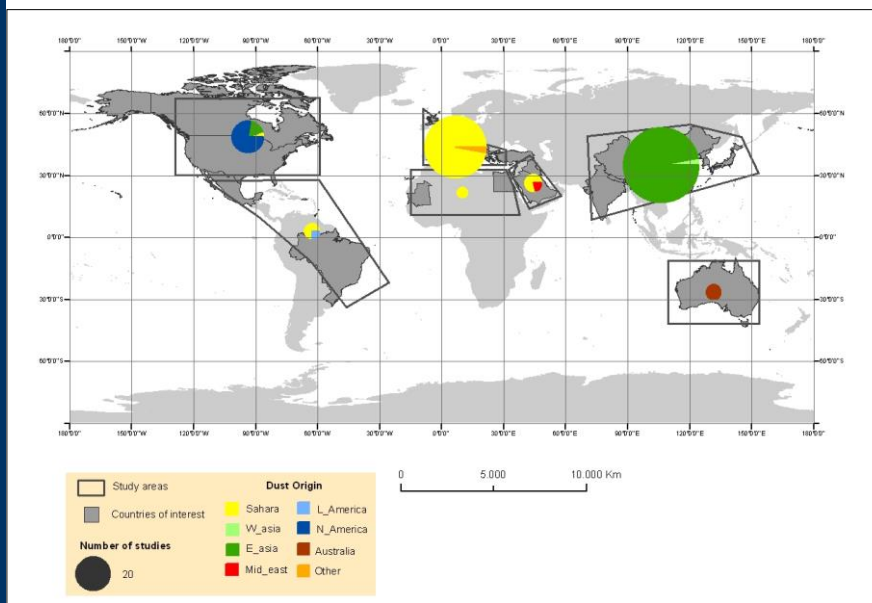
The search criterion extended from January 1999 to December 2008.

Effects of desert dust on air quality: Results

A total of **206** relevant studies on desert dust impacts on air quality were selected.

50% focused on Asia, 33.5% on Europe, 8.7% for the USA, 6.5% for the rest of the world and **1% on Africa**.

Importance of the number and distribution of the studies focused on air quality degradation due to mineral dust, according to the dust source area

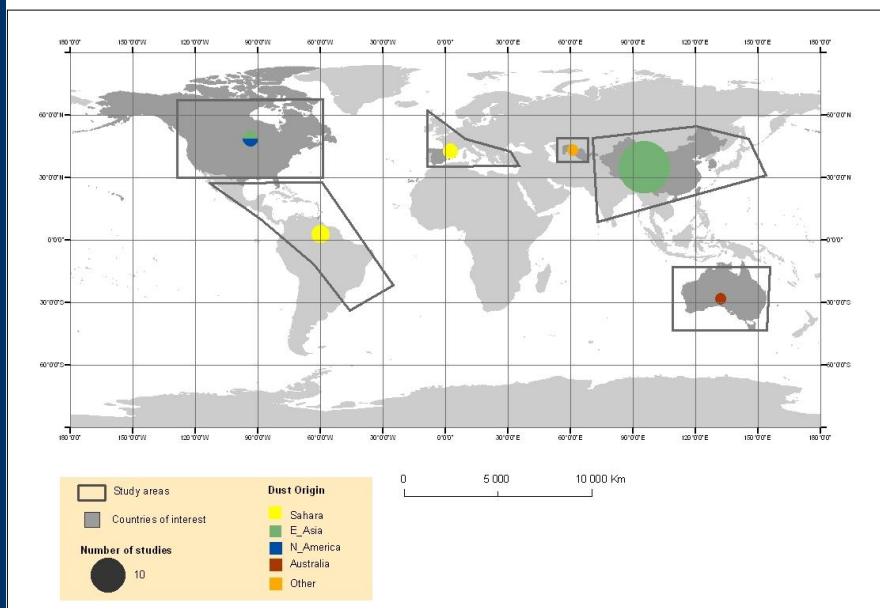


Effects of desert dust on human health: Results

A total of **33** relevant studies on desert dust impacts on human health were selected.

24 papers analysed Asia, 3 in the Caribbean, and 6 others in others parts of the world. **No studies were carried in Africa.**

Importance of the number and distribution of the studies focused on human health impacts of to mineral dust, according to the dust source area



Environmental Health 2008, **7**:39 doi:10.1186/1476-069X-7-39

Environmental Health



Research

Open Access

A 10-year time-series analysis of respiratory and cardiovascular morbidity in Nicosia, Cyprus: the effect of short-term changes in air pollution and dust storms

Nicos Middleton*^{1,2}, Panayiotis Yiallourous², Savvas Kleanthous³,
Ourania Kolokotroni², Joel Schwartz¹, Douglas W Dockery¹,
Phil Demokritou^{1,2} and Petros Koutrakis¹

Results:

From January 1995 to December 2004, all-cause and cardiovascular admissions were 4.8% and 10.4% higher on Saharan dust storm days respectively.

Coarse Particles From Saharan Dust and Daily Mortality

*Laura Perez,^a Aurelio Tobias,^b Xavier Querol,^c Nino Künzli,^a Jorge Pey,^c Andrés Alastuey,^c
Mar Viana,^c Natalia Valero,^c Manuel González-Cabré,^c and Jordi Sunyer^a*

Results: From March 2003 to December 2004, windblown Saharan desert dust causes an increased daily mortality of 8.4% per $10 \mu\text{g m}^{-3}$ increase in $\text{PM}_{10-2.5}$ in Barcelona, Spain, although the increase in the average of mass concentration of PM was very modest: 16.4 (46.3) against 14.9 (38.9) $\mu\text{g PM}_{10-2.5}$ (PM_{10}) m^{-3} during Saharan dust days and non-Saharan dust days respectively.

Conclusion:

Little is known about desert dust effects on human health in West Africa

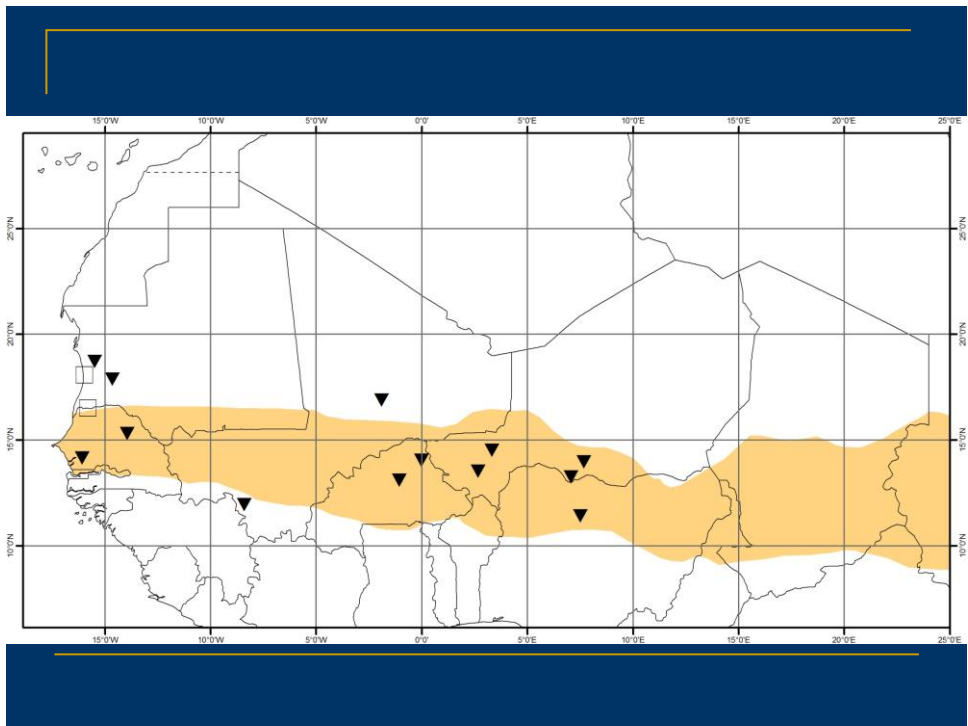
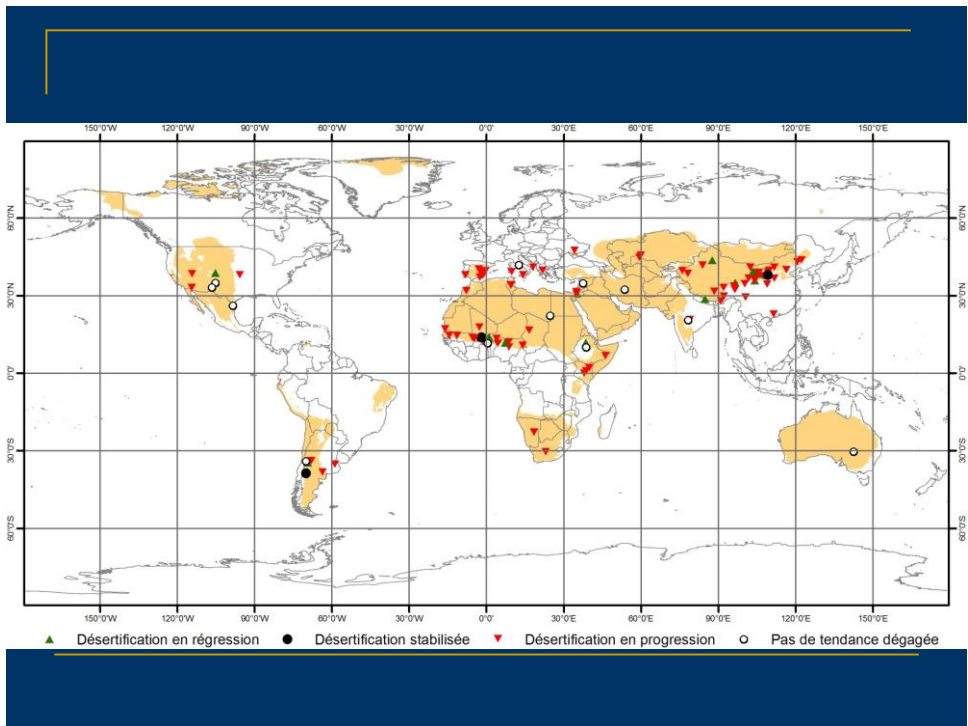
Are the effects of dust different near the source than in Europe for example?

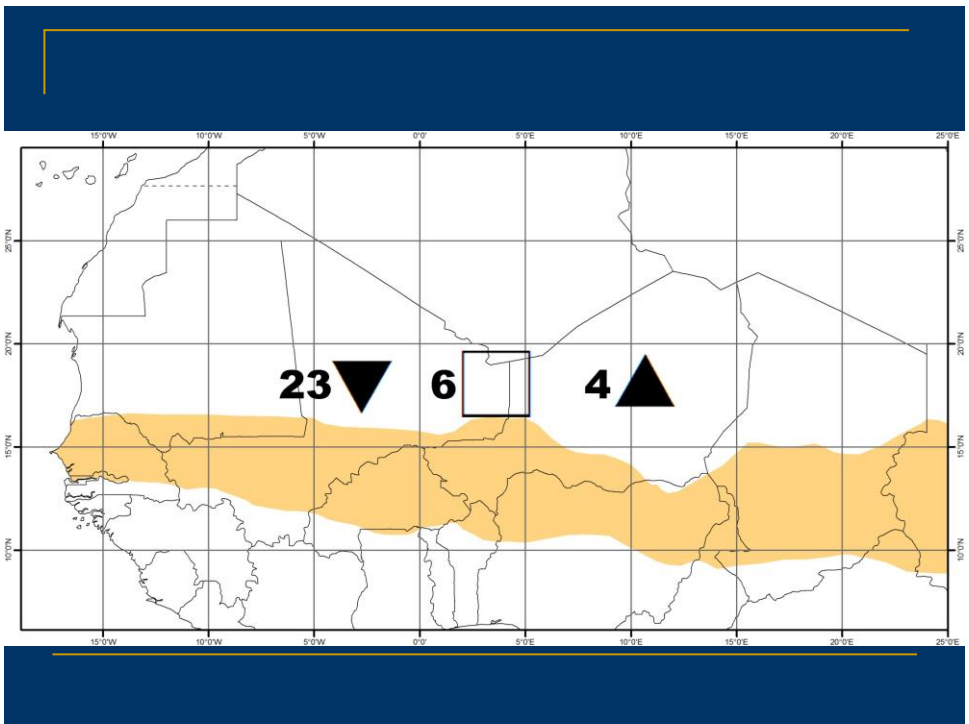
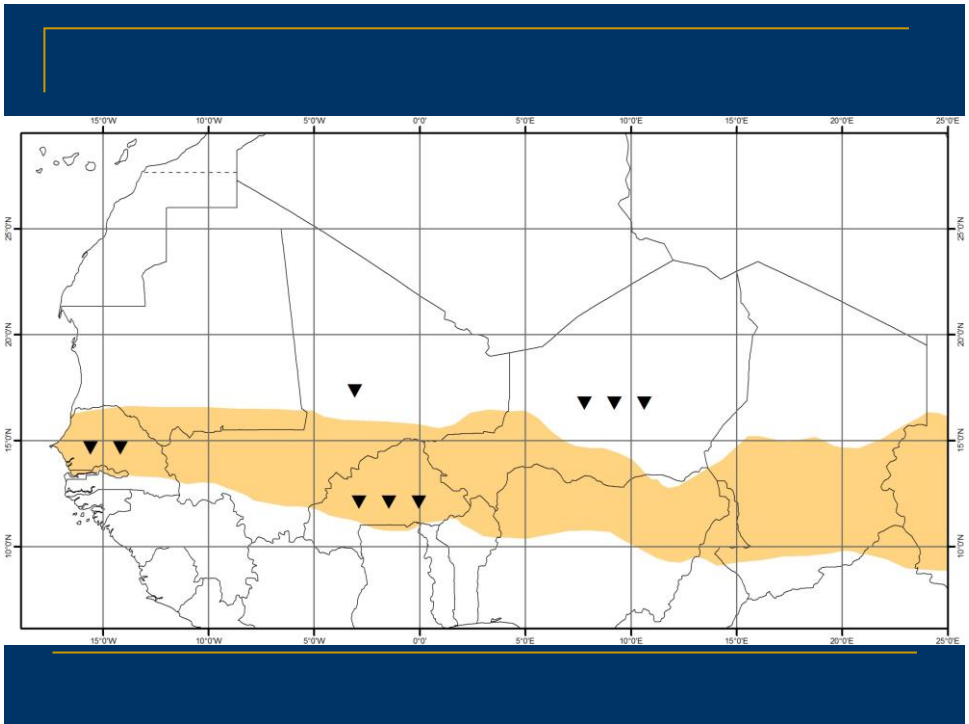
How sensitive are people living in the Sahel to large amounts of coarse mineral dust?

Are there any differences by age groups?

What are the health effects after the exposition to several consecutive days with high levels of dust concentrations?

What are the most recurrent diseases in the dust concentrations regions (e.g. asthma, ARI, cardiovascular disease)?

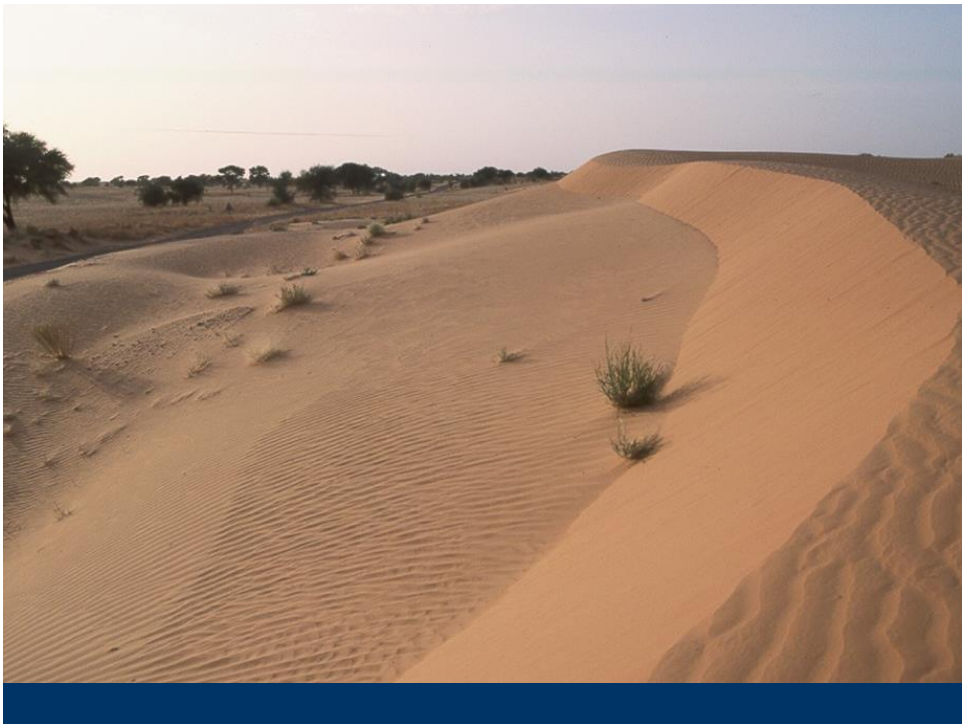
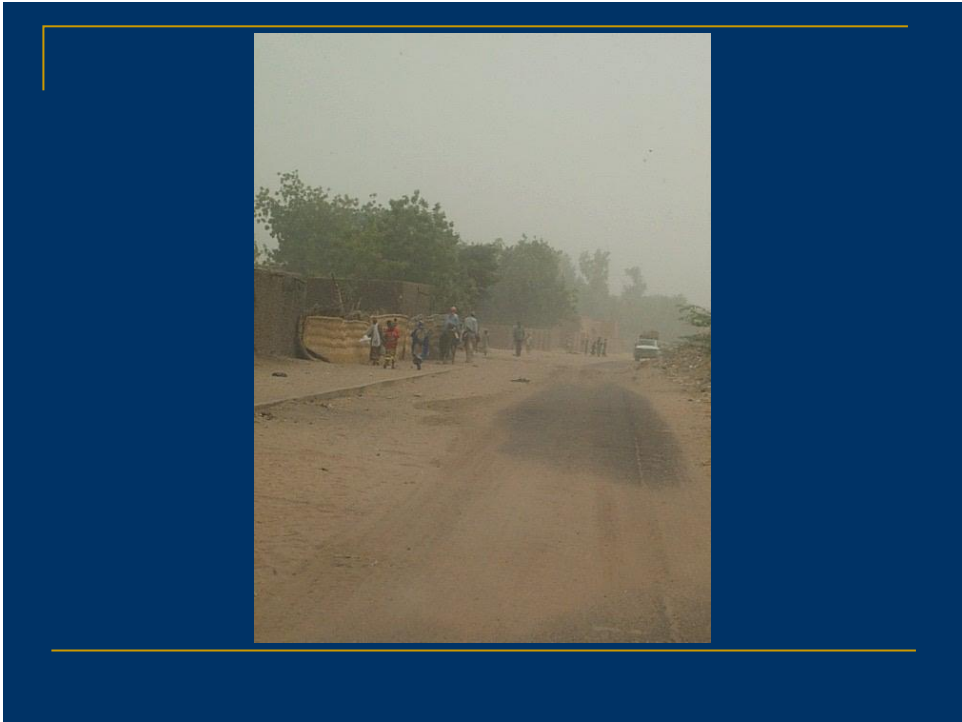




Auteurs en fonction du type d'étude

	Locale	Nationale	Régionale
Articles francophones	▼8, = 1	▼2	▼5, =2
Articles anglophones	▼6	▼6	▼18, =4, ▲4
Sahéliens	▼5	▼4	▼1
Non Sahéliens	▼9, =1	▼4	▼22, =6, ▲4

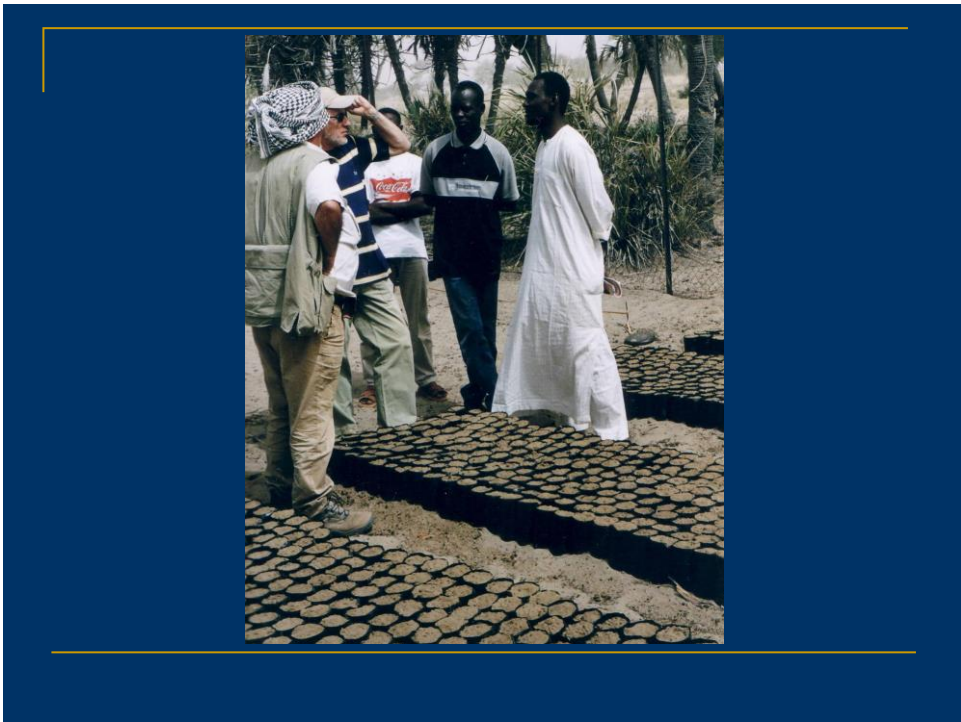


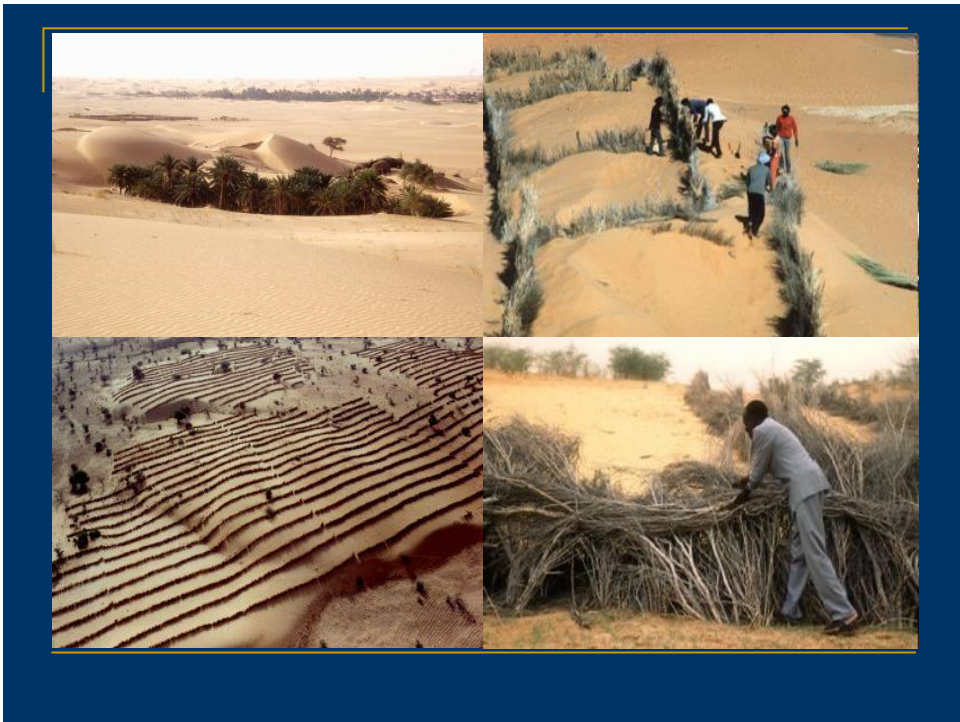












Conclusions (Sahel)

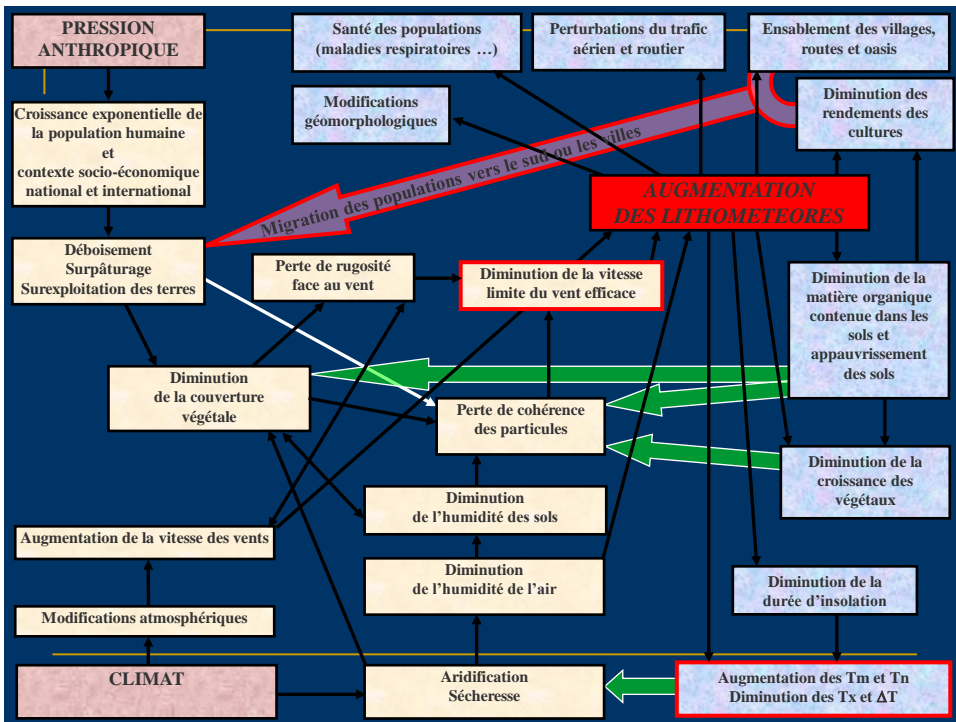
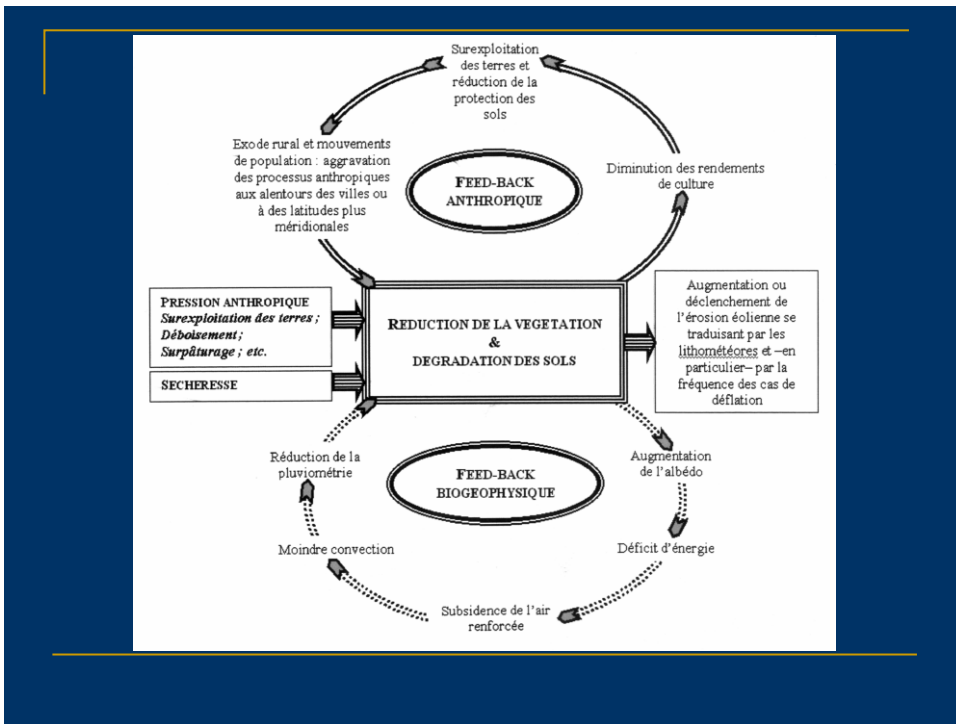
Crise climatique

+

Pression démographique



Désertification



Désertification

Combien ça coûte?

Quelques chiffres...pour comparer...

Coûts la désertification : 42 10⁹ US\$

~ 10 10⁶ US\$ (2005)

Belgique : 74 000 EUROS (2005)

Quelques chiffres...pour comparer...

Coûts la Désertification : 42 10⁹ US\$

~ 10 10⁶ US\$ (2005)

Belgique : 74 000 EUROS (2005)



Ecole de Chago



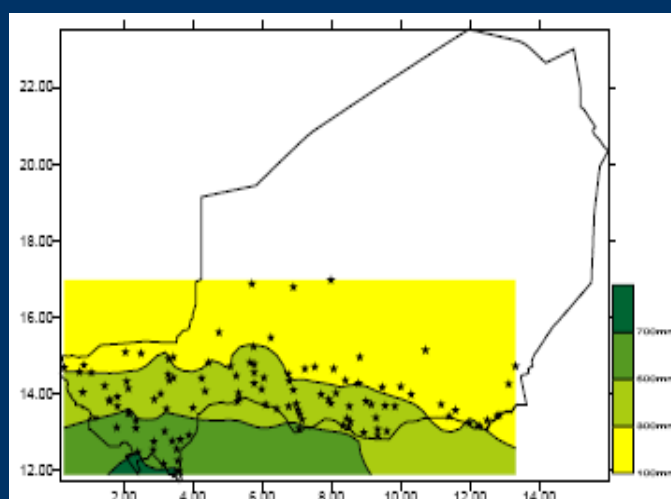
Désertification

Où allons-nous?

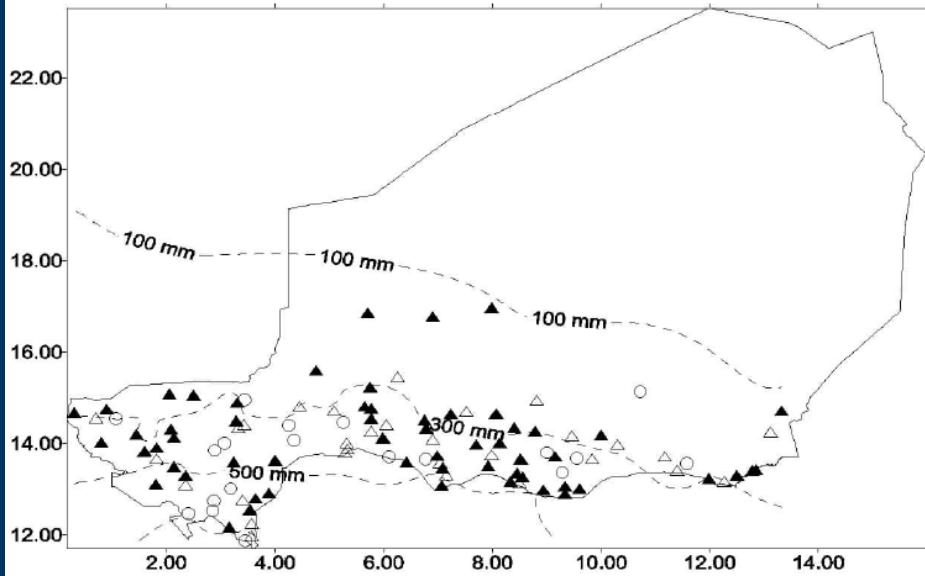
Perception des changements pluviométriques en Afrique de l'Ouest

Climat	Guinéen			Soudanien			Sahélien		
Pluviométrie annuelle	> 900 mm			500-700 mm			300-500 mm		
Perception du changement	-	NC	+	-	NC	+	-	NC	+
Source / Indicateur	Total des précipitations annuelles								
Akponikpè et al. (2010)	57	10	22	61	4	21	91	2	2
Nielsen et Reenberg (2010)							62	6	32
Mertz et al. (2009)				82	5	13			
Fosa-Mensah et al. (2012)	87	1	12						
Fatuase et Ajibefun (2012)	71	1	28						
Mertz et al. (2012)	95	0	5	82	10	8	83	4	13
Source / Indicateur	Longueur de la saison des pluies								
Akponikpè et al. (2010)	51	21	10	61	6	14	91	2	4
Nielsen et Reenberg (2010)							60	6	26
Mertz et al. (2012)	94	2	4	84	10	6	82	6	12
Source / Indicateur	Début de la saison des pluies								
Akponikpè et al. (2010)	60	12	18	67	9	15	85	4	6
Source / Indicateur	Fin de la saison des pluies								
Akponikpè et al. (2010)	40	19	29	48	13	24	70	7	11

Ozer & Perrin, in press

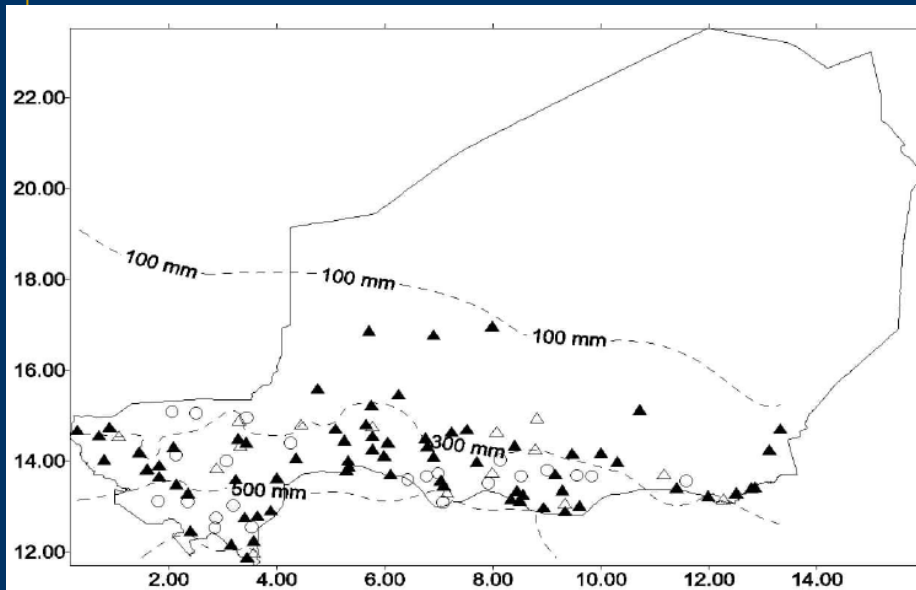


BUT: Rainfall trends in Niger



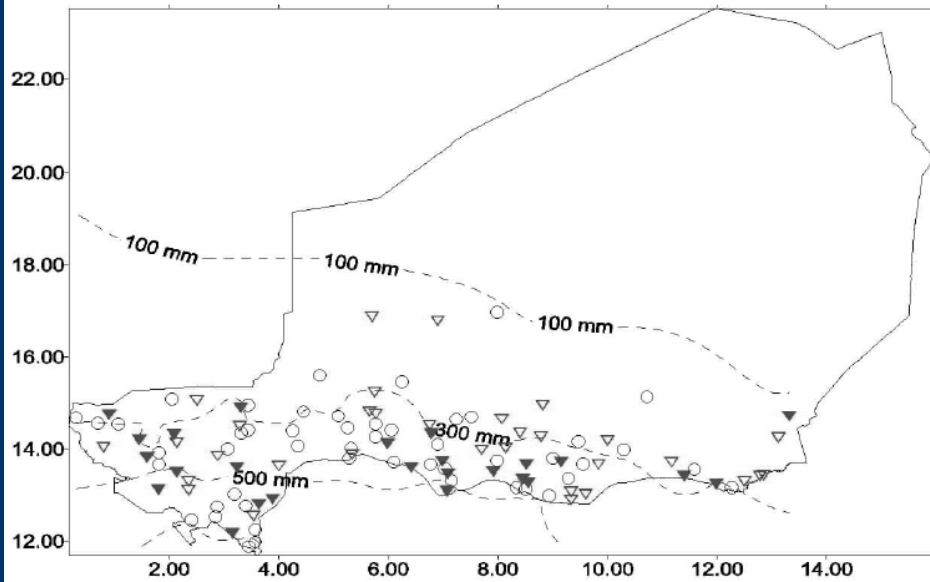
Hountondji, Nicolas, Sokpon, Ozer, 2005

BUT: NDVI trends in Niger



Hountondji, Nicolas, Sokpon, Ozer, 2005

BUT: Rainfall Use Efficiency (RUE) trends in Niger



Hountondji, Nicolas, Sokpon, Ozer, 2005

BUT: Rainfall Use Efficiency (RUE) trends in Burkina Faso

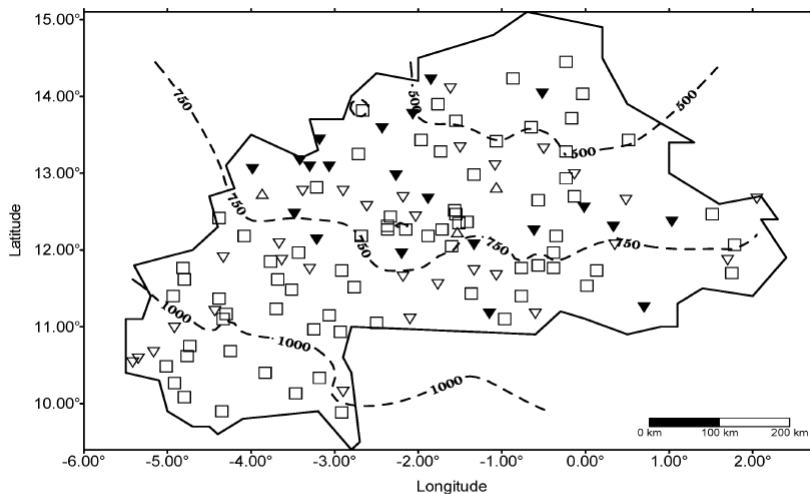
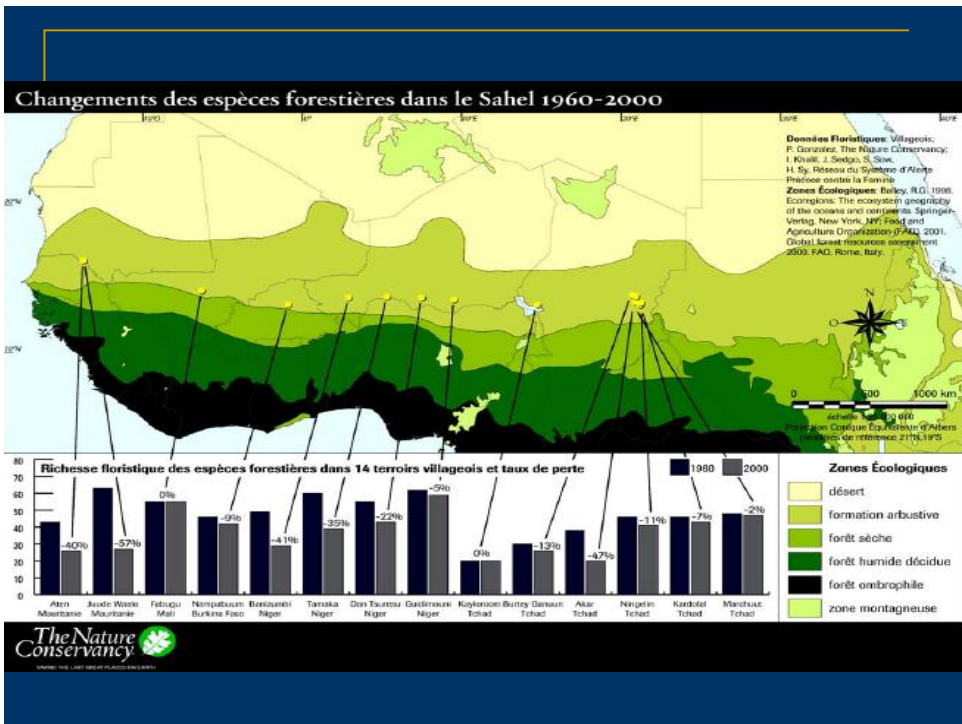


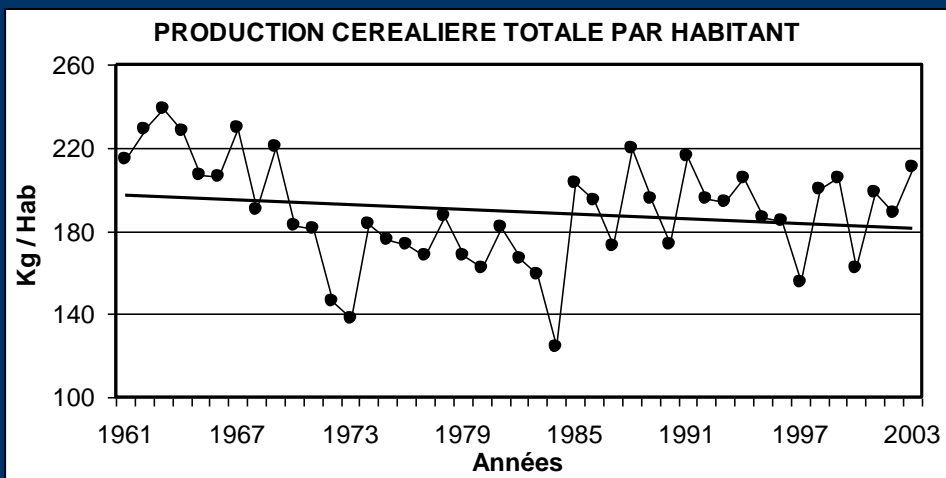
Figure 3. Trends in the iNDVI/RR ratio during the growing season (May–October) for 128 stations in Burkina Faso (1982–1999). ▼, strong negative change; ▽, weak negative change; □, stable; △, weak positive change.

Hountondji, Sokpon, Ozer, 2006





Evolution de la production céréalière totale par habitant au Sahel de 1961 à 2003



Evolution du nombre de personnes
(millions) sous-alimentées au Niger.
Comparaison avec l'indice d'anomalie
pluviométrique (IAP) calculé pour le Niger

	1969- 1971	1979- 1981	1990- 1992	1995- 1997	2001- 2003
Sous-alimentation, Niger	1,6	1,9	3,2	3,9	3,7
IAP - Niger	-0,60	-0,38	-0,34	-0,57	0,00

Le Royer

