REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Centre de Recherche Scientifique et
Technique sur les Régions Arides Omar El Barnaoui (CRSTRA)

LA SECHERESSE : ANALYSE ET STRATEGIES D'ADAPTATION

Biskra 21-22 novembre 2010

C.R.S.T.R.A

EUR-OPA
Risques majeurs

ISBN 978-9961-9745-8-2
Protection légale : 55-47-2012

Sommaire

Allocution d'ouverture	2
Programme	6
Table ronde	14
Analyse des dates de débuts de pluies et relation avec les indicateurs océaniques et atmosphériques BOUCHERF Djamel O.N.M.. Alger	16
L'augmentation de la sécheresse de saison chaude dans le bassin Méditerranéen à la fin de ce siècle Annick DOUGUEDROIT - Université de Provence	31
Les risques majeurs liés à l'eau Larbi BEHLOULI Agence Nationale des Ressources Hydrauliques	41
Y a-t-il une aridification significative du climat méditerranéen ? Apport des données de la pluviométrie Ahmed Aïdoud et Henry Noël H.N Le Houérou	72
Réponses à la sécheresse des écosystèmes steppiques arides Ahmed AIDOUD UMR CNRS Ecobio – Univ. Rennes 1 (France)	80
La sécheresse et ses conséquences sur les écosystèmes steppiques et forestiers en Algérie Bachir KADIK	99
Enjeux du développement de l'élevage en zones arides et semi arides dans le contexte de la sécheresse K. Abbas INRAA Sétif	132
An assessment of drought dimensions and their changes in arid Syrian regions during the period 1958-2008 Michael Skaf Rafik Saleh Shifa Mathbout ACSAD Syria	142
La sécheresse édaphique ; cas des sols des cédraies des Aurès A.HALITIM et S.HALITIM LAPAPEZA – Université de Batna	152
Conséquences de la sécheresse sur le développement végétatif des cultures et les mécanismes d'adaptation. Cas des céréales. A. BOULASSEL[1], B. MOUHOUCHE[2], F. LAKHDARI[3] [1] INRAA, , Béjaia ; [2] ENSA (El Harrach) ; [3] CRSTRA (Biskra	161
Assurance intégrale des céréales, MEBTOUCHE Krimo, CRMA Alger	169

Atelier Sécheresse/ Analyse et Stratégies d'Adaptation

Allocution d'ouverture

EUR-OPA
Risques majeurs

La sécheresse est un risque majeur d'origine naturelle (anomalie météorologique) qui résulte d'un déficit pluviométrique aux impacts multiples :

- ✓ Climatiques (augmentation de la T°C de l'insolation, des vents et de l'ETP).
- ✓ Hydrologiques (diminution de l'écoulement superficiel, assèchement des cours d'eau, des lacs, des chotts voire tarissement des sources et rabattement des nappes).
- ✓ Edaphiques (dessiccation des sols et augmentation de leur taux de salinité..).
- ✓ Agronomique (dessèchement des cultures voire perte des récoltes notamment celles des cultures menées en sec…).

Ses effets dégressifs sont généralement d'abord perçus au niveau des biomes steppiques et forestiers à travers la repousse de la végétation spontanée (jaunissement et/ou brûlures foliaires, dépérissement, difficultés des remontées biologiques…).

Toutefois, différents mécanismes physiologiques confèrent à certaines espèces une tolérance et/ou une résistance au stress hydrique (régulation stomatique, régulation osmotique, réduction de la surface foliaire, développement du système racinaire), ce qui caractérise les plantes du milieu désertique (ou xérophytes).

L'impact de la sécheresse au niveau de la biosphère dépend aussi de la capacité de rétention en eau des sols et de la durée du déficit hydrique.

En effet, c'est au cours des grandes sécheresses, pluriannuelles que la désertification a gagné du terrain : la situation de la steppe Ouest comparée à celle de l'Est l'illustre bien.

Dans les Aurès, le dépérissement du Cèdre de l'Atlas est bien corrélé avec la récurrence des sécheresses des dernières décennies au Maghreb.

Les domaines forestiers, de la rive méditerranéenne n'ont pas été épargnés : ils ont également Subi des dépérissements important à la suite d'épisodes successifs de sécheresse entre 1947 et 1976.

Les sécheresses sont également à l'origine d'incendies de forêts en région méridionale (cas du midi de la France entre 1989-1992/ et en 2003, 2005 …).

La sécheresse historique des années 70 ayant frappé le sahel a sensibilisé l'opinion internationale en raison de ses effets dévastateurs (perte sèche des

récoltes, décimation du cheptel, désertification, famine, migration des populations et enfin perte dramatique en vies humaines).

Bien que reconnue tardivement comme telle, la sécheresse est un risque majeur redoutable.

Des caractéristiques climatiques de plus en plus sévères associées à des demandes socio-économiques sans cesse croissantes, une certaine géographie de l'eau se dessine aujourd'hui. En méditerranée :

- Des pays de la rive Sud qui sont déjà en dessous du seuil de pénurie des 1000 m^3/hab/an avec risque d'accentuation d'ici 2025.
- Des pays de la rive Nord confrontés à une pénurie conjoncturelle due à la sécheresse comme l'Espagne, l'Italie, Malte et Chypre.
- Des pays confrontés plutôt à un problème de qualité de l'eau à cause des pollutions.

Par ailleurs, les scenarios projetés dans le contexte du changement climatique ne sont pas à l'optimisme puisque l'on prévoit :

- Une augmentation de la température ;
- Une diminution des précipitations ;
- Un déplacement des isohyètes bioclimatiques
- Une accentuation des extrêmes (sécheresse-inondations) ;
- Un déclin de la biodiversité .

Si un tel scénario venait à se confirmer, un certain nombre de questions sont à l'ordre du jour :

- ✓ Comment faire face à la réduction de la ressource hydrique sans nuire au développement socio-économique ?
- ✓ Quelle agriculture pour demain ?
- ✓ Quel calendrier agricole adopter ?
- ✓ Comment développer une culture du risque sécheresse pour mener tous les usagers de l'eau à promouvoir sa préservation ?
- ✓ Quelle recherche, privilégier sur ces questions ?
- ✓ Quelle stratégie pouvons-nous envisager de façon réaliste ?
- ✓ Quel programme de recherche prioritaire ?
- ✓ Quels types de profils à intégrer dans la formation ?

Il nous faut tenter d'y répondre lors de cet Atelier

F. LAKHDARI

Directrice CRSTRA

Problématique et Objectifs de l'Atelier

La sécheresse exprime un risque majeur à travers un déficit hydrique sous toute ses formes (climatique, hydrologique et édaphique) dont les conséquences sont toujours néfastes et parfois dramatiques (conflits sur l'eau, mortalité du cheptel, désertification, incendie, destruction des cultures, insalubrité, famines, migrations etc.). A titre d'exemple la sécheresse du sahel qui a sensibilisé le plus l'opinion mondiale a causé la mort de 1.200.000 personnes entre 1972 et 1973 et entre 1984 et 1985

Par ailleurs les développements urbain et agricole, les besoins en eau des populations, les plans d'aménagement régionaux, induisent une pression de plus en plus forte sur la ressource en eau. Dans les régions où la sécheresse sévit il s'avère nécessaire d'élaborer une stratégie basée sur l'analyse de ce phénomène climatique et de son ampleur d'une part et de mettre au point une démarche d'adaptation à ce fléau d'autre part.

Ce risque climatique majeur qui aura probablement tendance à s'accentuer à l'avenir notamment en régions méditerranéennes avec les changements climatiques, exige une prise en charge à travers une solidarité internationale et à l'échelle nationale par des programmes d'aménagement préservant les écosystèmes et par une gestion cohérente et patrimoniale de la ressource hydrique. La sécheresse est probablement parmi les risques majeurs qui exigent pour y faire face l'implication de tous (les politiques, les scientifiques, les différents secteurs, la société civile, la population).

Le Centre de Recherche Scientifiques et Techniques sur les Régions Arides (CRSTRA) en tant que pôle de recherches sur les régions arides et membre permanent de l'Accord Euro-méditerranéen sur les risques majeurs a voulu être le précurseur dans l'organisation d'un atelier consacré au risque majeur « la sécheresse » et jouer son rôle d'avant-garde face à cette menace récurrente.

A travers cet atelier le CRSTRA s'est assigné comme objectifs :
1) Analyser scientifiquement le phénomène et dégager des axes prioritaires, pouvant se traduire en projets impliquant des partenaires nationaux et internationaux.
2) Elaborer des stratégies d'adaptation à ce fléau, en tirant profit des savoir-faire ancestraux et des acquis de la recherche et de l'expérience.
3) Développer une culture d'adaptation à ce risque impliquant toutes les composantes de la population.

THEMES DE L'ATELIER (Programme Scientifique) :

AXE I : Le risque sécheresse :

- La connaissance de la sécheresse (définition, historique, durée, suivi, indicateurs…)
- Changements climatiques et sécheresse : Présentation de modèles prévisionnels régionaux.

- L'impact socio-économique de la sécheresse (populations, ressources en eau, en sols et biologiques, conséquences sur l'agriculture et l'environnement)
- Conséquences sur la désertification, l'ensablement et les feux de forêts.

AXE II : Indicateurs de la sécheresse et systèmes d'alerte :

- Analyse des écosystèmes : Sols, plantes, animaux.
- Réserve en eau des sols et bilan hydrique
- Apport de la télédétection
- Apport des SIG.

AXE III : Les formes et stratégies d'adaptation à la sécheresse

- La vulnérabilité des populations et leur adaptation.
- Les modes de gestion de l'eau, des sols et des bio-ressources (apport des savoir-faire traditionnels).
- Aménagements du territoire, urbain et agricole.
- Autres formes de prise en charge de cette calamité naturelle (rôle des pouvoirs publics, des assurances).

Résultats escomptés :

- Faire un état des connaissances sur le sujet à l'échelle nationale et internationale et impact sur les activités socio-économiques et les conditions environnementales.
- Analyser de l'évolution spatio-temporelle de ce phénomène en relation avec les changements climatiques.
- Elaborer des stratégies d'adaptation face à cette contrainte majeure.
- Dégager des projets de collaboration nationale et internationale dans le domaine des études et de la recherche liée au développement.

Programme

Le 21 Novembre 2010

9h-10h30 Cérémonie d'Ouverture

10h30-11h Pause Café

Session 1.

BENAZZOUZ M. T. (Modérateur), DOUMANDJI B., MATHBOUT S, MOSTEFAOUI T. (Rapporteurs).

11h-11h20 Analyse des dates de début de pluies et leurs relations avec certains indicateurs atmosphériques. BOUCHAREF Djamel –ONM - Alger

11h20-11h40 Les risques majeurs liés à l'eau en Algérie. BAHLOULI Larbi -ANRH Alger-

11h40-12h Perspectives d'augmentation de la sécheresse de Saison chaude dans le bassin méditerranéen à la fin de ce siècle. DOUGUEDROIT Annick –Université de Provence –France.

12h00-12h20 L'assurance sécheresse sur céréales, MEBTOUCHE Krimo -CRMA -Alger

12h30-13h Débat

13h-14h30 Déjeuner

Session 2.

HALITIM A. (Modérateur), BOULASSEL A., BOUCHAHM N., REZEG A. (Rapporteurs)

14h30-14h50 Y a-t-il une aridification du climat méditerranéen/apport des données de pluviométrie. AIDOUD Ahmed et H. N. LEHOUEROU. Université de Rennes –France

14h50-15h10 An assessment of Drought dimensions and their changes in arid syrian regions during the period (1958-2008). MATHBOUT Shifa – ACSAD- SYRIE

15h10-15h30 La sécheresse édaphique : Impact sur le dépérissement du cèdre dans les Aurès. HALITIM Amor, Université de Batna / chercheur associé au CRSTRA.

Débat –pause café

16h30-16h50	Etude de la vulnérabilité de l'agriculture tunisienne à la sécheresse : cas de la céréaliculture. CHEBIL Ali, Tunisie.
17h-10-18h	Débat

Le 22 Novembre 2010 :

Session 3.

AIDOUD A. (Modérateur) , BOUKHARI L., DOUGUEDROIT A., SALEMKOUR N. (Rapporteurs).

9h-9h20	la Sécheresse et ses conséquences sur les écosystèmes forestiers et steppiques. KADIK Bachir –Alger-
9h20-9h40	Réponse des écosystèmes steppiques aux sécheresses. AIDOUD Ahmed-Université de Rennes –France.
9h40-10h	Conséquences de la sécheresse sur le développement végétatif des cultures et les mécanismes d'adaptation. Cas des céréales. BOULASSEL A. – INRAA- Bejaia
10h-10h30	Débat
10h30-11h	Pause café

Session 4.

BELHAMRA M. (Modérateur), ABBAS K., KADIK B, FARHI Y.(Rapporteurs)

11h-11h20	Pratiques Agricoles, Changements Climatiques et Microévolution des populations d'Oiseaux Migrateurs et sédentaires. BELHAMRA Mohamed - Université de Biskra/ chercheur associé au CRSTRA.
11h20-11h40	Enjeux du développement de l'élevage en zones arides et semi - arides dans le contexte de la sécheresse. ABBAS K.- INRAA-Sétif
11h40-12h	Apport de la télédétection dans la lutte contre la sécheresse. TICHOUIKI Kamel –ASAL-Alger
12h-13h	Débat
13h-14h30	Déjeuner
14h30-17h	Table ronde sur les perspectives de la recherche et recommandations (stratégies d'adaptation)

Déroulement de l'Atelier

Intervention de Mme Fatoum Lakhdari, Directrice du CRSTRA.

La directrice a dressé un tableau des attendus de l'Atelier et des enjeux liés à la sécheresse comme risque majeur.

Session 1. (Matinée du 21 novembre 2010)

Au cours de la 1ere session, 4 communications ont été présentées et ont permis de mettre en valeur les résultats suivants :

Mr. BOUCHREF Djamel (ONM-ALGER):

A présenté aux utilisateurs des données climatiques un ensemble de produits d'application climatologique à des fins d'aide à la décision., de l'analyse des données climatologiques traitées il ressort en Algérie :

une diminution des précipitations,

un déplacement des isohyètes vers le nord,

un décalage des dates de début des pluies et des séquences sèches interannuelles importantes.

Prévision saisonnière comme outil d'aide à la décision.

Mr. MEBTOUCHE Krimo- CRMA –Alger.

Face aux dégâts des aléas climatiques enregistrés dans le pays, il y a urgence de la mise en œuvre d'une assurance de sécheresses.

Le produit d'assurance présenté permet de protéger les agriculteurs contre les effets de la sécheresse, d'assurer la pérennisation de leur activités et une sécurité alimentaire.

L'urgence de la mise en œuvre de ces produits (blé dur, blé tendre et orge) face à l'importance des dommages de ces deux dernières décennies représentant près de 14 milliards de dinars de dégâts et qui ont affecté 29 wilayas du nord à différentes fréquences.

Mme. Annick DOUGUEDROIT (Université de Provence – France).

La présentatrice a commencé son intervention par rappeler l'existence d'une augmentation de la température depuis les années 70 , à cause de l'importance de l'augmentation du taux du CO2 (qui représente plus de 60 % des gaz à effet de serre et dont la durée de vie de la molécule est l'ordre de 125 ans).

A partir des documents publiés par le GIEC et des publications récentes elle a démontré que :

La région méditerranéenne est présentée comme très vulnérable aux changements climatiques en particulier en été.

Les simulations proposées pour la fin de ce siècle montrent qu'il y a un accroissement de la sécheresse (durée, intensité et fréquence) due , en été, à la forte augmentation de la température de l'ordre de 4°C en moyenne et à la diminution des précipitations autour de

30% mais variant selon les auteurs.

Mr. BAHLOULI Larbi – ANRH –ALGER.

Les catastrophes naturelles les plus fréquentes en Algérie sont dues aux inondations.

Il a noté qu'il y a urgence de réaliser la cartographie des zones inondables à l'échelle communale et la protection des bassins versants contre l'érosion.

Session 2. (Après-midi du 21 novembre 2010)

Modérateur : Mr Halitim A.

Rapporteurs : Mr Boulassel A. & Mme Bouchahm N.

Au cours de cette session trois communications ont été présentées, il s'agit de :

1. Communication présentée par Mr Aidoud Ahmed en hommage à H. N. Le Houérou: Y-a-il une aridification du climat méditerranéen ?

Une vingtaine de séries chronologiques (Pluviosité annuelle) a été analysée par l'utilisation du test Mann-Kendall et des régressions quantiles. Peu de cas de tendances significatives ont été montrés.

Le débat a soulevé des questions techniques portant sur la signification de la pluviosité annuelle, sur les difficultés de comparaison entre des stations et sur l'intérêt des régressions quantiles.

2. Communication présentée par Melle Mathbout Shifa au nom de l'ACSAD (Damas, Syrie) sur l'évaluation de la sécheresse et leur changement dans les régions arides de Syrie durant la période (1958-2008)
L'indice standardisé des précipitations (ISP) est utilisé pour évaluer les sécheresses annuelles et saisonnières de 11 stations météorologiques localisées dans les régions semi-arides, arides de Syrie durant la période (1958-2008). Le test Mann-Kandall est utilisé pour détecter les tendances de l'ISP, alors que le « regime shift index » (RSI) est appliqué pour mettre en évidence les années de changement. Les résultats montrent une tendance négative, statistiquement significative pour

seulement quelques stations. Ces changements peuvent avoir des répercussions sur l'agriculture pluviale, les ressources en eau et les écosystèmes.
3. Communication de Mr Halitim Amor professeur à l'université de Batna sur la La sécheresse édaphique : le cas de la cédraie des Aurès
Ce travail a été effectué suite à une grande vague de dépérissement du cèdre dans les Aurès avec des conséquences dramatiques sur le plan socio-économique et environnemental. Ce dépérissement coïncide avec des années successives de sécheresse. L'hypothèse avancée fut donc le déficit hydrique.
L'introduction de la réserve utile en eau du sol dans le bilan hydrique permet d'estimer les conditions réelles de l'alimentation hydrique des cédraies, c'est-à-dire, approcher la sécheresse édaphique.
Ce travail fait ressortir que le cèdre dans les Aurès est soumis certaines années successives à des conditions semi-arides auxquelles il n'est pas adapté.
Un débat s'en est suivi et a porté essentiellement sur :
La sécheresse, les tendances et la régénération.

Session 3. (Matinée du 22 novembre 2010)

Session 3. Aidoud A. (modérateur), Boukhari L., Douguedroit A., Salemkour N. (rapporteurs).
1- Communication B. Kadik sur la sécheresse et ses conséquences sur les écosystèmes forestiers et steppiques.
Synthèse sur ces conséquences telles le déclin d'essences forestières et d'espèces steppiques mais en insistant sur le rôle des activités humaines dans la dégradation. Des mesures systémiques de prévention sont proposées.
2- Communication A. Aidoud sur la réponse des écosystèmes steppiques aux sécheresses
L'idée principale exprimée est que la sécheresse est la cause d'une baisse de la productivité. La dégradation de la végétation pérenne qui s'en suit est surtout due au surpâturage (à partir des années 1980). C'est le cas de l'alfa qui a disparu sur les glacis des Hautes Plaines.
3- Communication A. Boulassel : Conséquences de la sécheresse sur le développement végétatif des cultures et les mécanismes d'adaptation. Cas des céréales.
La régulation stomatique, l'osmorégulation, l'enroulement des feuilles…sont autant de stratégies d'adaptation développées par les plantes face au stress hydrique qui provoque cependant, directement ou indirectement et à des degrés variables, une chute de la production. Le recours à l'irrigation d'appoint est une stratégie à mettre en œuvre pour pallier le manque d'eau, améliorer et stabiliser la production.
Le débat qui s'en est suivi a porté essentiellement sur :

- Les effets très proches des stress hydrique et salin. Ce dernier s'installe graduellement.
- En zone aride, le déficit hydrique accentue le stress salin. Le développement racinaire est favorisé par le stress hydrique dont la provocation artificielle est préconisée.

- Intérêt de l'irrigation d'appoint qui devrait être appliquée dans les zones favorables.
- la question de la charge animale à appliquer en fonction de la production : l'évaluation de la charge optimale devrait être adaptée à l'extrême variabilité de la production (2,5 fois plus importante que cette de la pluviosité) et non sur une moyenne qui a peu de signification. Elle doit s'adapter à l'état du parcours qui devrait faire l'objet de surveillance permanente.
- L'ensablement de certaines steppes est une conséquence de la sécheresse et de la dégradation plus intense durant cette sécheresse. Il s'agit de « faire avec » et de ne pas essayer de reconstituer les écosystèmes préexistants (cas de l'alfa ou de l'armoise) car ils ne seraient plus adaptés aux nouvelles conditions. Ces milieux ensablés (cas des steppes à sparte) sont en revanche plus variables en matière de production et nécessitent une prudence accrue dans leur gestion pastorale.

Une mise en défens expérimentale de faible dimension est à terme « contaminée » par une dégradation généralisée des espaces environnants. Celle de Rogassa a été dans ce cas. Celles du HCDS sont plus importantes (plusieurs milliers d'ha). Elles le sont temporairement dans un objectif de restauration passive. Ensuite elles sont gérées selon un mode contrôlé afin de ne pas dépasser le seuil permettant la reproduction de la ressource.
La sécheresse des années 80 a été la plus efficiente dans la mesure d'une conjonction de facteurs climatiques mais surtout socio-économiques ayant concouru à la destruction des parcours alfatiers.
Les sécheresses sévères « anciennes » étaient plus néfastes à l'homme et au cheptel (exemple celle des années 40) car l'homme et l'animal étaient intégrés dans la récurrence naturelle des sécheresses avec une régulation qui permettaient une régénération des ressources. Actuellement et surtout depuis les années 70, l'élevage passe outre les sécheresses puisqu'il a la capacité de disposer de compensations alimentaires durant ces périodes, compensations qui étaient traditionnellement utilisées mais seulement pour les brebis après l'agnelage.

Session 4. (Après-midi du 22 novembre 2010)

Belhamra M. (Modérateur), Abbas K., Kadik B., Farhi Y.

La session a comporté 3 communications :

1- Pratiques agricoles, changements climatiques et microévolution des populations d'oiseaux migrateurs et sédentaires. Belhamra M. U. de Biskra
M. Belhamra a montré les effets des changements climatiques et de l'intensification de l'agriculture sur les oiseaux migrateurs qui font partie du patrimoine faunistique national. Il a démontré de ce fait que cette population d'oiseaux est menacée de disparition au profit d'autres populations semi-migratrices et sédentaires beaucoup plus néfastes pour l'agriculture et le milieu.
2- Enjeux du développement de l'élevage en zones arides et semi arides dans le contexte de la sécheresse, Abbas K. INRAA

Le deuxième communicant, Mr Abbas, a mis l'accent sur la situation de l'ensemble des éléments liés à l'élevage dans le contexte de la steppe et a précisé le danger que constituent les modèles de production de viande actuels sur la biodiversité animale et surtout sur l'état des parcours. L'orateur a fait aussi un bilan des recherches menées en la matière et a démontré l'utilité des travaux multi institutionnels et pluridisciplinaire dans des domaines prioritaires pouvant infléchir la dégradation des écosystèmes et garantir un développement durable et une meilleure diversité des activités d'élevage.
3- Apports de la télédétection dans la lutte contre la sécheresse. Tichouiti K. ASAL
Cet intervenant a présenté l'ASAL et a énumérer l'ensemble des programmes à caractères environnementaux dans lesquelles est impliquée l'agence spatiale.

Le débat qui a suivi les communications a porté sur les points suivants :

- Les mécanismes à mettre en œuvre pour limiter et faire face à la disparition totale de certaines espèces menacées.
- Le déterminisme éthologique dans les changements de statut phénologique.
- Relation entre la conservation in situ à travers la création de parc nationaux et le problème du dépérissement du cèdre dans le parc national de Belazma.

Ces préoccupations ont été illustrées à travers des exemples concrets. L'intensification agricole notamment l'utilisation des produits phytosanitaire sur de vastes étendues ont contribué à l'effondrement des effectifs d'oiseaux au long court. La sécheresse en zone soudano-sahélienne aurait probablement entraîné de façon indirecte une mortalité anormale durant la période 1970-1990. Les aléas climatiques dans l'aire de reproduction tels que les coups de vent ou les pluies violentes, peuvent entraîner la destruction des nids, et influencer la survie des jeunes.

En ce qui concerne la réintroduction, les explications données retracent la métrologie en adéquation avec les critères énoncés par l'UICN, notamment les aspects de population viable à relâcher en milieu naturel.

Pour ce qui est du dépérissement du Cèdre des précisions ont été fournis mettant en avant que le parc national est crée conformément à une loi et par décret. L'institution gère un patrimoine soumis à des règles inscrites au plan de gestion que chaque réserve doit appliquer.

Concernant l'exposé sur l'élevage, 2 questions ont été posées :

- la première a porté sur la difficulté d'organisation des systèmes d'élevage devant le problème complexe du statut du foncier des territoires steppiques
- la seconde question avait trait à la conservation et l'amélioration de la diversité raciale animale étant donné le manque de connaissance sur ce matériel génétique

L'orateur a répondu en précisant que le problème du foncier pourrait être réglé par le zonage multicritère et l'organisation des paires de systèmes/territoires épousant un découpage dynamique qui relèverait de décisions politiques. Concernant la deuxième question, le communicant a précisé qu'il faut mettre en place un programme qui prendrait en charge les populations animales pour les préserver, évaluer et améliorer leurs aptitudes dans le cadre de systèmes d'élevage appropriés. A ce titre un premier PNR a été proposé par le CRSTRA en collaboration avec l'INRAA et concerne la race ovine Hamra menacée de disparition. Ce projet constitue un exemple pour les autres races animales de la steppe.

Table ronde sur les stratégies d'adaptation à la sécheresse

1. Caractérisation de la sécheresse *(indices, seuils, modèles* …)

   Sécheresse et changement climatique

2. Indicateurs physiques et biologiques de la sécheresse (les formes de dégradation du milieu physique : steppe, ensablement…)
3. Les impacts de la sécheresse sur :
   - Les ressources naturelles (végétation, eau et sols)
   - les activités socio économiques (exode rural, famines…)
4. Recueil des données et études climatiques existantes

   (Choix des données, stations, conventions, échange de données…)

5. Stratégies d'adaptation aux effets de la sécheresse
   - Approche systémique des recherches et des plans d'action sur la sécheresse
   - Observatoires
   - Gestion durable de l'eau et des sols
   - Gestion durable des forêts, des parcours et des troupeaux (rotation, mise en défens…)
   - Restauration et réhabilitation des terres dégradées
   - Rôle des assurances
   - Communication, formation et information
6. Stratégies de prévention des risques de sécheresse
   - Systèmes d'alerte précoce
   - Apports des outils de la télédétection
   - Surveillance des terres de parcours
   - Spatialisation de la réserve hydrique utile des sols
   - Apports des savoirs faire locaux, droit coutumier d'utilisation des parcours

PROPOSITIONS PRIORITAIRES

- **Evolution et prospective des systèmes agro-pastoraux dans les régions steppiques (*1950-2100*)**
- **Evolution d'origine naturelle et socio-économique de la steppe dans le contexte du changement climatique**
- **Veille phénologique des espèces stratégiques et patrimoniales dans les oasis (*palmier dattier*)**
- **Conservation des populations animales menacées (ovins, caprins, camelins)**
- **Conservation des ressources phytogénétiques locales**
- **Suivi à long terme de la phénologie de la migration de la faune par entité écologique y compris les agrosystèmes**
- **Effets de la sécheresse sur la salinité des sols et des eaux**

Compte tenu de l'importance des attendus de cette table ronde , la Direction du Centre a jugé nécessaire de la prolonger à la matinée du 23 NOV 2010 afin d'affiner et de traduire les perspectives prioritaires .

La lecture des conclusions de l'atelier a eu lieu en fin de matinée du 23 NOV 2010, suivie par la remise des attestations de participations (orale et affichée) , tout en remerciant la vive contribution de l'ensemble des invités et des chercheurs .

La clôture de l'Atelier a été prononcée par Madame la Directrice à 13h10mn de la même journée .

Analyse des dates de débuts de pluies et relation avec les indicateurs océaniques et atmosphériques

BOUCHERF Djamel
Office National de Météorologie Alger

L'analyse et l'intégration de toutes les informations climatologiques et météorologiques permettent de donner des avis et conseils aux décideurs dans leur prise de décision concernant la gestion et la planification.
Cette présentation tente de donner un tour d'horizon sur les mécanismes d'applications des informations climatologiques et météorologiques à l'utilisateur. (Agriculture, ressource en eau…)

APPLICATION DES INFORMATIONS CLIMATOLOGIQUES

Il s'agit de définir les types d'informations en fonction des utilisateurs cibles tout en faisant la part entre les décideurs et autorités chargés de la gestion et la planification et les producteurs qui utilisent ces conseils et avis dans la conduite de leurs activités quotidiennes.

Les informations climatologiques utilisées sont :

l'analyse climatologique et l'évaluation des ressources agroclimatiques (pluviométrie, début, fin et longueur moyens de la saison etc.) ;

la prévision saisonnière élaborée en Juillet et mise à jour en Août permet dès le début de la saison de faire des choix stratégiques en fonction des résultats de cette prévision.

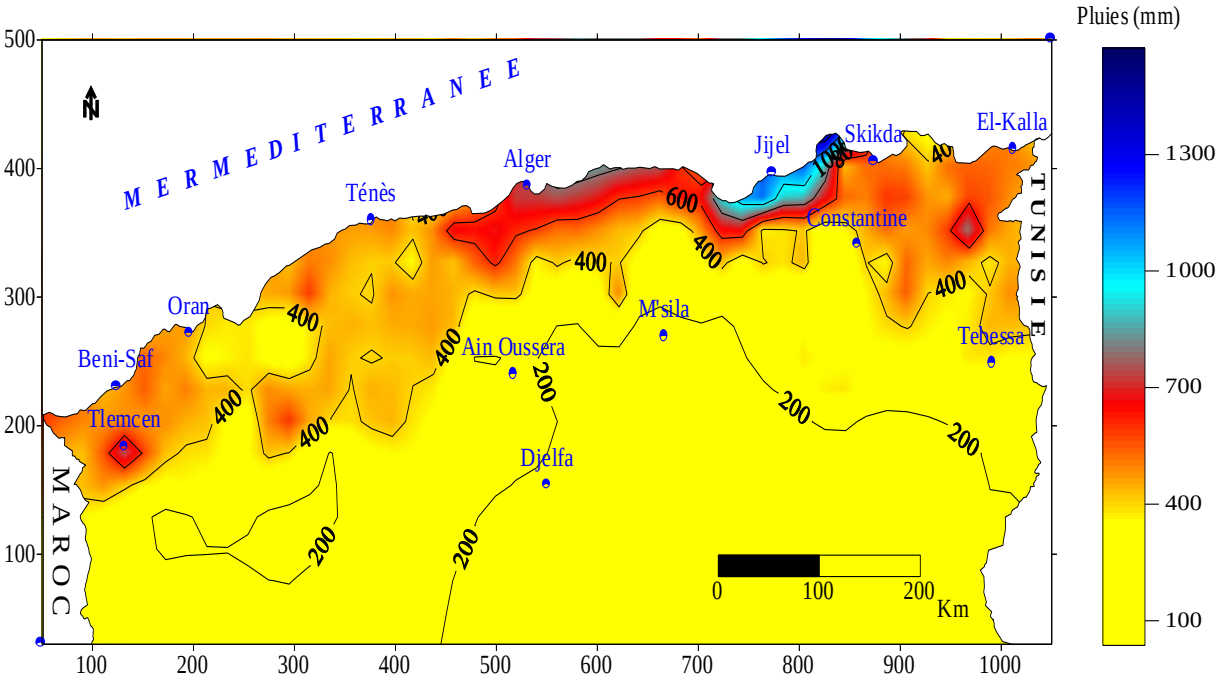
De nombreuses études ont été menées en Algérie en général sur l'analyse de la pluviométrie et des caractéristiques de la saison.

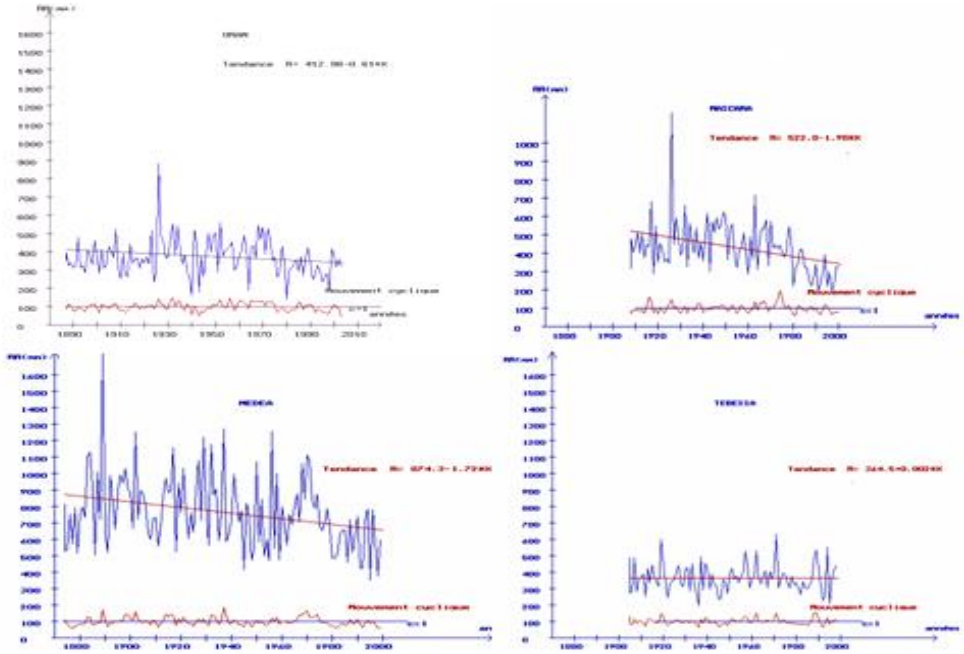
Ces études ont montré :

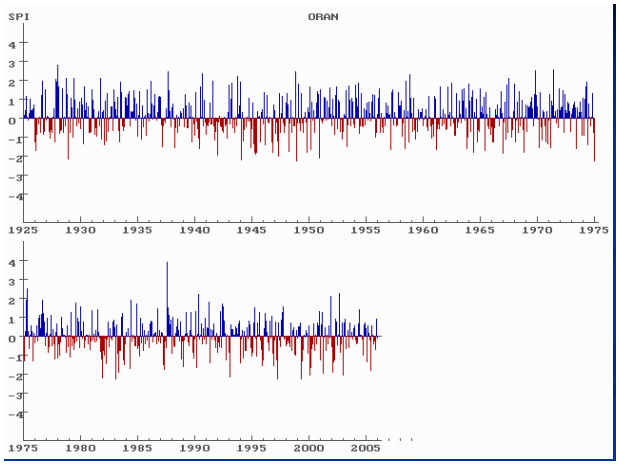
- un déplacement nord-sud des isohyètes,
- une variation inter annuelle et annuelle très forte de la pluviométrie avec des écarts à la normale importants et persistants à partir des années 70 tendant à une aridité

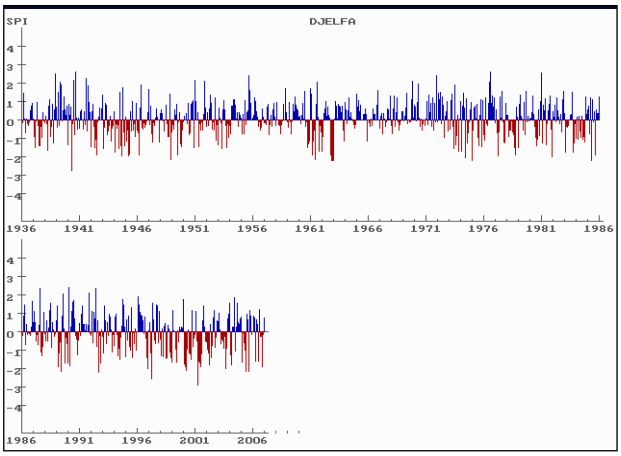
Une intensité maximale de la sécheresse estivale

- Répartition spatiale des pluies sur le Nord de l'Algérie (1942-2004)



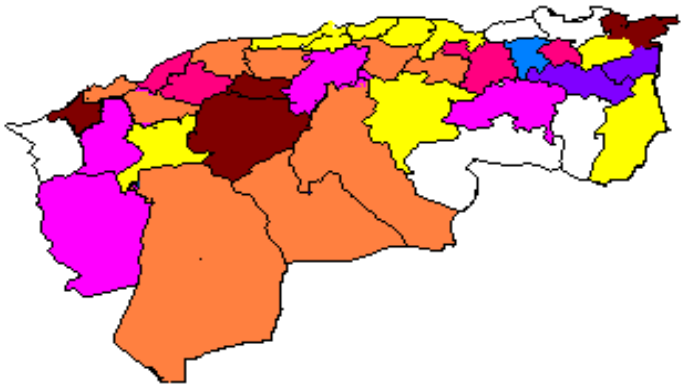






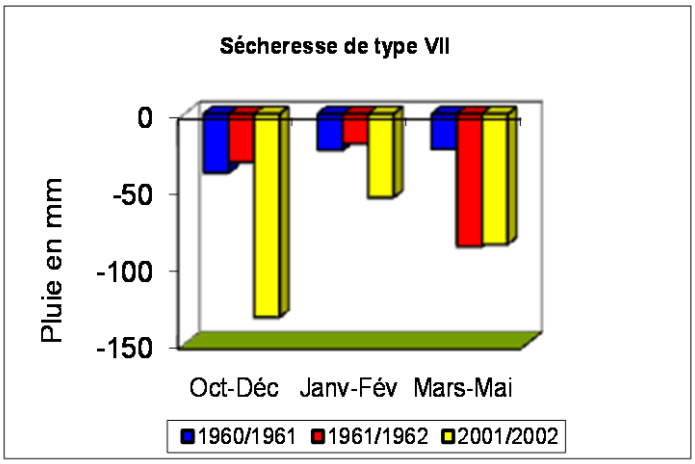
CARTE D'INDICES DE SECHERESSE

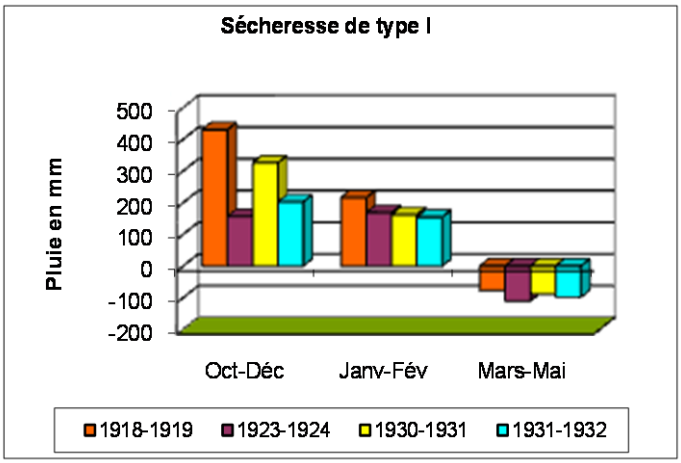
OCTOBRE 2006

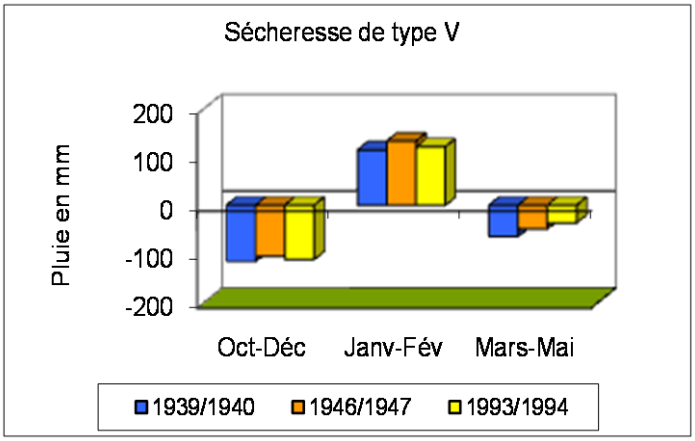


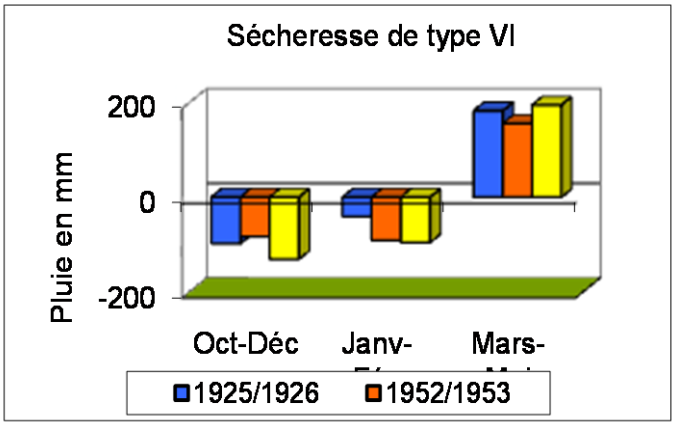
Extreme humide
Très humide
Moyen humide
Léger humide
A peine humide
Prés de la normale
Début de secheresse
Légère secheresse
Moyen sec
Très sec
Extreme sec

Sécheresse saisonnière





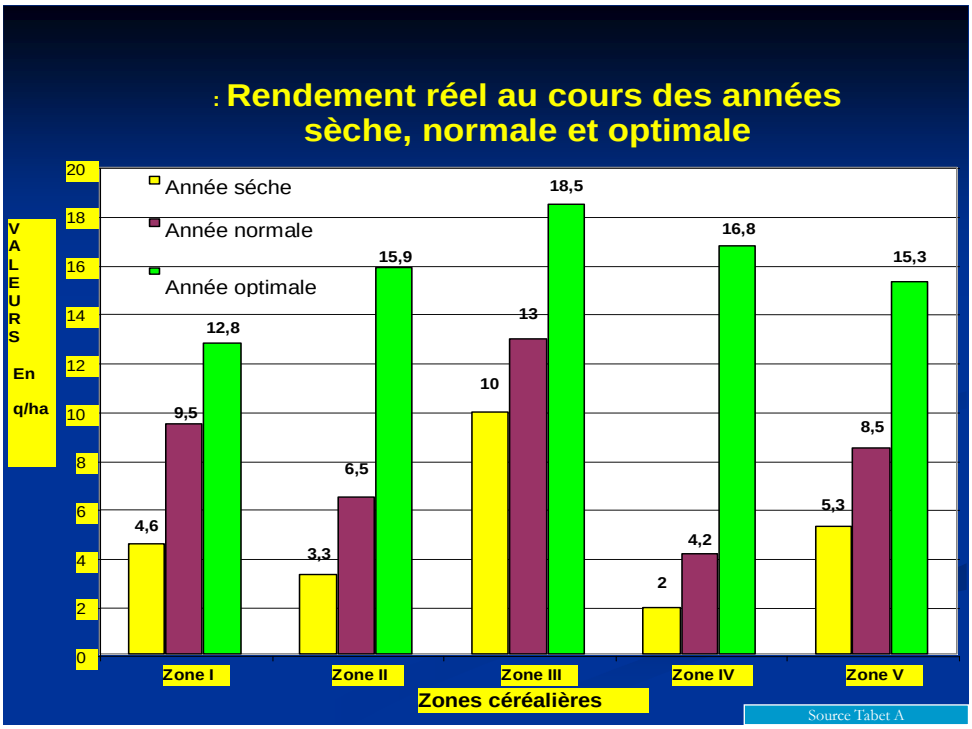




- une forte variation des caractéristiques de la saison (début, fin, longueur de la saison).

Tout cela représente un risque majeur pour la production agricole avec des conséquences socio-économiques et environnementales importantes notamment:

- baisse des rendements des cultures,
- modification des systèmes de production et des écosystèmes,

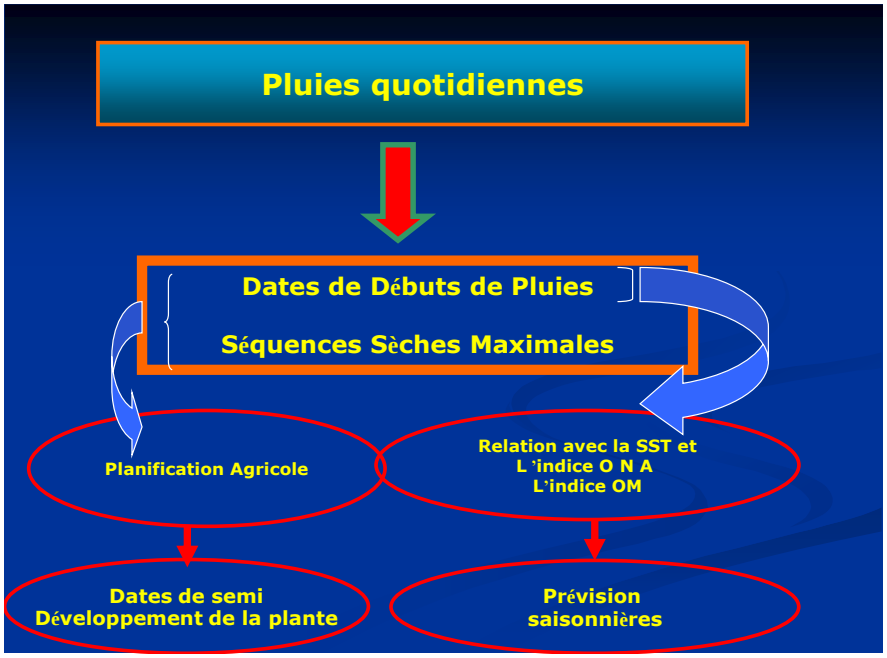


DONNEES ET INFORMATIONS METEOROLOGIQUES

ECHELLE GLOBALE	ECHELLE REGIONALE
ENSO	Oscillation Nord Atlantique
C.N.A	Oscillation Méditerranéenne
INDICES…	Dépression Saharienne
CARACTERES CG	Caractéristiques de la C.G
SST	Température de Surface de la mer (SST)

Potentiel de connaissances sur la genèse, le déclanchement et le maintien de la sécheresse.

Méthodologie de la Prévision un mois voire une saison à l'avance

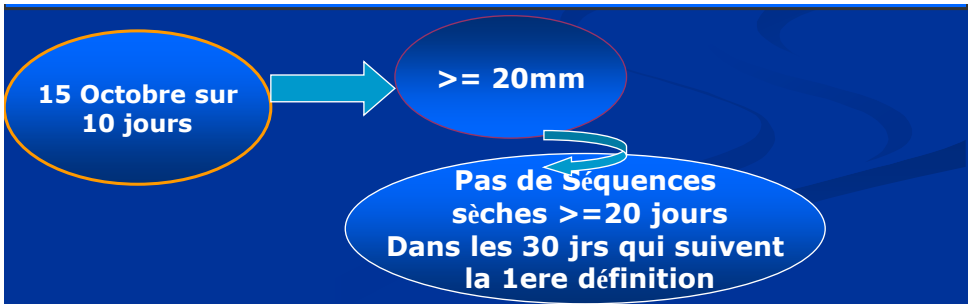


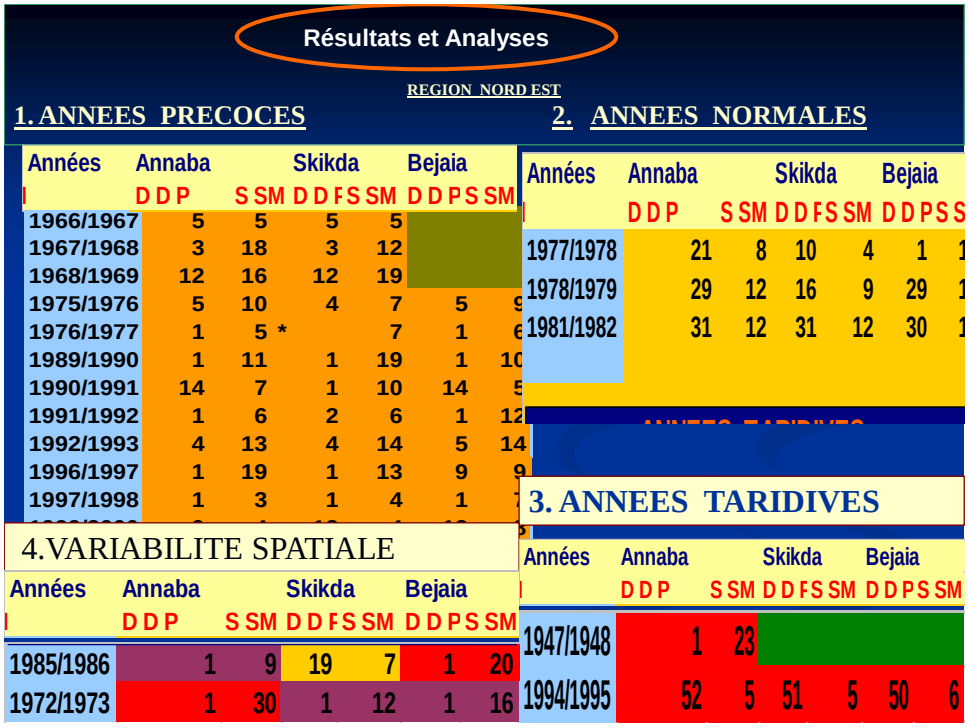
Définition de D DP

Définition : La première occurrence après le 15 Octobre où le cumul de pluies sur 10 jours dépasse les seuils de 20mm.

En plus de cette date potentielle de début des pluies , une condition supplémentaire est imposée au cumul de précipitations .

La première occurrence après, le 15 Octobre, où le cumul sur 10 jours dépasse 20 mm et s'il n'a pas été observé une séquence sèche de 20 jours dans les 30 jours qui suit la première la définition.



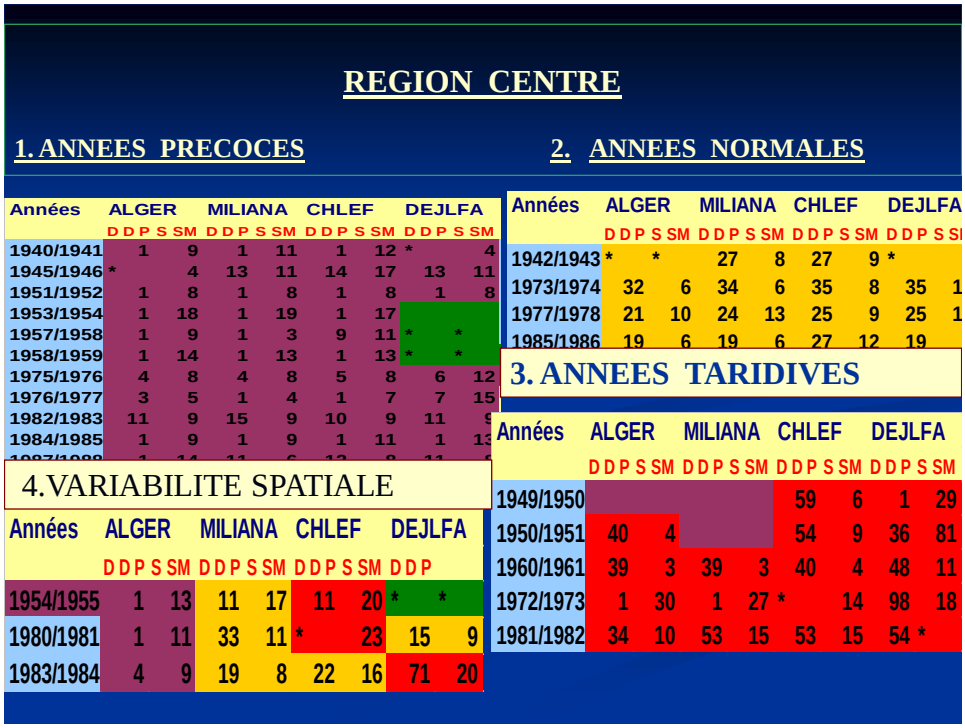


Années	Annaba			Skikda			Bejaia		
	D	D	P	S	SM	D	D	P	S	SM
1966/1967	5			5	5	5				
1967/1968	3			18	3	12				
1968/1969	12			16	12	19				
1975/1976	5			10	4	7	5			9
1976/1977	1			5	*	7	1			6
1989/1990	1			11	1	19	1			10
1990/1991	14			7	1	10	14			5
1991/1992	1			6	2	6	1			12
1992/1993	4			13	4	14	5			14
1996/1997	1			19	1	13	9			9
1997/1998	1			3	1	4	1			7

Années	Annaba			Skikda			Bejaia		
	D	D	P	S	SM	D	D	P	S	SM
1977/1978	21			8	10	4	1			1
1978/1979	29			12	16	9	29			1
1981/1982	31			12	31	12	30			1

Années	Annaba			Skikda			Bejaia		
	D	D	P	S	SM	D	D	P	S	SM
1947/1948	1			23						
1994/1995	52			5	51	5	50			6

Années	Annaba			Skikda			Bejaia		
	D	D	P	S	SM	D	D	P	S	SM
1985/1986	1			9	19	7	1			20
1972/1973	1			30	1	12	1			16



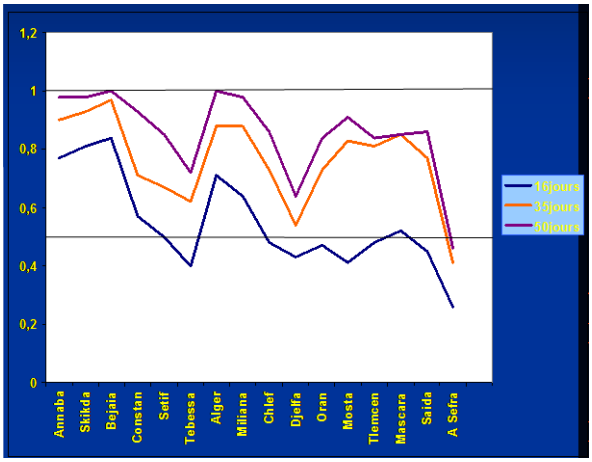
Années	ALGER				MILIANA				CHLEF				DEJLFA			
	D	D	P	S	SM	D	D	P	S	SM	D	D	P	S	SM	
1940/1941	1			9	1	11	1			12	*				4	
1945/1946	*			4	13	11	14			17	13				11	
1951/1952	1			8	1	8	1			8	1				8	
1953/1954	1			18	1	19	1			17						
1957/1958	1			9	1	3	9			11	*				*	
1958/1959	1			14	1	13	1			13	*				*	
1975/1976	4			8	4	8	5			8	6				12	
1976/1977	3			5	1	4	1			7	7				15	
1982/1983	11			9	15	9	10			9	11				9	
1984/1985	1			9	1	9	1			11	1				13	

Années	ALGER				MILIANA				CHLEF				DEJLFA			
	D	D	P	S	SM	D	D	P	S	SM	D	D	P	S	SM	
1942/1943	*			*		27	8		27		9	*				
1973/1974	32		6	34		6	35		8	35		1				
1977/1978	21		10	24		13	25		9	25		1				
1985/1986	19		6	19		6	27		12	19						

Années	ALGER				MILIANA				CHLEF				DEJLFA			
	D	D	P	S	SM	D	D	P	S	SM	D	D	P	S	SM	
1949/1950									59		6		1		29	
1950/1951	40		4						54		9		36		81	
1960/1961	39		3	39		3	40		4	48		11				
1972/1973	1		30	1		27	*			14		98			18	
1981/1982	34		10	53		15	53		15	54		*				

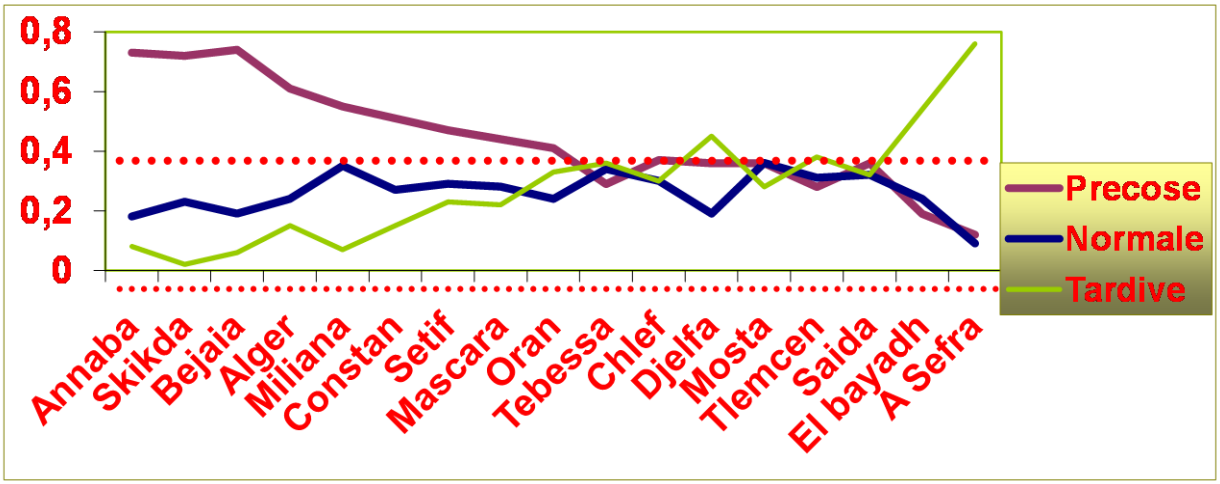
Années	ALGER				MILIANA				CHLEF				DEJLFA			
	D	D	P	S	SM	D	D	P	S	SM	D	D	P			
1954/1955	1			13	11	17	11			20	*					
1980/1981	1			11	33	11	*			23	15			9		
1983/1984	4			9	19	8	22			16	71			20		

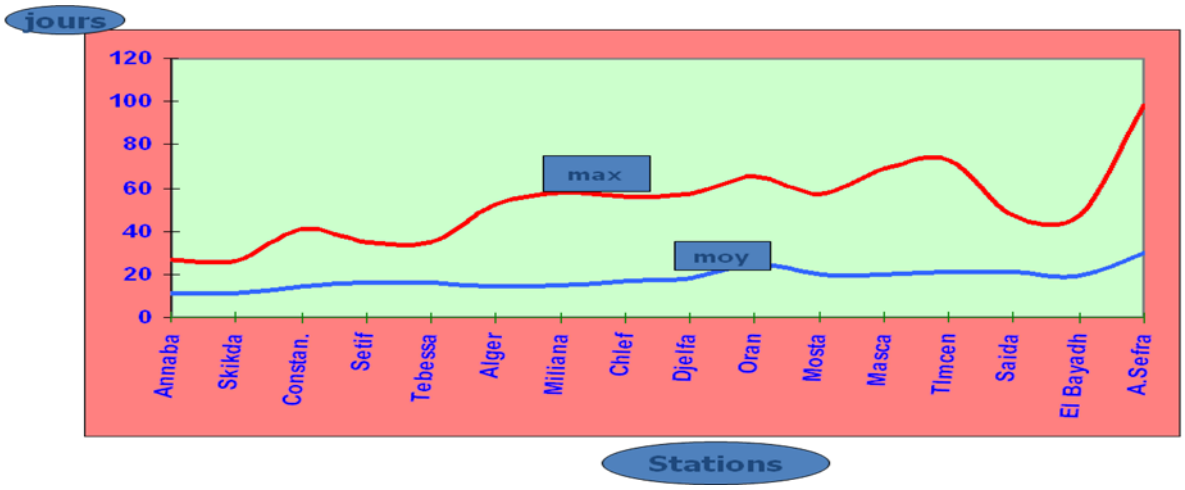
Probabilités des dates de début de pluie avant le 31 octobre, le 20 novembre et le 4 décembre



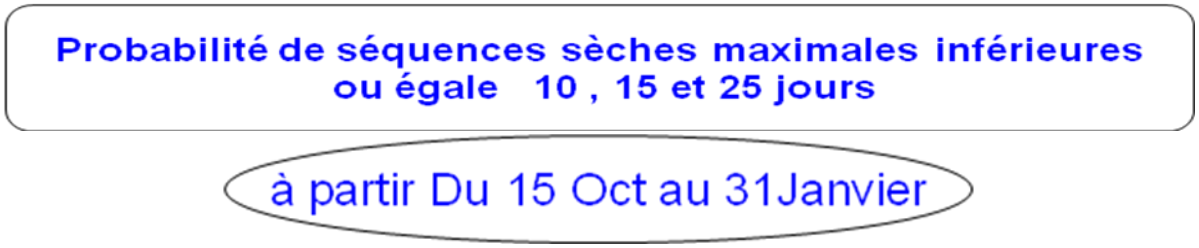
	16jours	35jr s	50jours
Annaba	0.77	0.9	0.98
Skikda	0.81	0.93	0.98
Bejaia	0.84	0.97	1
Constantine	0.57	0.71	0.93
Sétif	0.5	0.67	0.85
Tebessa	0.4	0.62	0.72
Alger	0.71	0.88	1
Miliana	0.64	0.88	0.98
Chlef	0.48	0.73	0.86
Djelfa	0.43	0.54	0.64
Oran	0.47	0.73	0.84
Mostaganem	0.41	0.83	0.91
Tlemcen	0.48	0.81	0.84
Mascara	0.52	0.85	0.85
Saida	0.45	0.77	0.86
A. Sefra	0.26	0.41	0.46

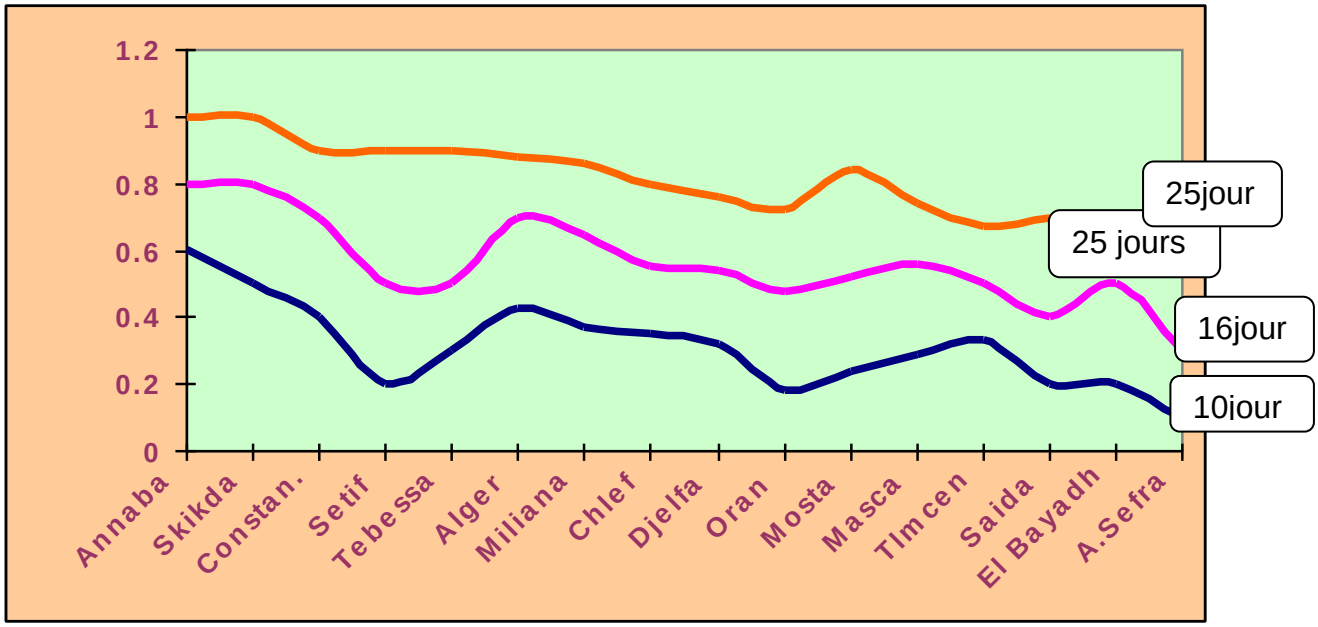
Probabilités des dates de début de pluie

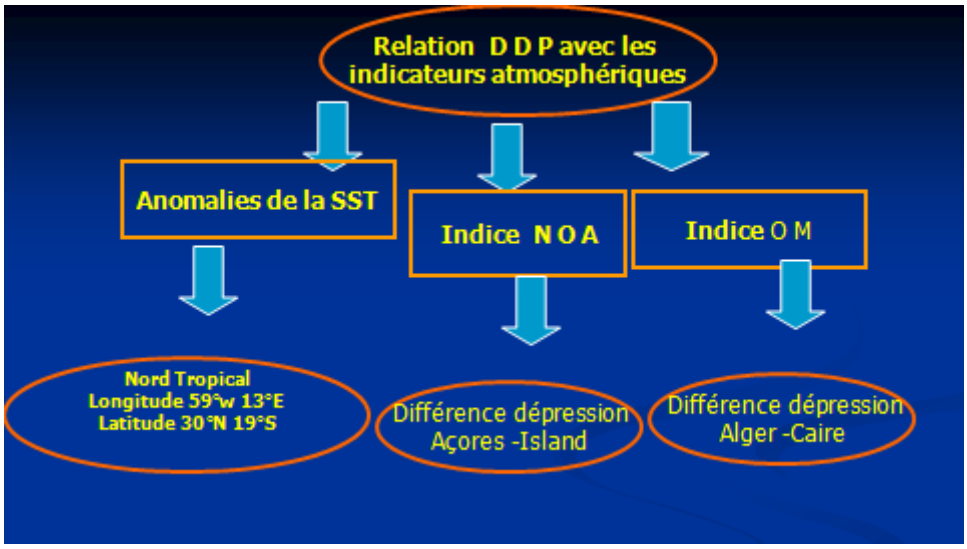




Séquences sèches maximales et moyennes à partir du 15 oct au 31 janvier




1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
Annaba
Skikda
Constan.
Setif
Tebessa
Alger
Miliana
Chlef
Djelfa
Oran
Mosta
Masca
Tlmcen
Saida
El Bayadh
A.Sefra
25jour
25 jours
16jour
10jour


Relation D D P avec les indicateurs atmosphériques
Anomalies de la SST
Indice N O A
Indice O M
Nord Tropical
Longitude 59°w 13°E
Latitude 30°N 19°S
Différence dépression Açores -Island
Différence dépression Alger -Caire

Régionalisation

Deux zones distinctes

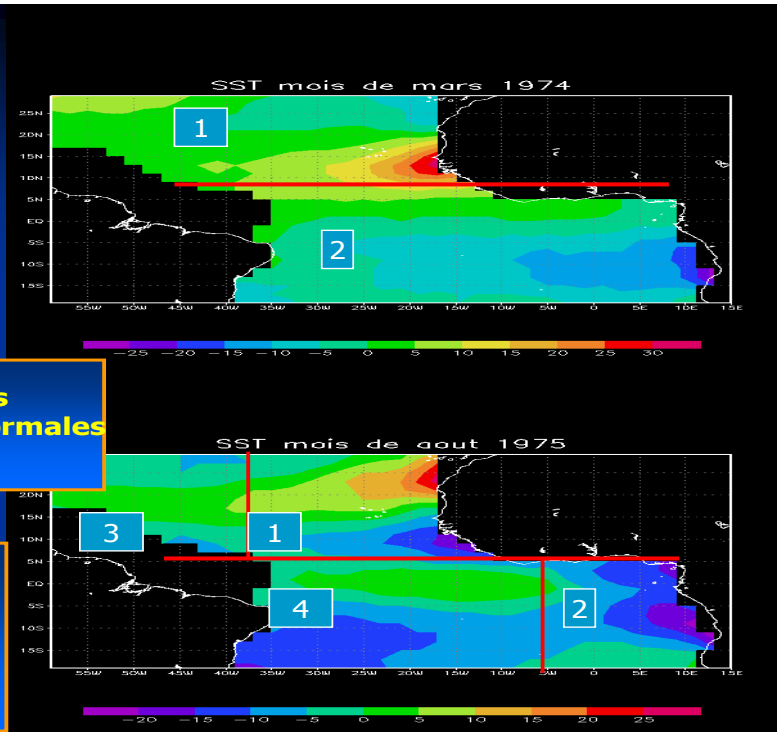
Nord –sud, pour tout les mois de l'année.

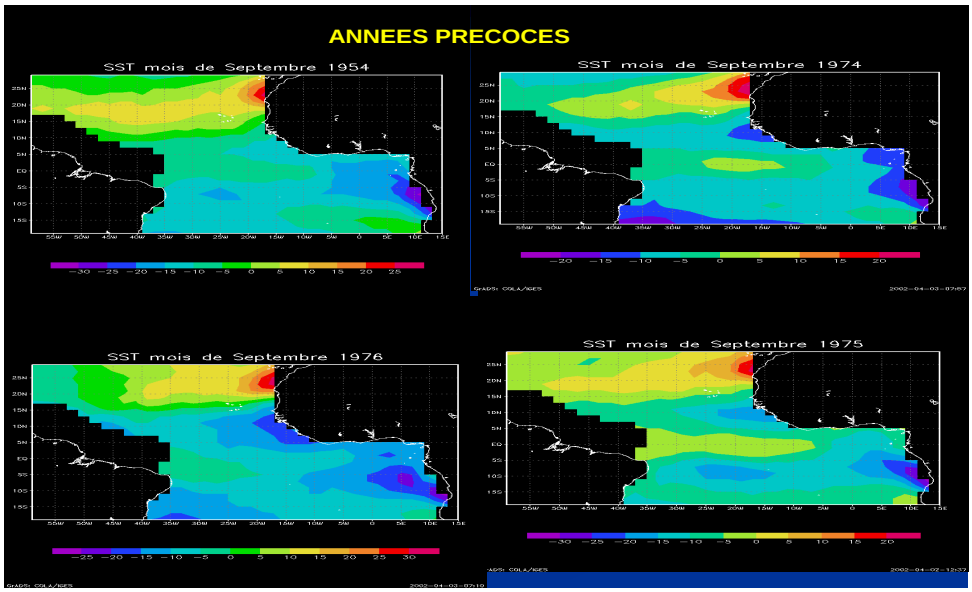
Anomalies de Signes opposés.

• Deux autres zones, selon l'intensité des anomalies sont déterminées

Analyse avec les années Caractéristiques précoces, normales et tardives

1) Variation de l'intensité des anomalies
2) Position des noyaux.
3) Intensité des noyaux d'anomalies





Années Précoces : 1954, 1974, 1975, 1976 1984 et 1997

* La structure des anomalies sont inclinées selon un axe bien défini Ouest – Est et Nord – Sud .

* les centres des noyaux sont bien marqués

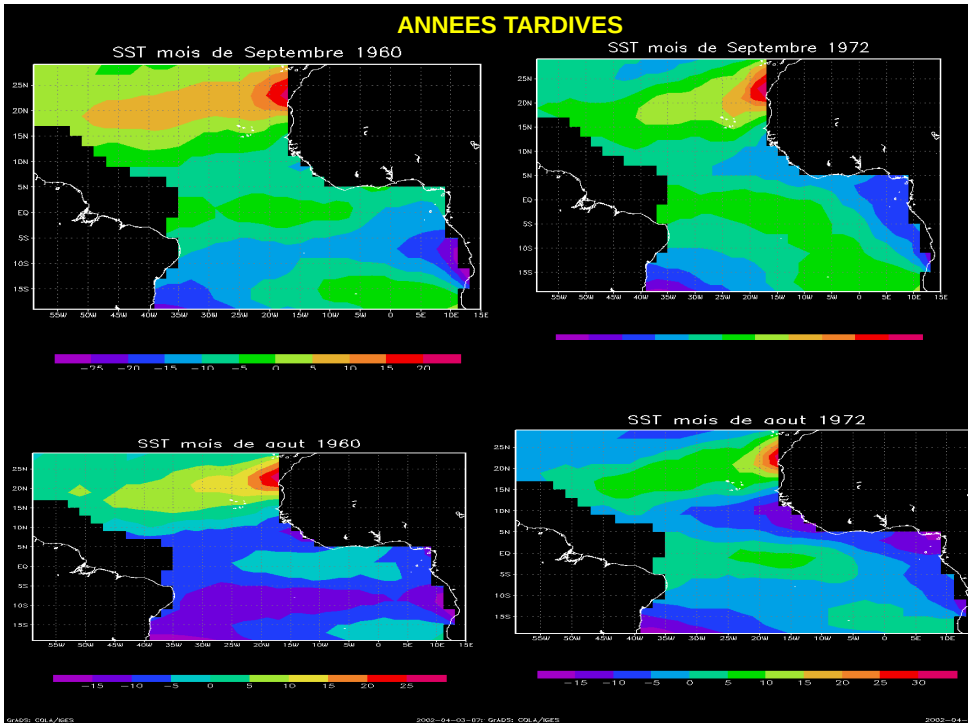
Régions 1, 3 : Les anomalies de la SST sont légèrement positives durant les mois de Septembre est présentent une structure sensiblement zonale.

Région 2,4 : les valeurs sont négatives est inférieurs aux valeurs de la zone 1,3

Les noyaux positifs et négatifs sont positionnés au niveau des côtes et diamétralement opposés.

Pour les mois d'été la distribution de ces anomalies est la même pour toute la saison (Août, Juillet et Juin) les valeurs sont fortement négatives dans la région 2,4 et elles ont une tendance à la baisse dans la région 1,3.

Le noyau négative prend une grande étendue au Sud pendant toute la saison, d'été et diminue d'ampleur et d'intensité à partir du mois de Mai.



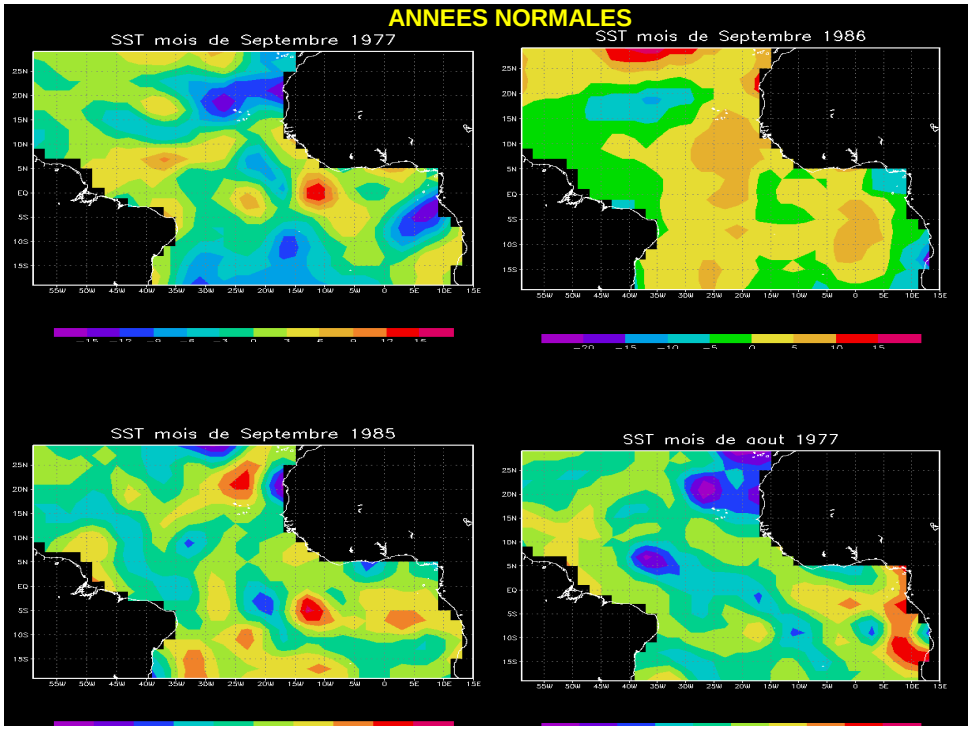
Années Tardives 1947, 1960, 1972, 1981, 1994

Presque la même structure zonale des anomalies, les centre des noyaux sont bien marquées au Nord et au Sud prés des côtes néanmoins le noyau positive est faible pour les mois d'été.

Régions 1, 3

Les Anomalies de la SST sont positives durant les mois de Septembre et présentent une tendance à la baisse en allant vers le Sud. Les anomalies sont supérieures aux valeurs des années précoces.

La répartition de ces anomalies pour la saison d'été est relativement la même que les années précoces une tendance à la baisse assez marquée dans la région 2,4 et gagne la zone 1, 3.

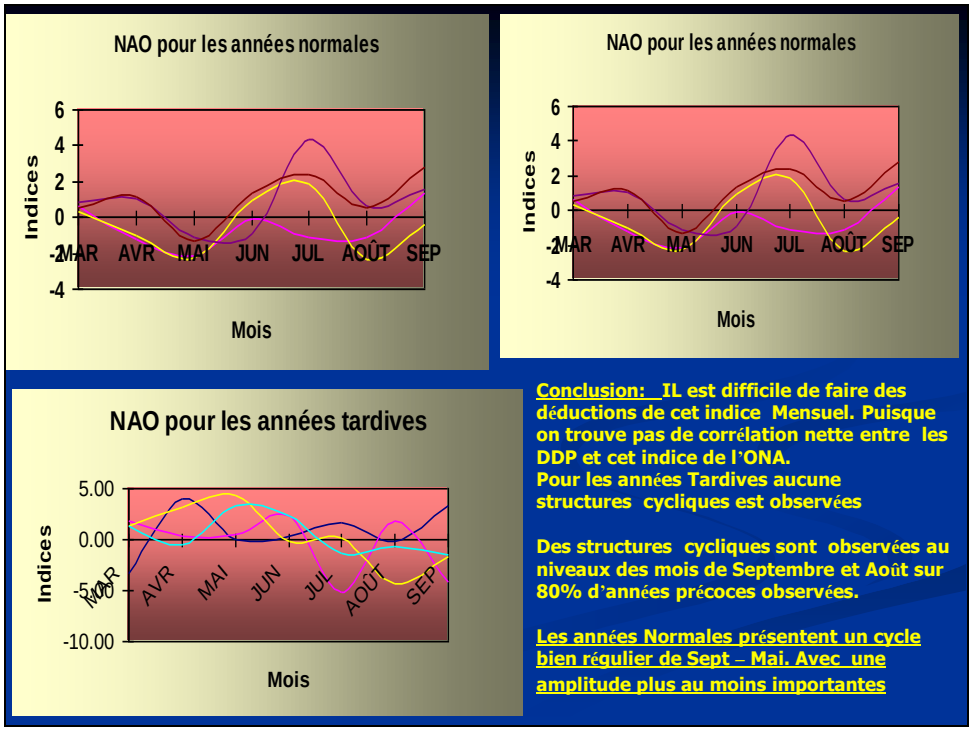


Années Normales 1977 , 1985, 1986, 1998

Les anomalies de la SST ne présentent pas la même structure zonale il existe une variabilité de la répartition spatiale et création de plusieurs et important noyaux un peu partout dans toute la région d'étude.

L'alternance de structures de signe opposé avec les noyaux négatives dans la région 1, [20-15° N et 17-2°W], et la cellule positive dans la région 2, et cela durant la saison d'été.

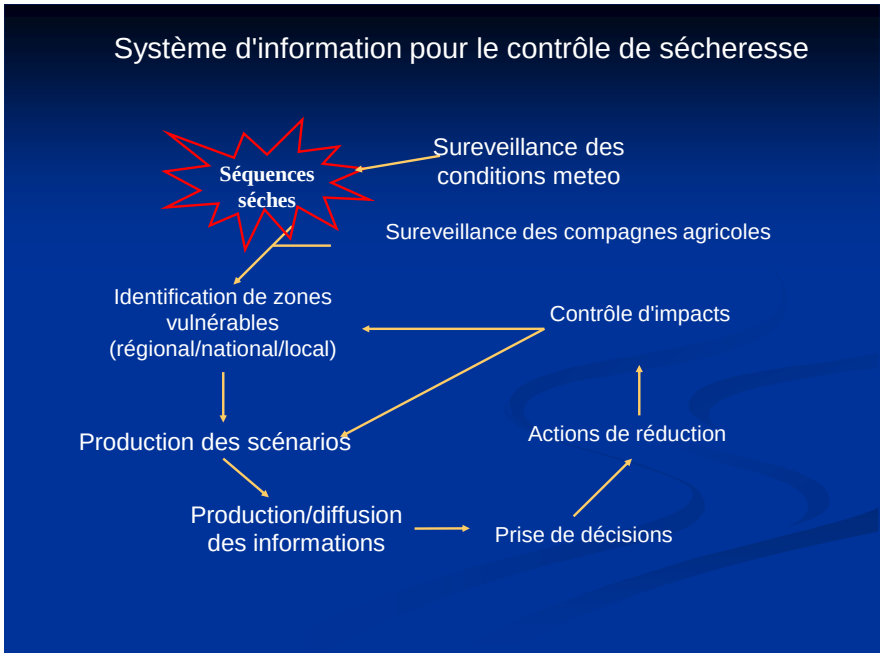
Les Anomalies de la SST présentent des valeurs assez faibles par rapport aux années précoces et tardives.



SI LA SECHERESSE EST PREVISIBLE, ALORS QUE FAIRE ?

RELATIONS AVEC USAGERS

RECHERCHE DEVELOPPEMENT



Que peut-on alors prédire ?
INFORMATION TRADITIONNELLE (moyennes, mesure de la variabilité) plus simple prévision mais avec l'évolution du climat, qui s'ajoute à la variabilité naturelle , comment l'exploiter ?
MODELISATION
Modèles Numériques Globaux
Modèles statistico-dynamiques
Modèles empiriques

PREVISION SAISONNIERE
Que va-t-il se produire le mois prochain, la saison prochaine et quelles mesures faudra-t-il envisager pour non seulement s'adapter à ce phénomène naturel, récurent mais aussi pour permettre d'adapter :
= le plan de gestion des réserves en eaux
= le stock disponible et la prévision (d'importation) de denrées alimentaires vitales et surtout l'opportunité d'une décision.
= le schéma d'irrigation etc…

QUELLES MESURES PRECONISEES ?
PRISE EN CHARGE DES ATTENTES DES UTILISATEURS ?

- La prévision saisonnière qui donne une estimation qualitative de la pluviométrie pendant les saisons d'automne et d'hiver considérés comme les mois où on recueille les 80% de la pluviométrie annuelle.
- Prévisions de la moyenne de certains paramètres (températures, précipitations) sur une durée de plusieurs mois (une saison).
- Echelle de temps de l'ordre de 3 à 4 mois
- Résolution spatiale (~300km)
- Prise en compte de phénomènes différents :
- Température de surface de l'océan
- Manteau neigeux
- Prévision d'ensemble
- Performances :
- Prévisions d'anomalies saisonnières
- Températures plus prévisibles que les précipitations
- Meilleure prévisions dans les zones tropicales

Conclusion:

Si, l'utilisation de l'information météorologique est déjà bien intégrée dans la gestion de plusieurs activités opérationnelles, il reste , cependant des distances à parcourir pour certains aspects de la planification , de l'aménagement du territoire, des travaux locaux….dont les schémas d'exploitation et de planification peuvent sensiblement bénéficier de la prise en compte de l'information météorologique et climatologique adéquate.

- Identifiez comment l'ONM, les utilisateurs et d'autres
- acteurs peuvent agir réciproquement pour identifier
- les informations et les produits élaborés pour faire

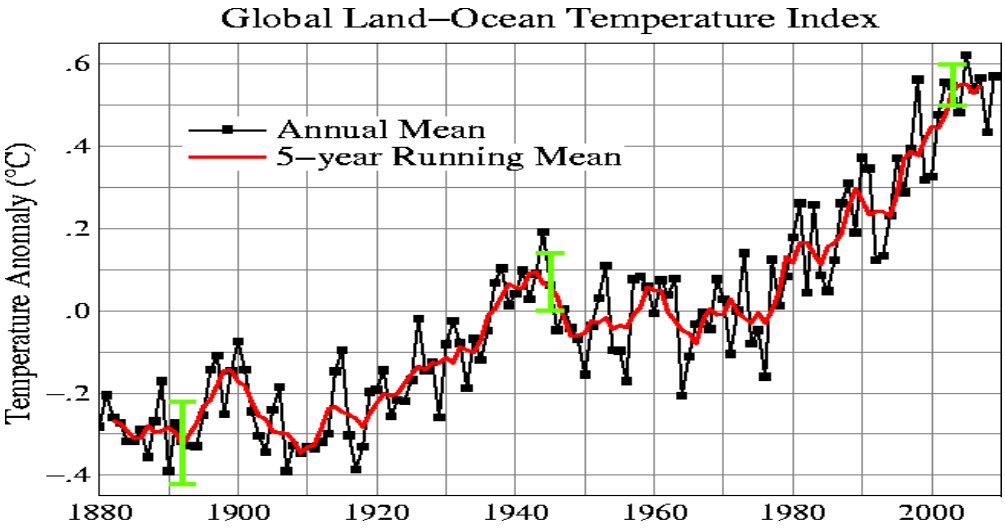
- des projections et des scénarios dans le futur.

L'AUGMENTATION DE LA SECHERESSE DE SAISON CHAUDE DANS LE BASSIN MEDITERRANEEN A LA FIN DE CE SIECLE

Annick DOUGUEDROIT - Université de Provence

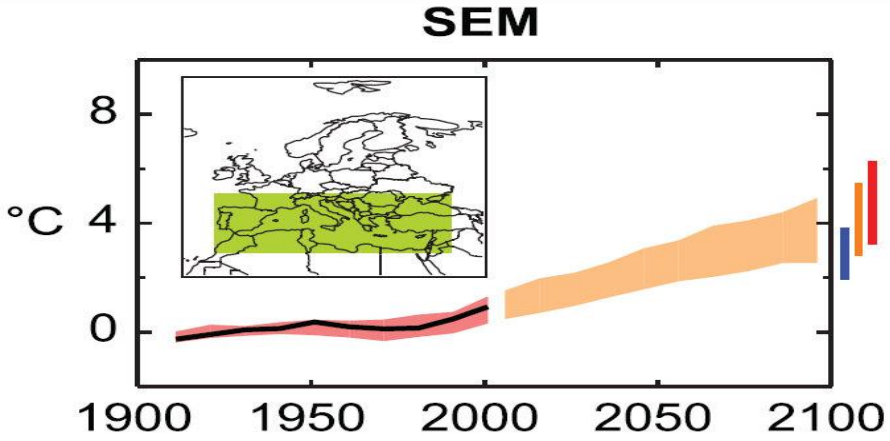
- La sécheresse estivale ou de saison chaude: caractéristique majeure du climat dit « méditerranéen »
- Le bassin méditerranéen est unanimement considéré comme l'un des « points chauds » du changement climatique
- L'été devrait subir les variations très importantes des températures et des pluies.

1 . LE RECHAUFFEMENT ACTUEL

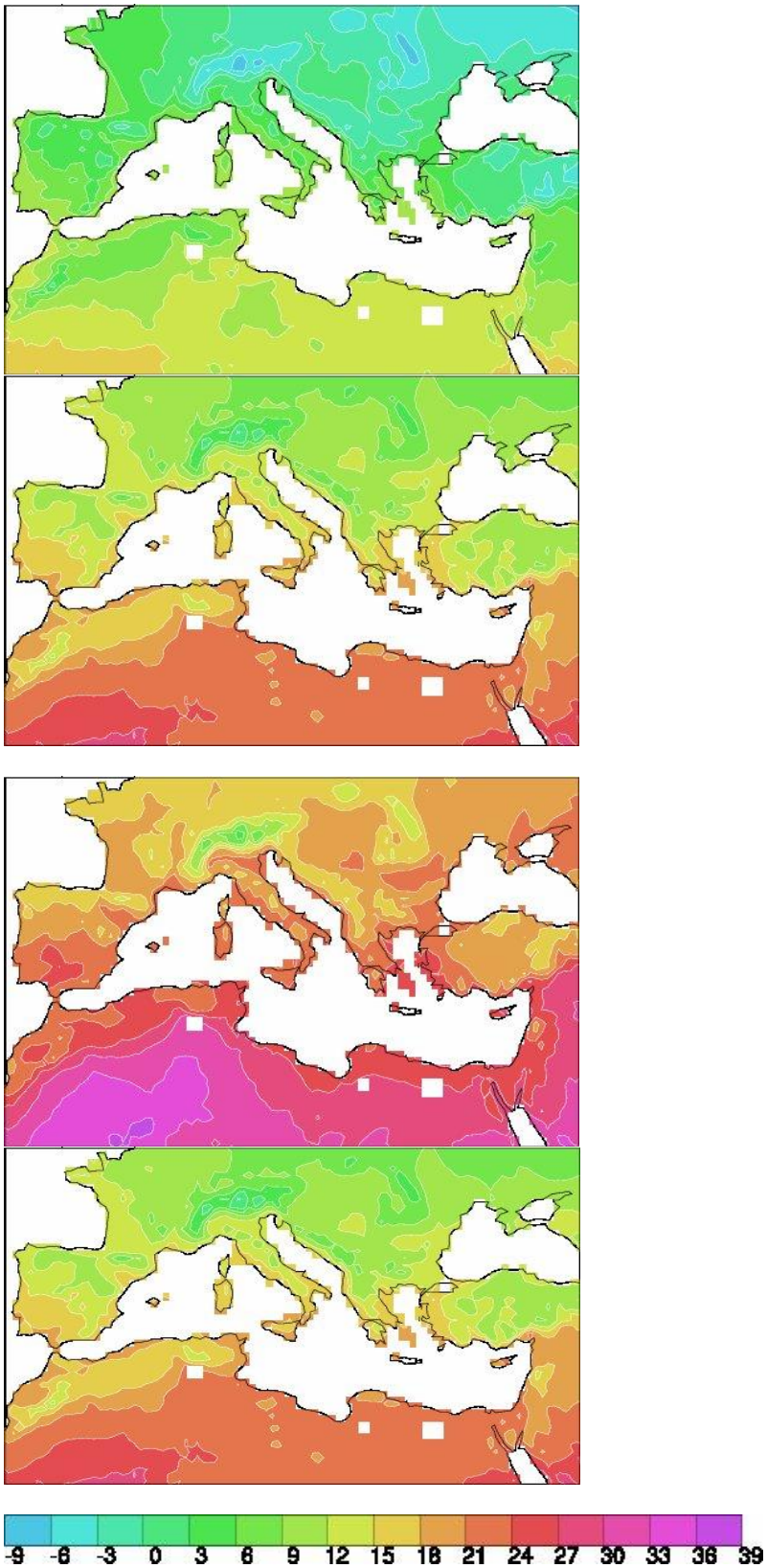


Températures moyennes mondiales (1880-2009) par rapport à 1951-1980 NASA 2010

Qu'en est-il en région méditerranéenne?

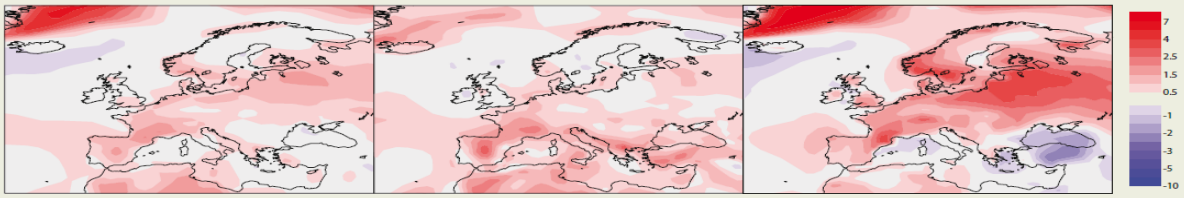


Scénario A1B:Temperatures des terres (noir) Températures simulée (rose) pour 1906-2000 Températures simulée pour 2091-2100 . A droite: les scenarios B1, A1B et A2 **(GIEC, 2007)**



Température saisonnière moyenne (°C): Hiver (Haut gauche:DJF), Printemps (Haut droit), Eté (Bas droit,JJA) et Automne (Bas gauche,SON) **Données 1961-1990 du Climate Research Unit (CRU) (New et al.2000). Douguedroit et Lionello, 2010**

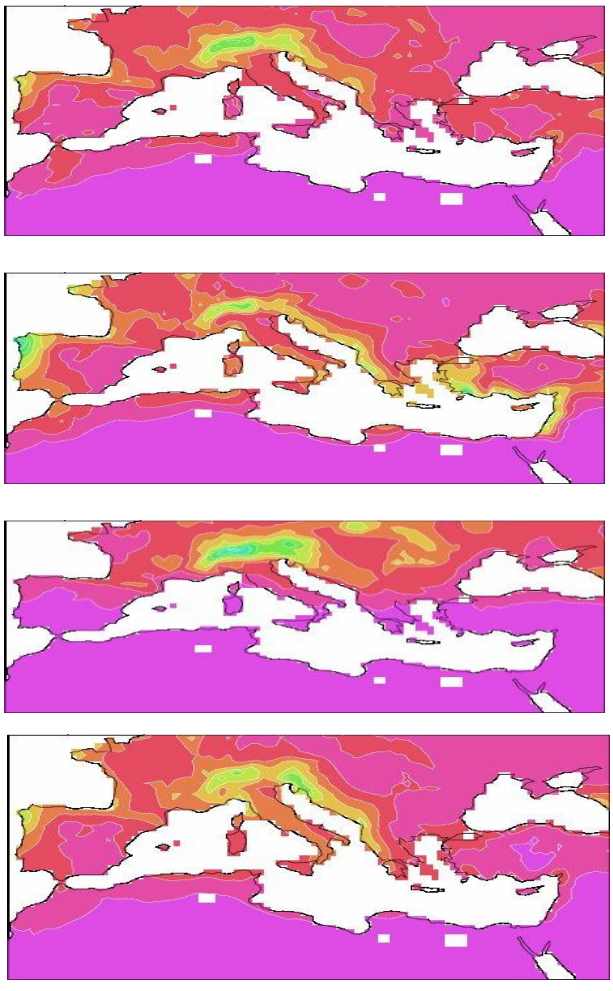
Map 5.3 The linear trend in surface temperature over Europe 1958–2001



Note: Linear trend (°C/50 years) calculated from ERA-40 data for the period 1958 to 2001. The left panel is for the annual change, the central panel for summer (JJA) and the right panel for winter (DJF).

Source: European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF), ERA-40 Global Atmospheric Reanalysis, (http://www.ecmwf.int).

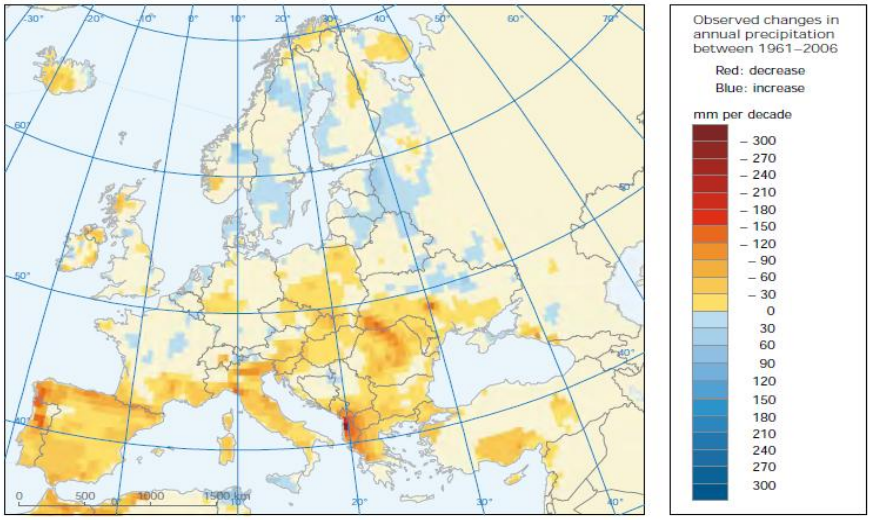
Tendances des températures en Europe (1958-2001)
Année (gauche), été (centre) et hiver (droite)
Les étés « exceptionnels » du début du siècle : 2003: Europe occidentale, 2005: Péninsule ibérique ; 2007: Balkans ….



Précipitations saisonnières moyennes (mm):
Hiver (Haut gauche:DJF), Printemps (Haut droit), Eté (Bas droit,JJA) et Automne (Bas gauche,SON)

Données 1961-1990 du Climate Research Unit (CRU) (New et al.2000).
Douguedroit et Lionello, 2010

Map 5.4 Observed changes in annual precipitation 1961–2006

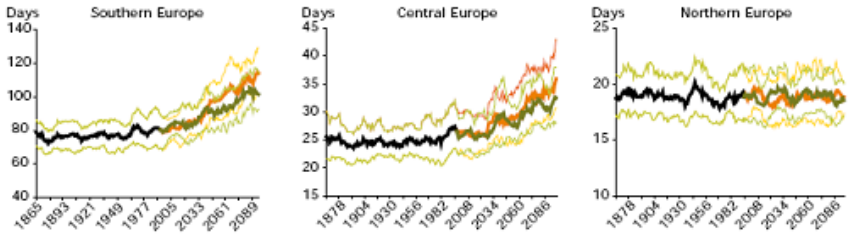


Note: Data are in mm per decade, blue means an increase, red a decrease. The observations indicate that large decadal scale variability in precipitation amount is superposed on the long time scale trends described above. This variability is partly related to the decadal scale variability in atmospheric circulation anomalies (see Box 5.1). Calculating trends over shorter time periods may therefore lead to different results.

Source: The climate dataset is from the EU-FP6 project ENSEMBLES (http://www.ensembles-eu.org) and the data providers in the ECA&D project (http://eca.knmi.nl).

Tendance des précipitations annuelles (1961-2006)
JRC 2008

Figure 5.5 Simulated land average maximum number of consecutive dry days for different European regions (1860–2100)

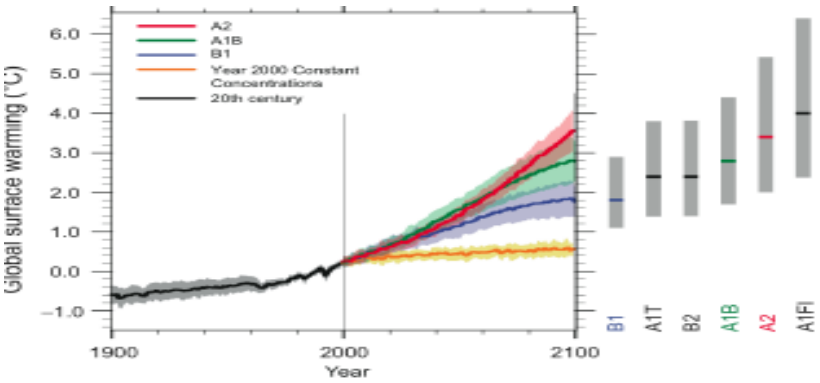


Note: The 20th century (black), models simulations for IPCC SRES intermediate A1B (orange) and low B1 (green) emission scenarios. The respective ensemble means are displayed. The minimum and maximum of the ensemble members are indicated by thin green (B1) and yellow (A1B), respectively. Data are smoothed by 10-year running means.

Source: Sillmann and Roeckner, 2008.

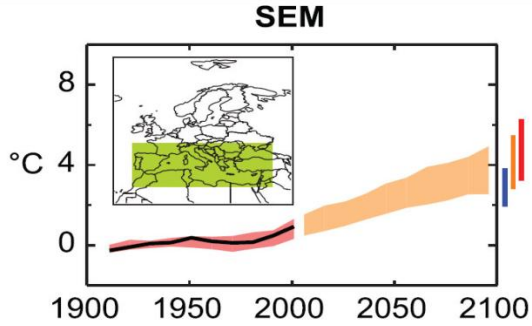
Nombre maximum moyen de séquences de jours secs (simulations)
JRC 2008

2. LE CHANGEMENT CLIMATIQUE



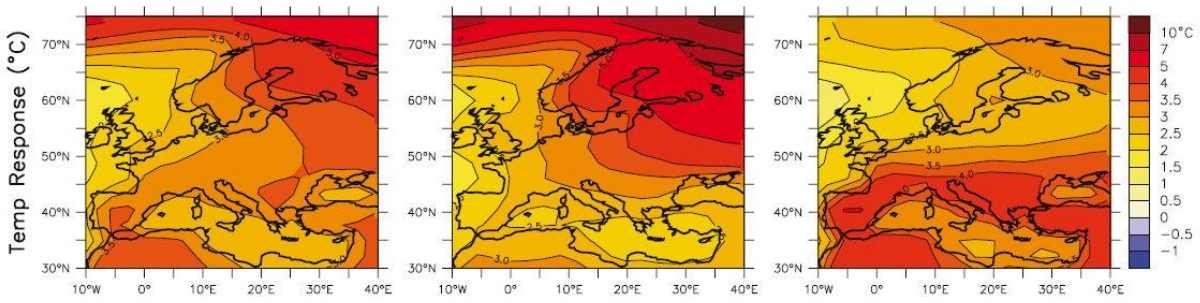
Températures moyennes mondiales simulées
B1: +1.8°C, B2: +2.4°C , A1B: +2.8°C, A1T: 2.4°C, A2: +3.4°C et A1FI: +4.0°C

Conséquences très probables (90 à 99 % de chance de se produire:
La quasi totalité des zones terrestres se réchauffent plus que la moyenne
Une augmentation du nombre de jours chauds et de vagues de chaleur (GIEC, 2007)



Scénario A1B:Temperatures des terres (noir)
Températures simulées (rose) pour 1906-2000
Températures simulées pour 2091-2100
A droite: scenarios B1, A1B et A2
(GIEC, 2007)

Réchauffement simulé (GIEC 2007)



Note: Left: annual; middle: winter (DJF); right: summer (JJA) changes in °C for the IPCC-SRES A1B emission scenario averaged over 21 models (MMD-A1B simulations).

Source: Christensen *et al.*, 2007. Published with the permission of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

A1B moyenne annuelle moyenne hivernale moyenne estivale
A1B: +2.8°C (+1.7°C to +4.4°C)

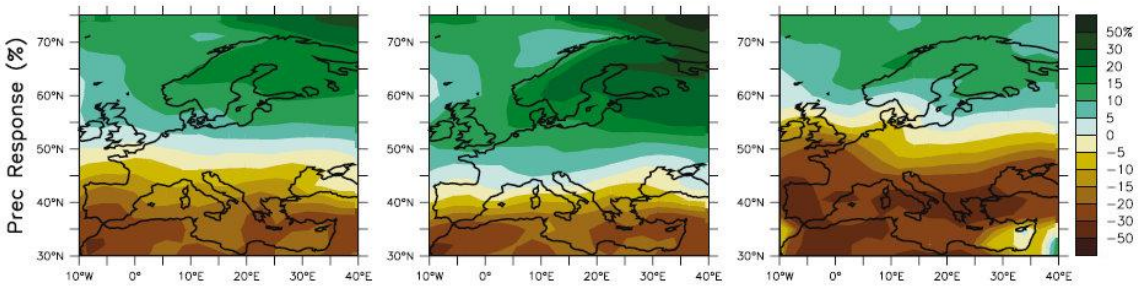
Augmentation des températures simulées pour le scénario A1B (fin du 21è siècle):

	Année	Hiver (DJF)	Printemps (MAM)	Eté (JJA)	Automne (SON)
SEM 4AR-WG1	**+3.5°C (3.0°C to 4.0°C)**	**+2.6°C (2.5°C to 3.3°C)**	**+3.2°C (3.0°C to 3.5°C)**	**+4.1°C 3.7°C to 5.0°C)**	**+3.3°C (2.8°C to 4.0°C)**
Continents G et L, 2007		**+3.1°C +/- 0.7°C**	**+3.4 +/- 0.68°C**	**+4.7 +/- 1.04°C**	**3.8°C +/- 0.88°C**
Mer G et L, 2007		**+2.7°C**	**+2.8°C**	**+3.8°C**	**+3.3°C**
Europe Méridionale G et C, 2009		**+2.7°C +/- 0.7°C**	**+2°9C +/- 1.7°C**	**+3.9 +/-1.0°C**	**+3.3°C +/- 0.8°C**

SEM (GIEC, 2007) : augmentation de la médiane et des quartiles 25% and 75% pour les continents et la mer (Giorgi et Lionello 2007)
Augmentation moyenne avec écart-types pour l'Europe méridionale Southern Europe (Giorgi and Coppola 2009)

Précipitations simulées: scénario A1B

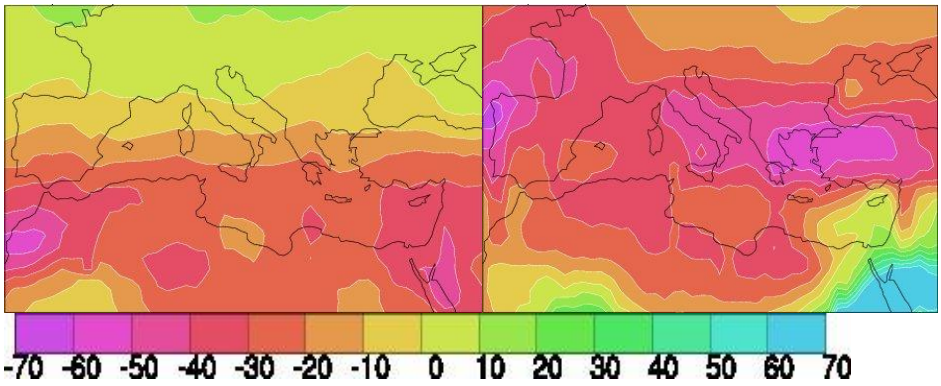
Map 5.5 Modelled precipitation change between 1980–1999 and 2080–2099



Note: Left: annual; middle: winter (DJF); right summer (JJA) changes % for the IPCC-SRES A1B emission scenario averaged over 21 models (MMD-A1B simulations).

Source: Christensen *et al.*, 2007. Published with the permission of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

A1B moyenne annuelle moyenne hivernale moyenne estivale (GIEC 2007)

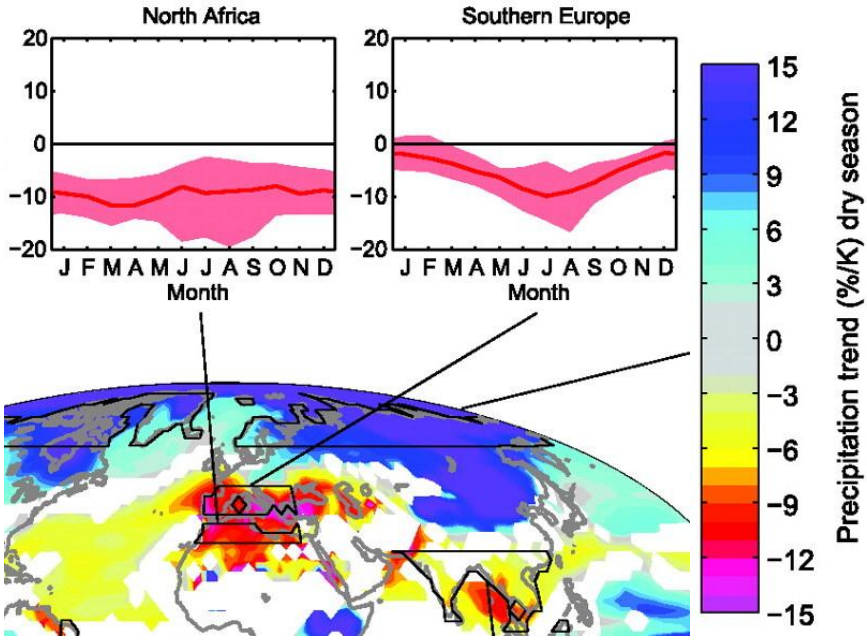


Douguedroit et Lionello, 2010

Diminution des précipitations simulées pour le scénario A1B (fin du 21è siècle)

	Year	Winter (DJF)	Spring (MAM)	Summer (JJA)	Autumn (SON)
SEM 4AR-WG1	-12% (-6 to -9%)	-6% (-10% to -1%)	-16% (-17% to -8%)	-24% (-35% to -14%)	-12% (-16% to -9%)
Continents G et L, 2007		-8% +/-6.5%	-14% +/- 7.5%	-28%+/-13.5%	-15% +/-8%
Mer G et L, 2007		-18%	-20.5%	-31%	-16%
Europe Méridionale G et C, 2009		-17% +/- 17%	-23% +/-17%	-29% +/-26%	-18% +/-20%

SEM (GIEC, 2007)
Diminution de la médiane et des quartiles 25% and 75% pour les continents et la mer (Giorgi et Lionello 2007)
Diminution moyenne avec écart-types pour l'Europe méridionale (Giorgi and Coppola 2009)



Evolution simulée par degré d'augmentation des températures
(Solomon et al, 2009)

Changements des températures et des précipitations (moyennes et écart-types) Europe méridionale septentrionale
(Giorgi et Coppola, 2009)

Températures

Précipitation

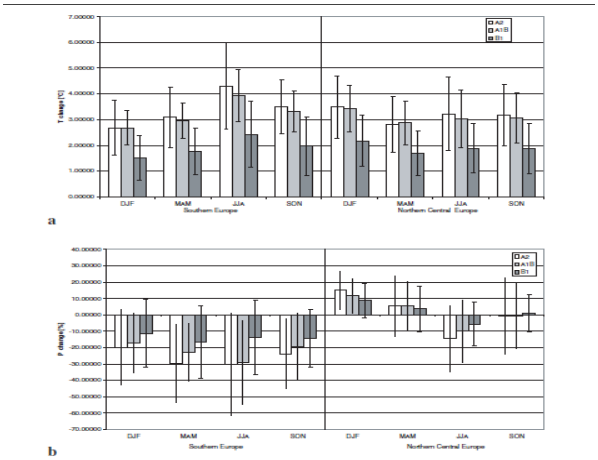
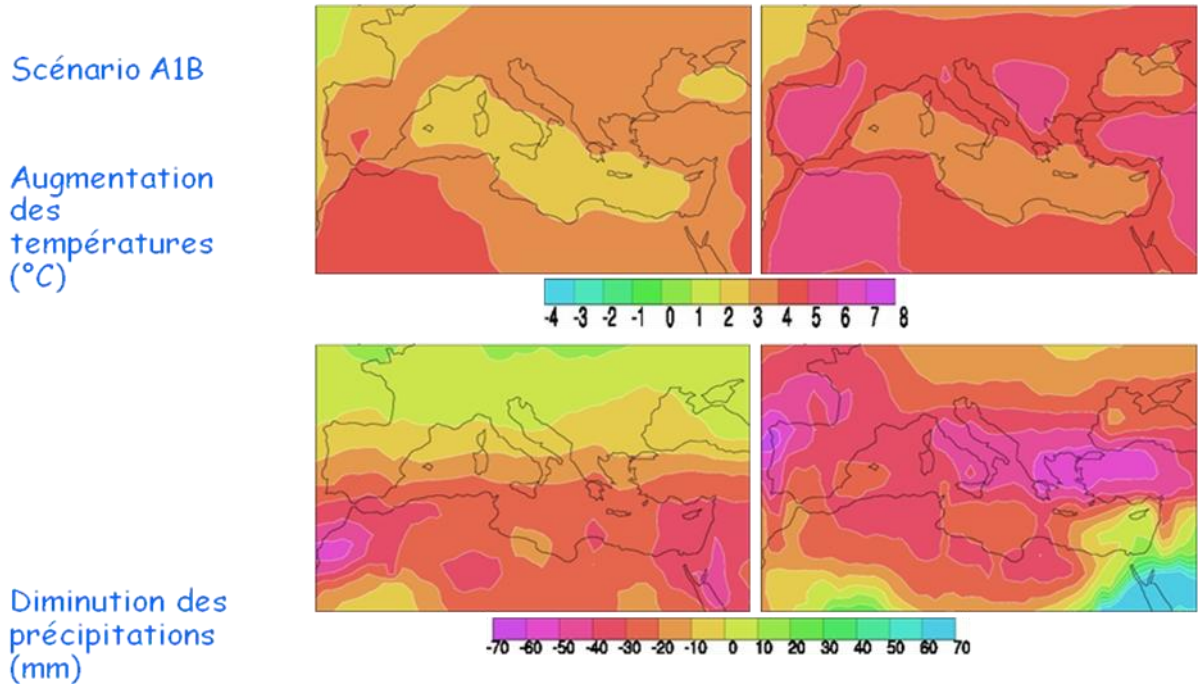


Fig. 7. Ensemble average temperature (°C, panel *a*) and precipitation (%, panel *b*) changes over the Northern Central Europe (left) and Southern Europe (right) regions for the A2, A1B and B1 scenarios. For each mean change value the corresponding inter-model standard deviation of the changes is reported.

3. LA SECHERESSE ESTIVALE



Distribution des probabilités des écarts de températures (à gauche) et de précipitations (à droite) en Europe méridionale **(d'après Giorgi and Coppola, 2009)**

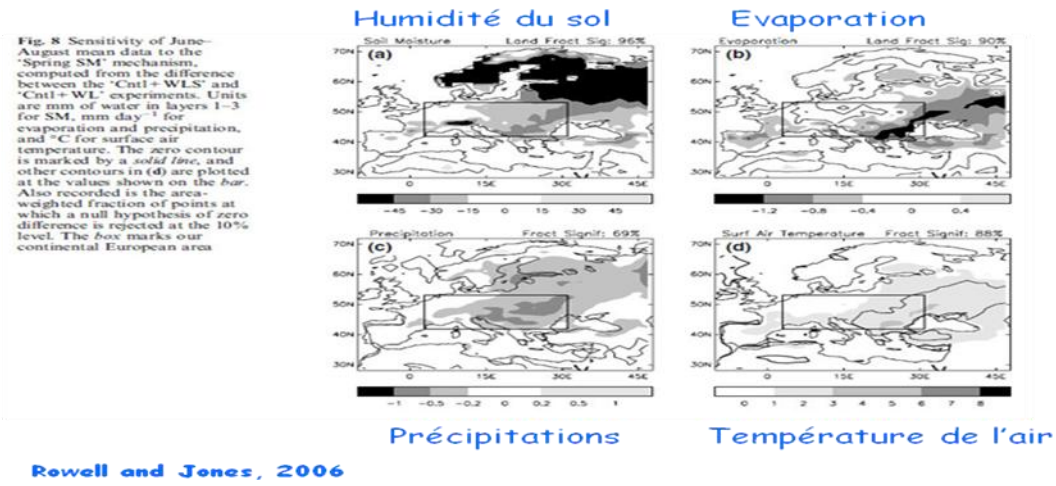


Fig. 8 Sensitivity of June–August mean data to the 'Spring SM' mechanism, computed from the difference between the 'Cntl+WLS' and 'Cntl+WL' experiments. Units are mm of water in layers 1–3 for SM, mm day^{-1} for evaporation and precipitation, and °C for surface air temperature. The zero contour is marked by a *solid line*, and other contours in (**d**) are plotted at the values shown on the *bar*. Also recorded is the area-weighted fraction of points at which a null hypothesis of zero difference is rejected at the 10% level. The *box* marks our continental European area

Rowell and Jones, 2006

CONCLUSION

Les scénarios simulent pour la saison chaude à la fin du 21è siècle:
- une importante hausse des températures estivales accompagnée d'un accroissement des vagues de chaleur en fréquence, force et durée avec des températures extrêmes augmentant plus que la moyenne la diminution de l'humidité du sol dès le printemps joue un rôle, au moins partiel, dans cette augmentation des températures.
- Une diminution des précipitations la plus importante des 4 saisons avec une diminution des pluies les plus fortes et une augmentation du nombre des faibles averses.
- Les deux phénomènes associés seraient à l'origine de sécheresses plus sévères qu'actuellement, susceptibles de commencer au printemps, même sur les rives européennes, la cause principale en serait le développement de situations anticycloniques, le réchauffement et la diminution des pluies au printemps provoquerait une diminution de l'humidité du sol renforçant l'augmentation de la température estivale.

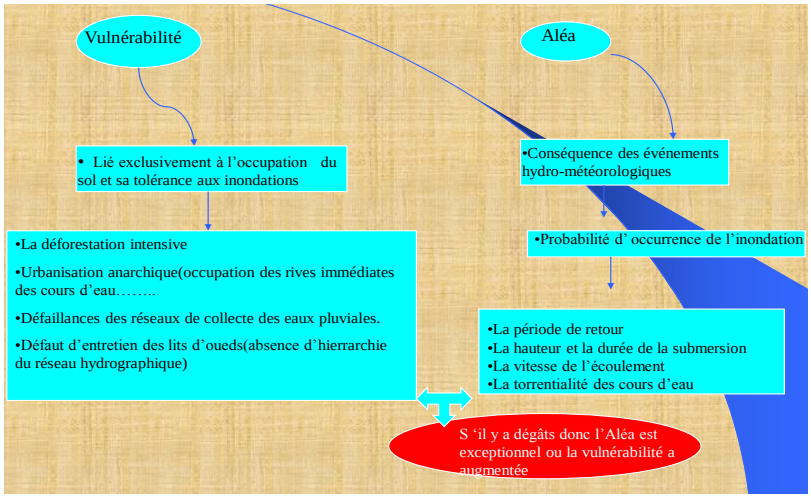
LES RISQUES MAJEURS LIES A L'EAU

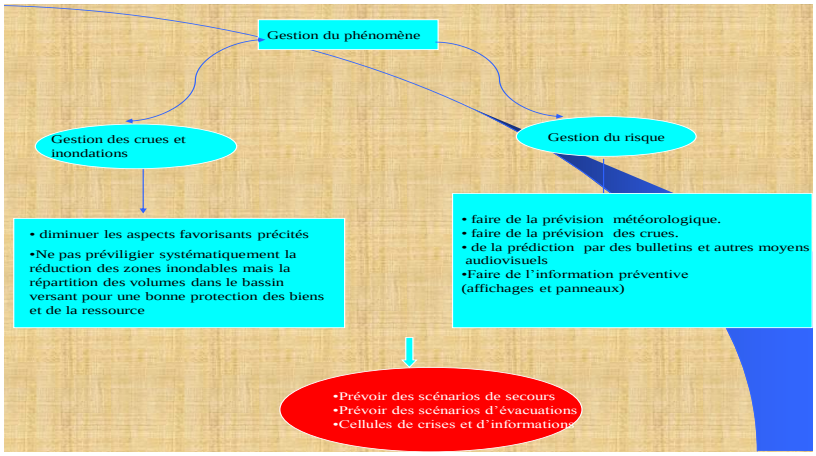
Larbi BEHLOULI
Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

Les catastrophes naturelles les plus fréquentes et les plus dévastatrices en Algérie sont dues aux inondations.

Elles atteignent parfois l'ampleur d'une catastrophe nationale telles que: les inondations de l'automne 1969 en Algérie et en Tunisie, les inondations catastrophiques de Mars 1973 sur l'Est Algérien, les inondations de Mars 1974 des bassins versants de l'Algérois et du Sebaou, les inondations de Décembre 1984 sur tout l'Est Algérien ou celles du 9 et 10 novembre 2001 sur la cote Algéroise.

Il n'existe pas de régions prémunies contre ce risque, ces événements sont imprévisibles dans le temps et dans l'espace et elle constitue une contrainte majeure pour le développement économique et social,
Le risque inondation est un croisement entre la vulnérabilité et l'aléa.





Un risque naturel c'est la rencontre d'un aléa et d'une vulnérabilité
Tant que l'homme fut impuissant à agir sur l'aléa, Il se contenta de réduire au maximum sa vulnérabilité Le développement économique des vallées amena progressivement l'homme à

vouloir agir sur l'aléa même afin de réduire son exposition aux risques tout en augmentant sa vulnérabilité.
La première manière de diminuer l'aléa est de se protéger, afin de réduire son exposition aux phénomènes extrêmes.
Ce fut la justification de toutes les politiques de protection contre les inondations.
- protections localisées :
- digues longitudinales
- barrages écrêteurs
Cette politique de protection fut pendant longtemps la seule mise en œuvre.
Elle finit par trouver ses limites dans :
-la multiplication des conflits amont-aval, entraînant une « spirale » de l'aménagement sans issue.
-la fausse sécurité induite par ces aménagements, conduisant à un surdéveloppement des zones exposées et une vulnérabilité grandissante aux évènements extrêmes.
Une certitude doit s'imposer : Le risque Zéro n'existe pas
L'autre manière de réduire l'aléa est d'en prévoir son occurrence afin de prendre les mesures nécessaires pour en limiter les conséquences humaines et économiques d'où la mise en œuvre de politiques d'alerte et de prévision**.**
L'alerte consiste à déclencher la mise en œuvre de moyens, lorsque certains paramètres physiques caractéristiques de la crue (intensité de la pluie, hauteur d'eau, débit…) dépassent des seuils préétablis.
Au-delà de la simple alerte, la prévision consiste à anticiper l'événement au maximum, afin de disposer d'un délai supplémentaire pour prendre les mesures nécessaires.
A partir d'informations télé transmises, un modèle mathématique, cœur du système de prévision, permet d'élaborer des scenarii d'évolution de crise à partir desquels différents niveaux d'alerte peuvent être donnés.
Mais l'alerte et la prévision touchent aussi leurs propres limites :
- il ne s'agit que de « parer au plus pressé »
- la prévision reste très difficile en cas d'événement hydrologique brutal (crue éclair).
C'est pourquoi une politique de prévention a été développée au cours des dernières années.
Il s'agit de revenir à des principes d'aménagement et d'urbanisme permettant de réduire la vulnérabilité des biens et des personnes.
En clair, limiter l'occupation du lit majeur des rivières et tout ce qui peut contribuer à accélérer le ruissellement des eaux et empêcher leur libre circulation
L'idée de prévention des risques majeurs a immergée suite au séisme du10 octobre 1980 de Chlef. Depuis le législateur algérien a élaboré plusieurs lois.
- La loi n° 01-20 du 12 décembre 2001 relative à l'aménagement et au développement durable du territoire.
-La loi n° 03 -10 du 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable .
- La loi n° 04 - 20 du 25 décembre 2004 relatif à la prévention des risques majeurs et la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable. La loi contient des prescriptions particulières en matière de prévention des inondations article 24 et 25.
Les Plans Généraux de Prévention des Risques d'Inondation (PGPR) :
Les outils réglementaires sont institués par la loi **n°04-20 du 25décembre 2004**) dans les **articles 16 – 18 – 24 -25**

- CREATION D'UNE DELEGATION DES RISQUES MAJEURS (en cours)

Les objectifs :

- La maîtrise de l'urbanisme
- La préservation des capacités d'écoulement et d'expansion des crues pour ne pas aggraver les risques dans les zones situées en amont et en aval
- Protection des biens et des personnes.

Le PPR approuvé vaut servitude d'utilité publique

- En résumé, la maîtrise du risque inondation passe par une série d'actions conjointes et concertées destinées à réduire à la fois l'aléa et la vulnérabilité.
- Une politique globale de lutte contre les inondations doit s'appuyer sur les « 3P » :
- **P**rotection, pour sécuriser l'habitat existant.
- **P**révision, pour anticiper l'événement et mieux gérer la crise.
- **P**révention, pour mieux maîtriser l'urbanisme et permettre un libre écoulement des eaux.

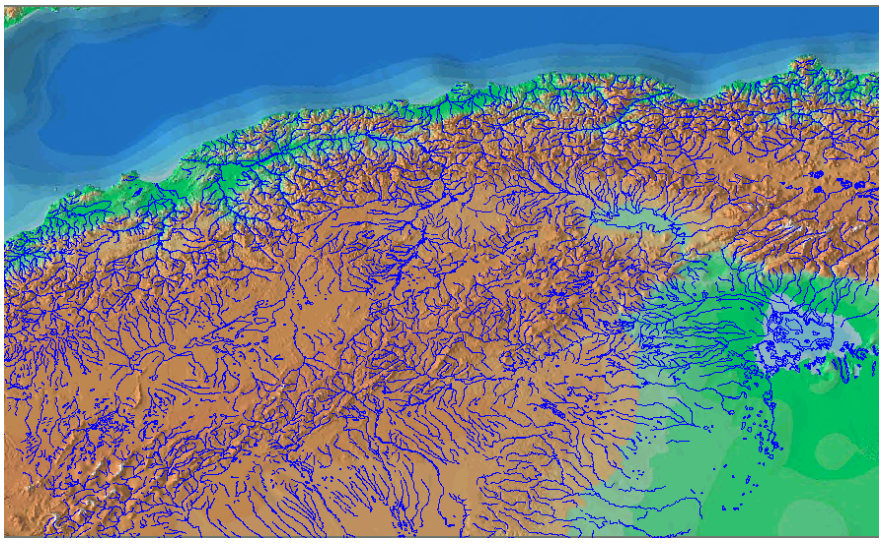
Au-delà de l'ensemble de ces processus mis en œuvre pour limiter et mieux gérer les risques, il est essentiel aujourd'hui de recréer une véritable culture du risque, passant par des actions de sensibilisation et d'éducation au risque.

Le risque doit être ré-accepté comme une dimension incontournable de nos vies en société.

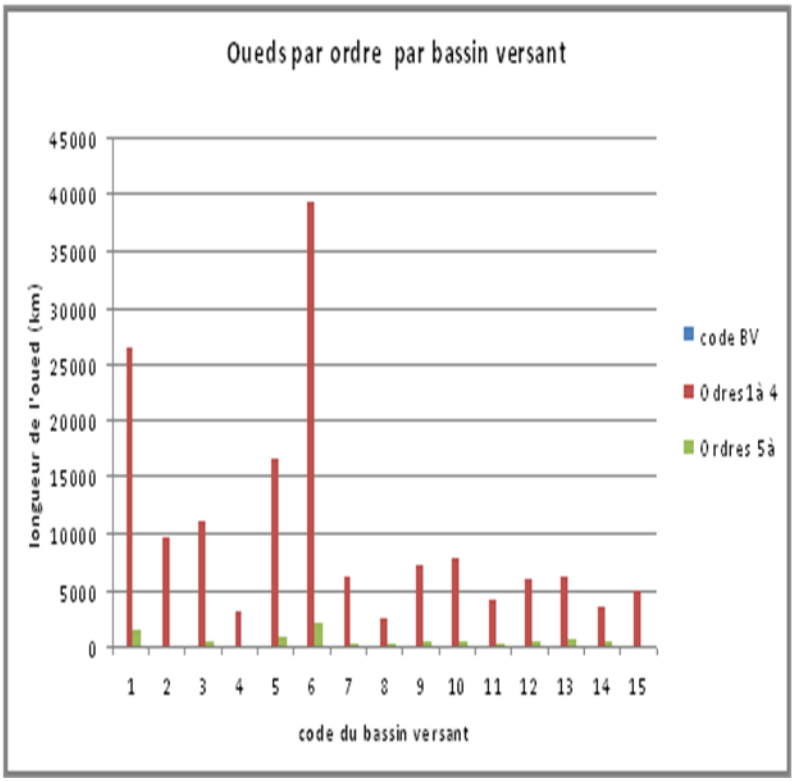
La mémoire du risque, et d'une manière générale, la gestion de l'information liée au risque sont des éléments essentiels de cette nouvelle prise de conscience

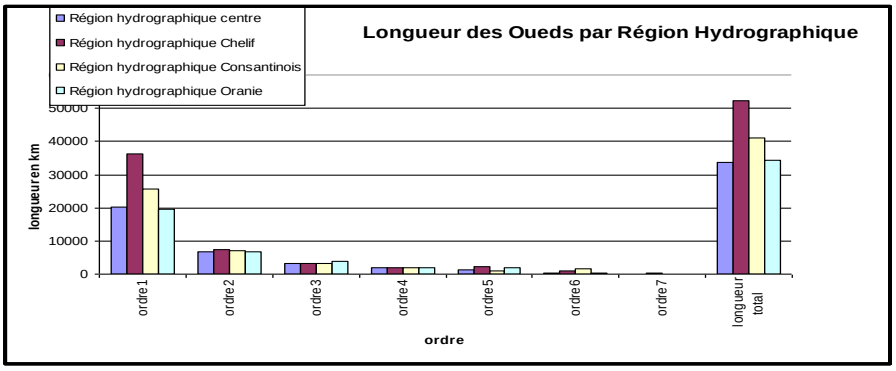
Un Relief –Réseau hydrographique dense et mal entretenu - Volumes écoulés mal répartis

Inondations en Algérie



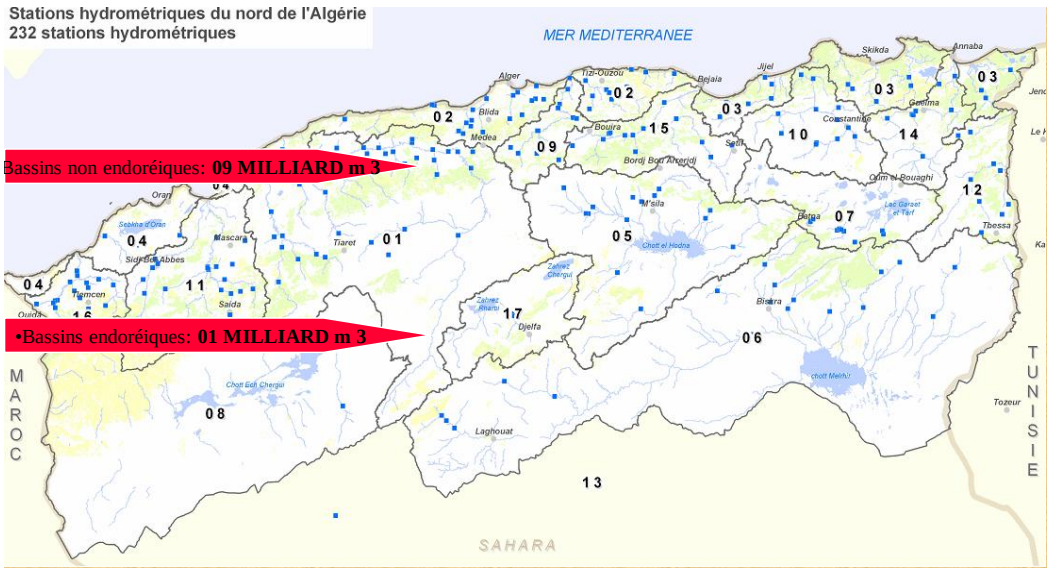
• Un Relief –Réseau hydrographique dense et mal entretenu - Volumes écoulés mal répartis





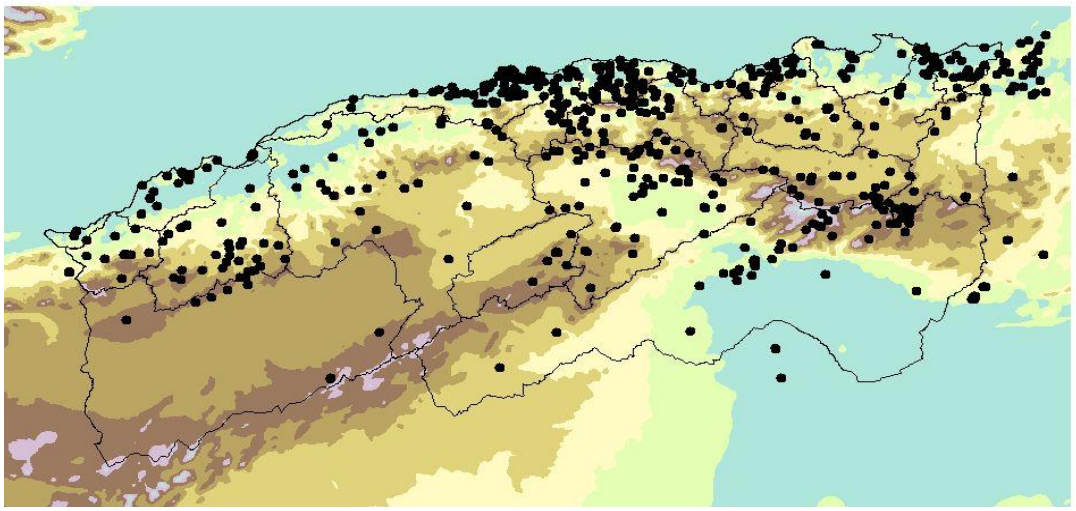
longueurs des oueds km					
code BV	**Odres1 à 4**	**Ordres 5à 7**	**total**	**oued permanent**	**oued temporaire**
1	26475	1372	27847	6780	21067
2	9482	55	9676	3943	5733
3	10901	433	11334	4482	6852
4	2981	34	3015	2911	104
5	16589	788	17377	1074	16303
6	39403	2036	41911	1091	40820
7	6245	100	6346	288	6058
9	2403	174	2578	920	1658
10	7096	310	7406	2586	4820
11	7790	442	8232	1770	6462
12	4073	123	4196	884	3312
14	5835	274	6110	1716	4394
15	6165	451	6616	2532	4084
16	3518	322	3839	1556	2283
17	4959	28	4987	92	4895
Oueds permanents				**32625**	
Oueds Temporaires					**128845**

Un Relief –Réseau hydrographique dense et mal entretenu - Volumes écoulés mal répartis

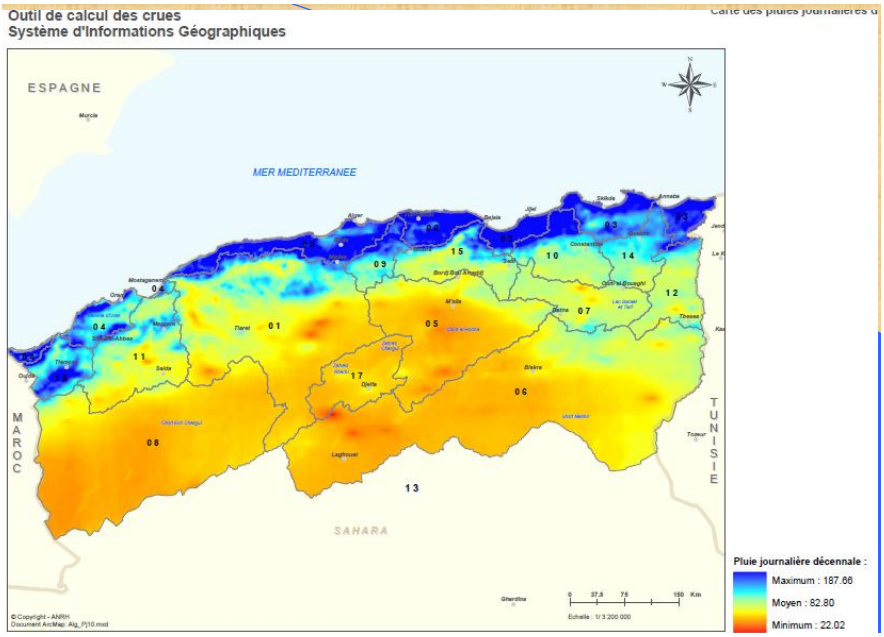


- **Végétation faible –Agglomération concentrée au nord (+urbanisation parfois anarchique)**

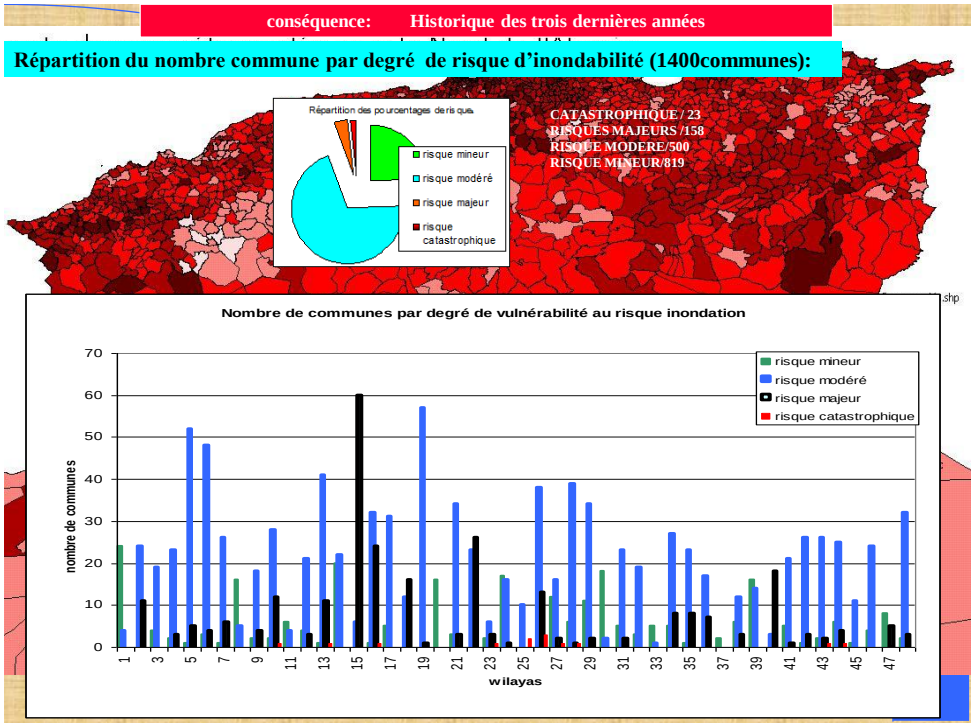
PRINCIPALES AGGLOMERATIONS SUR LE NORD DE L'ALGERIE



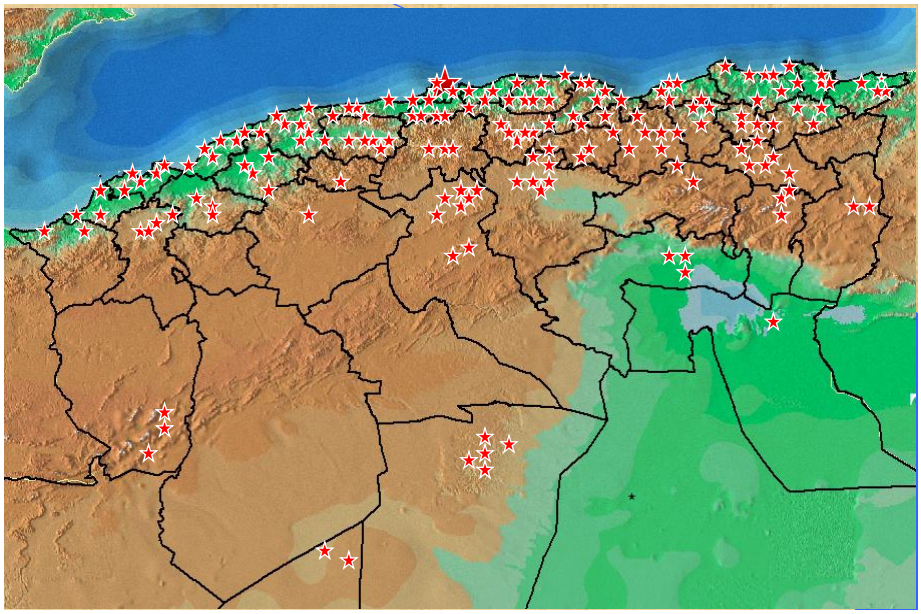
Pluies maximales journalières décennales inter annuelles sont importantes sur le nord



Conséquence: Historique des trois dernières années



LES INONDATIONS LES PLUS CATASTROPHIQUES DES 20 DERNIERES ANNEES



Inventaire et SIG

Causes et types d'inondations catastrophiques en Algérie:

1-D'une manière générale les causes des inondations peuvent être classées en **3 types:**

Celles qui sont liées à des **situations météorologiques remarquables** se traduisant par une forte pluviosité (pluies importantes ,orages violents) tels que :

-les inondations de décembre 1957 et mars 1974 sur les bassins de l'Algérois et le Sebaou.

-Les inondations catastrophiques de Mars 73 tout l'Est Algérien.

-les inondations de l'automne 1969 en Algérie et en Tunisie.

-Les inondations de Décembre 1984 sur tout l'Est Algérien etc…

Celles liées à l'activité **humaine**

- (défaillances des différents réseaux, gonflement des oueds par les décombres, l'urbanisation anarchique des rives immédiates des cours d'eau etc…….)

- telles que : les inondations presque à chaque hiver de la ville de Tiaret
- les inondations de la plaine du M'Zab etc……
- les inondations produites dans des régions présentant un environnement **topographique défavorable:**
- les villes traversées par des oueds (BBA,Oued Rhiou, Sidi Bel Abbes)
- les villes situées au piémont de montagne (Ain Defla, Batna, Médéa)

Cette prédisposition associée à la forte concentration et l'effet d'urbanisation présentent de grands risques.

Inondations selon le type de crue (selon sa durée , son étendue et ses caractéristiques)

1. Inondations engendrées par des **crues torrentielles** (crues éclaires) et affectant le plus souvent les petits bassins , elles sont le plus souvent liées et localement intensives issues de phénomènes de convections sous forme de tempêtes orageuses se produisant généralement en automne ou en été.

Elles sont dangereuses en raison de leur soudaineté .Leurs ruissellements rapides et violents peuvent intervenir quelques minutes après la pluie , **les débits d'oueds peuvent passer en temps record de quelques m3/s à plusieurs milliers de m3/s (2 à 3h seulement)**

- inondation de la ville de Oued Rhiou le 20 octobre 1993 où en 20 mn on a enregistré 23 morts ,20 blessés et plusieurs disparus en plus des dégâts matériels importants

2- Inondations des **grands bassins versants**, elles résultent le plus souvent de précipitations importantes généralisées sur de grandes étendues et caractérisées par leur longue durée et la quantité de leur écoulement.

- inondation du 28 au 31 mars 1974 dans la wilaya d'Alger et Tizi Ouzou (688mm en 4 jours où on a enregistré à Tizi Ouzou (52 morts ,4570maisons détruites ,130 villages isolés , 18000sinistrés et des dégats matériels estimés à 27Millions de DA.
- les différents jaugeages de crues ont donné durant ces inondations :
  - A Belloua sur oued Sebaou (Qmax=2980m3/s ,V=311hm3)
  - A Baghlia sur oued Sebaou (Qmax=3420m3/s ,V=476hm3)
  - Lakhdaria sur oued isser (Qmax=2580m3/s ,V=259hm3)

3- Inondations des **grands bassins versants**, elles résultent le plus souvent de précipitations importantes généralisées sur de grandes étendues et caractérisées par leur longue durée et la quantité de leur écoulement.

- inondation du 28 au 31 mars 1974 dans la wilaya d'Alger et Tizi ouzou(688mm en 4jours ou on a enregistré à Tizi Ouzou (52 morts ,4570maisons détruites ,130 villages isolés , 18000 sinistrés et des dégats matériels estimés à 27Millions de DA.
- les différents jaugeages de crues ont donné durant ces inondations :
  - A Belloua sur oued Sebaou (Qmax=2980m3/s ,V=311hm3)
  - A Baghlia sur oued Sebaou (Qmax=3420m3/s ,V=476hm3)
  - Lakhdaria sur oued Isser (Qmax=2580m3/s ,V=259hm3)

La solution ?

LE CADASTRE DES ZONES INONDABLES

Cartographier les zones inondables en utilisant la télédétection

-utilisation des images satellitales pour la délimitation des zones inondées.

Activation de la charte pour le suivi.

Gestion de la crise = secours et décisionnaires publics

- **Cartographie des dommages, comparaison avant / après crise, identification des zones préservées (routes, terrains…), accès à l'information si possible en temps réel…**

Inconvénients :

Ceci concernera les situations de crise.

.Activation de la charte est parfois lente.

CARTOGRAPHIER LES ZONES INONDABLES E N UTILISANT LA MODELISATION DES CRUES et LES MODELES D'EPANDAGE

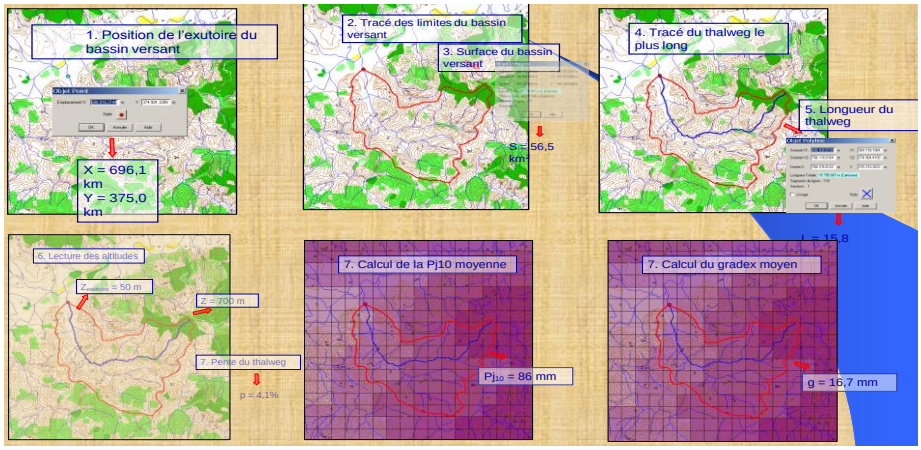
- Choix de période de retour.
  - Evaluer tous les paramètres de la crue. (débits de pointe , son volume…….
  - Utiliser un modèle d'épandage.
  - cartographier les zones inondables.

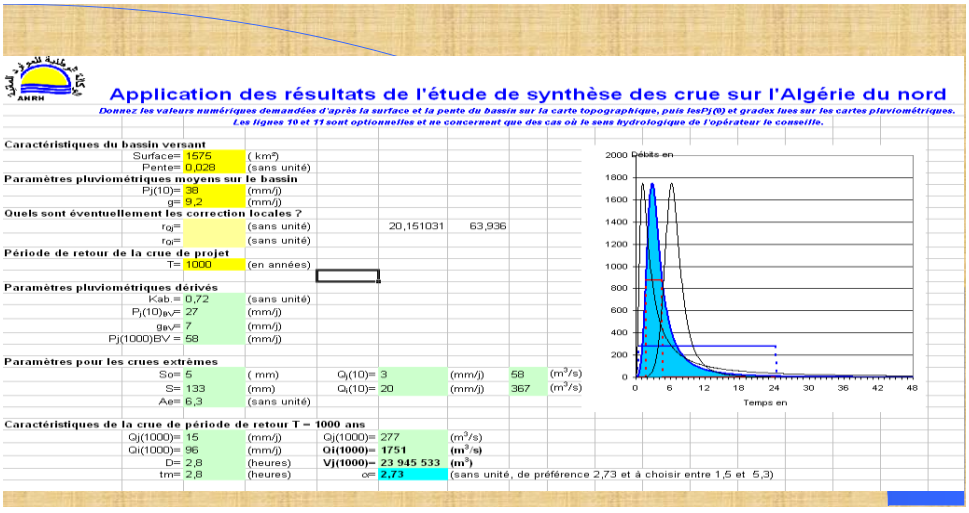
- Choix de période de retour.
  - Evaluer tous les paramètres de la crue. (débits de pointe , son volume…….

- Utiliser un modèle d'épandage.
- cartographier les zones inondables.

Présentation -ANRH- ministère des ressources en eau ..

Outils d'évaluation des crues en tout point du territoire -ANRH



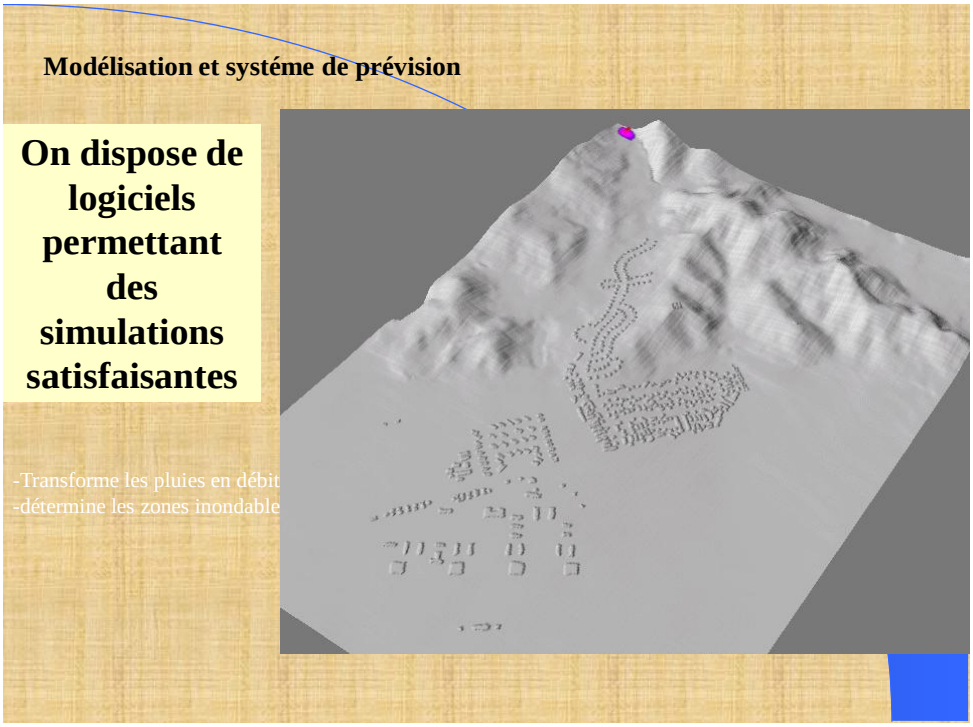


Application des résultats de l'étude de synthèse des crue sur l'Algérie du nord

Donnez les valeurs numériques demandées d'après la surface et la pente du bassin sur la carte topographique, puis lesPj(0) et gradex lues sur les cartes pluviométriques.
Les lignes 10 et 11 sont optionnelles et ne concernent que des cas où le sens hydrologique de l'opérateur le conseille.

Caractéristiques du bassin versant						
Surface=	1575	(km²)				
Pente=	0,028	(sans unité)				
Paramètres pluviométriques moyens sur le bassin						
Pj(10)=	38	(mm/j)				
g=	9,2	(mm/j)				
Quels sont éventuellement les correction locales ?						
r_{0j}=		(sans unité)		20,151031	63,936	
r_{0j}=		(sans unité)				
Période de retour de la crue de projet						
T=	1000	(en années)				
Paramètres pluviométriques dérivés						
Kab.=	0,72	(sans unité)				
$P_j(10)_{BV}$=	27	(mm/j)				
g_{BV}=	7	(mm/j)				
$P_j(1000)_{BV}$ =	58	(mm/j)				
Paramètres pour les crues extrêmes						
So=	5	(mm)	$Q_j(10)$=	3	(mm/j)	58 (m³/s)
S=	133	(mm)	$Q_t(10)$=	20	(mm/j)	367 (m³/s)
Ae=	6,3	(sans unité)				
Caractéristiques de la crue de période de retour T = 1000 ans						
$Q_j(1000)$=	15	(mm/j)	$Q_j(1000)$=	277	(m³/s)	
$Q_t(1000)$=	96	(mm/j)	**$Q_t(1000)$=**	**1751**	**(m³/s)**	
D=	2,8	(heures)	**$V_j(1000)$=**	**23 945 533**	**(m³)**	
tm=	2,8	(heures)	α=	2,73	(sans unité, de préférence 2,73 et à choisir entre 1,5 et 5,3)	

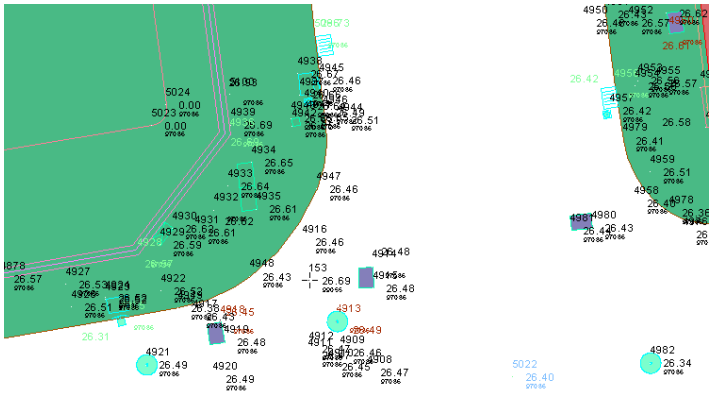
-
-
-

- 

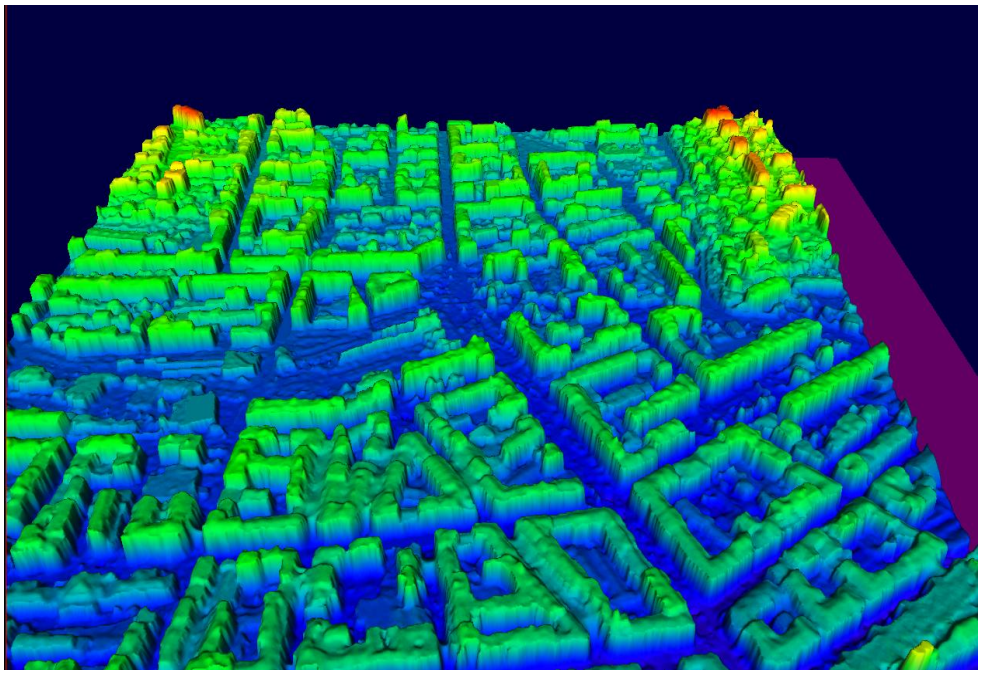
Des modèles qui transforment le débit en hauteur et vitesse

$$\begin{cases} L\dfrac{\partial Z}{\partial t}+\dfrac{\partial Q}{\partial x}=q \\ \dfrac{\partial Q}{\partial t}+2\dfrac{Q}{S}\dfrac{\partial Q}{\partial x}+gS\left[1-\dfrac{Q^2L}{gS^3}\right]\dfrac{\partial Y}{\partial x}=gS(I-J)+kqV \end{cases}$$

- Les équations de Barré de Saint Venant sont connues de longue date, leur intégration nécessite seulement de bien connaître la topographie et la « rugosité »
- Une telle modélisation en deux dimensions, indispensable en ville, nécessite une base de données urbaines

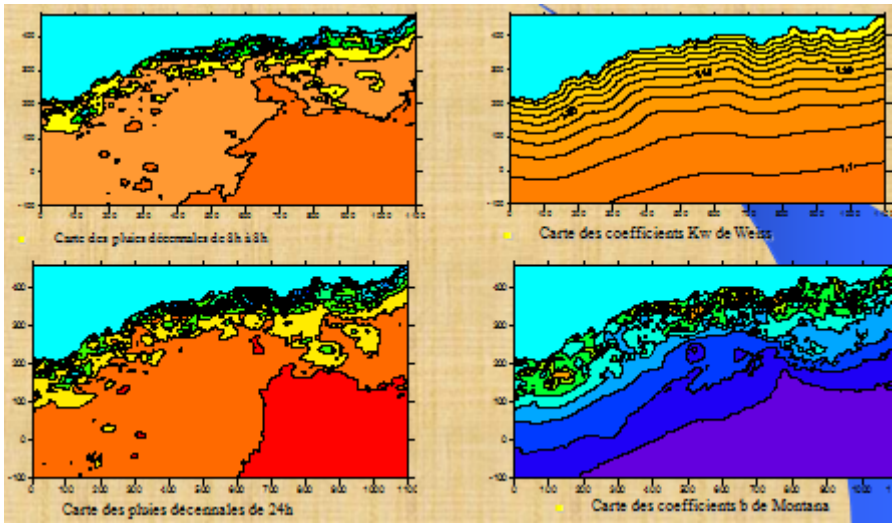
- 

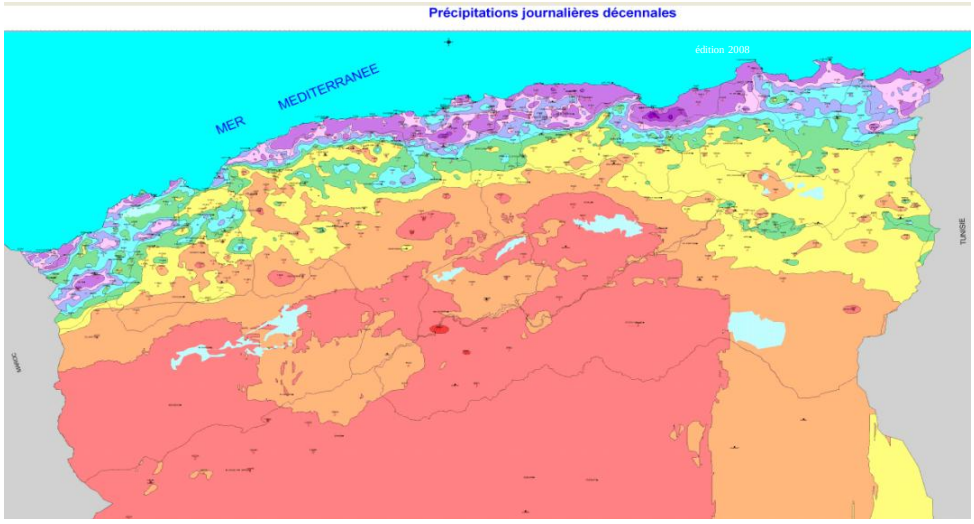
Ou un modèle numérique de terrain précis issus de photogrammétrie



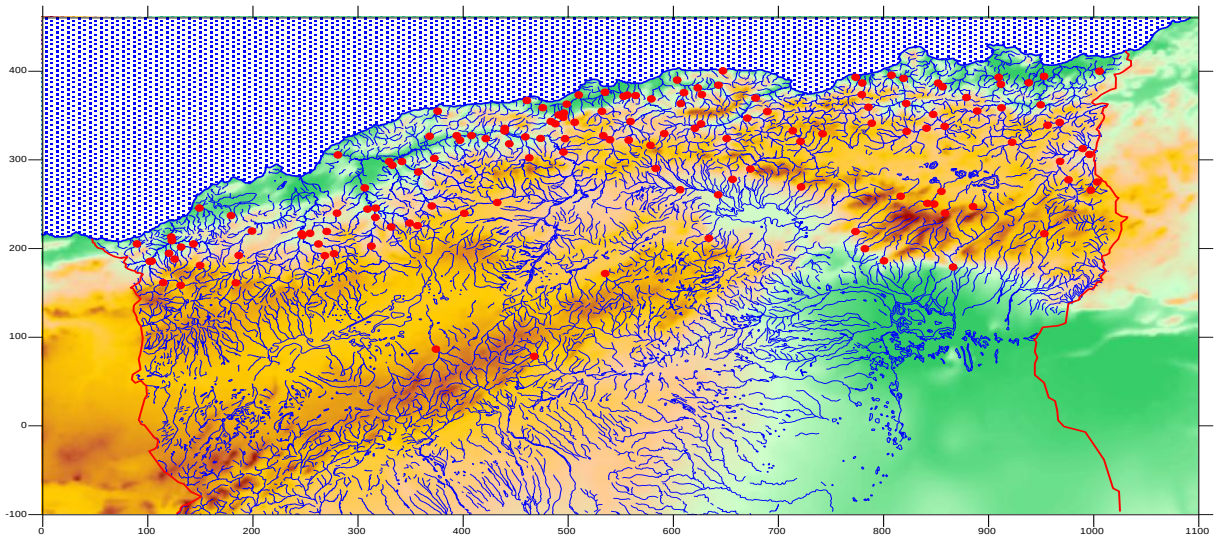
TRAVAUX INTERMEDIAIRES POUR LA CONFECTION DU MODELE

CARTES DES PLUIES DE COURTES DUREES et AUTRES PARAMETRES:





TRAVAUX REALISES ET AYANT SERVIS à LA CONFECTION DU MODELE



1. L 'ANRH effectue des jaugeages de crues au niveau des oueds contrôlés par ses 220 stations hydrométriques biens réparties sur l'ensemble du territoire.

2. L' ANRH dispose d'une banque de données spécifiques aux crues (récente).

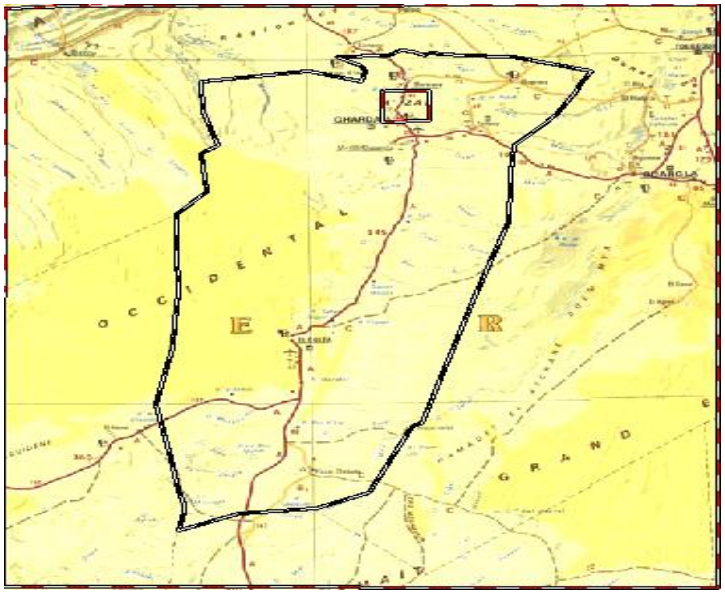
Inondations de GHARDAIA

SITUATION GEOGRAPHIQUE

La wilaya de Ghardaïa est située dans la partie nord du Sahara Algérien à 600 km au sud d'Alger.

Elle couvre une superficie de 86105 km^2 et une population de 309740 habitants avec une densité de 3,60 hab/Km2

Le M'zab est un Plateau rocheux dont l'altitude varie entre 300 et 800mètres. Ce relief, qui date du crétacé supérieur, se présente sous forme d'un vaste étendu pierreux et de roches brunes et noirâtres. L'Oued M'zab traverse ce plateau du nord –ouest vers le sud-est. l'Oued M'zab et ses principaux affluents (Oued Labiod, Oued El Haïmeur et Oued Touzzouz).
La partie inondée est pratiquement toute la vallée du M'zab soit du lieu dit « Laadhira » jusqu'à la commune de El Atteuf.



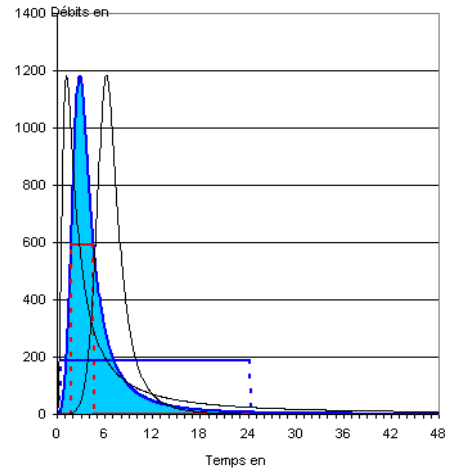
Présentation -ANRH- ministère des ressources en eau ..
<u>ESTIMATION DE LA CRUE</u>
1-selon les calculs hydrauliques obtenues à partir des laisses de crues
-- Crue estimée à ***1250m3/s***
Elle est supérieure à celle de 1991 (1120m3/s)
IMPORTANT*: Depuis 1901 aucune crue n'a atteint Sebkhet* Sofiane
2-Application du modèle automatique d'évaluation des crues .

Application des résultats de l'étude de synthèse des crue sur l'Algérie du nord

Donnez les valeurs numériques demandées d'après la surface et la pente du bassin sur la carte topographique, puis lesPj(0) et gradex lues sur les cartes pluviométriques.

Les lignes 10 et 11 sont optionnelles et ne concernent que des cas où le sens hydrologique de l'opérateur le conseille.

Caractéristiques du bassin versant							
Surface=	1575	(km²)					
Pente=	0,028	(sans unité)					
Paramètres pluviométriques moyens sur le bassin							
Pj(10)=	38	(mm/j)					
g=	9,2	(mm/j)					
Quels sont éventuellement les correction locales ?							
r_{Qj}=		(sans unité)		20,151031	63,936		
r_{Qi}=		(sans unité)					
Période de retour de la crue de projet							
T=	200	(en années)					
Paramètres pluviométriques dérivés							
Kab.=	0,72	(sans unité)					
$Pj(10)_{BV}$=	27	(mm/j)					
g_{BV}=	7	(mm/j)					
Pj(200)BV =	48	(mm/j)					
Paramètres pour les crues extrêmes							
So=	5	(mm)	$Q_j(10)$=	3	(mm/j)	58	(m^3/s)
S=	133	(mm)	$Q_i(10)$=	20	(mm/j)	367	(m^3/s)
Ae=	6,3	(sans unité)					
Caractéristiques de la crue de période de retour T = 200 ans							
Qj(200)=	10	(mm/j)	Qj(200)=	188	(m^3/s)		
Qi(200)=	65	(mm/j)	**Qi(200)=**	**1185**	**(m^3/s)**		
D=	2,8	(heures)	**Vj(200)=**	**16 208 521**	**(m^3)**		
tm=	2,8	(heures)	α=	**2,73**	(sans unité, de préférence 2,73 et à choisir entre 1,5 et 5,3)		



LES DIFFICULTES PROPRES A L'ETUDE DES CRUES TORRENTIELLES PORTENT SUR :

1 - La prédermination du débit de crue des petits bassins

- On dispose de peu de données de débits pour caler les modèles hydrologiques
- On dispose de peu de pluviographes pour l'estimation des pluies sur de courtes durées

2 - La prévision des débits de crue.

Même si l'on dispose d'une prévision fiable de pluie, le délai est très bref entre la pluie et le pic de crue.

- Par contre une mise en alerte est possible pour la concomitance d'un sol saturé et d'un risque de fort cumul pluviométrique

Quelques conclusions

D'un point de vue scientifique

Les modèles hydrologiques sont aptes à estimer les débits

Mais le manque relatif d'information est gênant pour les petits bassins versants (suburbain)

Combler ces lacunes ne pourra se faire qu'à moyen terme

Les modèles hydrauliques sont très performants

Mais ils sont gourmands en données topographiques

L'acquisition de ces données est rapide mais il faut s'en donner les moyens

D'un point de vue plus général

Les P.P.R.I. présents et à venir ne concerneront que les problèmes les plus aigus et déjà identifiés

(Alger en 2001, 800 morts pour 200 mm de pluie)

Les moyens mis en œuvre dans l'établissement des P.P.R.I. ne sont pas toujours à la hauteur des enjeux

Les P.P.R.I. se focalisent sur les cours d'eau permanents alors qu'un risque important se situe en ville

Les collectivités doivent se saisir de l'évaluation du risque et se doter d'une stratégie politique et opérationnelle

Ceci nécessitera des adaptations réglementaires, financières et techniques

RECOMMANDATIONS:

lancer des études de grandes envergure pour connaître l'effet des transformations de la morphologie urbaine sur l'écoulement ,de manière à minimiser la gestion du flux et à minimiser les risques. conception de modèle d'aide à la collecte et la gestion des informations concernant les inondations et la représentation des enjeux. Lancer des études visant à :

-Développer les bases théoriques du concept de vulnérabilité.

Développer les bases conceptuelles de la notion du risque maximal acceptable notamment avec les outils économiques.

Développer des méthodes opérationnelles de quantification économique du risque d'inondation .

Réaliser les différents supports cartographiques des risques d'inondabilté.

Mise en place d'un système d'alerte et de prévision.

SECHERESSE

IMPACT DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

I - INTRODUCTION

La Terre connaît une hausse des températures depuis les dernières décennies occasionnées le réchauffement du climat à l'échelle de la planète.

Les impacts de ce changement climatique sont déjà ressentis dans de nombreux domaines : élévation du niveau de la mer, modification des cycles de la végétation, recul des glaciers etc.

Prévision du Groupe d' Experts intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC 2007):

- Aggravation de ces impacts,

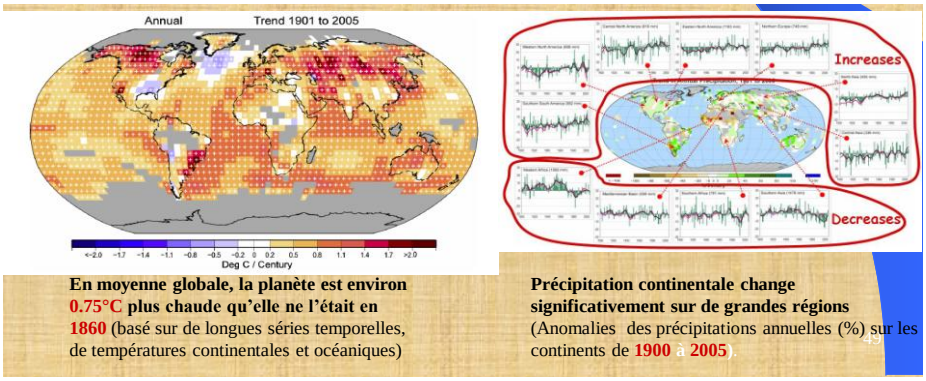
Multiplication d'événements extrêmes (inondations et sécheresses) à grande échelle.

- Poursuite du réchauffement climatique pendant les quelques dizaines d'années à venir

Quels que soient les efforts déployés pour réduire les émissions de gaz à effet de serre.

En moyenne globale, la planète est environ 0.75°C plus chaude qu'elle ne l'était en 1860 (basé sur de longues séries temporelles, de températures continentales et océaniques)

Précipitation continentale change significativement sur de grandes régions (Anomalies des précipitations annuelles (%) sur les continents de **1900 à 2005)**.



En Afrique du Nord, les changements climatiques ont été mis en évidence par la dernière période de sécheresse (depuis le début des années 1974)
L'Algérie est un pays qui a toujours été confronté aux phénomènes extrêmes, contrainte majeure pour son développement économique et social:

- Des sécheresses périodiques parfois sévères et persistantes

Trois ensembles fortement contrastés climatiquement caractérisent le territoire:
- Le littoral et les massifs montagneux (4% de la superficie totale) :
Climat méditerranéen avec des pluies très violentes en hiver et .des précipitations extrêmement rares en été. Pluie pouvant atteindre 1 600 mm/an (poste d'observation de Jijel .
- Les hauts plateaux (9% de la superficie totale) : Climat froid et sec en hiver et chaud et sec en été .Pluviométrie variant entre 400 et 600 mm.

- Le Sahara (87% du territoire) : Conditions climatiques extrêmes et amplitudes thermiques très fortes. Pluviométrie moyenne inférieure à 100 mm/an).

II - ÉVOLUTION DU CLIMAT

La température et la pluviométrie, paramètres pris en tant que critères de classification du climat, sont insuffisantes pour déterminer ou prédire l'évolution climatique

2-1- MODÈLES DE SIMULATION

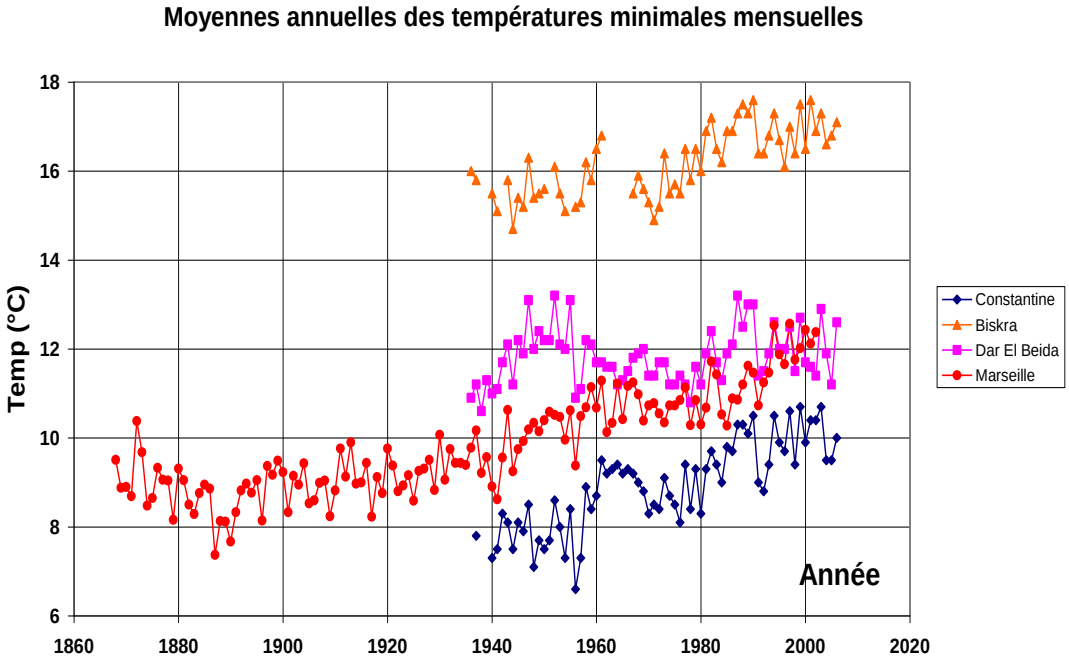
Les pays du Maghreb (Mauritanie ; Maroc ; Algérie ; Tunisie et Libye), bien que très peu émetteurs de gaz à effet de serre (entre 1.5 et 6.0 TE Co2 /Hab./an), se trouvent dans une région aride à semi-aride et sont vulnérables aux changements climatiques du fait de leur situation géographique.
Les modèles de circulation générale (GFDL, GISS, OSU, CGM), puissants moyens d'étude du climat et son évolution ne donnent pas une prévision sur l'Algérie identique à celle obtenue pour la région méditerranéenne .
Les caractéristiques climatiques rendent particulièrement difficiles à la fois la détection et la désignation des causes des changements. C'est surtout sur la pluviométrie que la prévision est la plus incertaine.

Les données climatiques relevées dans la région durant le 20éme siècle indiquent un réchauffement durant ce siècle estimé à près de 1°C avec une tendance accentuée durant les 30 dernières années.

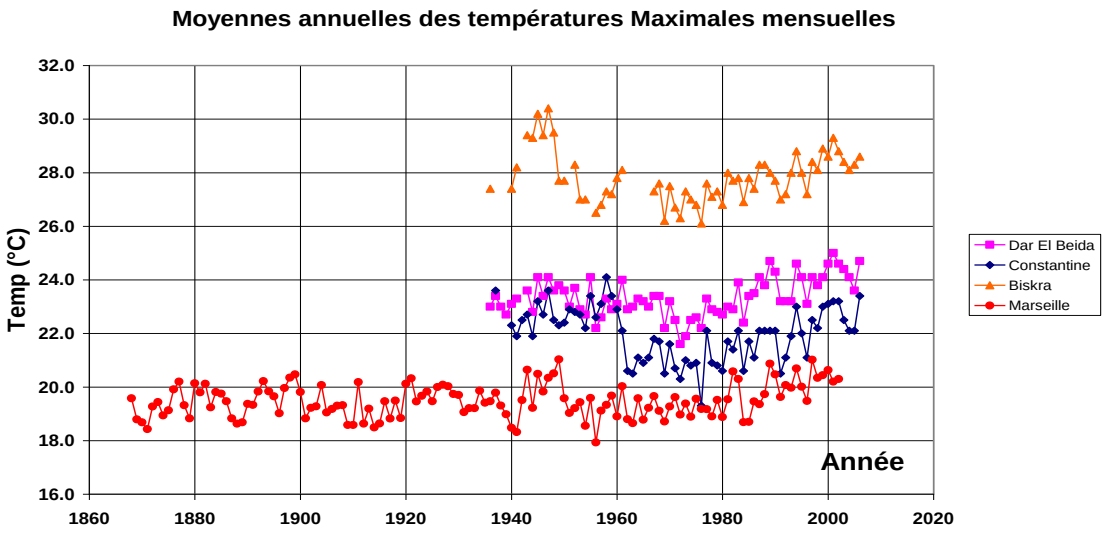
2-2- *ÉVOLUTION DE LA TEMPÉRATURE*

Les séries de données considérées sont celles de l'ONM pour 10 villes: Oran, Chlef, Dar El Beida (Alger), Constantine, Annaba, El Bayadh, Djelfa, Biskra, Bechar, Ghardaia, de 1936 à 2006.
Les lacunes complétées par les séries plus anciennes d'Alger, publiée dans le livre de P.Seltzer (période 1884-1939), et de Biskra (période 1917 – 1958), publiée dans le livre de J.Dubief**.**

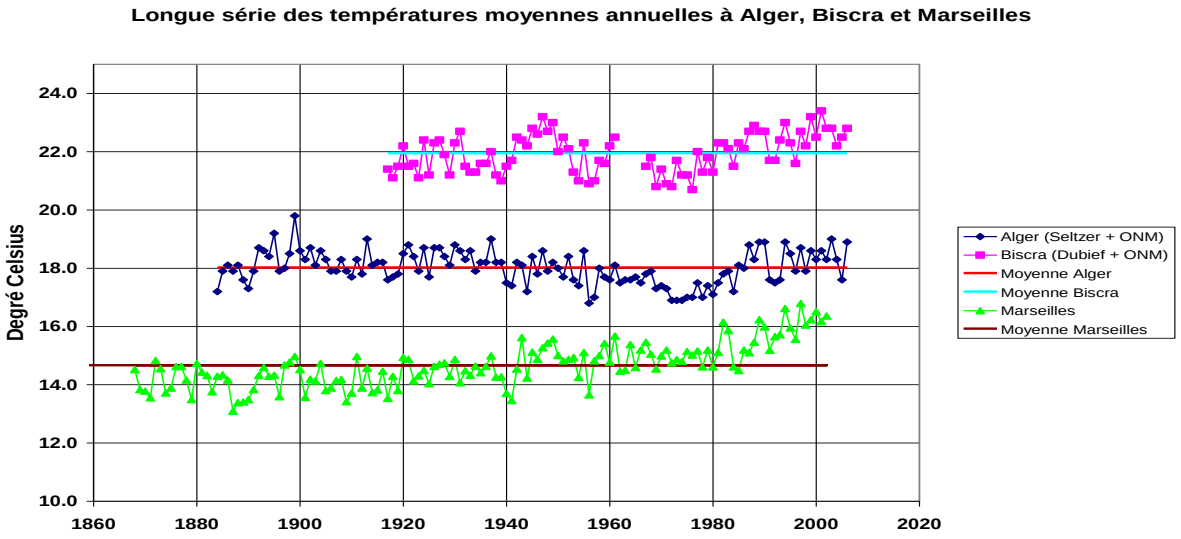
Une comparaison a été faite avec la série de Marseille : 1868 à 2002.



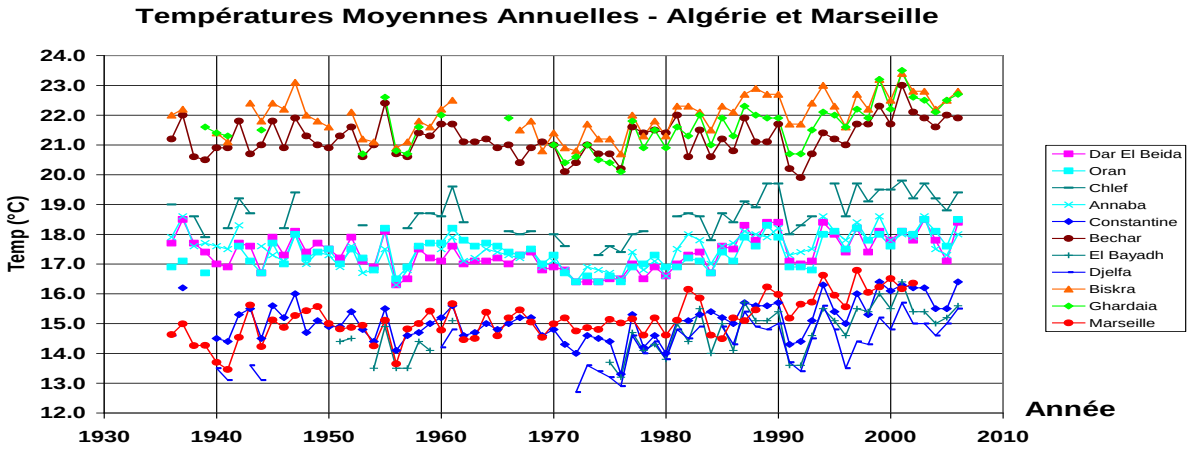
- Pas d'augmentation avérée des températures minimales à Dar El Beida
- Augmentation très nette à Biskra et Constantine
- Augmentation très nette à Marseille



Légère augmentation des températures maximales à Dar El Beida
- Légère augmentation à Biskra et Constantine
- Légère augmentation à Marseille



Pas d'augmentation avérée des températures moyennes à Dar El Beida
Tendance à l'augmentation à Biskra
Augmentation très nette à Marseille



L'examen des températures moyennes annuelles sur la période 1936-2006 pour une dizaine de stations réparties sur le territoire national montre que **:**

- La température a baissé durablement d'environ 1°C pendant la période 1970-1980.
- Une augmentation progressive des températures aux alentours des années 1975.
- A partir de 1980 qu'on observe une augmentation régulière des températures maximales, totalisant environ 1°C en 2000

C'est à Dar El Beida que l'augmentation des températures maximales mensuelles est la plus nette comme pour Marseille.

Ceci nous permet néanmoins d'affirmer que l'Algérie traverse une période de sécheresse liée non pas seulement à la pluviométrie mais aussi à une augmentation de la température.

2-3- ***ÉVOLUTION DE LA PLUVIOMÉTRIE***

La pluviométrie permet de conditionner une tendance d'un régime régional à une échelle de temps très limité, les irrégularités des précipitations inter-annuelles étant mineures par rapport à leur diminution progressive sur une longue période

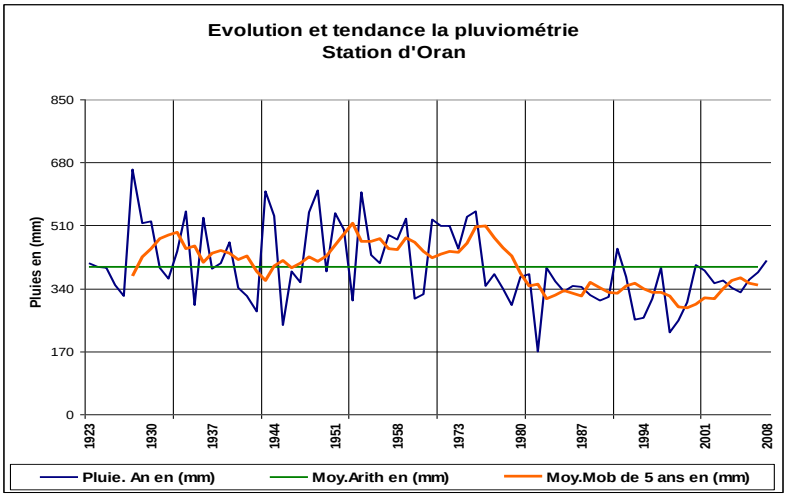
2-3-1- Évolution temporelle de la pluviométrie

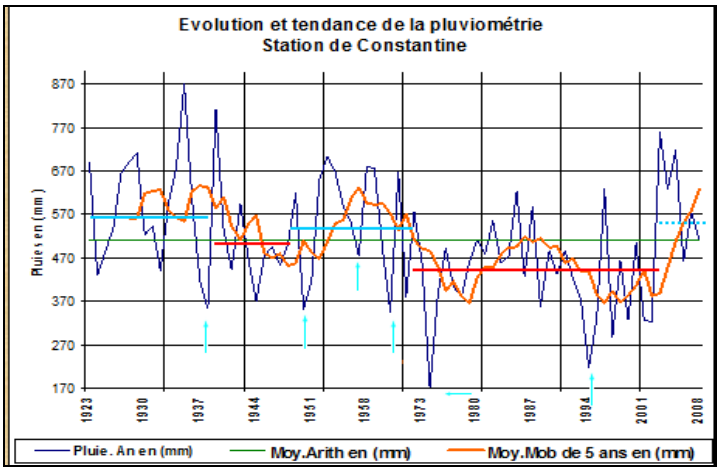
2-3-1-1- Évolution de la pluviométrie annuelle

Pour une évaluation pluviométrique régionale, les stations de référence d'Oran à l'Ouest, Alger au Centre et Constantine à l'Est ont été prises en considération.
Des séries chronologiques de 1923 à 2007 , soit 75 ans d'observations (la période 1961 - 1968 non prise en considération), ont été considérées pour une mise en évidence des tendances et des cycles. En effet :

- La pluviométrie de 1923 à 1938 est excédentaire : cet excédent est de l'ordre de 9 % à l'Ouest, 12.3 % au Centre et 17.6 % à l'Est.
- A partir de 1939 commence une période sèche qui se prolonge jusqu'en 1946 pour atteindre des déficits de 14.5 % à l'Ouest et 10.2 % au Centre, tandis que l'Est enregistre un excédent de 6.7 %.
- La période 1947 à 1973 se caractérise par un cycle humide avec un excédent de 13.1 % au Centre. A l'Ouest, cet excèdent est de 17.9 % alors qu'à l'Est du pays, il est moindre (4.5 %).

Évolution de la tendance pluviométrique au niveau des postes d'observation d'Alger, d'Oran et de Constantine





2-3-1-2- ***<u>Évolution de la pluviométrie à l'échelle saisonnière</u>***

L'examen de la moyenne pluviométrique par saison pour les périodes 1940-1961 et 1968-2004 montre que **:**

- Le maximum de pluviométrique est observé pendant l'hiver (dec-janv-fev) et le printemps (mars-avril-mai)
- La pluviométrie est plus importante pendant la période 1940-1961 et qu'un déficit pluviométrique est observé pour l'ensemble des saisons

2-3-2- **<u>Évolution spatiale des pluies moyennes annuelles</u>**

L'évolution spatiale et temporelle de la pluviométrie annuelle a été considérée comme indicateur du changement climatique en Algérie. Des cartes de pluie moyenne annuelle ont été élaborées sur des périodes pour lesquelles les régimes hydrologiques couvrent le caractère pluviométrique régissant le climat du nord du pays.

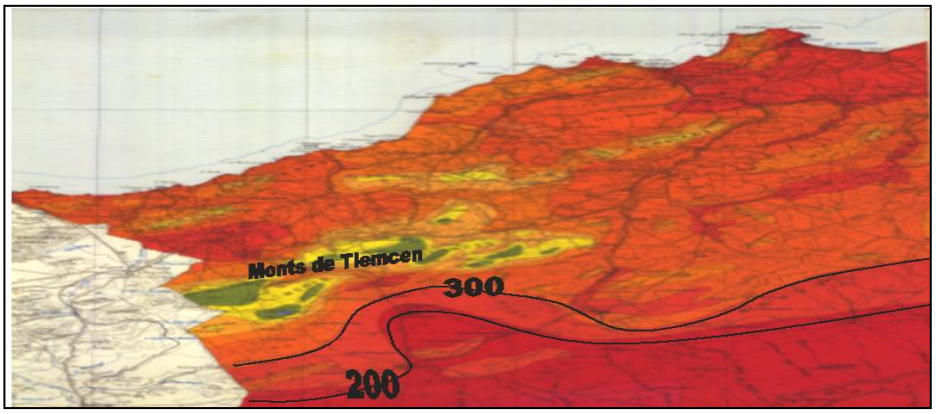
L'examen de ces cartes (Chaumont pour la période 1913-1963, celles de l'ANRH pour les périodes 1922-1989 et 1965-2004), montrent que :

- Les iso-lignes 100, 200 et 300 mm évoluent d'une façon significative vers le Nord

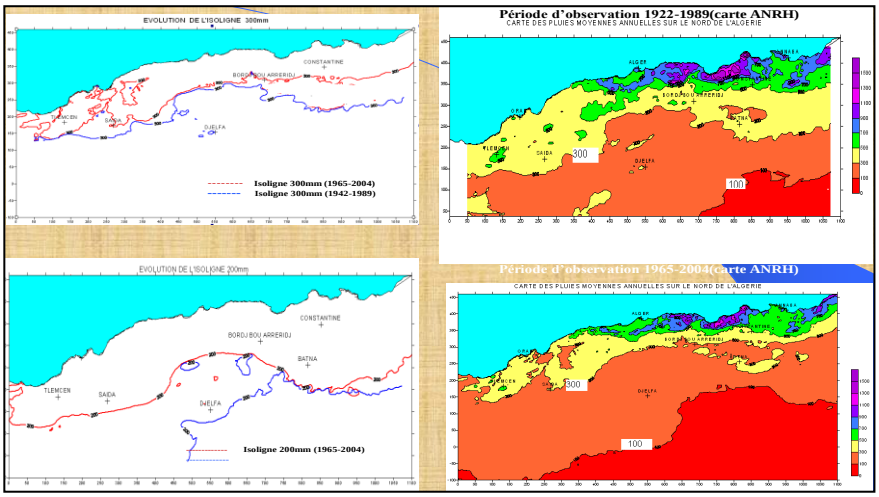
- Peuvent atteindre des distances de plus de 100km (Ouest).

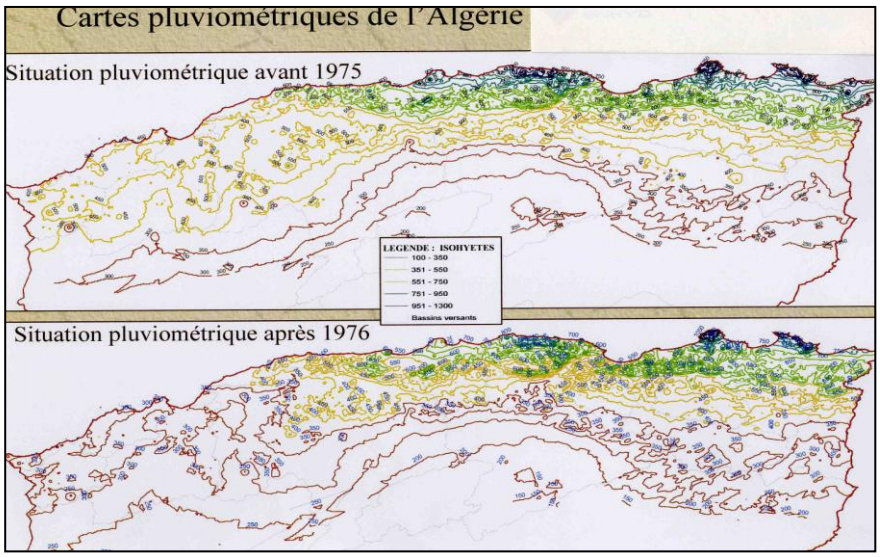
L'examen de ces cartes (Chaumont pour la période 1913-1963, celles de l'ANRH pour les périodes 1922-1989 et 1965-2004), montrent que :

- Les iso-lignes 100, 200 et 300 mm évoluent d'une façon significative vers le Nord
- Peuvent atteindre des distances de plus de 100km (Ouest).



Carte de Chaumont pour la période 1913-1963





III - IMPACT SUR LES ÉCOULEMENTS

3-1- *Impact sur les écoulements de surface*

L'hydrologie en Algérie est caractérisée par une irrégularité saisonnière et inter-annuelle importante et par une violence et une rapidité des ruissellements en période de crues.

En 1996, le régime des apports superficiels a subi une diminution en écoulement de l'ordre de 27%, conséquence du déficit des précipitations environ de 23 %.

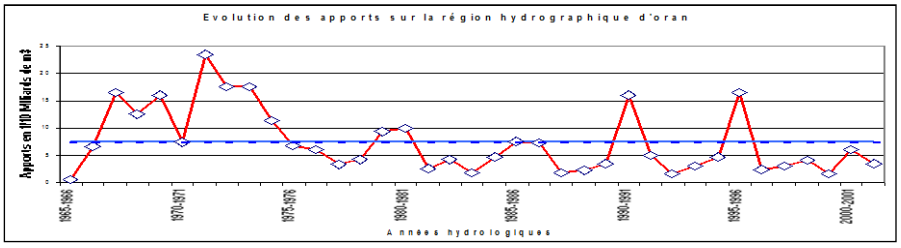
Les estimations des ressources montrent que la sécheresse a fortement sévi dans la région Ouest. Cette réduction en apports est moins ressentie dans la région Centre et encore moins à l'Est du pays :

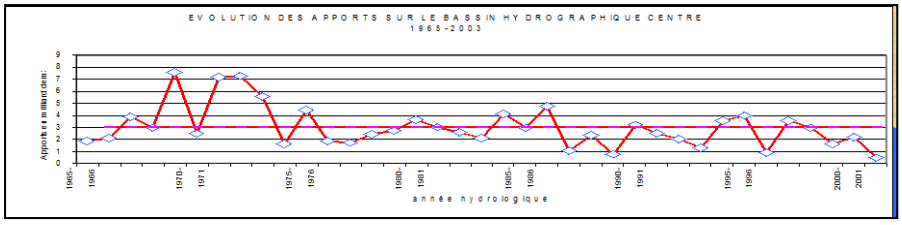
- Région Ouest: déficit environ de 32%,
- Région Centre: déficit de l'ordre de 27%,
- Région Est : déficit autour de 20%,

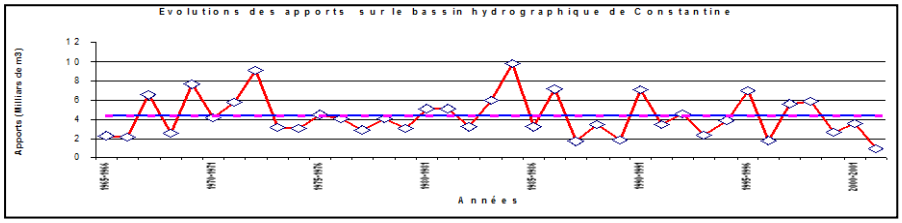
Au cours des deux dernières décennies, les apports chronologiques suivent une tendance négative, constituée d'écoulements très réduits sans aucune séquence humide remarquable.

Par exemple, le déficit ainsi accusé a dépassé les 40% dans le Tlémcénien, la majorité des précipitations tombées ont plutôt servi à recharger les Monts de la région à caractère karstique.

La représentation graphique des apports au niveau des différentes régions hydrographiques de l'Algérie montrent l'ampleur de l'impact des changements climatiques à sur les écoulements à l'échelle régionale.

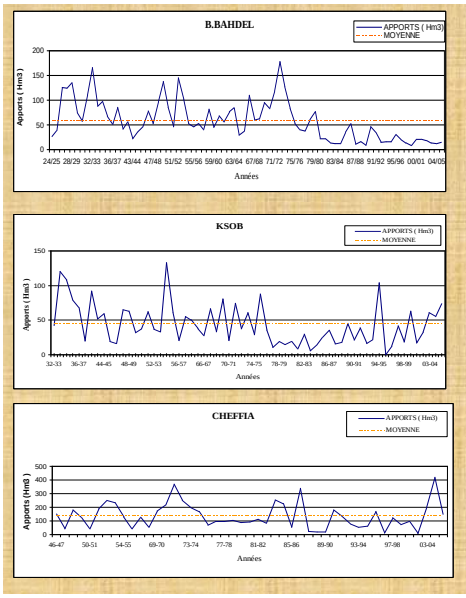






3--2- ***Impact sur les apports aux barrages***

La variabilité climatique apparaît clairement sur les séries chronologiques des apports aux barrages, plus particulièrement u niveau de l'Ouest.



Évaluation de la réduction des volumes régularisables (anrh 200

Barrage	Wilaya	Région	Taux de réduction (%)
Fergoug	Mascara	Ouest	81
Deurdeur	Ain Defla	Ouest	78
Harreza	Ain Defla	Ouest	74
Meffrouch	Tlémcen	Ouest	67
Kedara	Boumerdès	Centre	55
Hamiz	Boumerdès	Centre	53
Hammam Grouz	Mila	Est	63
Zardezas	Skikda	Est	50
Sidi Abdelli	Tlemcen	Ouest	40
Béni Bahdel	Tlemcen	Ouest	38
SMBA	Relizane	Ouest	29
Bakhada	Tiaret	Ouest	27
Ghrib	Ain Defla	Ouest	19
Gargar	Relizane	Ouest	17

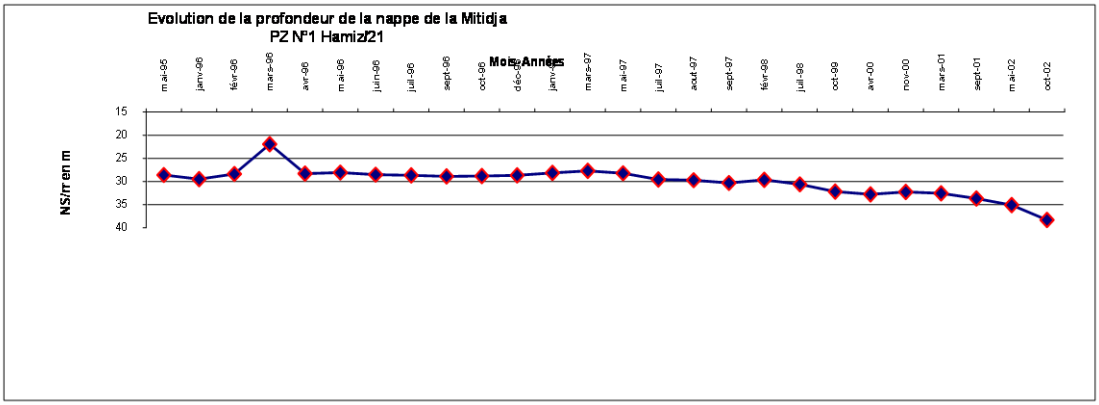
65

3 – 3 – ***Impacts sur les ressources en eau souterraines***

Le déficit en pluviométrie se traduit par un effet négatif sur les ressources en eaux souterraines:

* Baisse généralisée du niveau statique (jusqu'à plus de 30 m dans certaines zones)
* Baisse de rendement des forages (jusqu'à 50 %).
* Intrusion d'eau salée.
* Surexploitation des nappes

A titre d'illustrations, nous donnons l'exemple de la plaine de Mitidja :
L'observation des graphiques montre l'abaissement du niveau d'eau de la nappe qui est dû, en partie, à la longue période de sécheresse.



A noter qu'il est généralement difficile de distinguer dans cette baisse ce qui est du ressort de la diminution due aux changements climatiques de ce qui est dû aux prélèvements excessifs

IV - Écoulements superficiels:

Impact sur les écoulements est très significatif à partir de **1974**, particulièrement sur l'ouest. En effet :

- la ressource en eau superficielle a été évaluée à la fin des **années 70 à 13,5** milliards de $m^{3.}$

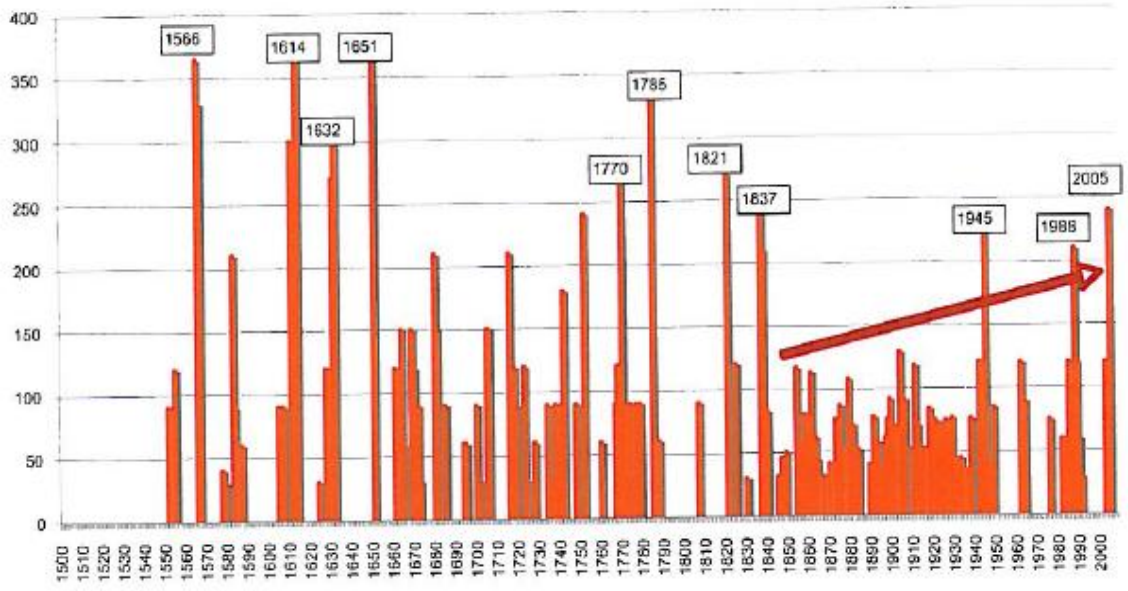
De 1980 à 1990, elle a été estimée à 12,4 milliards de m3.

- Actuellement elle est estimée à 10,0 milliards de mètres cubes.

V- Eaux souterraines:

Baisse du niveau piézométrique des nappes phréatiques et captives dans beaucoup de plaines du pays, atteignant des proportions alarmantes (supérieure à 20 m), avec tous les effets inhérents à cela (perte de l'artésianisme, tarissement….).

Conclusion



Historique des périodes de sécheresse en Languedoc Roussillon
(Congrès SHF Oct. 2009, E.Garnier)

VI - <u>RECOMMANDATIONS</u>

Les changements climatiques sont un fait en Algérie et représentent un risque majeur.

Aussi, afin d'anticiper de manière appropriée sur ces phénomènes, des mesures d'adaptation doivent être prises dès maintenant:

1 – Élaboration de nouvelles stratégies de planification permettant d'intégrer la variabilité spatio-temporelle de ces phénomènes naturels dans toute politique de gestion de l'eau.

2 – Intégration des phénomènes extrêmes (inondations et sécheresse), dans toutes les analyses prospectives, afin de prévoir ces phénomènes et de réduire leurs impacts.

3 - Utilisation optimale des ressources en eau, par une économie efficiente

4 - Recyclage des eaux usées et mobilisation de nouvelles ressources en eau.

5 – Mise en place d'infrastructures et de systèmes d'alertes et de prévisions.

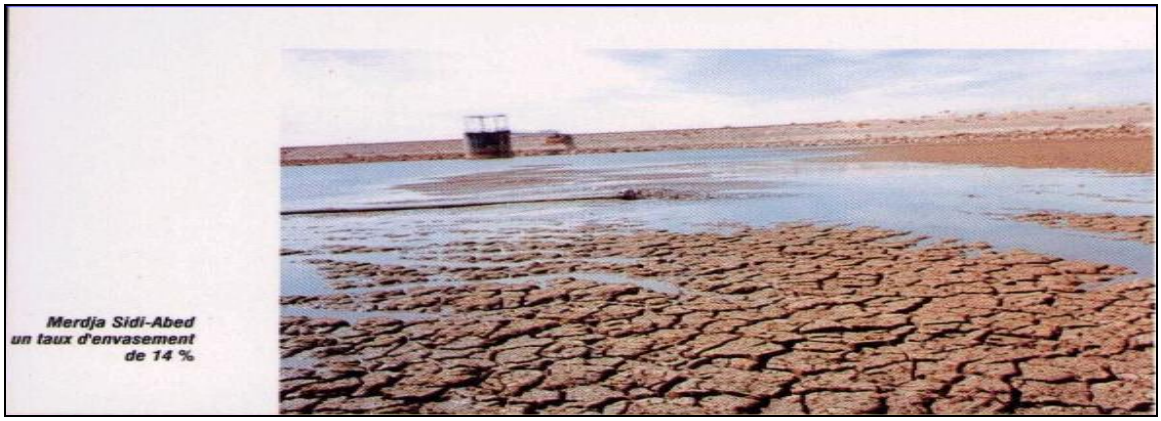
6 – Protection impérative des nappes souterraines contre toute source de pollution diffuse, d'autant que le renouvellement des eaux souterraines peut être très lent et que les pollutions y sont alors persistantes.

Erosion

Les changements climatiques ont des conséquences significatives sur l'érosion au niveau des versants et des lits d'oueds qui se manifestent selon les scénarii de précipitations par une tendance à l'augmentation du phénomène érosif.

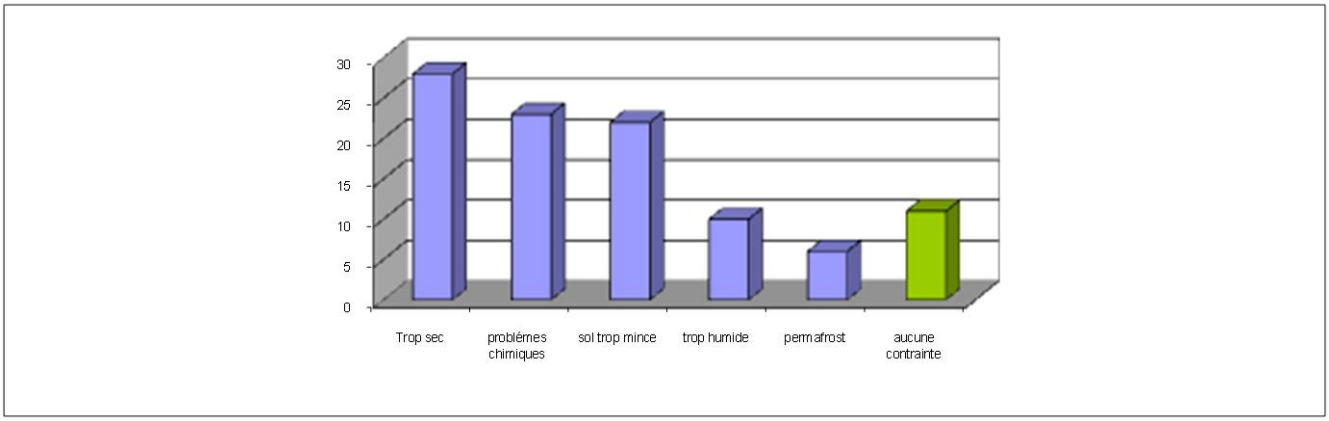
- Érosion spécifique pouvant a atteindre 2 000 t/km2/an au niveau de certains bassins versants.
- 120 millions de tonnes environs de sédiments rejetés en mer chaque année.
- 12M-ha sont affectés par le phénomène (principalement les régions Telliennes avec 45% des sols).

- Diminution des terres arables et envasement rapide des retenues de barrages

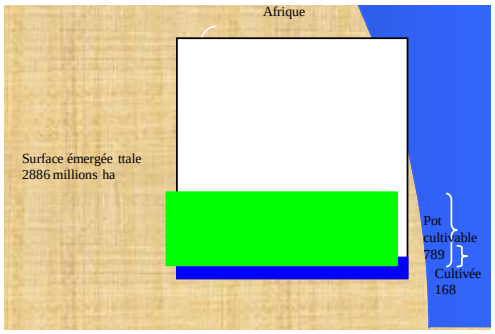


Impact sur les ressources en terres

Comment l'état des sols («erosion) dans le monde limite l'agriculture?



Le passage de 1.5 milliards d'ha à 3 milliards ha pour les décennies prochaines est limité par : la dégradation des terres érosion, toxicité chimique salinité et pertes de terres par expansion de l'urbanisme.



1-Les causes de pertes de terre

La dégradation des terres est un processus insidieux.
- il est rare qu'une terre productive une année ne le soit pas l'année suivante.
- le rendement des cultures est fonction de la progression du processus de dégradation.
- A la longue, les terres arables deviennent des pâturages. Les pâturages deviennent des broussailles et les broussailles des friches, perte simple de terre.

Quatre facteurs défavorisant:
En plus de l'expansion urbaine et les routes qui diminuent les superficies arables, on note quatre principaux facteurs importants défavorisant.

A) **Accumulation des sels:** si la couche arable devient trop saline ou trop alcaline sa productivité diminue.
Sous le soleil en climat chaud l'eau s évapore, ne laissant que le sel. Comme le drainage est mauvais la nappe aquifère monte, amenant l'eau salée au contact des racines (1milliard d'ha selon FAO et 5% des terres irriguées).
En Algérie, le taux de concentration en sel sur certains cours d'eau dépasse 300g par litre).

B) **Dommages physiques et biologiques:** le sols subit des dégâts physiques quand il est travaillé avec un matériel lourd par temps humide ou compacté autour des points d'eau des terres de pâturages (obligation d'implantation de végétaux à racines profondes pour briser la croute et essayer de rendre la fertilité à un sol compacté).

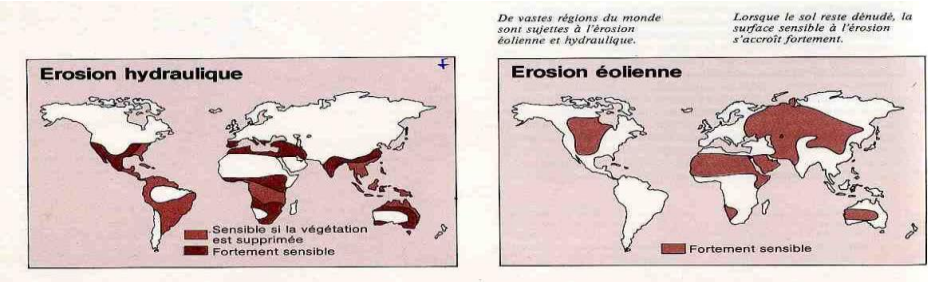
C) Erosion éolienne

De vastes régions dans le monde sont en butte à l'érosion éolienne, l'une des causes majeures de la désertification.
L'érosion éolienne se produit lorsque la terre est dépourvue de végétation ,et elle est particulièrement grave dans les régions arides et semi arides soumises longtemps à la surcharge et au surpâturage.
- selon FAO 22.4% des terres en Afrique du nord sont touchés par l'érosion éolienne.

D) **Erosion hydraulique**

La forme la plus répandue cause des dégâts massifs dans tous les pays en développement. Elle sévit là ou les terres escarpées sont imprudemment cultivées et ou des terres légèrement

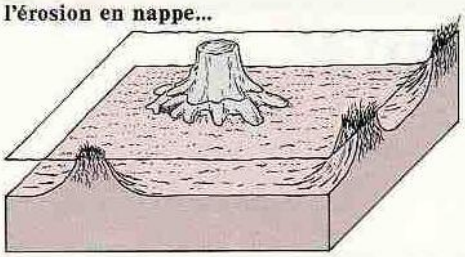
en pente sont exposées aux fortes pluies pendant un certain temps. (25 milliards de tonnes sont emportées chaque année –échouant dans les fleuves et les océans, 17.1% pour Afrique du nord en Algérie. On a un taux d'abrasion de 2000t km2, 45% des zones telliennes soit 12 millions d'ha ; on enregistre 120millions par an de sédiments qui se jettent en mer



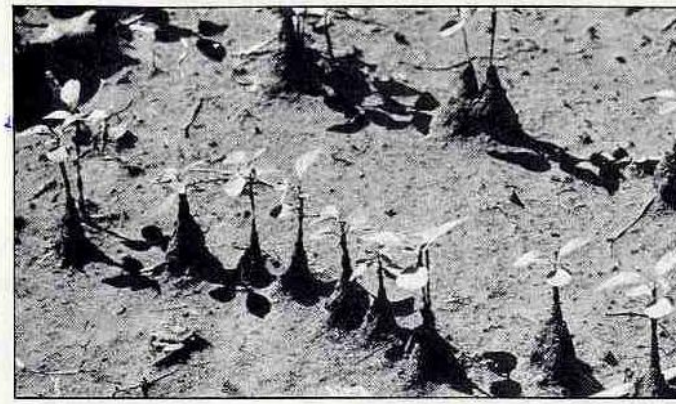
2- Le mécanisme de l'érosion

Dicton : Le sol est le maillon intermédiaire entre l'inanimé et le vivant

Le sol est constitué par des roches de fond dégradées et décomposées, de l'eau et de l'air, des matières organiques provenant de substances végétales et animales putréfiées et des milliers de formes biologiques essentiellement des micro-organismes et des insectes.
Dans la plupart des conditions, le sol se construit au rythme d'un centimètre seulement tous les 100 à 400ans .Il faut de 3000 à 12000ans pour avoir une couche suffisante pour la production.
Donc **le sol est une ressource non renouvelable**.
L'homme a multiplié par deux et demie le taux d'érosion naturelle au cours des siècles (2 milliards d'ha).
Il y a érosion essentiellement lorsque la terre est exposée à l'action du vent et de la pluie. Sans protection d'un couvert végétal et l'action stabilisatrice des racines, chaque goutte de pluie frappe le sol nu. Des particules se détachent sont emportées le long de la pente atterrissent dans la vallée en contrebas ou s'engouffrent dans la mer ,portées par les cours d'eau.
- La plus insidieuse: l'érosion en nappe
La seule manifestation d'érosion en nappe est le déchaussement progressif d'arbres ou cultures ou la base des pieux de clôture.
On s'en rend compte difficilement ou en retard pourtant 1.5cm de sol superficiel engendre 190tonnes de sol par ha.

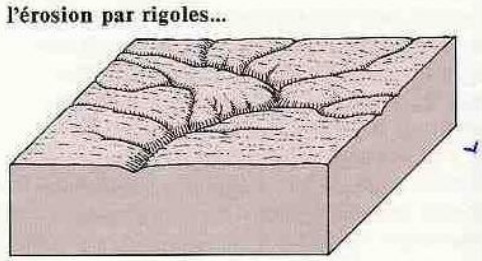


... est l'érosion plus ou moins uniforme de la superficie d'un champ. Les racines des plantes, des arbres et les pieux de clôture se déchaussent de plus en plus.



-L'érosion par rigoles

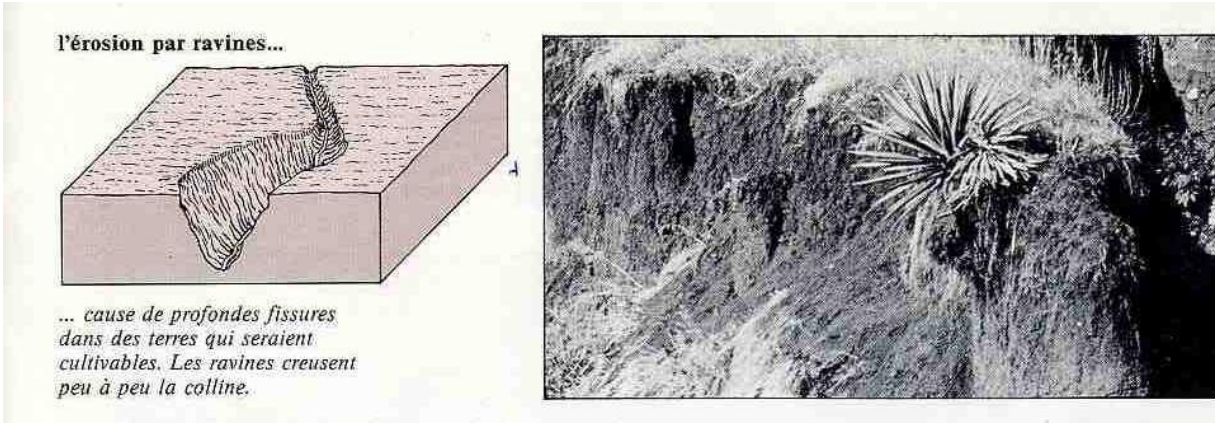
L'érosion par rigoles se produit sur des terres plus ou moins escarpées.
Comme il y a toujours des irrégularités dans un terrain, l'eau trouve des dépressions où se nicher ainsi que des rigoles en aval par où elle s'écoule. .Au fur et à mesure que la terre de ces rigoles est emportée par les eaux, des ruisselets ou des minuscules ravines se forment dans le champ.les ruisselets se transforment souvent en ravines mais sans cela ils causent beaucoup de pertes de sol.



... est l'accentuation des dépressions naturelles dues au ruissellement en surface. Les façons culturales masquent souvent les dégâts, mais une partie du sol est perdue.

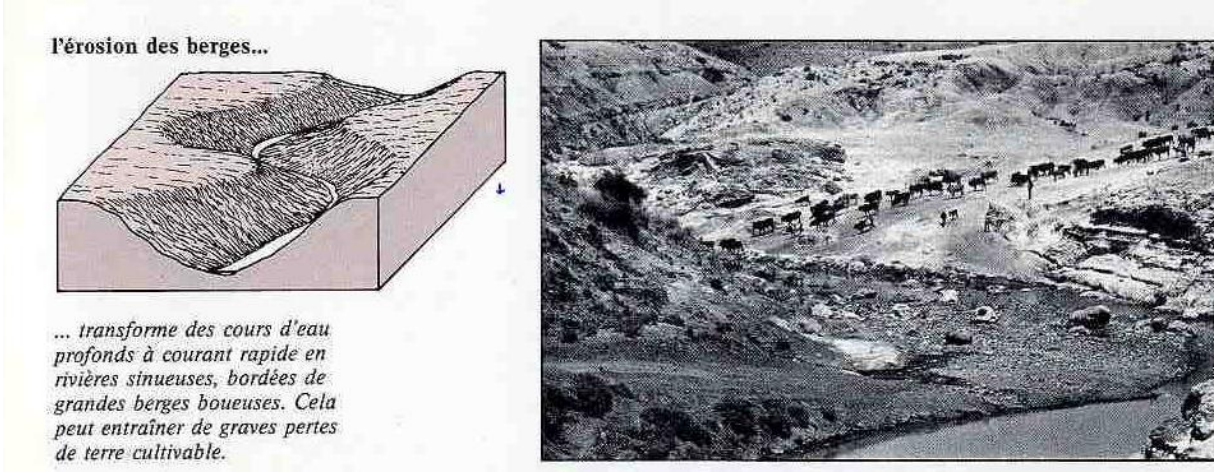
L'érosion par ravines :

Les terres abruptes sont souvent sujettes à la formation de ravines, l'eau coule en aval, creuse une voie profonde dans la terre ; lorsqu'il y éboulement, un début de ravine se forme à l'extrémité inferieure remontant peu à peu en amont ; ce qui a pour effet d'approfondir et élargir la cicatrice que fait la ravine dans la versant du coteau. Enfin ce qui a commencé par un filet d'eau, souvent le long d'un sentier peut se transformer en gouffre béant.
En Inde l'érosion par ravine emportent plus de 8000 ha par an
Elle s'apparente à l'érosion des berges des cours d'eau, rongées progressivement sous l'effet des débits rapides.

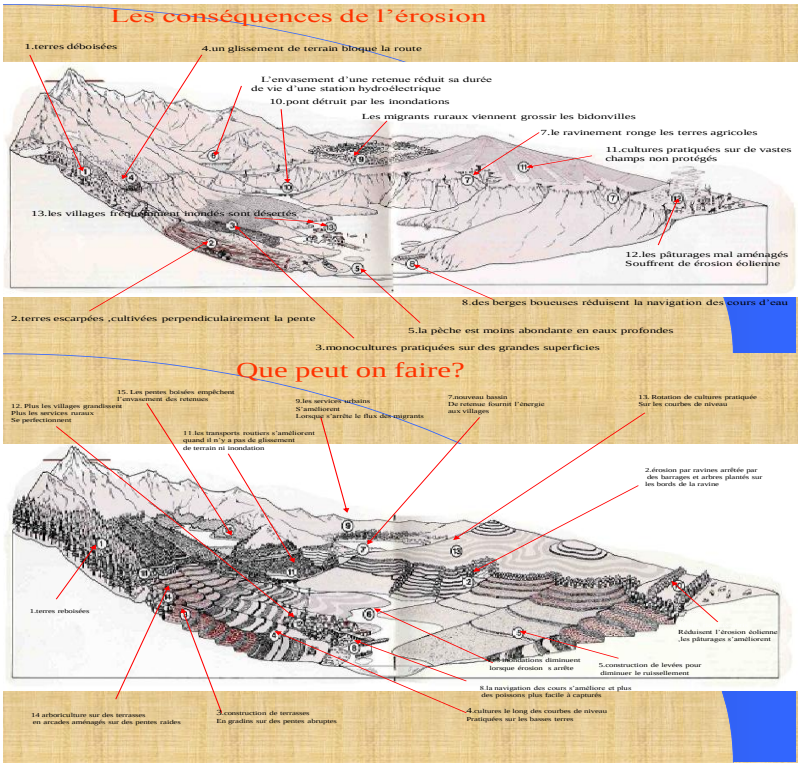


L'érosion des berges

L'érosion des berges des cours d'eau augmente progressivement sous l'effet des débits rapides.
Elle transforme les cours d'eau profonds à courant rapide en rivières sinueuses, bordées de grandes berges boueuses .Cela peut entrainer de graves pertes de terre cultivable.



Les conséquences de l'érosion



L'ANRH détient une banque de donnée

- sur les transports solides aux niveaux des principaux cours d'eau
-mesure la salinité.
-contrôle la qualité sur les principaux cours d'eau.

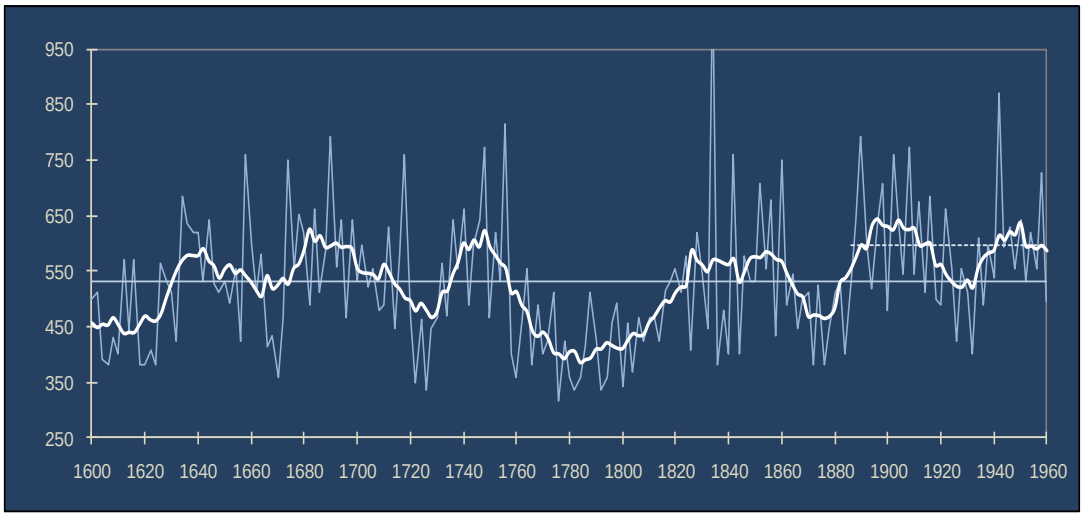
L'ANRH utilise de nouvelles techniques pour établir les cartes de sensibilité à l'érosion et l'identification des principales zones productrices de sédiments.

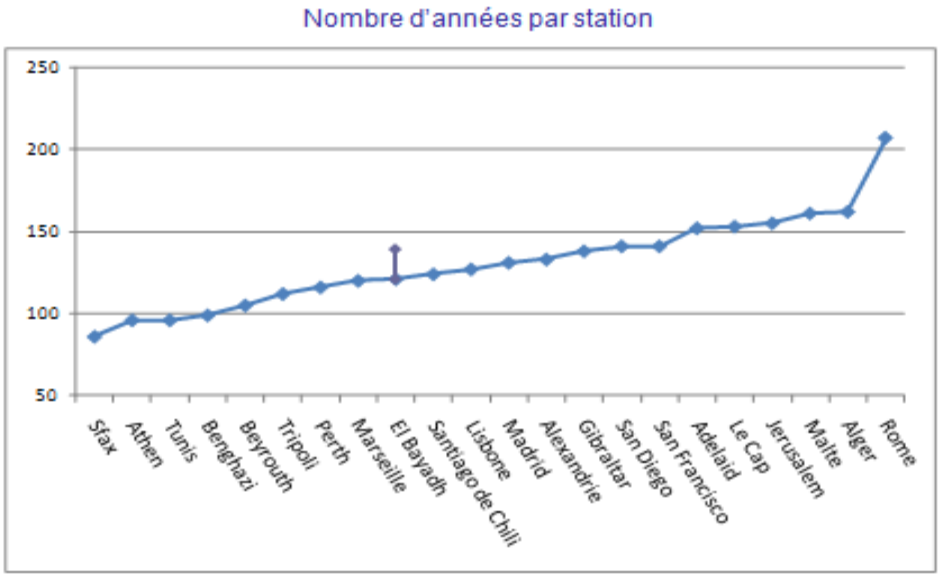
Y a-t-il une aridification significative du climat méditerranéen ?
Apport des données de la pluviométrie

Ahmed Aïdoud et Henry Noël H.N Le Houérou (F.A.O. Consultant international)

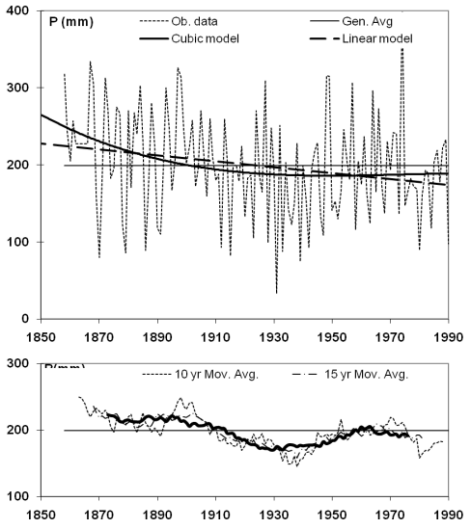
Problématique ?

- L'idée d'un changement climatique à travers le globe (global change) est maintenant acceptée et presque vérifiée (augmentation de température).
- La recherche scientifique est sollicitée pour :
  ¤ décrire et analyser ces changements
  ¤ proposer des outils d'aide pour lutter contre ces changements (comment les prédire, gérer les crises et leurs conséquences...)

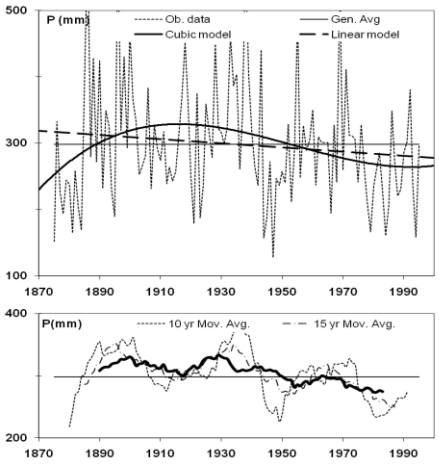




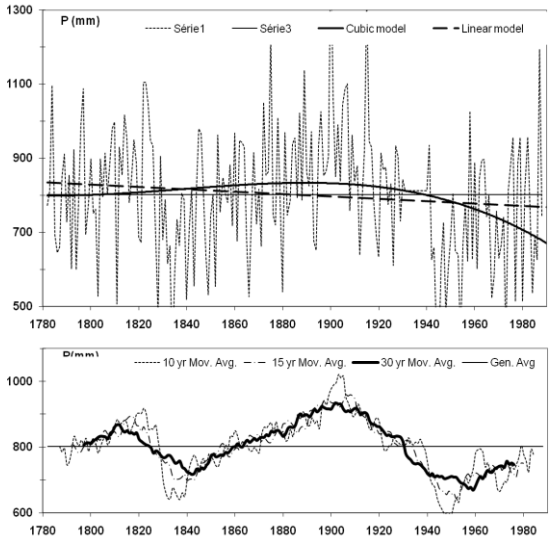
Simple description par **moyennes mobiles** et modèles de **régression** linéaire ou polynomiaux



Alexandrie



El Bayadh

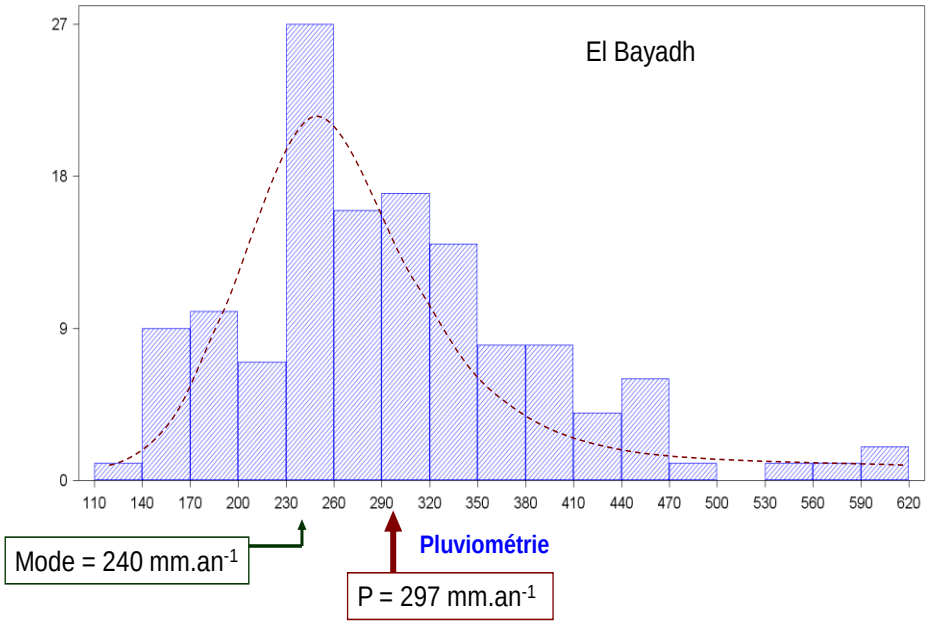


Rome

La tendance observée est-elle significative ?

Existe-t-il une régression significative entre les variables :

Y (ici la pluie cumulée durant chaque année) et
X le temps



Test de Mann-Kendall

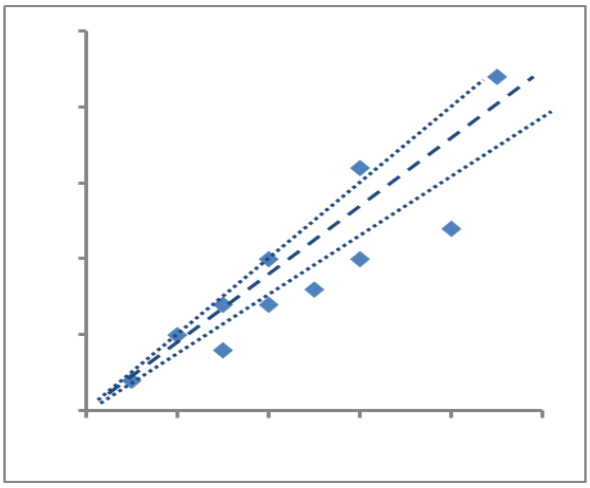
Le test de Mann-Kendall est un test non-paramétrique qui permet la détection d'une tendance dans une série chronologique.
Il est basé sur les grandeurs suivantes :

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} \text{sign}\,(Y_j - Y_i)$$

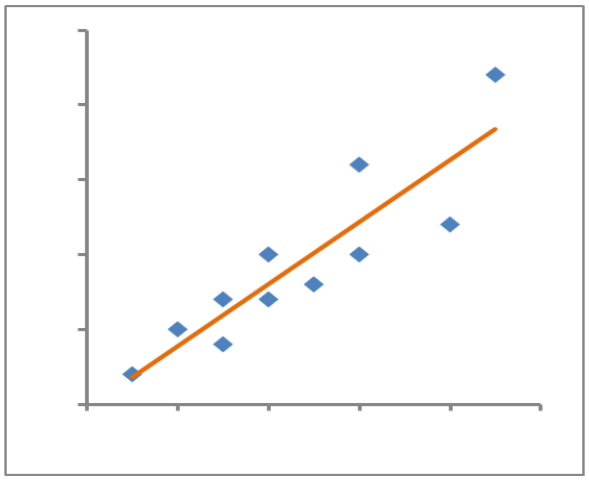
où
sign (a) = 1 si a>0
sign (a) = 0 si a=0
sign (a) = -1 si a<0

et

z = s / square root (var(s))



Régression par rapport à la moyenne arithmétique

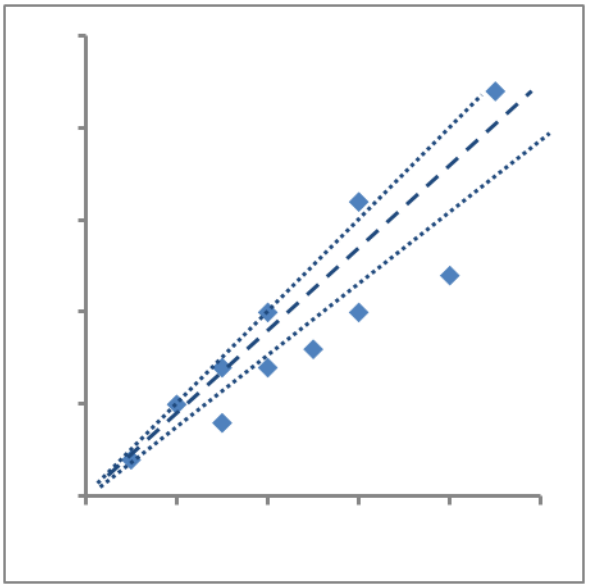


Régression par rapport à des quantiles (e.g. médiane, 1er quartile, 2ème quartile…

Calcul sur R

Package : « Quantreg »

R. Koenker (2005)



Régression par rapport à des quantiles (e.g. médiane, 1er quartile, 2ème quartile…

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
station:	Adelaide	Alexandrie	Alger	Athènes	Benghazi	Beyrouth	El Bayadh	Gibraltar	Jerusalem	Le Cap	Lisbonne
Moy. mm/an	515,651	199	658	382	248	879	298,266	837,8333333	554,7870968	626	707
Ecart type	111,441	67	163	88	89	197	92,444	253,6178395	163,8949611	133	178
Int. Conf.	17,716	11	25	18	17	38	16,471	42,31435286	25,8016334	21	31
Coef. var (%)	21,612	33	25	23	36	22	30,994	30,27067907	29,54195619	21	25
N	152,000	133	162	96	99	105	121,000	138	155	153	127
an 1	1839	1858	1838	1895	1882	1876	1875	1853	1846	1838	1864
an N	1990	1990	1999	1990	1980	1980	1995	1990	2000	1990	1990
n =	152	133	162	96	99	105	121	138	155	153	127
S=	-1364,00	-1521,00	117,00	-403,00	-500,00	-112,00	-487,00	-1719,00	-1352,00	-167,00	-571,00
E(S)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Var(S)	394009,33	264315,33	476721,00	99813,33	109417,00	130433,33	199246,67	295143,67	417725,00	401812,00	230251,00
Z	**-2,17**	**-2,96**	**0,17**	**-1,28**	**-1,51**	**-0,31**	**-1,09**	**-3,17**	**-2,09**	**-0,27**	**-1,19**
N	152	133	162	96	99	105	121	138	155	153	127
dN=	5047,00	3612,00	6571,00	2061,00	2160,00	2656,00	3385,00	3861,00	5273,00	5723,00	3710,00
E(dN)	5738,00	4389,00	6520,50	2280,00	2425,50	2730,00	3630,00	4726,50	5967,50	5814,00	4000,50
Var(dN)	98502,33	66078,83	119180,25	24953,33	27354,25	32608,33	49811,67	73785,92	104431,25	100453,00	57562,75
u(dN)	**-2,20**	**-3,02**	**0,15**	**-1,39**	**-1,61**	**-0,41**	**-1,10**	**-3,19**	**-2,15**	**-0,29**	**-1,21**
Signification	*	**	NS	NS	NS	NS	NS	**	*	NS	NS
	-	-						-	-		

	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
station:	Madrid	Malte	Marseille	Perth	Rome	San Diego	San Francisco	Santiago de Chili	Sfax	Tripoli	Tunis
Moy. (mm/an)	428	521	560	866	802	251	545	339	198	343	443
Ecart type	102	141	150	164	174	102	166	164	90	116	111
Int. Conf.	18	22	27	30	24	17	27	29	19	21	22
Coef. var (%)	24	27	27	19	22	41	30	48	45	34	25
N	131	161	120	116	207	141	141	124	86	112	103
an 1	1860	1841	1871	1876	1782	1850	1850	1867	1888	1879	1889
an N	1990	2001	1990	1991	1988	1990	1990	1990	1973	1990	1990
n =	131	161	120	116	207	141	141	124	86	112	96
S=	807,00	812,00	-282,00	-392,00	-1710,00	397,00	-1376,00	-453,00	486,00	-943,00	659,00
E(S)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Var(S)	252611,67	467973,33	194366,67	175643,33	992611,00	314743,33	314743,33	214375,33	71881,67	158162,67	99813,33
Z	**1,60**	**1,19**	**-0,64**	**-0,94**	**-1,72**	**0,71**	**-2,45**	**-0,98**	**1,81**	**-2,37**	**2,08**
N	131	161	120	116	207	141	141	124	86	112	96
dN=	4648,00	6824,00	3420,00	3131,00	9763,00	5118,00	4241,00	3575,00	2063,00	2627,00	2602,00
E(dN)	4257,50	6440,00	3570,00	3335,00	10660,50	4935,00	4935,00	3813,00	1827,50	3108,00	2280,00
Var(dN)	63152,92	116993,33	48591,67	43910,83	248152,75	78685,83	78685,83	53593,83	17970,42	39540,67	24953,33
u(dN)	**1,55**	**1,12**	**-0,68**	**-0,97**	**-1,80**	**0,65**	**-2,47**	**-1,03**	**1,76**	**-2,42**	**2,04**
	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	*	*
							-			-	+

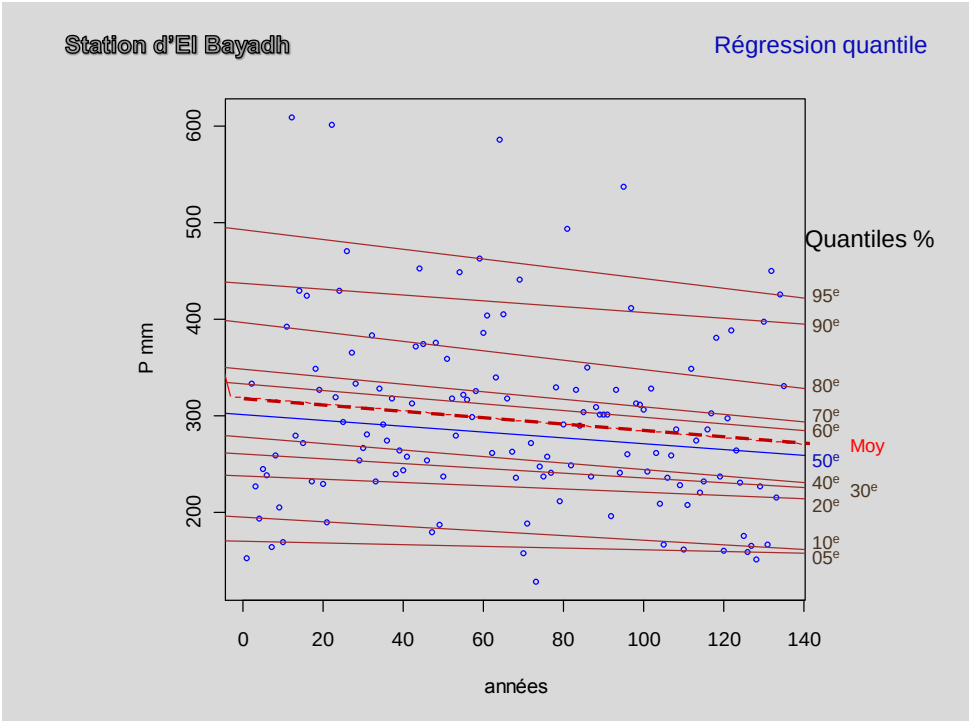
NS: tendance non significative

* tendance significative

** tendance hautement significative

- : tendance à la baisse

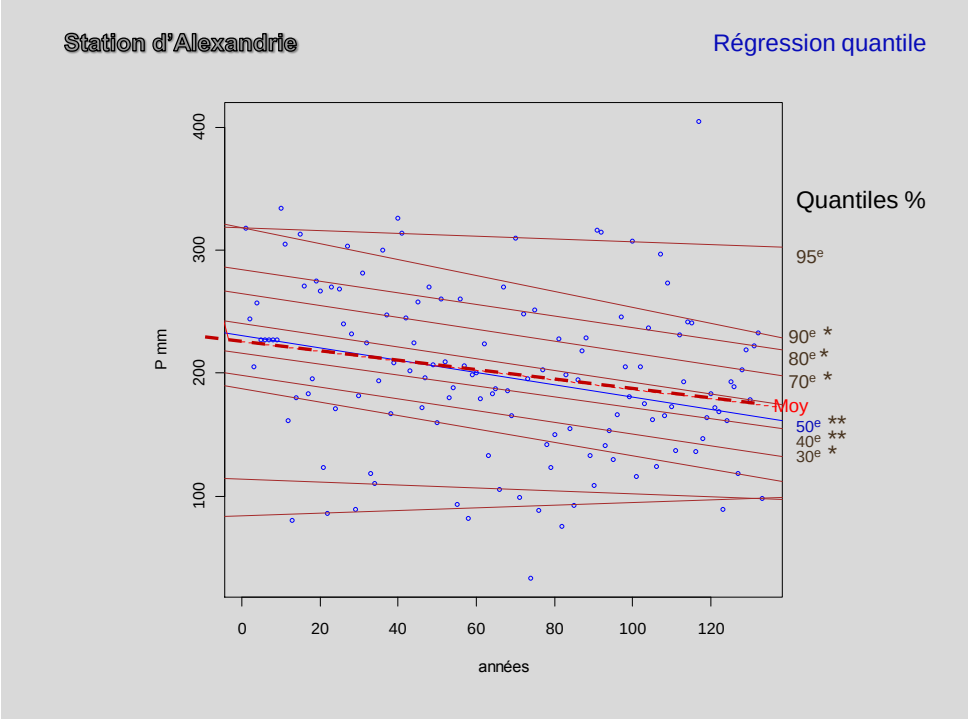
+ : tendance à la hausse



Station d'El Bayadh

Pentes des droites de régressions

Quantiles	Value	Std.Error	t-value	Pr(>|t|)
0.05	-0.08966	0.14850	-0.60375	0.54704
0.1	-0.23415	0.27220	-0.86021	0.39122
0.2	-0.17000	0.26051	-0.65257	0.51516
0.3	-0.25234	0.21361	-1.18131	0.23959
0.4	-0.33750	0.22929	-1.47195	0.14340
0.5	-0.29490	0.21959	-1.34296	0.18157
0.6	-0.34722	0.27793	-1.24933	0.21374
0.7	-0.38983	0.33908	-1.14969	0.25234
0.8	-0.48889	0.46543	-1.05041	0.29544
0.9	-0.30566	0.80918	-0.37774	0.70622
0.95	-0.50667	0.72118	-0.70255	0.48357



		Test MK	Test RQ						
			0.05	0.1	0.25	0.5	0.75	0.9	0.95
1	Adelaid	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	**
2	Alexandrie	**	NS	NS	*	**	*	*	NS
3	Alger	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
4	Athenes	NS	NS	*	*	NS	NS	NS	NS
5	Benghazi	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
6	Beyrouth	NS	*	NS	NS	NS	NS	*	**
7	El Bayadh	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
8	Gibraltar	**	NS	NS	***	NS	**	NS	NS
9	Jerusalem	*	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS
10	Le Cap	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
11	Lisbone	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
12	Madrid	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS
13	Malte	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS
14	Marseille	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
15	Perth	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
16	Rome	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
17	San Diego	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
18	San Francisco	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
19	Santiago de Chili	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
20	Sfax	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS
21	Tripoli	*	NS	NS	*	NS	NS	*	NS
22	Tunis	*	NS	NS	NS	NS	**	*	NS

NS: p≥0.05
*: p<0.05
**: p<0.01
***:p<0.001

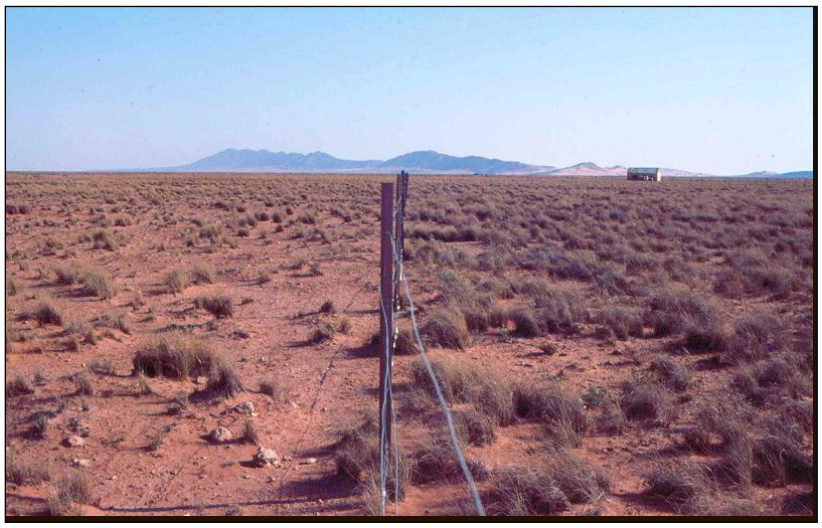
Question :

A-t-on vraiment raison de s'inquiéter des changements climatiques en zone aride?

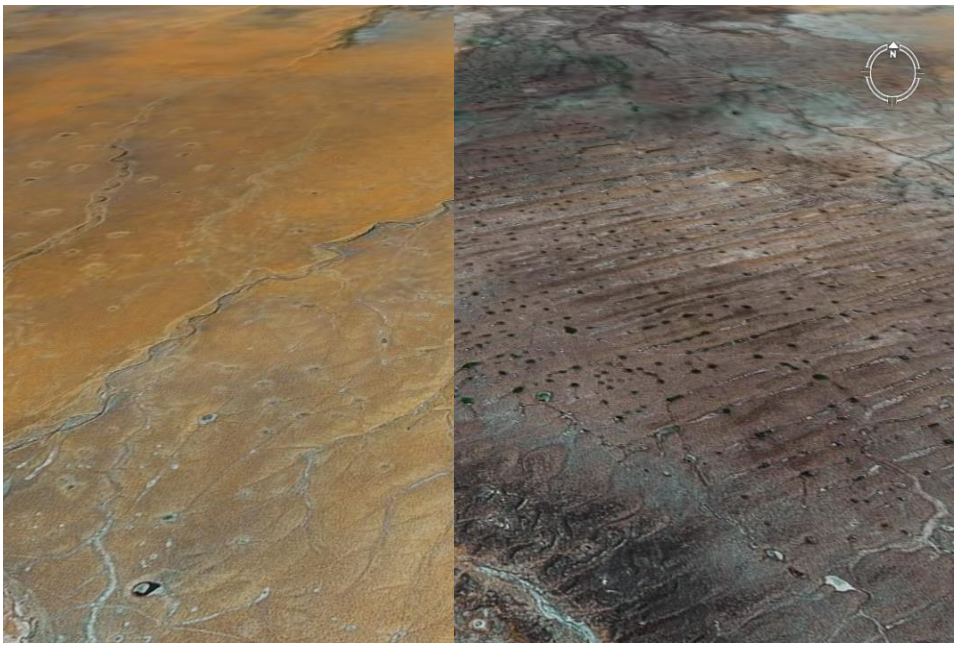
Réponses à la sécheresse des écosystèmes steppiques arides

Ahmed AIDOUD
UMR CNRS Ecobio – Univ. Rennes 1 (France)

Steppe de Lygeum spartum



Steppe de Lygeum spartum d'El Ouassaa

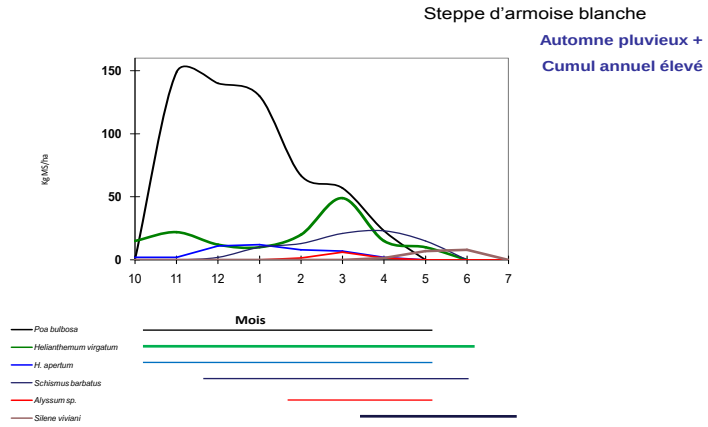


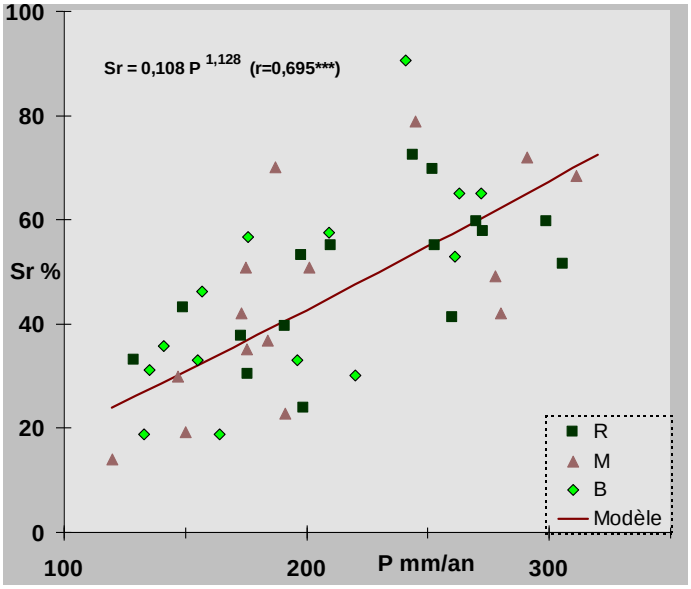
En année sèche

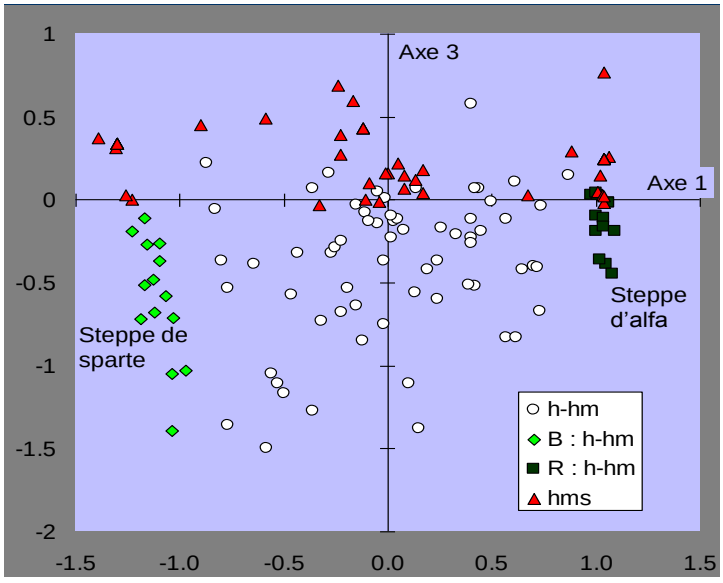
En année humide

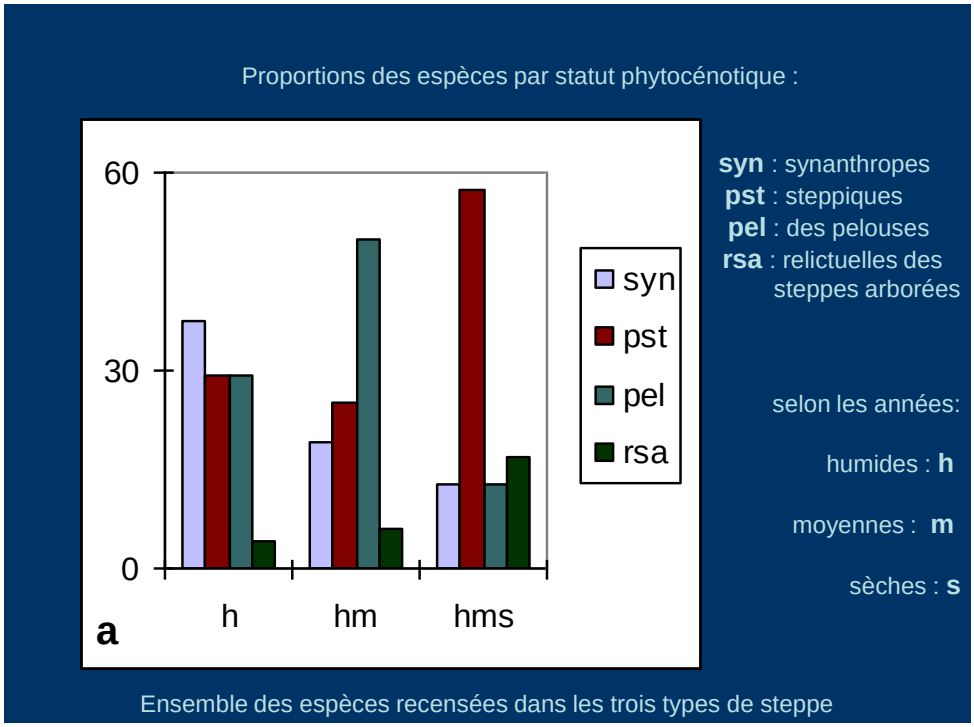
Steppes =>		Toutes	d'Alfa	d'Armoise	de Sparte
SEPTEMBRE	T	ps 0,525**	ps 0,731*	li 0,622*	ex 0,401
	D	li 0,469**	ps 0,710*	ps 0,498	li 0,355
	E	ps 0.523**	ps 0.492	ex 0.600	ps 0.572
	A	ps 0,509**	ps 0,467	ps 0,556	ps 0,547
OCTOBRE	T	li 0,476**	–	li 0,365	li 0,743*
	D	ex 0,199	–	lg 0,190	ex 0,340
	E	li 0,621***	li 0,276	li 0,465	li 0,824**
	A	li 0,610***	li -0,36	li 0,511	li 0,811**
NOVEMBRE	T	ex 0.189	ps 0.275	ex 0.125	ex 0.252
	D	–	ps 0,240	–	–
	E	ex 0,398*	ex 0.375	ps 0,311	ex 0,518
	A	ps 0,438*	ex 0,359	ps 0,528	ex 0,479
SEP+OCT	T	li 0,692***	li 0,548	Li 0,735**	li 0,757*
	D	li 0,472**	li 0,584	li 0,526	li 0,455
	E	ex 0.655***	ps 0.310	Ex 0.759**	ex 0.795**
	A	ex 0,602***	ps 0,227	ps 0,669*	ex 0,792**
AUTOMNE	T	li 0,581***	ex 0,572	li 0,602*	li 0,617
	D	ex 0,333	li 0,540	ex 0,357	ex 0,312
	E	ex 0,725***	ex 0,512	Ex 0,754**	ex 0,831**
	A	ex 0,692***	ps 0,287	Ps 0,763**	ex 0,808**
PRINTEMPS	T	lg 0,486**	lg 0,636*	ps 0,452	li 0,459
	D	li 0,558**	lg 0,607	ps 0,490	li 0,648*
	E	ps 0,197	ps 0,549	lg 0,286	lg 0,220
	A	lg 0,172	ps 0,541	lg 0,254	lg 0,230

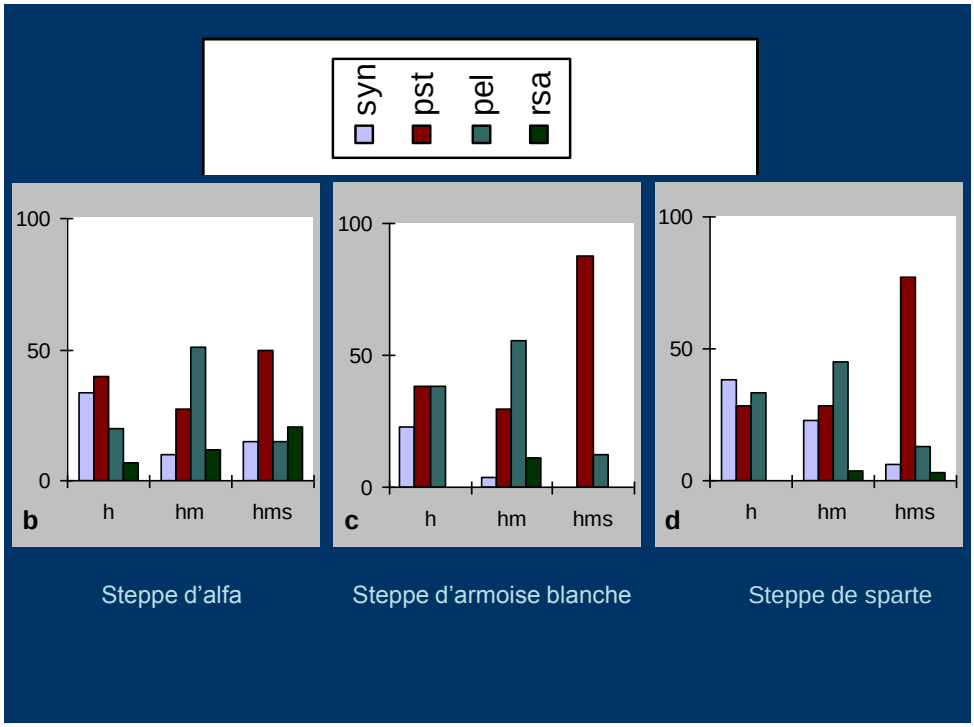
Steppes =>		Toutes	d'Alfa	d'Armoise	de Sparte
SEP-JUIN	T	lg 0,887***	lg 0,963***	ps 0,926***	li 0,880***
	D	lg 0,821***	lg 0,931***	**ps 0,800****	**lg 0,793****
	E	ps 0,745***	ps 0,745*	ps 0,888***	**ps 0,779****
	A	ps 0,663***	ps 0,749*	li 0,674*	**ps 0,813****

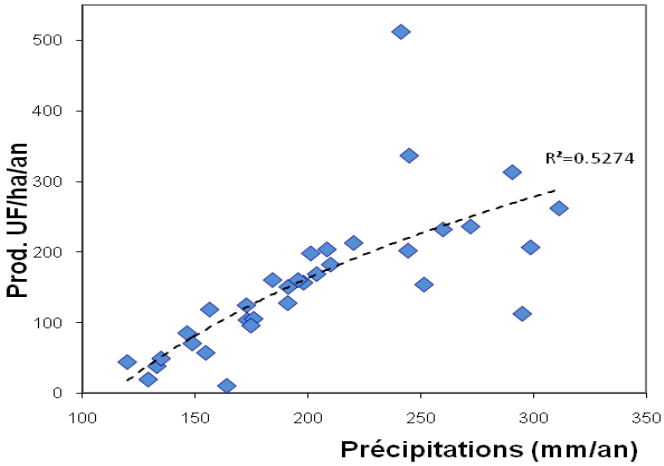

Steppe d'armoise blanche
Automne pluvieux +
Cumul annuel élevé
Kg MS/ha
150
100
50
0
10
11
12
1
2
3
4
5
6
7
Mois
Poa bulbosa
Helianthemum virgatum
H. apertum
Schismus barbatus
Alyssum sp.
Silene viviani

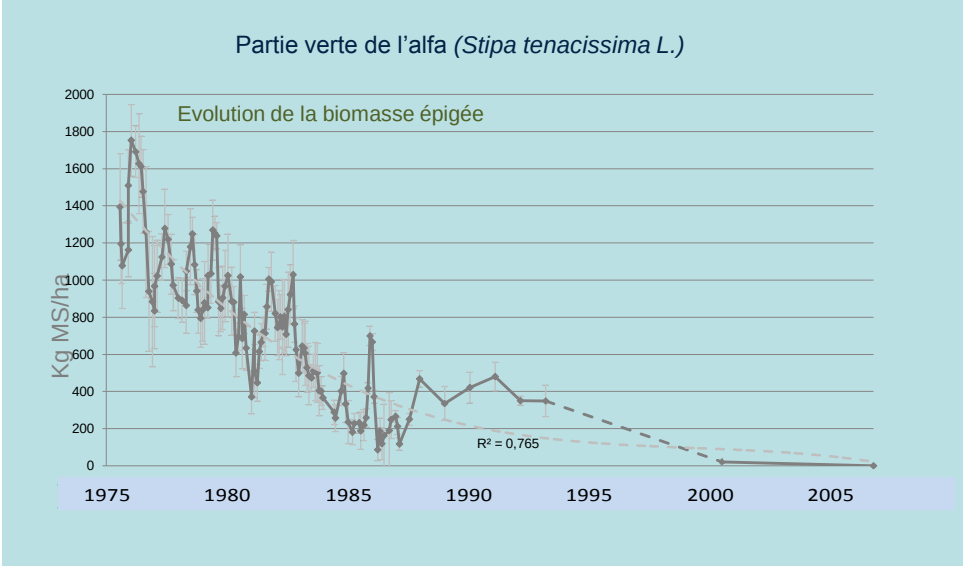

Sr = 0,108 P 1,128 (r=0,695***)
Sr %
P mm/an
100
80
60
40
20
0
100
200
300
R
M
B
Modèle

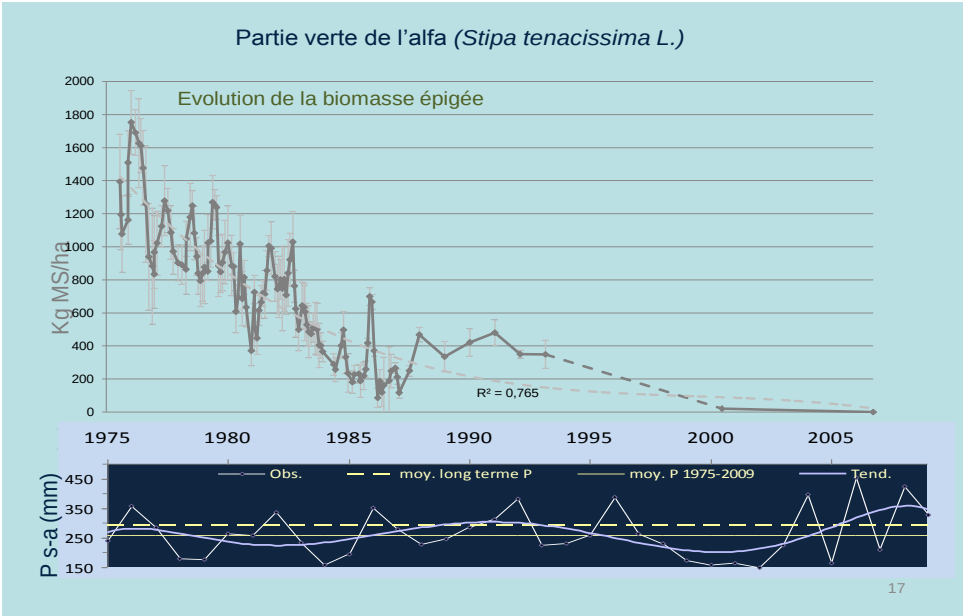

Axe 3
Axe 1
Steppe de sparte
Steppe d'alfa
h-hm
B : h-hm
R : h-hm
hms
1
0.5
0
-0.5
-1
-1.5
-2
-1.5
-1.0
-0.5
0.0
0.5
1.0
1.5

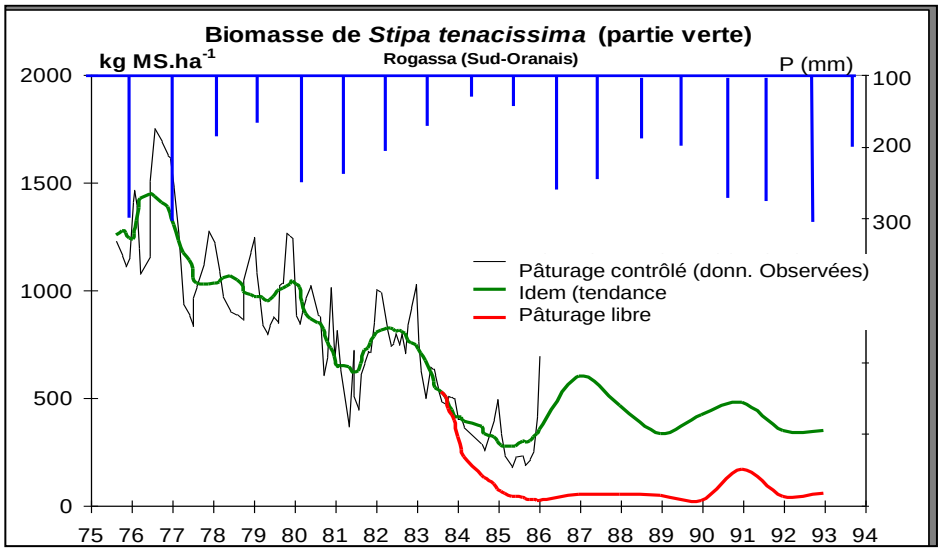

Proportions des espèces par statut phytocénotique :
60
30
0
h
hm
hms
a
syn
pst
pel
rsa
syn : synanthropes
pst : steppiques
pel : des pelouses
rsa : relictuelles des steppes arborées
selon les années:
humides : **h**
moyennes : **m**
sèches : **s**
Ensemble des espèces recensées dans les trois types de steppe

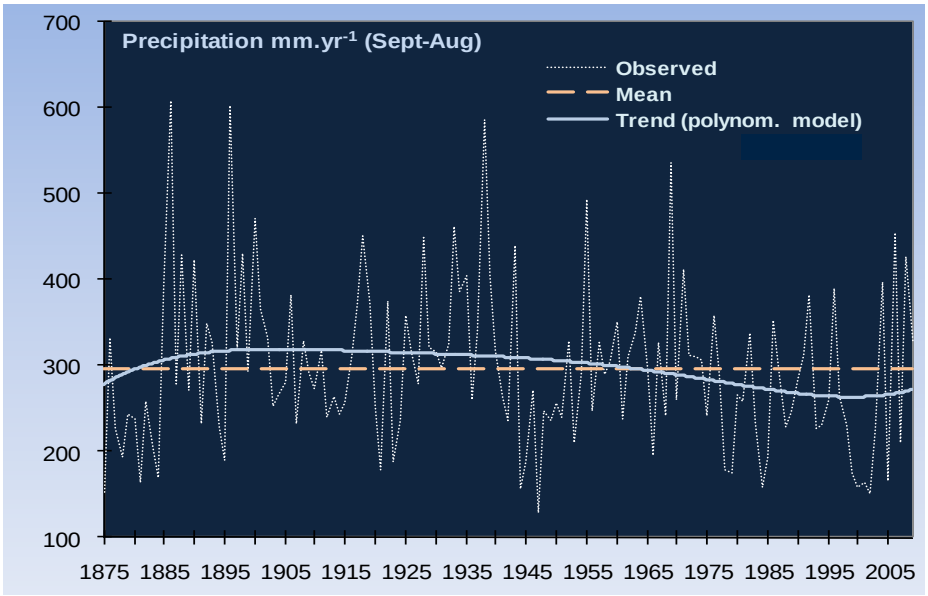

syn
pst
pel
rsa
100
50
0
h
hm
hms
b
c
d
Steppe d'alfa
Steppe d'armoise blanche
Steppe de sparte

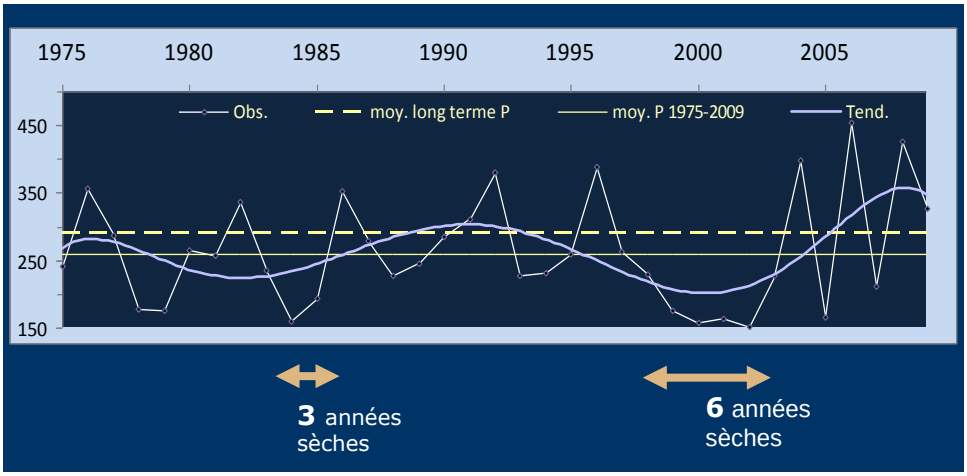

Prod. UF/ha/an
Précipitations (mm/an)
R²=0.5274
0
100
200
300
400
500
100
150
200
250
300
350

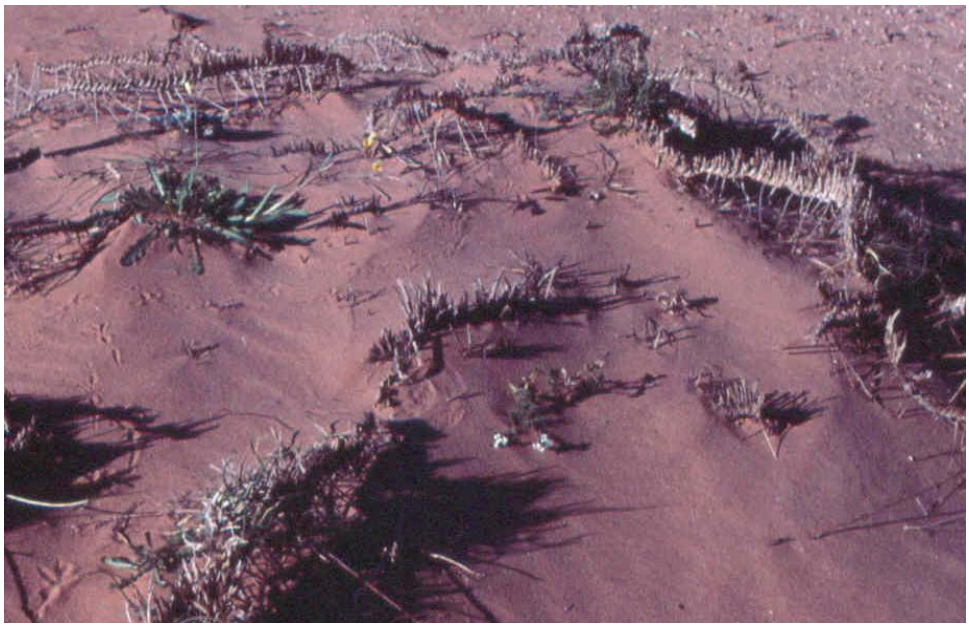

Partie verte de l'alfa (Stipa tenacissima L.)
Evolution de la biomasse épigée
Kg MS/ha
R² = 0,765
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005


Partie verte de l'alfa (Stipa tenacissima L.)
Evolution de la biomasse épigée
Kg MS/ha
R² = 0,765
Obs.
moy. long terme P
moy. P 1975-2009
Tend.
P s-a (mm)
17


Biomasse de *Stipa tenacissima* (partie verte)
kg MS.ha-1
Rogassa (Sud-Oranais)
P (mm)
2000
1500
1000
500
0
100
200
300
75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94
Pâturage contrôlé (donn. Observées)
Idem (tendance
Pâturage libre


Precipitation mm.yr-1 (Sept-Aug)
Observed
Mean
Trend (polynom. model)
700
600
500
400
300
200
100
1875 1885 1895 1905 1915 1925 1935 1945 1955 1965 1975 1985 1995 2005

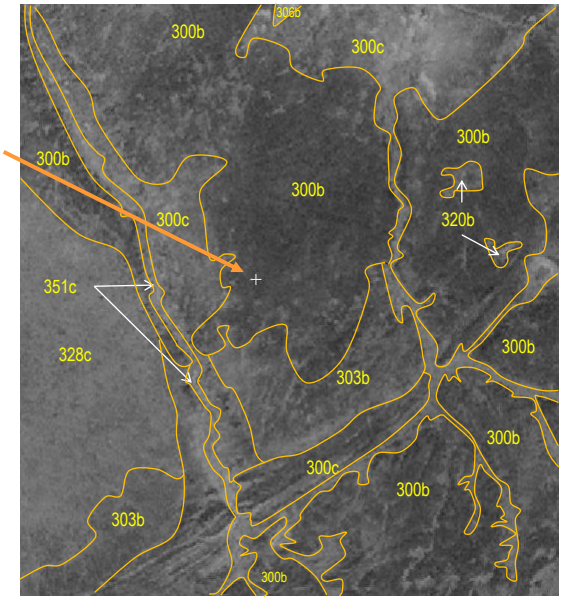

1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005
Obs.
moy. long terme P
moy. P 1975-2009
Tend.
450
350
250
150
3 années sèches
6 années sèches



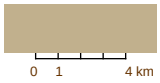
1993

Rogassa
LT monitoring site
P = 250 mm.yr^{-1}

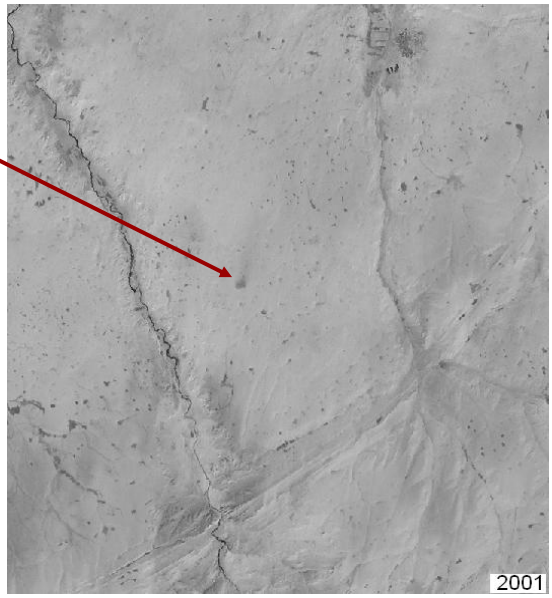
Plant cover ≈ 40 %
Phytomass 9.10^{3} kgDM.ha^{-1}



LANDSAT MSS 1972



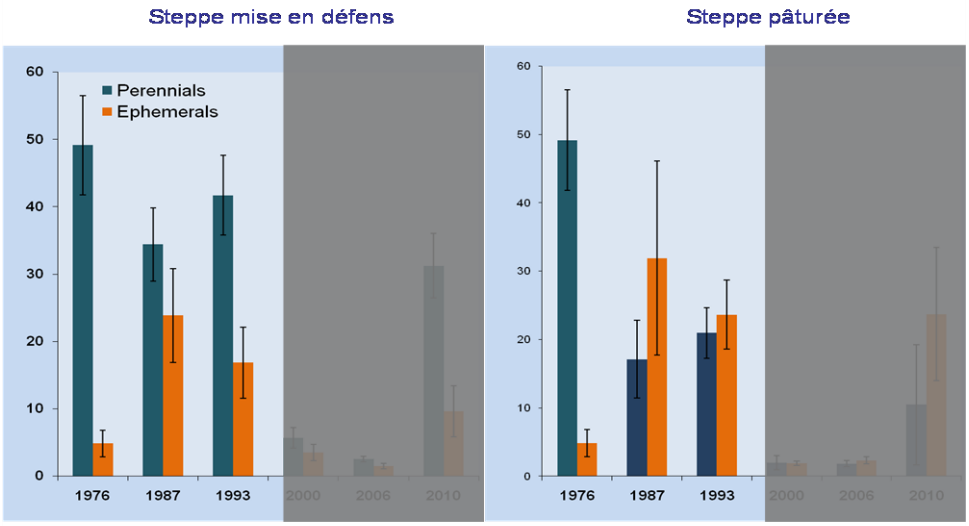
Plant cover ≈ **5** %
Phytomass **140** kgDM.ha^{-1}



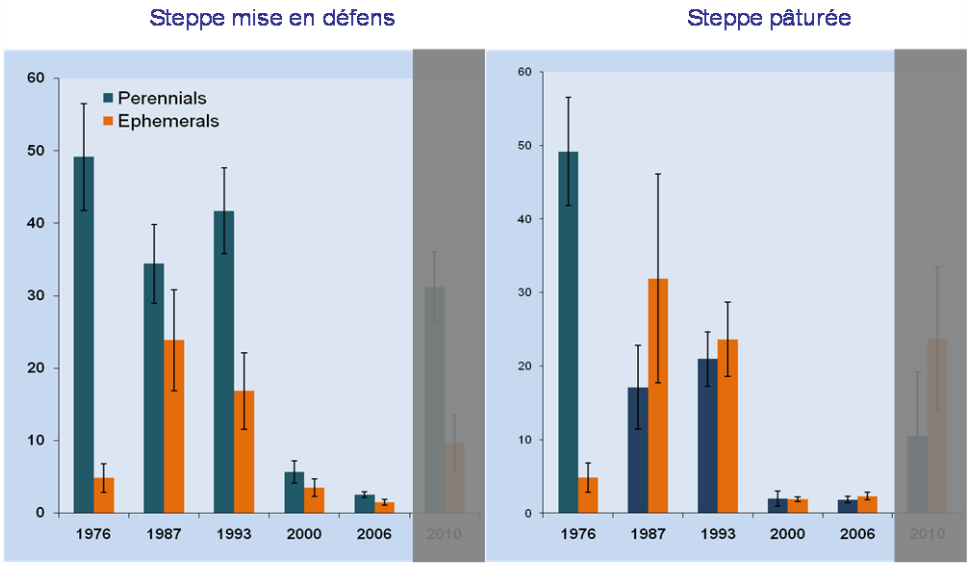
LANDSAT MSS 2001

thanks to Google Earth

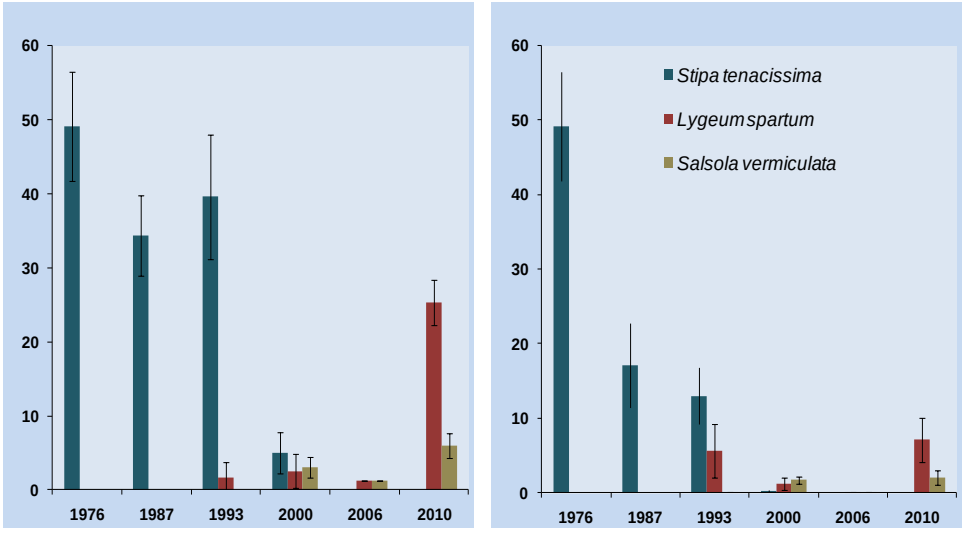
2009



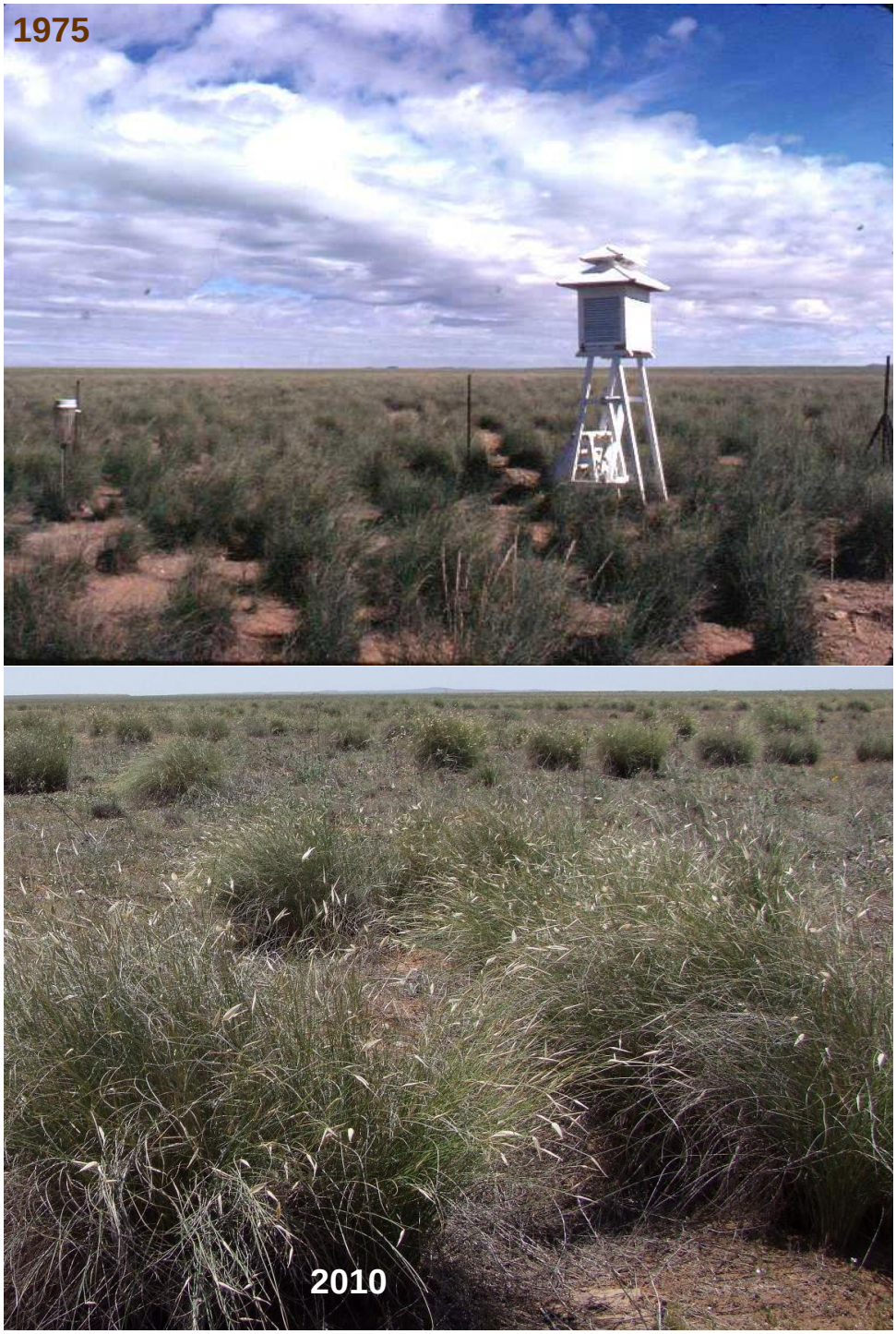
Slimani et al., *J. Arid Environ.* 74 (2010) 685–691



Slimani et al., *J. Arid Environ.* 74 (2010) 685–691



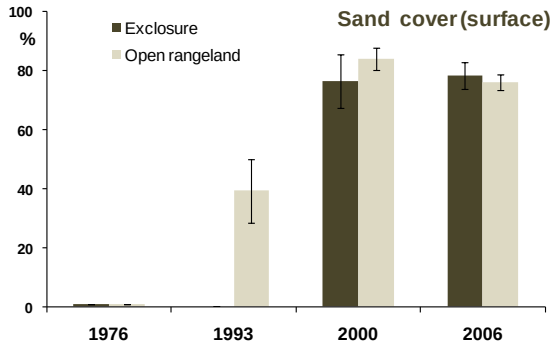
3 principales espèces pérennes

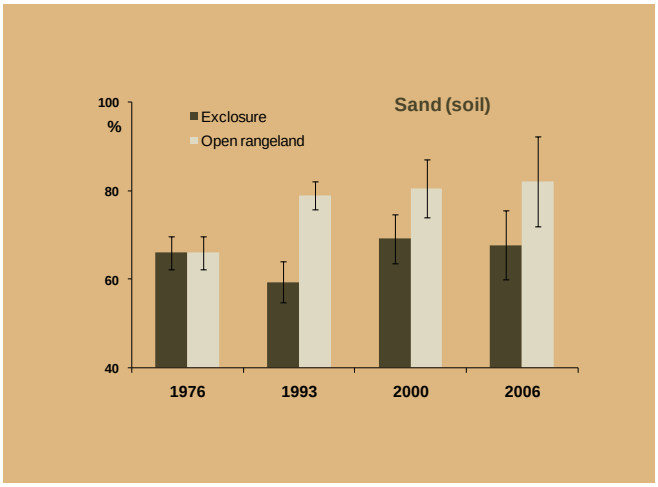

1975
2010

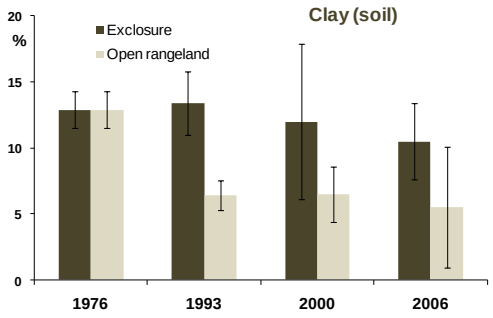
Rhizome de Stipa tenacissima

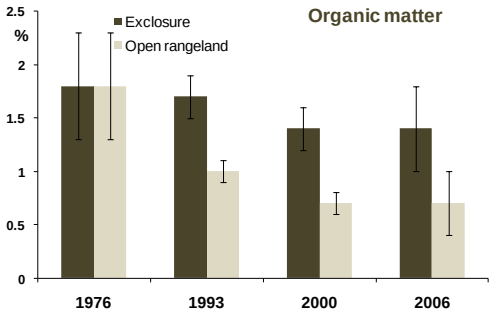
Repousse d'alfa ?

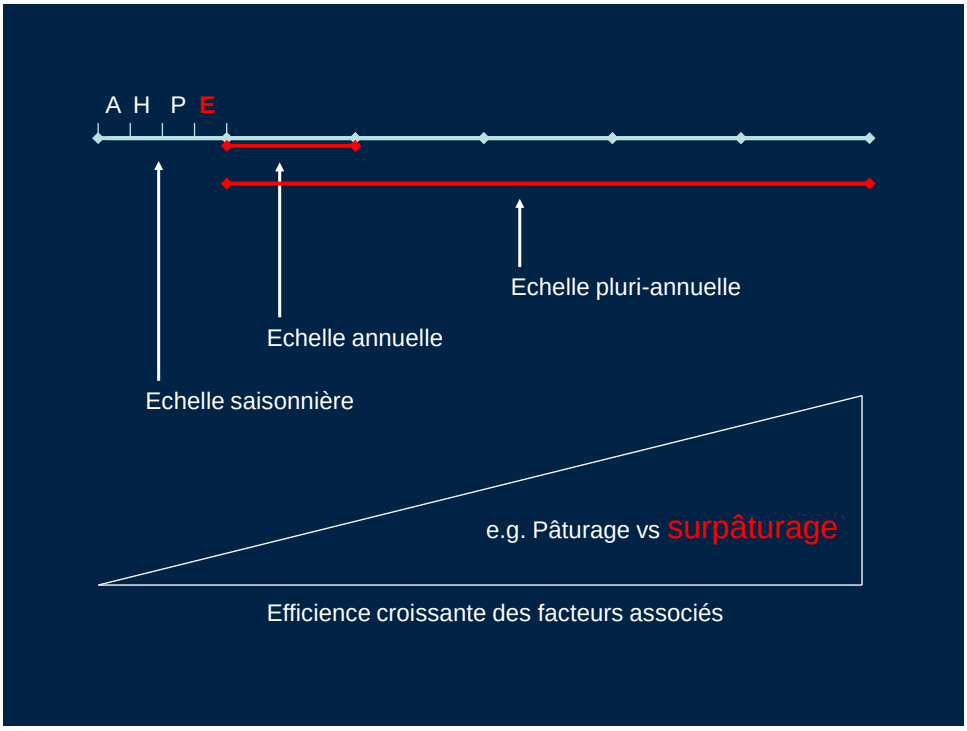
Schismus barbatus

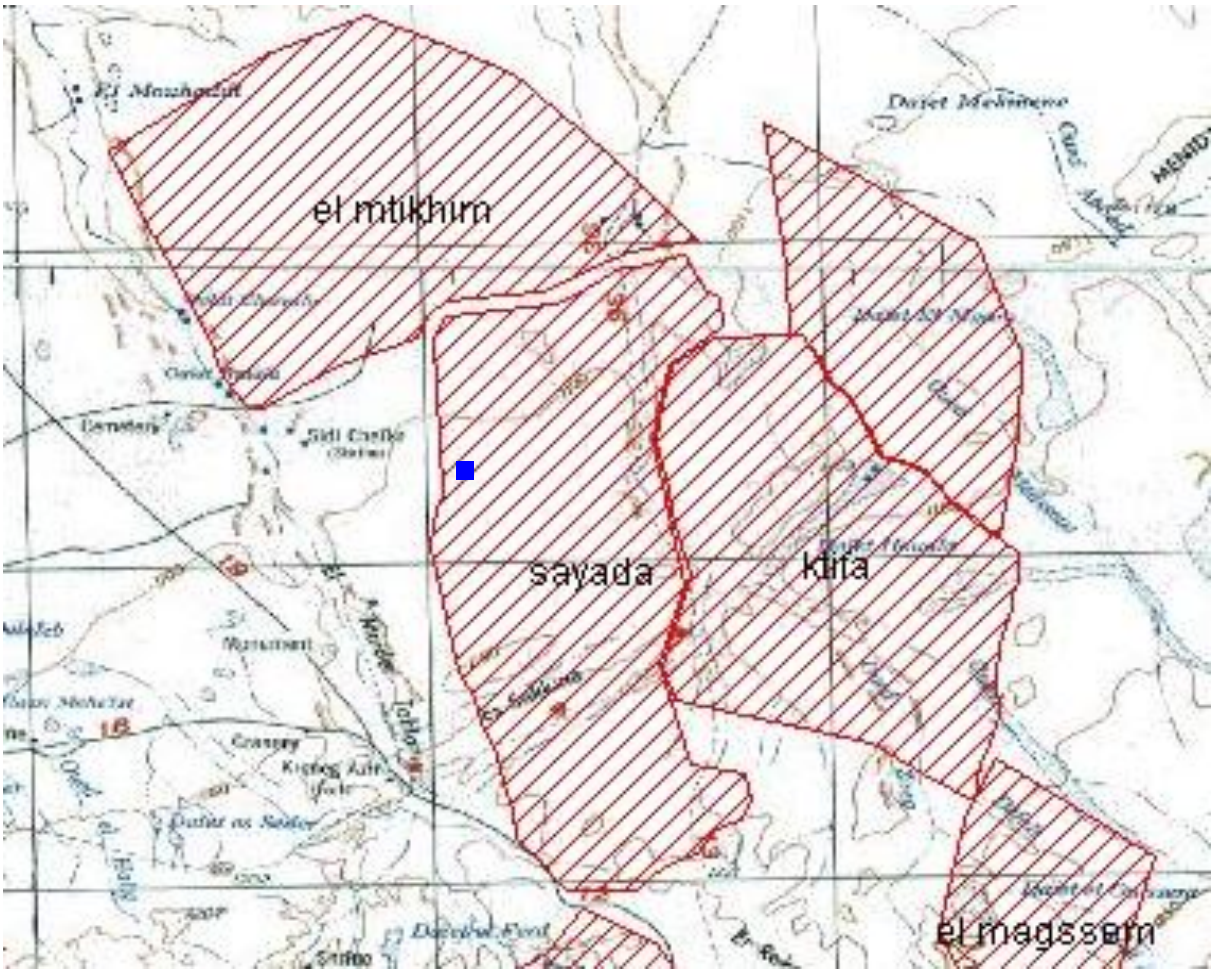

Sand cover (surface)
Exclosure
Open rangeland
100
%
80
60
40
20
0
1976
1993
2000
2006


Sand (soil)
Exclosure
Open rangeland
100
%
80
60
40
1976
1993
2000
2006

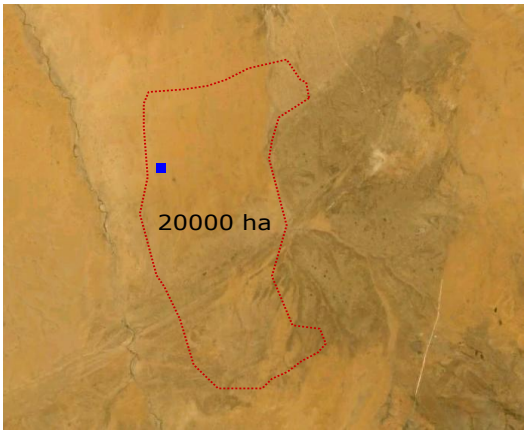

Clay (soil)
Exclosure
Open rangeland
%
20
15
10
5
0
1976
1993
2000
2006


Organic matter
Exclosure
Open rangeland
%
2.5
2
1.5
1
0.5
0
1976
1993
2000
2006


A H P E
Echelle pluri-annuelle
Echelle annuelle
Echelle saisonnière
e.g. Pâturage vs surpâturage
Efficience croissante des facteurs associés

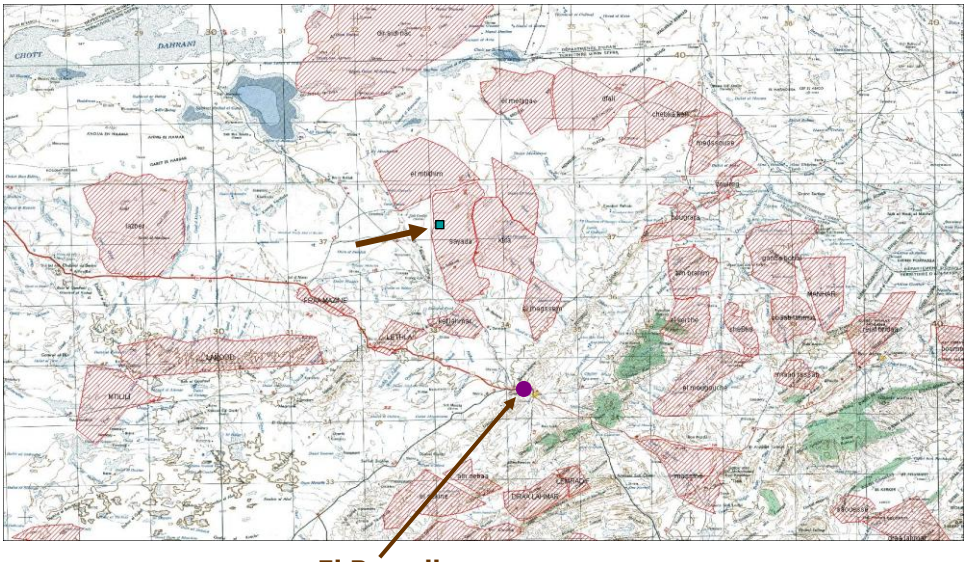


Exclosures set up by the HCDS
HAUT COMMISSARIAT AU DEVELOPPEMENT DE LA STEPPE
(governmental organism for development of the Steppe)



This image don't show it yet but we can see the other large exclosures previously established on the left. They are darker because of a lower grazing pressure.

This new approach has been applied all around the steppic region in Algeria.



El Bayadh Wilaya 5.7 million ha
1.2 million ha de mises en défens temporaires

Here In the Wilaya (county) of El Bayadh,
The main remark is that steppic rangelands were used in common and the first question posed is : do the traditionnal pastoralists accept this new way of land-use
The answer seems to be **yes** according to the past few years of practice

The steppe just went through a severe (seviir) drought and the pastoralists a hard forage crisis and what we saw is that the stocking rate has decreased considerably and one could expect a decline if not the disappearance of the steppe as a pastureland.
*The exclosures set up by the HCDS were a usefull demonstration of **passive** restoration and this certainly induced joining the pastoralists to this new way of management and the new fact (that could be considered as a real revolution) is that they accept now to pay rangeland leasing/renting and they respect (more or less) the governmental management policies.*
We are preparing projects for partnership between scientists, engineers and decision makers

Dans le cadre de cette nouvelle approche Le rôle des chercheurs en écologie des parcours (écologie de la restauration) est d'accompagner, d'encadrer et de collaborer :

- par la surveillance / suivi des changements écologiques à des échelles spatio-temporelles adéquates et des techniques appropriées d'évaluation des changements;
- par l'évaluation de l'impact social et économique et la réponse sociale ;
- par l'expérimentation de techniques de restauration / réhabilitation;
- par le test de techniques simples d'évaluation des ressources fourragères comme un des outils d'aide à la décision sollicité par les organismes de gestion.

LA SECHERESSE ET SES CONSEQUENCES SUR LES ECOSYSTEMES STEPPIQUES ET FORESTIERS EN ALGERIE

par Dr Bachir KADIK

INTRODUCTION

- Besoins et exigences de l'homme en croissance
- L'exode et l'urbanisation ont pris le pas sur les capacités productives du milieu naturel
- Exploitation anarchique sans base technique ou scientifique des ressources notamment les terres agricoles, les sols et l'eau
- Pressions dépassant les limites
- des possibilités de résistances des écosystèmes
- Modifications profondes des milieux naturels notamment les forêts, les zones de parcours, les zones de montagnes, les écosystèmes sahariens et présahariens, les régions littorales et les plaines intérieures
- Rupture des équilibres des systèmes écologiques, biogéographiques et socioéconomiques
- Mise en, valeur en zone saharienne aboutissant à l'abandon de ksour et des oasis avec gaspillage de l'eau et salinisation des terres
- Épuisement des sols, rareté des ressources hydriques, appauvrissement de la biodiversité, dégradation des espaces forestiers et steppiques

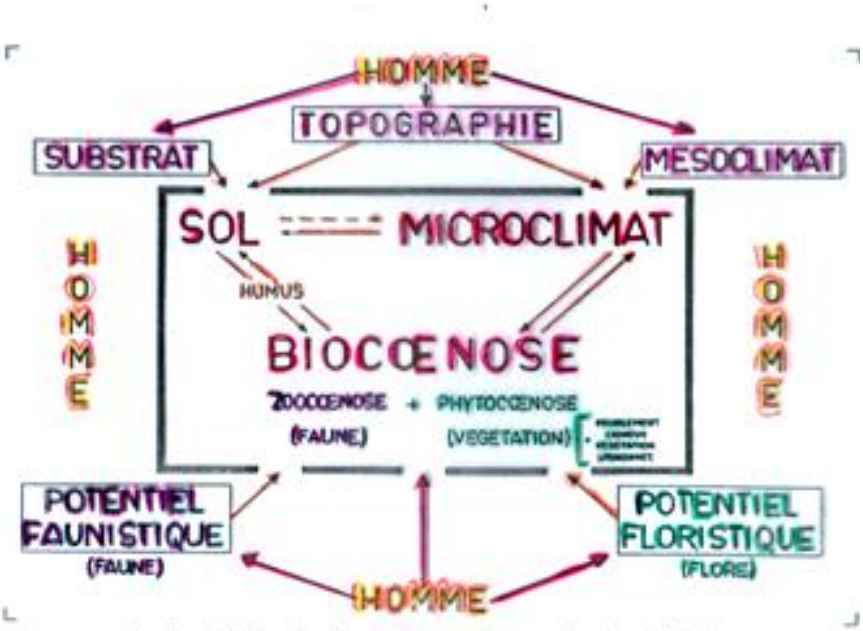


FIG. 1. — *Schéma d'action des différents facteurs déterminant la station*

SECHERESSE

Définition

C'est une période prolongée de temps sec qui dure plus longtemps que prévu ou qu' en temps normal, et qui entraîne des pertes mesurables comme des dommages aux cultures ou de pénuries d'approvisionnement d'eau.

La sécheresse n'est donc pas un phénomène physique ou climatique objectif. C'est aussi une notion relative qui reflète l'écart entre la disponibilité de l'eau et la demande en eau pour l'homme, son agriculture et son bétail et certains usages

L'état « normal » de disponibilité de l'eau change selon les zones biogéographiques et les besoins réels ou ressentis des individus et des sociétés.

LES EVENEMENTS DE SECHERESSE

Les événements de sécheresse se distinguent par leur intensité, leur dynamique de mise en place, (brutale ou progressive), leur durée (sécheresses intermittentes ou prolongées) et leurs époques d'apparition par rapport au cycle cultural : On distingue:

- (1) la sécheresse *d'automne liée* à un retour différé des pluies (le sol est sec en fin d'été)
- (2) la sécheresse *d'automne-hiver* liée à un déficit pluviométrique au moment où le drainage est la norme et où la faible évaporation permet un recomblement en profondeur de la réserve consommée lors de l'été précédent
- (3) la sécheresse de printemps : souvent intermittente, parfois durable
- (4) *la sécheresse d'été habituelle* dans la plupart des régions, en raison du développement de la végétation, de l'augmentation de la demande, la sécheresse se manifeste plus ou moins précocement selon le type de sol et les besoins en eau.

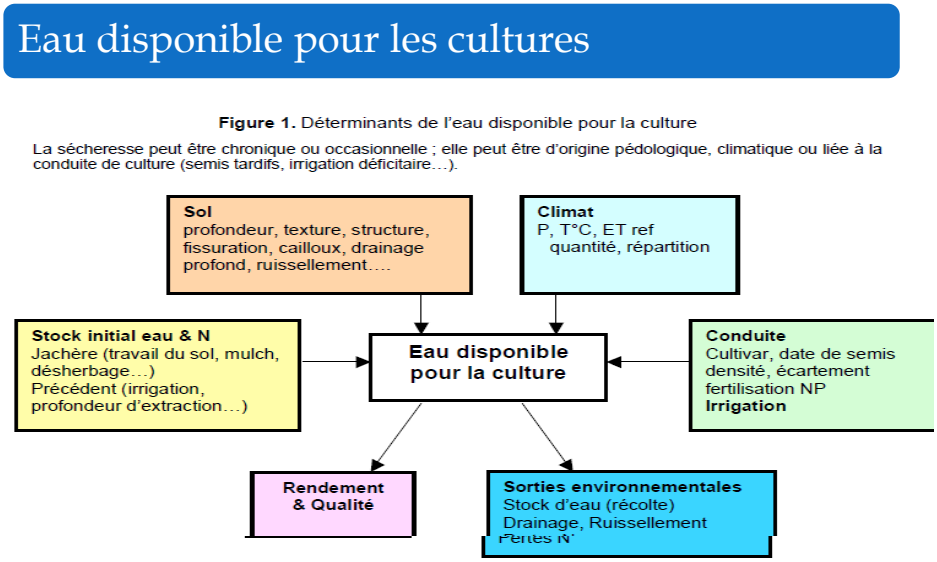


Figure 1. Déterminants de l'eau disponible pour la culture

La sécheresse peut être chronique ou occasionnelle ; elle peut être d'origine pédologique, climatique ou liée à la conduite de culture (semis tardifs, irrigation déficitaire…).

STRATEGIES D'ADAPTATION AUX FAIBLES DISPONIBILITES HYDRIQUES

1) Maximiser le stockage de l'eau : principalement par les techniques de"conservation" de l'eau combinant travail du sol et gestion des résidus de récolte (infiltration rapide et profonde, limitation des pertes par évaporation), par la prévention des infestations adventices, par la pratique de la jachère…
(2) Optimiser l'usage de l'eau stockée tout au long du cycle de végétation : par un prélèvement
d'eau maximal mais optimal dans le temps (enracinement), par le choix d'une densité de peuplement et d'un écartement entre rangs, ainsi que par la gestion de l'azote…
3 Choisir une espèce ou une variété tolérante hydrique (ou peu consommatrice d' eau) ;
4) Eviter la coïncidence périodes de forte évaporation ou de faible pluviométrie et périodes clés du cycle cultural (phases critiques) choix d'une date de semis; précocité variétale
(5) Suppléer aux déficits hydriques des années à printemps sec par une irrigation d'appoint durant les phénophases critiques (tallage, floraison , épiaison pour le blé par exemple)

On peut définir différents types de sécheresse d'après ses caractéristiques :

- Sécheresse météorologique, implique une réduction de la pluviosité en moments non usuels.
- ***Sécheresse édaphique***, implique une affectation du sol et de sa capacité de production, conséquence de l'absence de pluies.
- ***Sécheresse hydrologique***, lorsqu'il y a une réduction de la quantité d'eau disponible en superficie et au niveau du sous-sol, affectant les cours d'eau et les niveaux de barrages.
- ***Socioéconomique***, implique l'affectation des biens de consommation et donc toute l'économie de la région.

- La sécheresse est une caractéristique du ***climat méditerranéen*** où les périodes de pluviosité sont très irrégulières. Des études réalisées par le professeur Maria José Roxo, dans le sud-est de l'Alentejo (au Portugal), montrent :
- L'accroissement des ***périodes sans pluies***.
- ***Des années consécutives ayant des valeurs de précipitations*** inférieures aux valeurs moyennes annuelles.
- Une plus grande ***vulnérabilité*** de la société.
- La ***sécheresse*** débute sans qu'il y ait un quelconque phénomène climatique ou hydrologique qui s'annonce ; ne devient perceptible que quand elle est déjà installée et que ses conséquences sont visibles.
- La ***sécheresse*** favorise aussi le processus de ***désertification***, car la ***dégradation*** de la ***couverture végétale*** expose davantage les sols à l'***érosion***, et entraine son appauvrissement.
- A ajouter à cela une production ***d'espèces inadaptées***, de climats secs (exemple l'eucalyptus) contribue à accélérer le processus de désertification.
- La ***désertification*** et la ***dégradation*** de la ressource du sol, et de la couverture arborée, contribuentà l'accroissement des phénomènes de la ***sécheresse.***

- La ***végétation*** est importante pour la conservation du sol et la circulation de ***l'eau.***
- Diminution de la ***radiation solaire*** sur le sol permettant la conservation de l'humidité.
- ***Diminution de la température*** élevée qui se fait sentir au ras du sol durant l'été, permettant la ***germination*** des semences, facilitant la ***régénération.***
- Le feuillage au sol enrichi le sol en nutriments et augmente la capacité de ***rétention de l'eau.***

Quelques ***conséquencesces*** de la ***sécheresse***

- Un nombre de plus en plus grand de ***victimes humaines***, dû au manque d'aliments et d'eau potable.
- ***Mort d'animaux***, ***perte de culture*** et diminution de la production agricole.
- Déficit du ***ravitaillement en eau***, pour l'approvisionnement urbain ayant des ***conséquences néfastes*** pour les activités économiques.
- La ***prévision*** et ***prévention*** passent à travers :
- L'analyse des ***phénomènes météorologiques*** à partir des données climatiques de long terme, de cartes satellitaires et les images radar.
- La monitorisation du ***niveau des cours d'eau*** et du niveau de ***stockage des lacs artificiels***.
- L'élaboration de ***cartographie de risque***, l'analyse des caractéristiques physiques du terrain, et la création de modèles.

⇩

La ***prévision*** et la ***prévention*** sont partie intégrante du processus plus large de ***mitigation.***

Classement des zones arides soumises fréquemment à la sécheresse

- *L'aridité est exprimée par le rapport P/ETP*, P : les précipitations, ETP : les évapotranspirations. Sur cette base le PNUE (1997) a défini les catégories suivantes : (Nature vivante,2007)

  - *Régions sub-humides sèches : P/ETP 0.65-0.50*
- Ce sont des régions à régime pluviométrique saisonnier où l'agriculture pluviale est possible et fortement répandue, ce sont des régions exposées à une aridification progressive sous l'effet d'actions anthropiques.
  - *Régions semi arides P/ETP=0.50-0.20*
- Les précipitations annuelles sont de 500 mm, C'est le domaine des steppes buissonnantes avec plus ou moins une grande fréquence de graminées pérennes.
- Régions propices à l'élevage et à l'agriculture sédentaires.
- *Régions arides : P/ETP = 0.05-0.20*
- Régions où les précipitations annuelles ne dépassent pas 200 mm, la végétation naturelle est clairsemée, dominée par des espèces épineuses ou succulentes.
- L'élevage sédentaire est encore possible mais pas d'agriculture sans irrigation
- Caractéristiques hydrologiques des bassins versants des zones arides- *l'extrême variabilité des précipitations sporadiques*, à la fois dans le temps et dans l'espace;
- - la grande variabilité des ruissellements de courte durée dans les systèmes de drainage éphémères;
- - de fortes pertes en ligne dans des lits d'oueds à sec et souvent très perméables;
- - une faible humidité, un fort rayonnement incident et des températures élevées entraînent des ETP élevés;
- - des oueds en pente abrupte et d'importantes alluvions avec des sédiments importants;
- - une végétation rare, dégradée et clairsemée, insuffisante avec une forte érosion
- - des sols peu épais encroutés et parfois salins, souvent à forte teneur en sels minéraux, ce qui se traduit par de faibles taux d'infiltration et des ruissellements ;
- - un rendement hydrique qui décroît lorsque la taille du bassin versant croît, en raison de fortes pertes en ligne et de la faible dimension des unités ou "cellules" de précipitation productrices de ruissellement

La mitigation passe par :

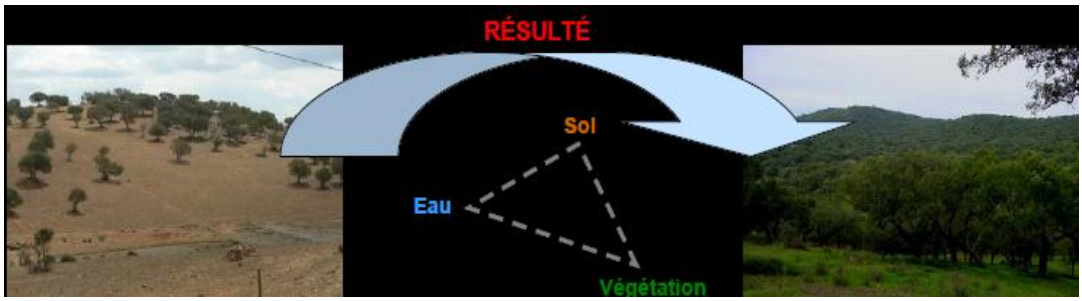
- L'accroissement de la capacité de stockage de l'eau.
- La gestion rationnelle et le contrôle permanent des réserves hydriques du sous-sol

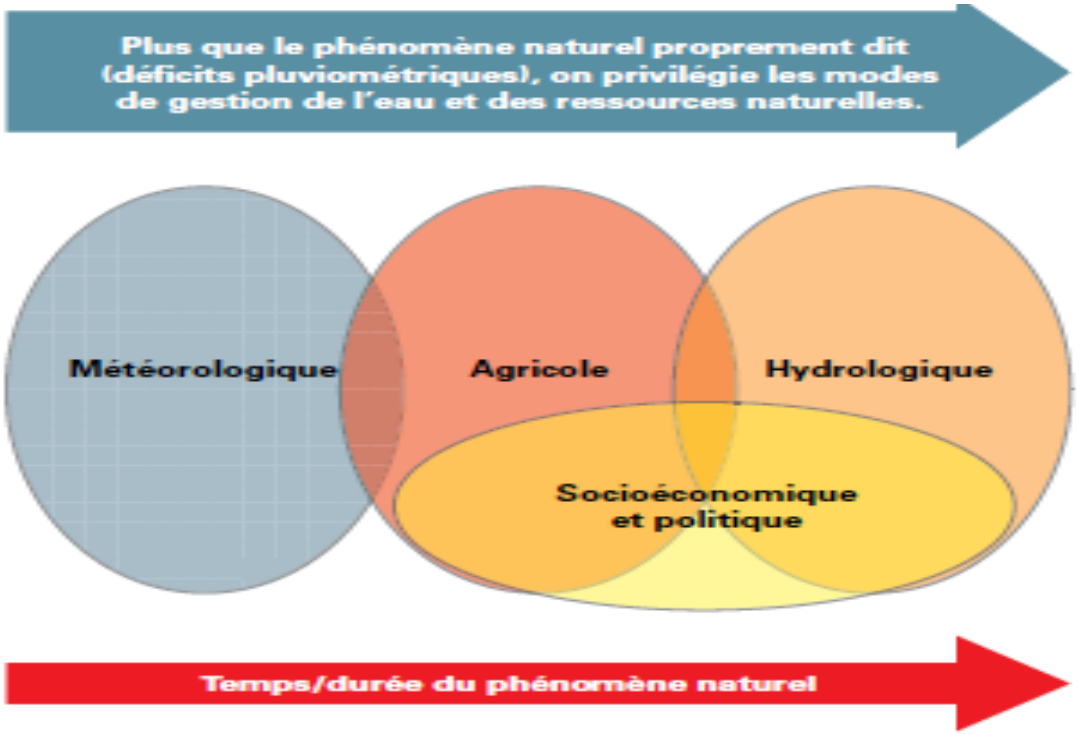
- La gestion équilibrée et orientée vers la réduction de la consommation de l'eau, en fonction des diverses utilisations.

La mitigation passe encore par :

La promotion d'actions de reboisement et de conservation du sol, à travers des cultures protectrices fourragères, réduction des fertilisants artificiels en substitution des naturels et encourager des pâturages naturels.

L'utilisation de cultures davantage adaptées aux conditions édaphiques et climatiques, et la promotion de cultures irriguées à travers des systèmes goutte-à-goutte.





Caractéristiques hydrologiques des bassins versants des zones arides

l'extrême variabilité des précipitations sporadiques, à la fois dans le temps et dans l'espace;

- la ***grande variabilité des ruissellements*** de courte durée dans les systèmes de drainage éphémères;

- ***de fortes pertes en ligne dans des lits d'oueds à sec*** et souvent très perméables;

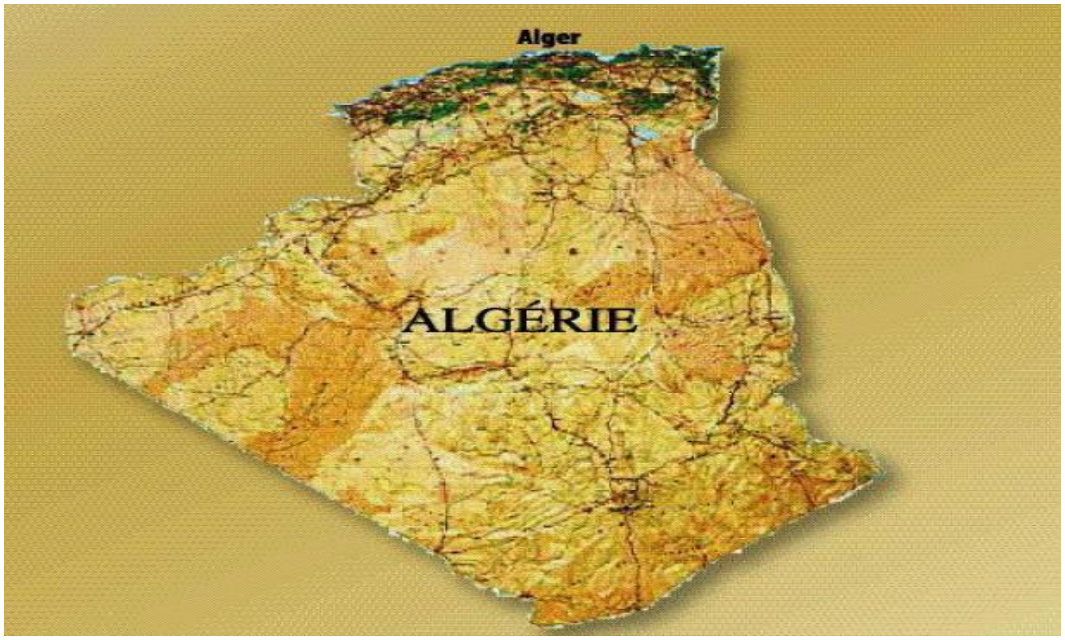
- ***une faible humidité, un fort rayonnement incident*** et des températures élevées entraînent des ETP élevés;

- ***des oueds en pente abrupte*** et d'importantes alluvions avec des sédiments importants;

- ***une végétation rare, dégradée et clairsemée***, insuffisante avec une forte érosion

- ***des sols peu épais encroutés*** et parfois salins, souvent à forte teneur en sels minéraux, ce qui se traduit par de faibles taux d'infiltration et des ruissellements ;

- ***un rendement hydrique qui décroît lorsque la taille du bassin versant*** croît, en raison de fortes pertes en ligne et de la faible dimension des unités ou "cellules" de précipitation productrices de ruissellement



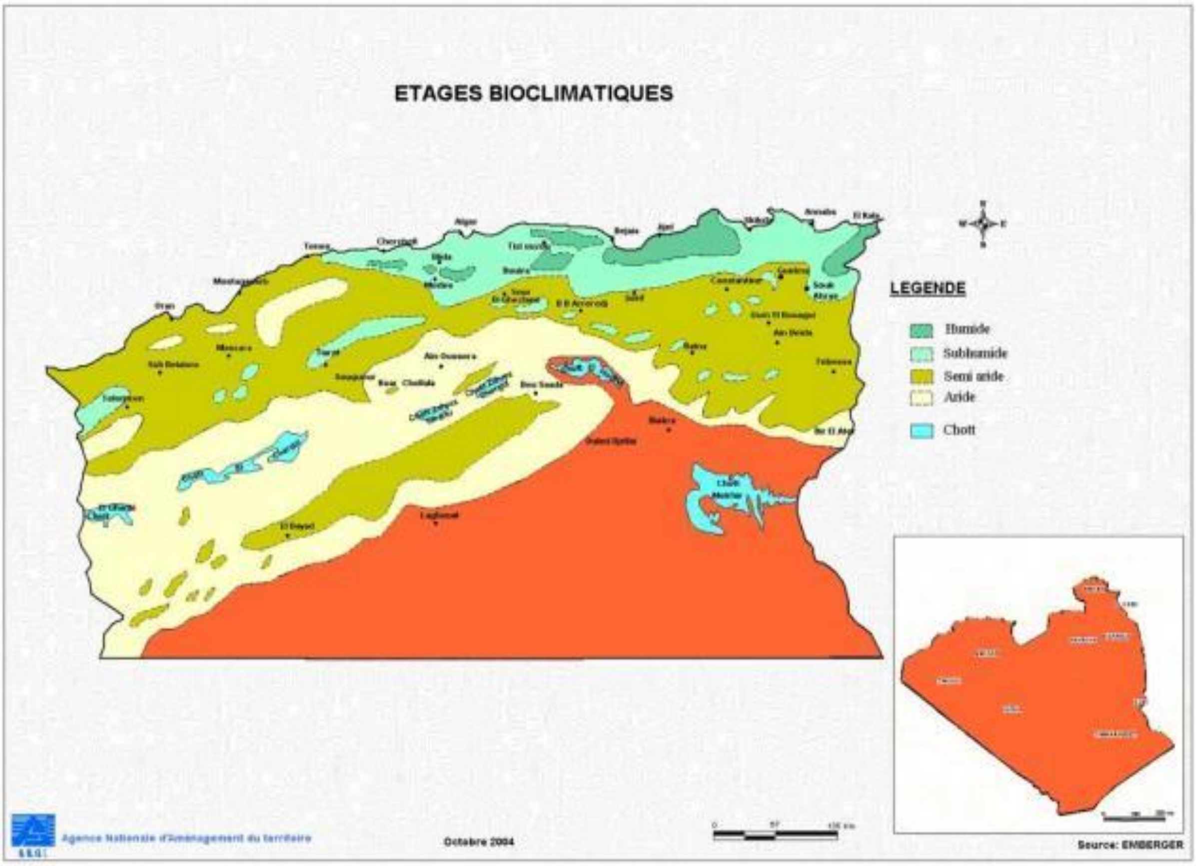
L'ALGERIE: UNE DIVERSITE BIOLOGIQUE RICHE ET VARIEE.

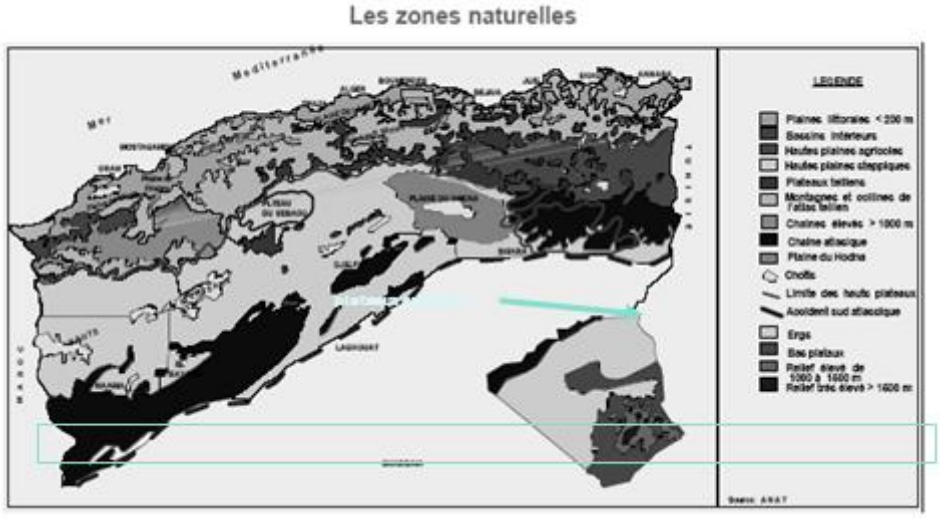
L'Algérie qui couvre 2.323.000 km2 est l'un des plus grands pays d'Afrique.
Geographiquement elle est constituée :
1-D'une double chaînes de montagnes de 1000 à 1800 m d'altitude qui sépare le nord du reste du pays. Cinq zones de précipitation et de ruissellement vers les plaines côtières de la Méditerranée, organisent ***cette espace en une série de 17 bassins versants parallèles à la côte et dont les cours d'eau se dirigent vers la mer.***

2- ***Les Hauts plateaux arides et semi-arides*** situés entre le plissements des chaînes de l'Atlas contiennent des bassins de marais salants Chott, Sebkha, Zahrez, vers lesquelles convergent les oueds.

3-Ces deux régions, zones côtières et Hauts plateaux représentent 12% du territoire national, ayant des caractéristiques de climat, de sols et de végétation typiquement méditerranéenne.

Alger
Tizi Ouzou
Bejaia
Skikda
Annaba
Constantine
Sétif
Batna
Tébessa
Mostaganem
Oran
Sidi Bel Abbès
Oujda
Tlemcen
Biskra
Laghouat
Touggourt
Ghardaia
Ouargla
Béchar
AIN OUSSERA
HASSASNA
BORDJ EL MAY
ROGASSA
EL BIODH
MESSAAD
OULED DJELLAL
MOGHRAR
ATLAS SAHARIEN
A L G É R I E
GRAND ERG OCCIDENTAL
GRAND ERG ORIENTAL


ETAGES BIOCLIMATIQUES
LEGENDE
Humide
Subhumide
Semi aride
Aride
Chott
Agence Nationale d'Aménagement du territoire
Octobre 2004
Source: EMBERGER



LE MILIEU STEPPIQUE EN ALGERIE

Sur les ***28 millions d'hectares*** que comprend la steppe y compris les zones steppiques présahariennes, 15 millions peuvent être considérés comme palatables, il faut compter 1 ,5 millions de terres cultivées, 1,4 millions d'ha de terres forestières ou à vocation forestière, 2,5 millions d'hectares de terres improductives constituées par les formation sableuses, les zones salées, les terres nues dégradées notamment les roches nues.

- ***Formation à alfa (Stipa tenacissima)*** L'étendue de ce type de végétation n'a pas cessé de se rétrécir face au surpâturage à l'exploitation anarchique sans possibilité de renouvellement pour l'industrie et à l'extension des cultures amplifiés par la sécheresse si bien qu'il est difficile de trouver aujourd'hui des nappes d'alfa en bon état

- ***Formation à armoise blanche*** (Artemisia herba alba) En année particulièrement sèche l'armoise est surpâturée. Les espèces qui l'accompagnent sont entre autre Helianthemum lipii, Stipa parviflora, Noea mucronata, Atractylis serratuloides et de nombreuse annuelles et herbacées essentiellement Paronichia argentea, Plantago albicans,Adonis dentata,Salvia verbanaca, Eruca sativa, etc. La production en année favorable avoisine les 100 UF par hectare

- ***Formation à sparte*** Lygeum spartum Ce type de groupement se présente souvent sous forme de nappe dense et se distribue en îlots sur la presque totalité des zones basses, en fonction de l'importance de l'ensablement des sols dégradés et maigres où le miopliocène affleure

- ***Formation à Drinn*** Aristida pungens Cette formation est localisée essentiellement dans les sites récemment ensablés.

L'Algérie pastorale: pastoralisme et son intérêt

▪ En raison des liens étroits entre les populations pastorales, les écosystèmes où elles sont établies, et les animaux qu'elles élèvent, le pastoralisme joue un rôle essentiel dans la conservation et l'utilisation durables de la biodiversité sur le plan génétique, des espèces, et des écosystèmes :

▪ Plan génétique : Les populations pastorales dépendent souvent d'espèces d'élevage adaptées au contexte local et de variétés de cultures qui peuvent résister aux maladies, à la sécheresse aux autres types de pressions dont les changements climatiques.

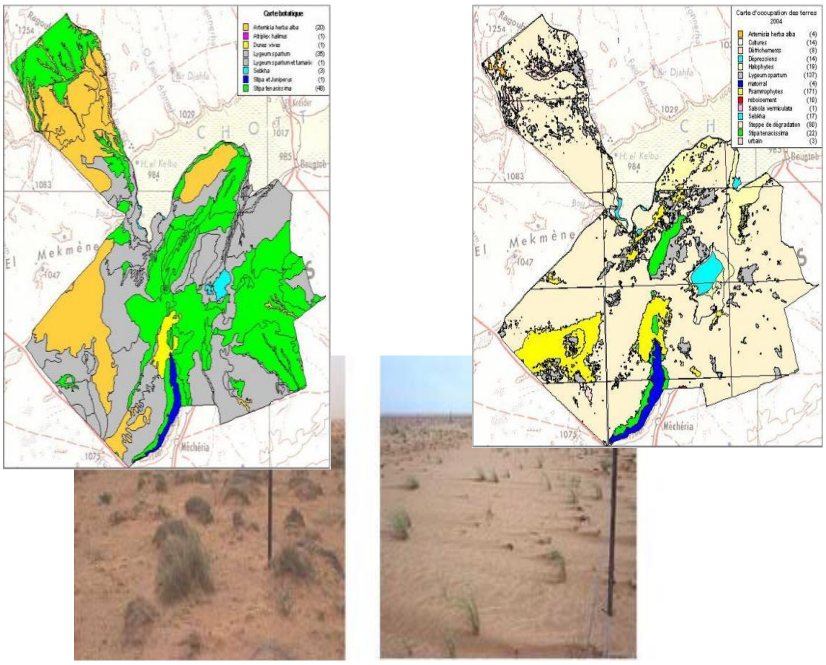
▪ Plan des espèces : En conservant des espèces et des pratiques de gestion qui ont évolué en parallèle avec les écosystèmes, les populations pastorales ont conservé d'importantes interactions entre espèces (herbivorie, hôtes-parasites et cycle nutritif) qui bénéficient aux espèces sauvages de végétaux, d'oiseaux et d'insectes.

▪ Plan des écosystèmes : De nombreux écosystèmes ont évolué suite aux interactions avec les brouteurs. Les populations pastorales maintiennent une mosaïque d'habitats, dont des zones ouvertes, importantes pour les oiseaux nicheurs. De plus, la contribution du troupeau aux cycles alimentaires est importante.

PASTORALISME ET DIVERSITE

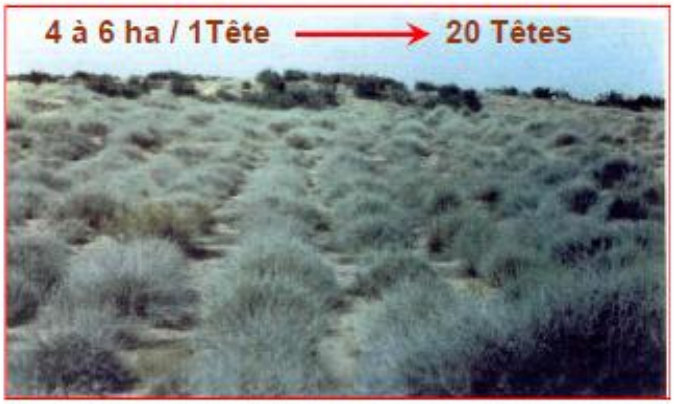
- **Le pastoralisme contribue à la diversité génétique**

- Le pastoralisme s'établit souvent dans les zones arides. L'élevage de bétail adapté au contexte local est essentiel à la productivité. De tels élevages ont souvent une meilleure résistance aux maladies, à la sécheresse et aux parasites, ayant évolué parallèlement à ces pressions. Et bien que considérées comme des zones de production limitées, les zones arides conservent 46% de la diversité globale des animaux d'élevage.
  - La pratique d'un pastoralisme durable encourage également la diversité des végétaux et du paysage
  - Quand le pastoralisme utilise les animaux d'élevage natifs et s'appuie sur une combinaison de plusieurs types de fourrages, il profite considérablement de la diversité des végétaux et du paysage. Comparé aux pratiques de broutage en enclos et à grande échelle, le pastoralisme se rapproche des pratiques de broutage observés dans la nature en reproduisant les interactions de l'écosystème naturel et les rôles fonctionnels.


Carte botatique
Artemisia herba alba (20)
Atriplex halimus (1)
Dunes vives (1)
Lygeum spartum (35)
Lygeum spartum et tamarix (1)
Sebkha (3)
Stipa et Juniperus (1)
Stipa tenacissima (46)
Carte d'occupation des terres 2004
Artemisia herba alba (4)
Cultures (14)
Défrichements (8)
Dépressions (14)
Halophytes (19)
Lygeum spartum (137)
matorral (4)
Psammophytes (171)
reboisement (10)
Salsola vermiculata (1)
Sebkha (17)
Steppe de dégradation (80)
Stipa tenacissima (22)
urbain (3)
El Mekmène
Méchéria
Bougtob

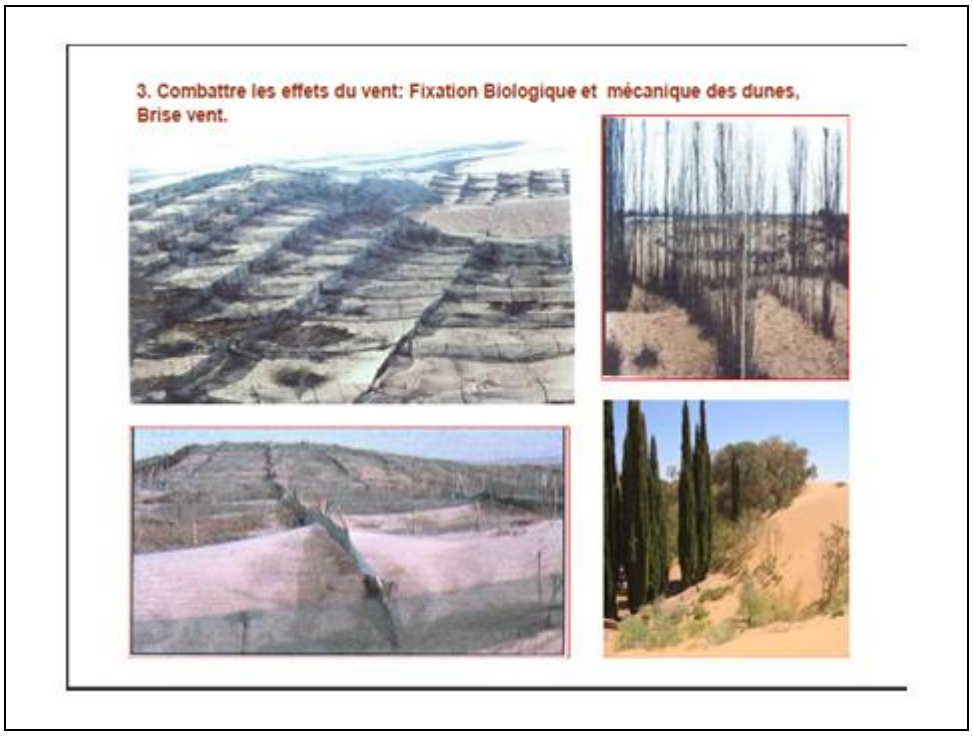
1. Conservation et Amélioration de la production fourragère.

Régénération de l'Alfa (Ras EL Ma INRF Tlemcen



Atriplex 1500 UF INRF Djelfa

Opuntia Djelfa INRF



Stratégies d'adaptation aux faibles disponibilités hydriques

1) Maximiser le stockage de l'eau : principalement par les techniques de"conservation" de l'eau combinant travail du sol et gestion des résidus de récolte (infiltration rapide et profonde, limitation des pertes par évaporation), par la prévention des infestations adventices, par la pratique de la jachère…

2) Optimiser l'usage de l'eau stockée tout au long du cycle de végétation : par un prélèvement d'eau maximal mais optimal dans le temps (enracinement), par le choix d'une densité de peuplement et d'un écartement entre rangs, ainsi que par la gestion de l'azote…

3) Choisir une espèce ou une variété tolérante hydrique (ou peu consommatrice d' eau) ;

4) Eviter la coïncidence périodes de forte évaporation ou de faible pluviométrie et périodes clés du cycle cultural (phases critiques) choix d'une date de semis; précocité variétale

5) Suppléer aux déficits hydriques des années à printemps sec par une irrigation d'appoint durant les annulé cela annuler phénophases critiques (tallage, floraison ,épiaison pour le blé par exemple)

- Conservation des ressources génétiquesLa conservation des ressources génétiques vise la connaissance, la conservation et l'utilisation rationnelle des espèces afin d'améliorer la production et répondre aux besoins actuels ou potentiels nécessaires au développement durable en mileu rural notamment.
- Le processus de désertification se traduit par une disparition totale ou sévère de la productivité de vastes zones. Il érode directement les habitats et les peuplements végétaux et animaux rétrécissant la base génétique de ces espèces locales résistantes à la sécheresse
- L'utilité de la conservation des ressources génétiques pour les activités pastorales et forestières dans la lutte contre la désertification réside dans l'exploration, l'évaluation et la conservation in situ ou ex situ d'espèces pastorales et d'essences d'arbres et arbustes qui permettent d'accroître la productivité des terres arides à restaurer ou à réabiliter

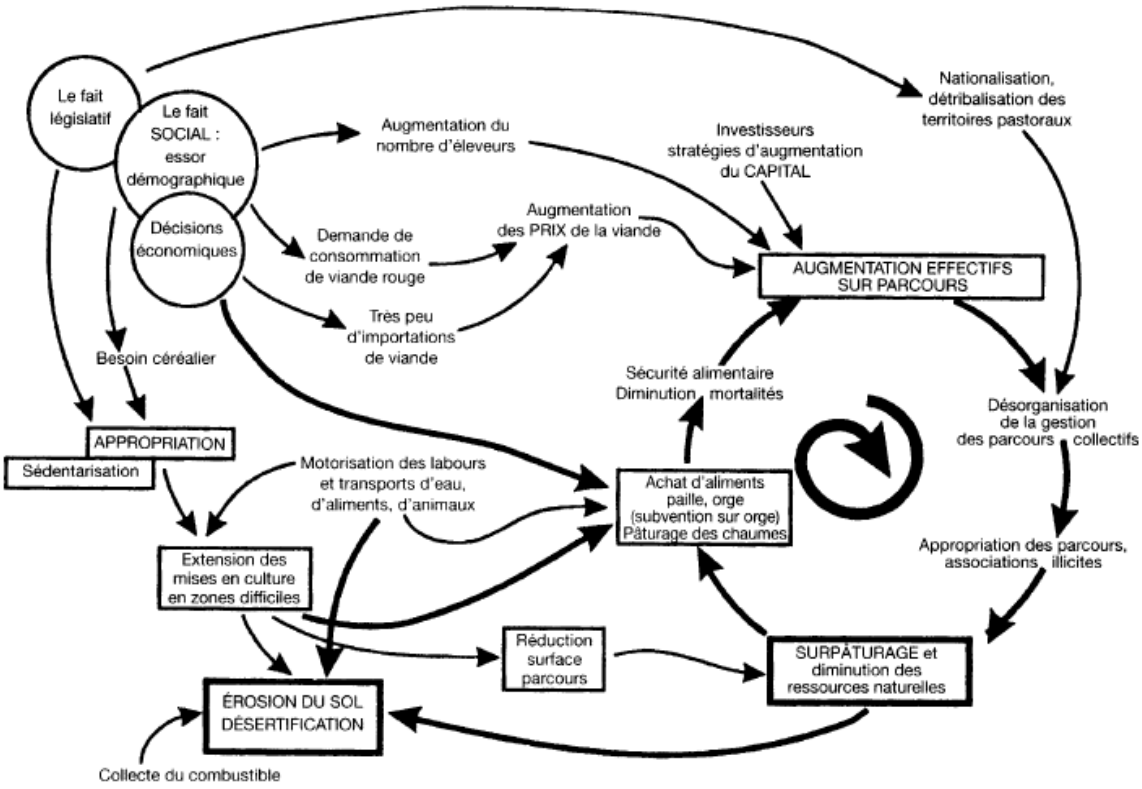
Mesures de gestion de l'espace steppique

La steppe doit bénéficier d'une option pastorale spécifique et basée sur le choix d'un élevage sélectionné de production qualitative.
Réduire le troupeau à la charge que peut supporter la steppe, accompagnée d'autres mesures ou dispositions indispensables

- le règlement approprié des problèmes fonciers en tenant compte des traditions des populations steppiques
- la promotion d'un agro pastoralisme, conforme aux spécificités du milieu et limité par un bornage définitif, aux sites géo-morphologiquement adéquats et fixés avec la participation des populations concernées,favoriser la culture de fourrages
- la réglementation des parcours steppiques est défini, dans le cadre d'une gestion responsable;

- améliorer des espèces locales animales et végétales la créer des réserves génétiques de dissémination; réglementer l'introduction des espèces végétales allochtones
- Créer un réseau d'espaces naturels steppiques de conservation des taxons locaux sensibles et des habitats

SCHEMA DES CONTRAINTES, ZONE PASTORALE



ROLE DES BOISEMENTS:

les prairies suspenduesLe boisement en terre aride nécessite des quantités d'eau pour la survie et la croissance des arbres et arbustes par des méthodes destinées à capter les précipitations par des systèmes de collecte à base de micro-captages, de banquettes de niveau, et de captages en radier.

Le boisement est une méthode de remise en état des terres. La plantation d'arbres et l'agro-foresterie sont utilisées en combinaison avec la collecte de l'eau dans les zones où les précipitations sont faibles (mais l'aridoculture avec récolte et épandage de l'eau n'est rentable que dans les zones où la pluviométrie annuelle dépasse 200 mm)

Il est préférable de favoriser dans ces cas la production et l'amélioration des espèces fourragères locales

La remise en état des sols salins nécessite l'implantation d'espèces tolérantes au sel, avec protection stricte contre le pâturage

- Le coût des plantations à partir de plants produits en pépinière est prohibitif; il est plus économique de prendre des sites, de les ensemencer directement, de les protéger des animaux et de mettre **en place** des plans de gestion adaptés.

- -le boisement en sec bénéficie des techniques particulières mises au point pour la plantation d'arbres sur de grandes étendues pour la protection du sol la lutte contre la secheresse et la dégradation du couvert végétal

ROLE DE ARBRES FORESTIERS

Trois conditions majeures:

1) la précipitation moyenne annuelle doit être suffisante pour humidifier le sol dans tout le profil exploré par le système racinaire;

2) le sol doit être assez profond et avoir une capacité de rétention d'eau suffisante.

3) l'espèce cultivée doit avoir un développement racinaire suffisant pour utiliser l'eau stockée. Les plantes messicoles doivent être éliminées.

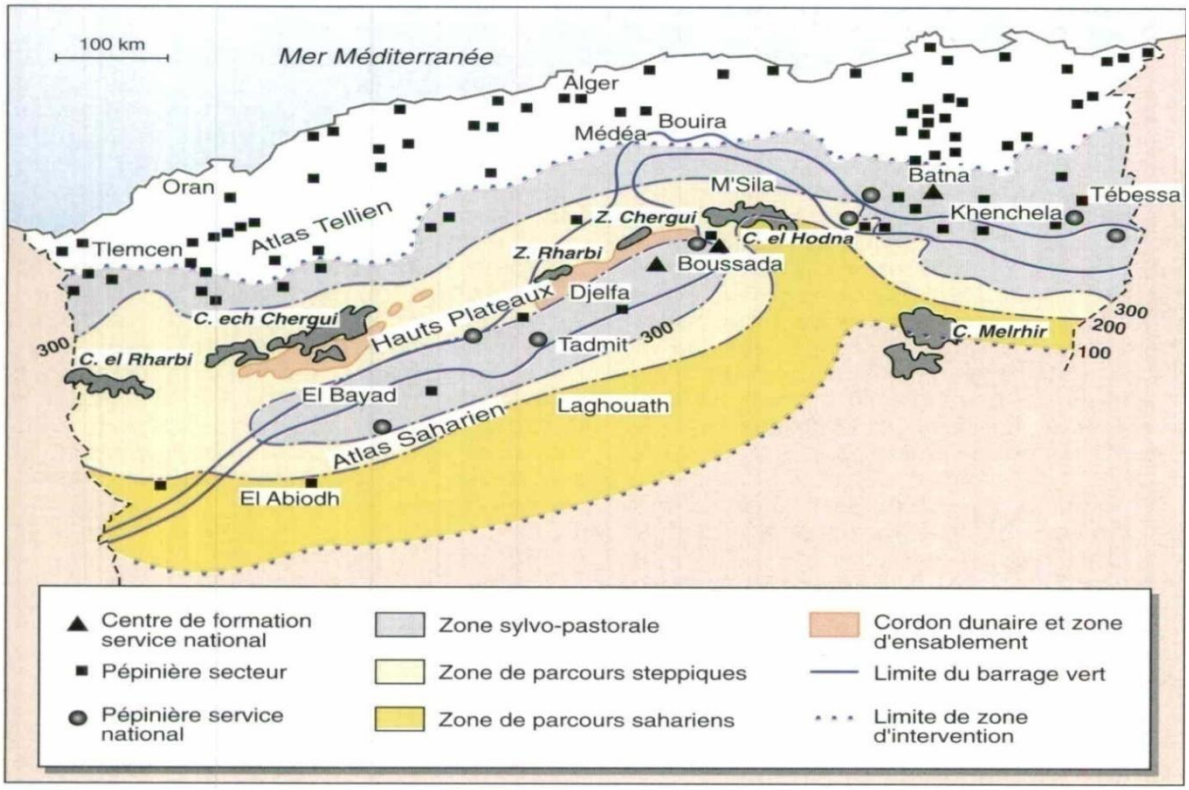
ROLE DES FORETS ET DES ESPACES BOISES

- la forêt joue un rôle écologique majeur depuis les temps immémoriaux, sous des formes très diverses, elle a constitué un élément fondamental pour la vie des populations
- La forêt est une composante environnementale essentielle des systèmes écologiques bien que sa productivité soit relativement faible elle a un rôle économique important à travers les divers produits qu'elle fournit, notamment le bois, les plantes fourragères et autres (liège, souche de bruyère, résine, plantes médicinales…,)
- Sa disparition induit celle des sols et des eaux avec pour conséquences les interactions négatives sur les secteurs économiques concernés notamment l'agriculture et l'élevage (sols et barrages d'irrigation) et les ressources en eau.
- La déforestation favorise le ruissellement et accroît les dangers de crues torrentielles ou d'inondations et les risques de glissement de terrain, faisant ainsi peser des menaces sur les infrastructures, les équipements socioéconomiques ainsi que sur le milieu urbain
- Elle joue un rôle fondamental dans la conservation de la diversité biologique et génétique Elle est le meilleur frein à la désertification et à l'érosion hydrique, son rôle est essentiel dans les équilibres écologiques ,économiques et socioculturels
- le forêt constitue un importante patrimoine du pays. Elle préserve le savoir faire local et les valeurs culturelles détenues pour les communautés rurales. Les populations urbaines sont concernées par une demande croissante d'espaces naturels.

APPROCHE DU BARRAGE VERT

Initialement perçu comme un vaste bouclier forestier dressé face à l'inexorable avancée du désert, les actions du barrage vert ont évolué en fonction des exigences pragmatiques du terrain vers des objectifs plus réalistes visant le rétablissement et le maintien de l'équilibre écologique des terres en vue d'une exploitation rationnelle des ressources ,en concordance avec les
ob

Figure 1. *Carte de situation du barrage vert.*



jectifs de promotion sociale des populations riveraines.

L'aménagement des forêts

L'aménagement d'une forêt a pour but de la maintenir pour qu'elle puisse perpétuer l'obtention de maximum d'utilité sans porter atteinte à son armature boisée
L'aménagement d'une forêt consiste en l'élaboration d'un document obtenu par un ensemble d' études de terrain et de bureau

- Il fixe le programme d'intervention du sylviculteur suivant un laps de temps sous forme de travaux allant des opérations de renouvellement du peuplement aux coupes d'exploitation et de régénération en passant par les équipements et la création d'infrastructures nécessaires à la gestion
- L'approbation officielle de ce document se fait par voie réglementaire sous forme de PV d'aménagement
- une opération de planification
- L'aménagement est donc dont la durée permet de conduire le peuplement à la régénération naturelle exceptionnellement par plantation en prenant toutes les précautions techniques et scientifiques pertinentes en la matière
- Toutes les forêts et les espaces boisés quel que soit leur nature et leur superficie doivent faire l'objet un aménagement qui garantit la pérennité de ces massifs
- Aucune coupe quel qu soit sa nature et le motif pour lequel elle a été demandée n'est tolérée sans une approbation par les autorités compétentes et les textes réglementaires Une étude sérieuse fait ressortir des justifications et démontre que cette opération ne porte aucunement atteinte à l'armature boisée et à l'équilibre écologique et socio-économique

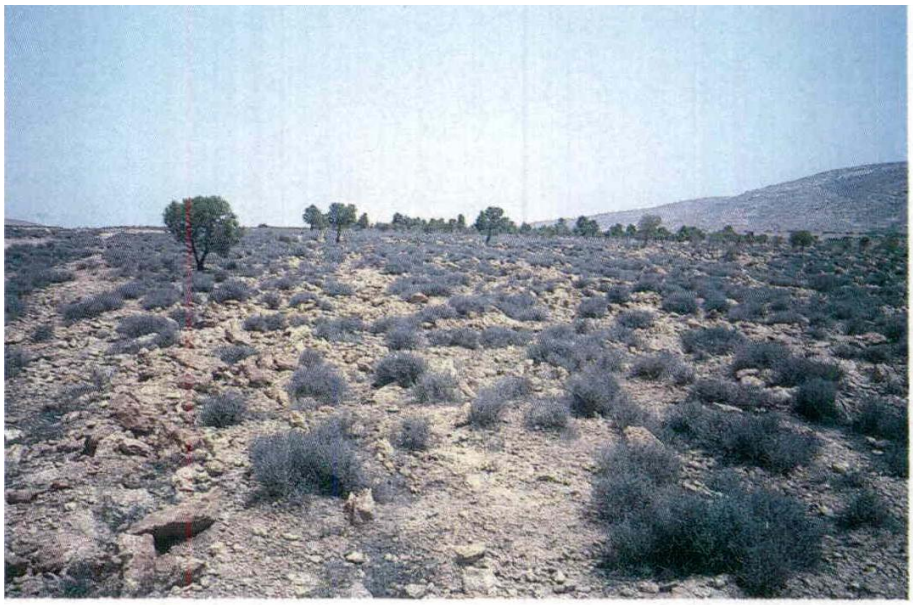


Photo 3. *Plantation sur sol rooté (cliché AREA-ED).*

Daya à bétoum & *Ziziphus*

La lutte contre la désertification et la dégradation

Lutter contre les phénomènes de désertification qui affectent les zones semi-arides steppiques par des programmes de mise en valeur intégrée à travers notamment le barrage vert qui est passé de plantations de masse à une approche de développement rural intégré dans le but de préserver et de restaurer les ressources naturelles (eau sol végétation) et, partant, l'équilibre physique et socio-économique de ces vastes régions.

Protéger contre l'ensablement, les périmètres agricoles et des infrastructures socio-économiques dans les wilayas du sud du pays par la mise en place de brise-vent autour et dans les périmètres et de ceintures ou bandes vertes autour des agglomérations ou le long des routes.

La lutte contre l'érosion et d'agriculture de montagne :

Protéger restaurer les terres (1 459 000 ha) dans les zones de montagnes (12 000.000 d'ha) menacées par l'érosion par l'arboriculture fruitière rustique qui permet de valoriser les terres pauvres et d'assurer une bonne protection des sols par l'utilisation de techniques antiérosives appropriées.

L'APPROCHE ECOSYSTEMIQUE OU APPROCHE PAR ECOSYSTEME

La systémique, consiste dans une réflexion sur la cohérence structurelle et la cohésion fonctionnelle des composantes d'une totalité modulaire dont l'illustration pourrait être un mobile de pièces reliées les unes aux autres en un équilibre quelconque
L'approche écosystèmique ou approche par écosystème est une façon de
percevoir à la fois les espèces et l'écosystèmes, sans que la premire masque le second
L'espèce est perçu comme une configuration d'interactions appropriée aux conditions de vie dans l'écosystème en compagnonnage avec d'autres éspèces qui forment sa niche écologique
L'écosystèmique à la base, s'occupe du système social de l'association espèces avec son environnement ou méta système organique dont son environnement est le système minéral de la lithosphère qui oriente et délimite les possibilités de vie
L'approche écosystèmique est la conjonction des théories du système général en privilégiant les relations plutôt que les composantes, reculer pour mieux percevoir, relier pour mieux comprendre et situer pour mieux agir

Photo 5: Barrage Vert - BATNA

AMELIORER LES CONNAISSANCES ET LES INFORMATIONS POUR CONCEVOIR DES STRATEGIES

Évaluation quantitative de la sensibilité, de la capacité d'adaptation et de la vulnérabilité des systèmes naturels et humains
compréhension des réactions dynamiques des écosystèmes à des contraintes multiples y compris les changements climatiques à des échelles fines;
Détermination des seuils de déclenchement des réactions discontinues au changement climatique projeté et à d'autres facteurs
Élaboration de méthodes des réactions d'adaptation,l'estimation de l'efficacité les coûts et les obstacles aux possibilités selon la région ou la population
Amélioration des outils d'évaluation y compris l'évaluation des risques, pour étudier les interactions des diverses composantes des systèmes naturels et humains et les conséquences des différentes orientations retenues
Évaluation des possibilités d'inclure des informations scientifiques sur les incidences, la vulnérabilité et l'adaptation dans les prises de décision, la gestion des risques et les initiatives en faveur du développement durable;
Amélioration des systèmes et des méthodes de surveillance à long terme et d'analyse des conséquences des changements climatiques et autres contraintes pour les systèmes naturels et humains.

DEMARCHE METHODOLOGIQUE

Effectuer une synthèse des études et des travaux réalisés dans les zones et dans les régions afin de tirer les enseignements pratiques destinés à 'élaboration et à la mise en œuvre des plans dedéveloppement socioéconomique
Pour que les projets de développement soient viables, il faut tenir compte de l'expérience passée ou en cours et adopter une démarche méthodologique adaptée
Mettre au point des projets utilisant les méthodes d'aménagement et d'exploitation viable des points de vue économique, écologique et social
Mettre à la disposition des utilisateurs des éléments techniques et scientifiques nécessaires pour une meilleure gestion et valorisation des produits et une utilisation rationnelle des terres
Intégration les méthodes spécifiques aux sciences du milieu aux sciences sociales de façon à ce que ces deux aspects constituent un tout harmonieux destiné à élaborer un programme réaliste ou les écosystèmes sont gérés en fonction de leurs spécificités dans le cadre d'une responsabilisation effective partagée entre les opérateurs concernés
Caractériser les invariants difficiles voire impossible au stade actuel des connaissances afin de mettre en place un programme de recherche et d'expérimentation susceptible de les résoudre

SURVEILLANCE ET SUIVI POUR LA PREVENTION CONTRE LA SECHERESSE

Installer un Système national de suivi de la sécheresse et de prévention des risques afin d'assurer la surveillance et de prévision du climat aux fins d'alerte précoce aux phénomènes climatiques et d'atténuation de leurs incidences néfastes sur les secteurs socioéconomiques notamment la production pastorale et agricole

Mettre en place des moyens permettant de faire face aux risques suscités par les phénomènes climatiques et météorologiques extrêmes dans la région notamment une banque de fourrages et d'autres aliments du bétail

Le système favorise aussi le renforcement des capacités, tant au profit des climatologues qu'à celui des utilisateurs.

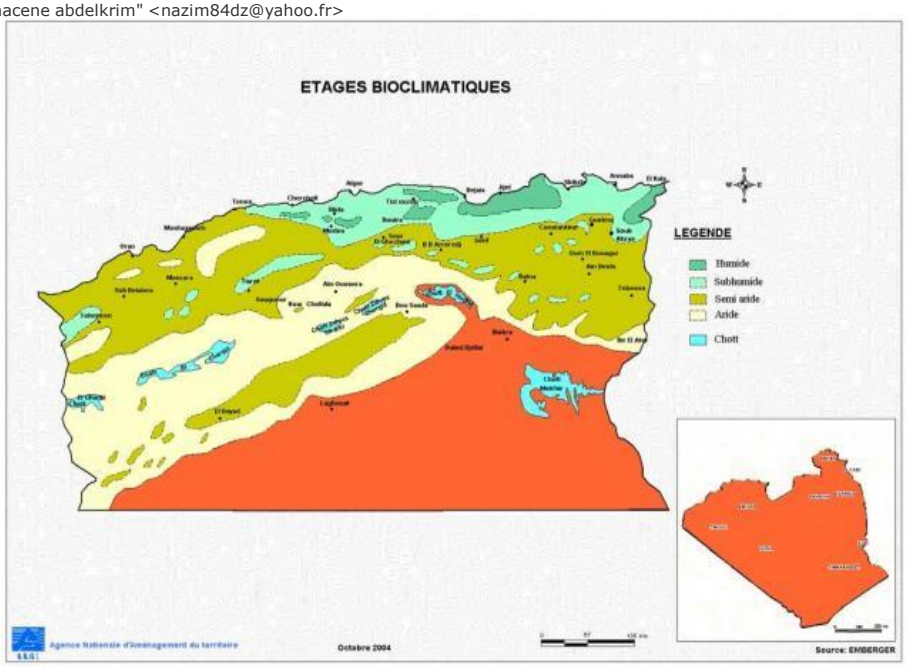
Le système diffuse des messages-avis climatologiques régionaux, notamment des bulletins climatologiques, mensuels et saisonniers, et émet en temps voulu des messages d'alerte précoce concernant l'évolution des phénomènes climatiques extrêmes et leurs effets connexes.

Des forums régionaux sur l'évolution probable du climat se tiennent aussi avant le début des principales saisons des pluies, en vue d'établir des prévisions consensuelles surl 'évolution probable du climat et d'élaborer des stratégiesd'atténuation.

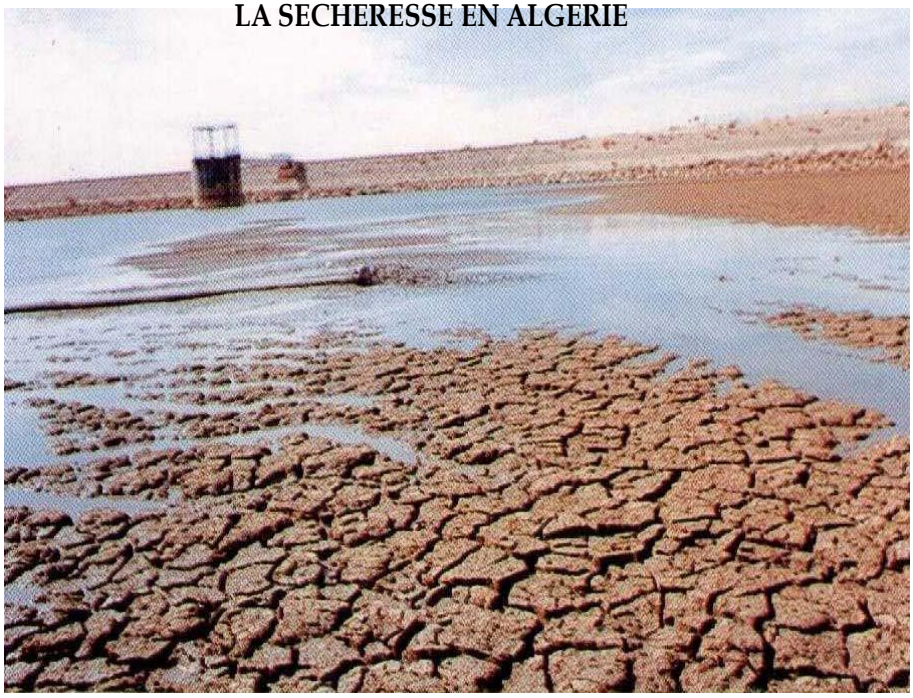
Aujourd'hui où l'état de sécheresse risque de s'aggraver, chaque goutte d'eau qui ne s'est pas infiltrée dans le sol pour alimenter les sources et les nappes et chaque particule de terre arrachée au sol va combler les barrages ensabler ou détruire les infrastructures socio-économiques et diminuer notre capacité de production. Il est urgent de concentrer tous nos moyens sur la préservation et la gestion rationnelle des écosystèmes sur des bases scientifiques avec la participation réelle des partenaires sociaux. L'élevage en milieux steppiques doit être organisé pour freiner le processus de la désertification. Les forêts doivent être aménagées, gérées et régénérées. En effet la sécheresse va exacerber son impact négatif sur les milieux naturels. Les interventions anarchiques et irraisonnées malgré leur coût économique et financier consentis par la collectivité vont occasionner des pertes incalculables des réserves hydriques, vont favoriser l'appauvrissement de la biodiversité et vont occasionner la perte des potentiels agricole, pastoral et forestier seuls gages de notre indépendance , du développement durable et de la sécurité pour nous même et pour les génération futures .

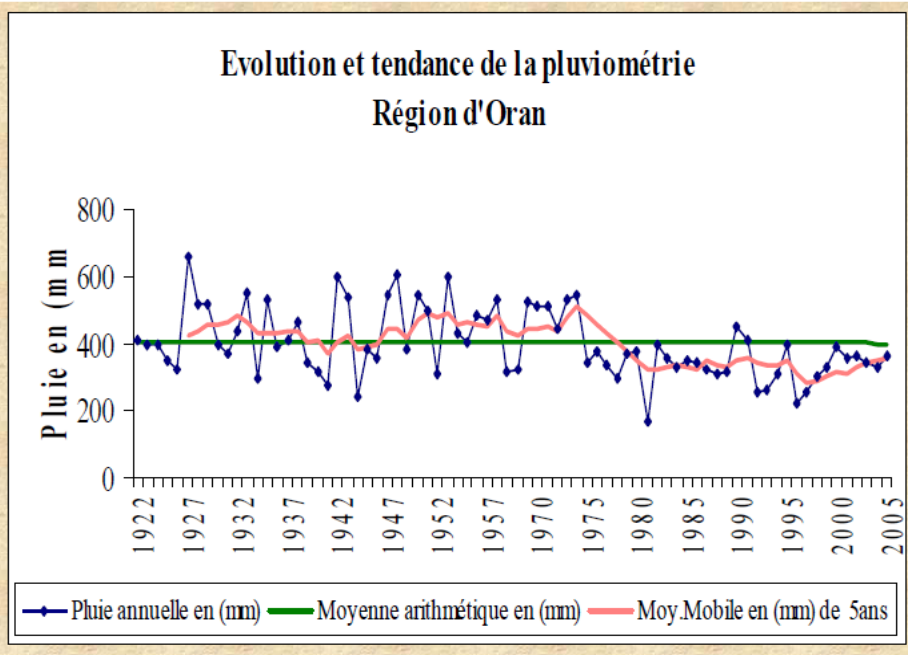
On ne le répétera jamais assez

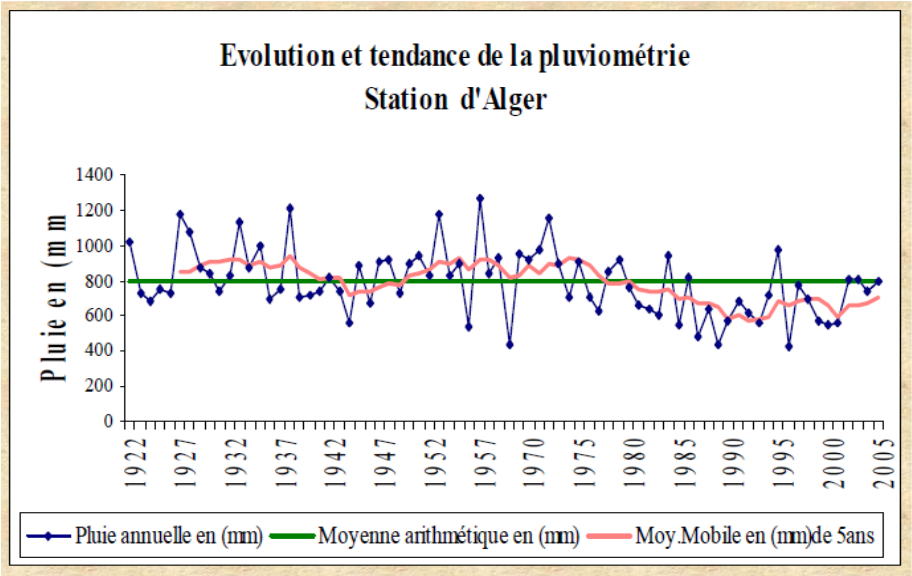
"hacene abdelkrim" <nazim84dz@yahoo.fr>



LA SECHERESSE EN ALGERIE







LUTTE CONTRE L'EROSION ET L'ENSABLEMENT

Bilan de la période de 1970-1993

Travaux exécutés par le HCSN

- ✓ **Reboisement : 120.380 ha**
- ✓ **Plantation pastorale: 19.828 ha**
- ✓ **Fixation des dunes :2.465 ha**
- ✓ **Plantation fruitière : 2.980 ha**
- ✓ **Ouverture de pistes : 1.552 km**
- ✓ **Aménagement de pistes : 824 km**
- ✓ **Retenues collinaires : 06 unités**
- ✓ **Aménagement de points d'eau : 42 unités.**

LA FORET, SES PARTICULARITES

La forêt est considérée comme une ressource renouvelable, le processus de production s'étend de la régénération à la maturité du peuplement sur une période assez longue
Il en découle des conséquences importantes :

- une gestion durable de la ressource n'exclut pas son utilisation,
- les dégradations de même que la conservation, le renouvellement et la régénération ont des effets qui ne peuvent s'apprécier qu'à terme, d'où la nécessité de disposer de données sur des périodes longues et de se doter d'outils prospectifs afin de prévenir des situations non compatibles avec le développement durable.
- Toutes les fonctions de la forêt ne sont pas "renouvelables" ou du moins pas dans le court terme. La disparition d'un espace boisé, l'habitat d'une espèce mène à sa disparition souvent irréversible. De même, la valeur esthétique d'un paysage forestier naturel peut être compromise par un projet d'urbanisation qu'aucune plantation artificielle ne pourra parfaitement compenser

L'aménagement des forêts

La lutte contre la désertification et la dégradation: Lutter contre les phénomènes de désertification qui affectent les zones semi-arides steppiques par des programmes de mise en valeur intégrée à travers notamment le barrage vert qui est passé de plantations de masse à une approche vers un développement rural intégré dans le but de préserver et de restaurer les ressources naturelles (eau sol végétation) et, partant, l'équilibre physique et socio-économique de ces vastes régions.

Protéger contre l'ensablement, les périmètres agricoles et des infrastructures socio-économiques dans les wilayas du sud du pays par la mise en place de brise-vent autour et dans les périmètres et de ceintures ou bandes vertes autour des agglomérations ou le long des routes.

La lutte contre l'érosion et d'agriculture de montagne :

Protéger restaurer les terres (1 459 000 ha) dans les zones de montagnes (12 000.000 d'ha) menacées par l'érosion par l'arboriculture fruitière rustique qui permet de valoriser les terres pauvres et d'assurer une bonne protection des sols par l'utilisation de techniques antiérosives appropriées.

Etude de cas: coexistence de trois espèces / stratégies hydriques

Pin d 'Alep :

Pionnière
(propagation par graine)
Futaie, pas de tradition de gestion
Elle est considérée
comme peu exigeante

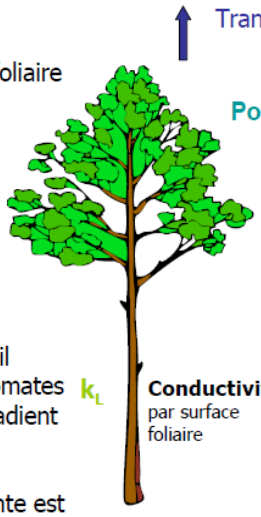
Chêne vert :

Traité traditionnellement en taillis
(régénération par rejets de souche)
Résistant à la contrainte hydrique

Buis :

Longévive. Croissance lente
(marcottage naturel)
Pas ou peu exploité
Résistant à la contrainte hydrique

Fonctionnement hydraulique



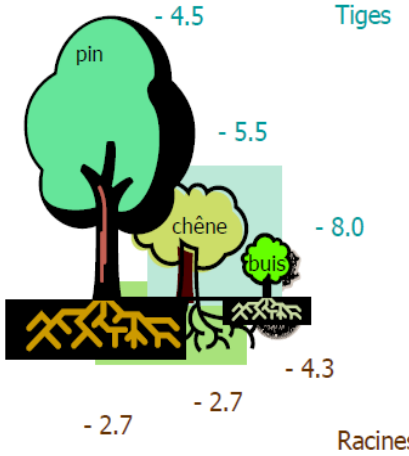
$$E = k_L(\Psi_S - \Psi_L)$$

Au cours d'une sécheresse :

--> $\Psi_S - \Psi_L$, valeurs seuil
--> **E** , régulée par les stomates et sous l'effet de baisse du gradient de potentiel

--> $\mathbf{k_L}$ à surface foliaire constante est contrainte par les limites liées à la **vulnérabilité** du système conducteur

Etude de cas: coexistence de trois espèces / stratégies hydriques



Valeurs de potentiel (en MPa) induisant 50 % de perte de conductivité

Vulnérabilité à la cavitation

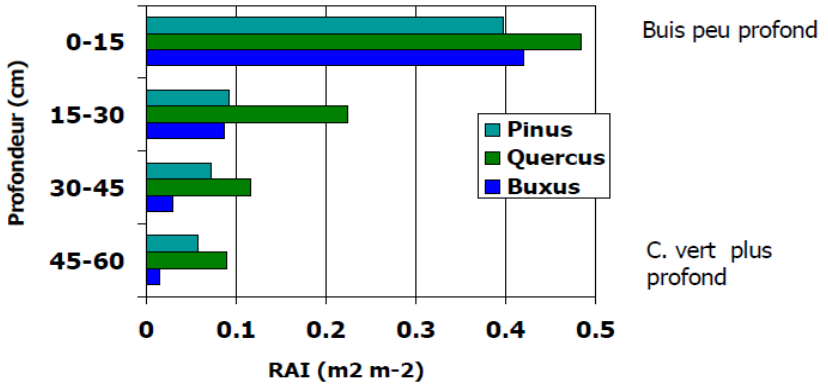
Vulnérabilité racines > tiges

- Tiges
pin d'Alep = Q. ilex > B. sempervirens

- Racines :
pin d'Alep= Q. ilex > buis

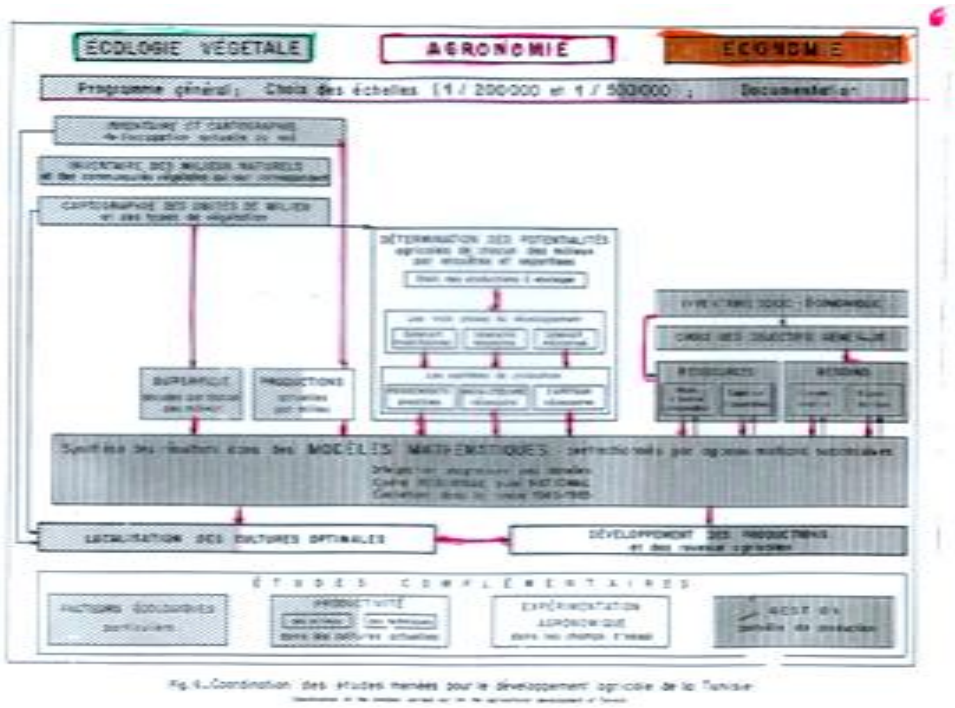
Etude de cas: coexistence de trois espèces / stratégies hydriques

Profils d' Enracinement

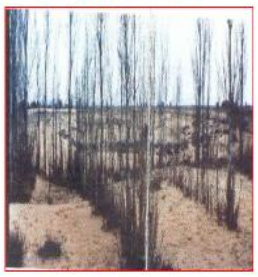


Buis peu profond

C. vert plus profond



3. Combattre les effets du vent: Fixation Biologique et mécanique des dunes, Brise vent.



7. Gestion et mobilisation de l'eau.

-Captage des sources

-Épandage de crues

- Retenues collinaires, ced, madjen....

METHODES D'EVALUATION ET D'ANALYSE

Les indicateurs de la sécheresse sont fournies par des méthodes traditionnelles fondées sur les inventaires, avec l'appui des techniques de télédétection et du système d'information géographique (SIG).

- ✓ Des enquêtes sur le terrain sont nécessaires pour inventorier les taxons qui ne sont pas normalement inclus dans l'inventaire
- ✓ Le plan de stratification et de surveillance tant au cours de l'inventaire que des études complémentaires sont étudiés avec soin (Dallmeier et Comiskey, 1998a; Bachmann, Köhl et Païvinen, 1998; Boyle et Boontawee, 1995; Vanclay, 1998).
- ✓ L'imagerie satellitaire sert de base à la stratification des échantillons de terrain ainsi que pour cartographier la répartition des espèces étroitement associées à des types distincts de végétation la télédétection ne peut encore donner des informations directes sur la diversité au niveau de l'espèce (Tanner, Kapos et Adams, 1998).
- ✓ L'imagerie satellitaire et le SIG peuvent, tous deux, être utilisés pour produire des données spatiales, par exemple sur la répartition du couvert végétal, et pour extrapoler les résultats d'études de terrain intensives. Le SIG peut aussi être employé pour combiner les données provenant d'une gamme de différentes sources
- ✓ La fragmentation des écosystèmes est, évaluée par un indice d'intégrité spatiale exprimant la superficie des formations végétales appartenant à chaque catégorie d'intégrité spatiale
- ✓ Améliorer les connaissances et les informations pour concevoir des stratégiesÉvaluation quantitative de la sensibilité, de la capacité d'adaptation et de la vulnérabilité des systèmes naturels et humains
- ✓ compréhension des réactions dynamiques des écosystèmes à des contraintes multiples y compris les changements climatiques à des échelles fines;
- ✓ Détermination des seuils de déclenchement des réactions discontinues au changement climatique projeté et à d'autres facteurs
- ✓ Élaboration de méthodes des réactions d'adaptation,l'estimation de l'efficacité les coûts et les obstacles aux possibilités selon la région ou la population
- ✓ Amélioration des outils d'évaluation y compris l'évaluation des risques, pour étudier les interactions des diverses composantes des systèmes naturels et humains et les conséquences des différentes orientations retenues
- ✓ Évaluation des possibilités d'inclure des informations scientifiques sur les incidences, la vulnérabilité et l'adaptation dans les prises de décision, la gestion des risques et les initiatives en faveur du développement durable;
- ✓ Amélioration des systèmes et des méthodes de surveillance à long terme et d'analyse des conséquences des changements climatiques et autres contraintes pour les systèmes naturels et humains.
- ✓ Mesures de gestion de l'espace steppique
- ✓ La steppe doit bénéficier d'une option pastorale spécifique et basée sur le choix d'un élevage sélectionné de production qualitative et de production
- ✓ Réduire le troupeau à la charge que peut supporter la steppe, accompagnée d'autres mesures ou dispositions indispensables

- le règlement approprié des problèmes fonciers en tenant compte des traditions des populations steppiques
- la promotion d'un agro pastoralisme, conforme aux spécificités du milieu et limité par un bornage définitif, aux sites géo-morphologiquement adéquats et fixés avec la participation des populations concernées,favoriser la culture de fourrages

- la réglementation des parcours steppiques est défini, dans le cadre d'une gestion responsable;
- améliorer des espèces locales animales et végétales la créer des réserves génétiques de dissémination; réglementer l'introduction des espèces végétales allochtones
- Créer un réseau d'espaces naturels steppiques de conservation des taxons locaux sensibles et des habitats

CONCLUSION

La pensée écologique et socioéconomique au sens large doit s'élever au-dessus des barrières traditionnelles qui séparent les disciplines et faire un effort conceptuel en vue de mettre en œuvre des programmes de développement durable liés à la conservation des écosystèmes et des paysages en général intégré dans une politique nationale d'aménagement du territoire en fonction des potentialités des régions

Les secteurs sont associés étroitement à cette démarche chacun selon sa spécialité en harmonie avec la mise en œuvre d'un programme global consensuel et donc concerté réalisé et évalué périodiquement afin de corriger les incohérences en temps utile

Les populations concernées de ces zones fragiles sont intimement associées à toutes las phases de la conception et de la mise en œuvre du programme pour assurer un développement qui préserve leur intérêt et celui de la pérennité de l'espace en particulier et du développement rural en général

Le public et la société civile participent à cet effort afin de découvrir et réaffirmer leur responsabilité quant à la puissance de la nature et à l'harmonie qu'il y a lieu d'établir entre l'homme et cette prodigieuse force.

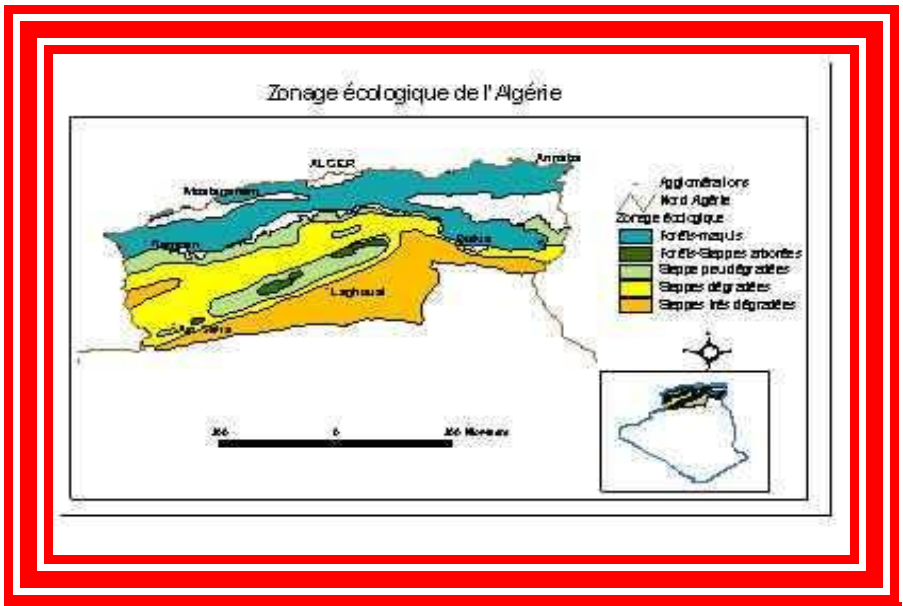
Enjeux du développement de l'élevage en régions arides et semi arides dans le contexte de la sécheresse

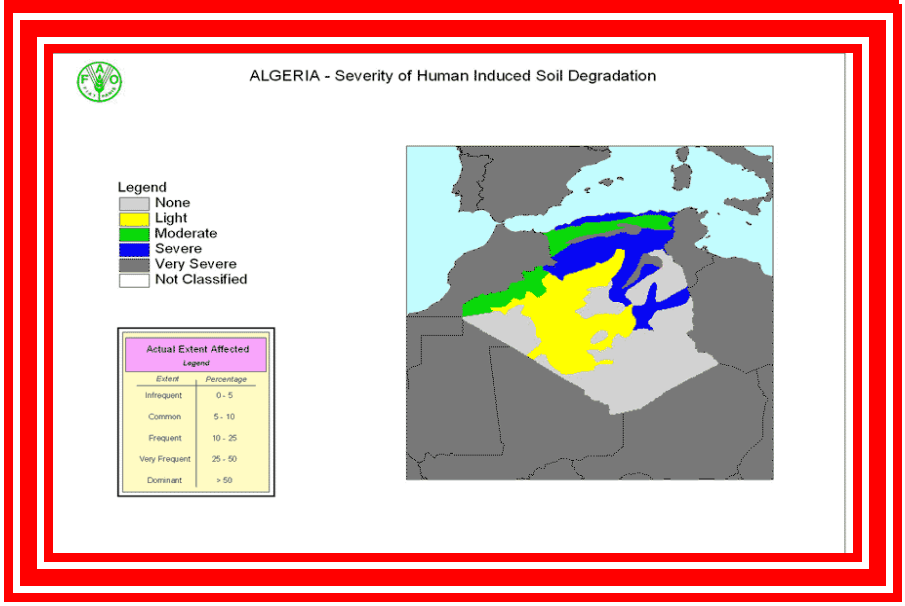
K. Abbas INRAA Sétif

I- Problématique globale

1- espace exploitable exigu subissant une forte pression

- **forte pression sur les terres (démographie, faible SAU/hab)**
- **faible potentiel productif des espaces naturels et régression continue de la diversité des ressources végétales et animales**
- **désertification et menace sérieuse à la préservation de la biodiversité et l'environnement**





2- Indisponibilité de terre agricole

- Terres improductives estimées à 191 millions d'hectares.
- Terres forestières couvrant environ une superficie de 4,3 millions d'hectares.
- Les parcours et la steppe couvrent environ 34,3 millions d'hectares.
- La superficie agricole totale (SAT) couvre 8,2 millions d'hectares, dont environ 880 000 hectares de terres non productives (bâtiments, chemins, etc.).

FIGURE 6
Répartition de la superficie totale de l'Algérie

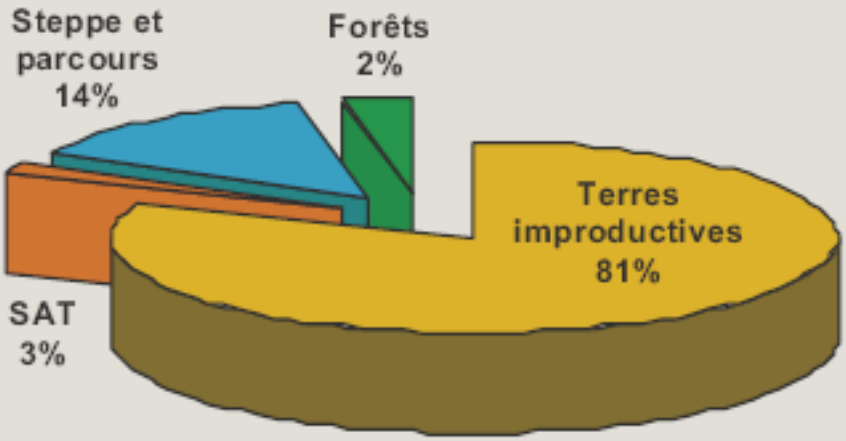
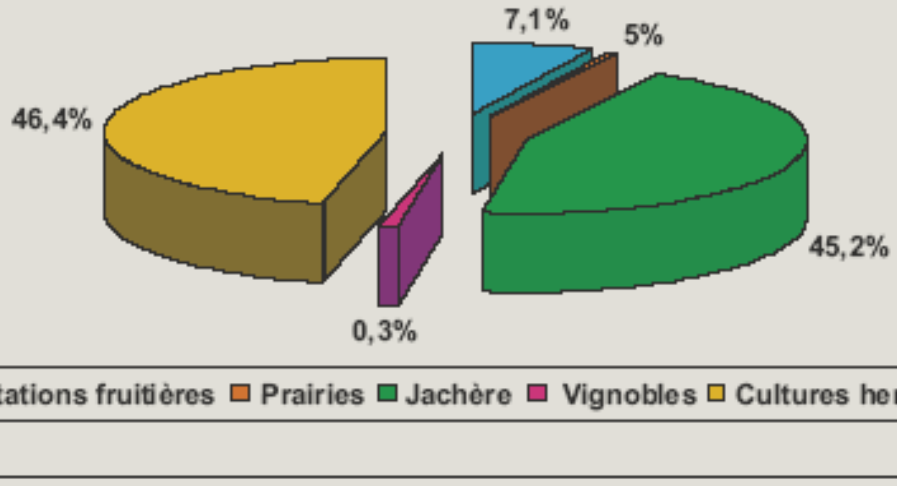
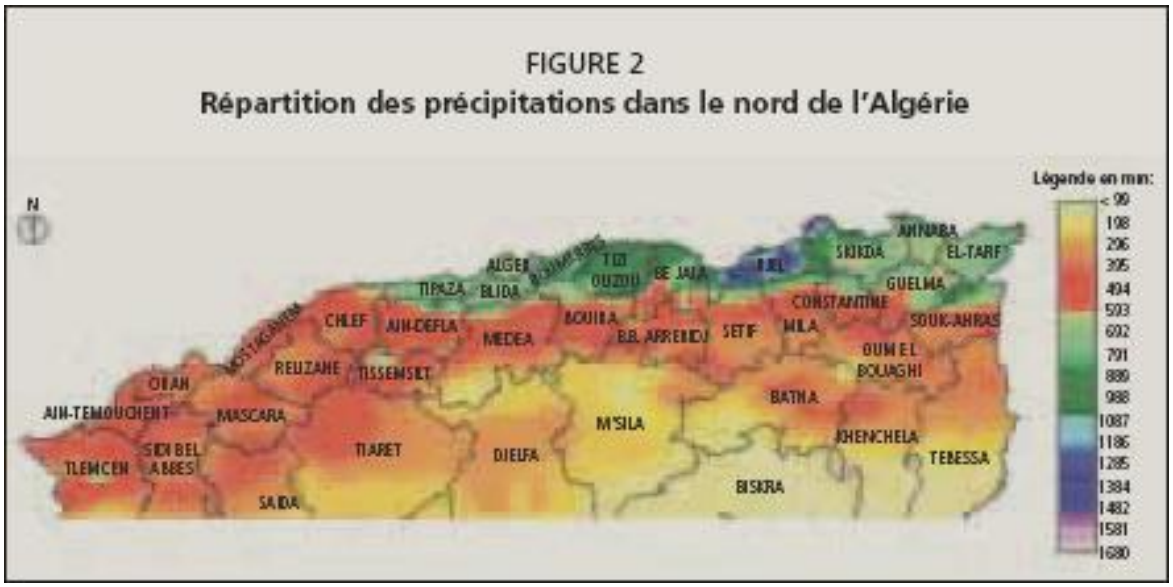


FIGURE 7
Occupation des terres agricoles



3- climats aride et semi-aride dominants



4- Forte dépendance économique

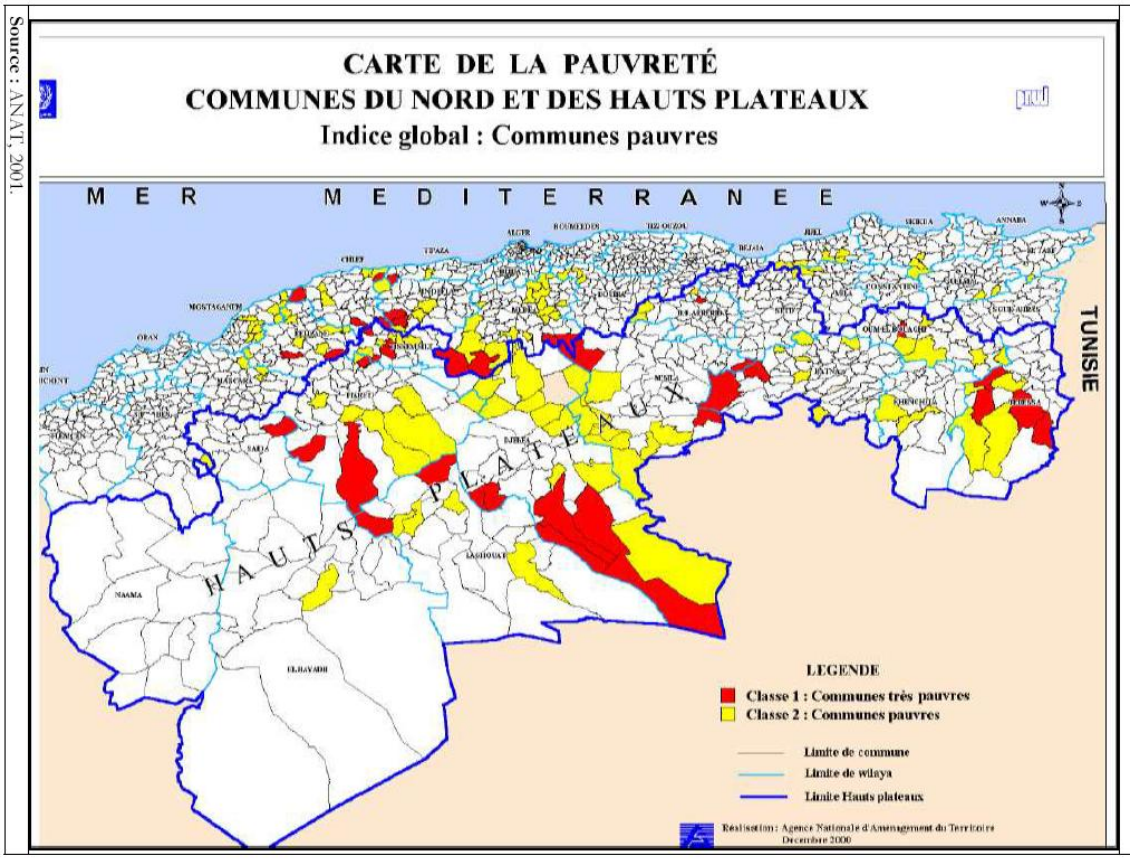
- **taux d'autosuffisance le plus faible au Maghreb**

Coefficient d'autosuffisance en 2004				
	Céréales	**Lait**	**Viande** (bovine, ovine, volaille)	**Sucre**
Algérie	36,31%	43,94%	83,84%	
Maroc	68,24%	81,26%	99,50%	11,26%
Tunisie	53%	91,49%	96,31%	

- **Les importations algériennes sont les plus importantes et le déficit commercial le plus important**

Les échanges internationaux de produits agricoles en 2004			
	Exportations agricoles (en millions $)	**Importations agricoles** (en millions $)	**Balance commerciale agricole** (en millions de $)
Algérie	55	4050	- 3995
Maroc	964	2058	- 1094
Tunisie	974	1181	- 207
Total	**1993**	**7289**	**- 5296**

5- corolaire de la forte pression: forte concentration de la pauvreté dans l'espace aride et semi-aride



II- L'élevage

- Un territoire en pleine mutation (dégradation floristique et progression d'activités économiques lucratives)
- Mutation des systèmes de production, forte progression des effectifs et érosion génétique
- Forte consommation d'aliments concentrés
- Forte pression sur les parcours

1- Le territoire steppique voué au pastoralisme connaît une dégradation continue

- Le diagnostic porté par les spécialistes semble sans appel : surpâturage, appauvrissement floristique, perte de vigueur de la végétation, dégradation de l'écosystème en sont les signes les plus évidents. L'état des steppes est jugé préoccupant. Le potentiel de production serait réduit de 75%, la couverture en Alfa passant par exemple de 40% à 13% en quinze ans. L'appauvrissement est surtout marqué pour les plantes pérennes palatables. Mais pour les écologues, le pire ennemi de la steppe reste le "cover-crop" qui introduit une situation irréversible en détruisant les plantes et en pulvérisant l'horizon superficiel rendu très sensible à l'érosion éolienne... Au total, 5 millions d'hectares seraient fortement dégradés sur les 20 millions que compte l'Algérie.

- Évolution de la structure de l'occupation du sol de la steppe.

	1985		1995	
	Superficie (millions d'ha)	Part (%)	Superficie (millions d'ha)	Part (%)
Parcours palatables	10	50	8,7	43,5
Parcours dégradés	5	25	7,5	37,5
Terres improductives	2,5	12,5	0,1	0,5
Forêts et maquis	1,4	7	2,1	10,5
Cultures marginales	1,1	5,5	1,6	8
Total	20	100	20	100

Source : MARA, 1985 et HCDS, 1995.

2- Cheptel ovin

- plus de 50% du cheptel national dans la steppe et évolution constante

Années	Moyenne nationale	Steppe	Cheptel steppique2
2000	17.615.930	11.110.412	-
2001	17.298.790	10.684.181	-
2002	17.587.740	10.724.760	13.245.416
2003	18.738.166	10.616.715	12.549.462
2004	18.293.300	11.171.231	13.798.521
2005	18.909.110	11.925.439	14.615.202
2006	19.615.730	11.514.265	14.197.159

3- Diversité génétique

En milieu steppique une seule race la Ouled Djellel domine, les autres races en nette régression

4-Les systèmes de production

- L'élevage abandonne le territoire et s'intensifie

Une nouvelle complémentarité agriculture/élevage: la régression de la mobilité et la privatisation induit des mises en culture des parcours, conduit évidemment à une transformation des modèles de production de viande rouge. En zone d'agriculture pluviale favorable (plus de 220-250 mm), l'intégration agriculture/élevage s'accentue; dans les milieux les plus difficiles, la disproportion entre une céréaliculture modeste, aléatoire et peu productive, et la taille importante des troupeaux ovins, réclament un recours systématique à la complémentation. Cette pratique s'est étendue à tous les éleveurs mais reste commandée par le rapport de prix «kg vif d'agneau/kg d'orge» qui est de 15 à 20 en Algérie.

Le territoire est exploité différemment et apparition d'activités lucratives et spéculatives

Régression des organisations coutumières et le développement des inégalités sociales. -Régression de la mobilité et redécoupage de l'espace pastoral. La motorisation est en train de faire naître un modèle différent de l'utilisation de l'espace : concentration de l'élevage au profit de grands éleveurs et formation de véritables ranchs, recours à des bergers salariés, exploitation systématique de toutes les ressources, transport d'eau et d'aliments, émergence d'un marché de l'herbe.

Relevons que fréquemment les politiques des prix des céréales d'une part et les politiques de développement pastoral d'autre part, ont souvent présenté des aspects contradictoires.

5- Conséquences et enjeux pour le développement

1. La régression de la diversité des ressources génétiques est due au climat mais aussi à la généralisation d'un modèle de production animale et d'utilisation du territoire peu diversifié et peu durable caractérisé surtout par :

   - l'alimentation des différentes catégories est composée sans un apport essentiel des parcours ;

   - la sur-utilisation d'aliments achetés est compensée par l'économie d'échelle sur la taille des troupeaux et la maîtrise des marchés et des prix par une minorité d'acteurs, le reste devient une main d'œuvre pauvre ;

   - l'unicité des modèles de production ancrés sur une rentabilité du marché des reproducteurs (antenaises, mères, mâles) et de la viande (antenais de l'aïd, agneaux).

   De ce fait, la recherche de systèmes de production alternatifs diversifiés et bien ancrés aux territoires doit se baser sur des ressources animales adaptées et aussi diversifiés:

   - meilleure connaissance de la diversité des parcours, des potentialité, du fonctionnement floristique

   - adaptation des systèmes à des marchés locaux diversifiés et contrôlés

      - agneaux viande
      - animaux lourds
      - réforme
      - reproducteurs
      - combinaison pâturage/culture d'herbe/complémentation rationnels pour chaque paire de système-territoire.

- Le système d'élevage est défini ici comme un ensemble de techniques et de pratiques mis en œuvre par une communauté pour exploiter dans un espace donné des ressources végétales par des animaux, en tenant compte de ses objectifs et des contraintes du milieu.

- Chaque système ou groupe de système est lié à un modèle génétique valorisant ses aptitudes

- Les populations et races sont en effet modelées et façonnées à long terme par les systèmes de production. On cite à cet effet:

  – Bovins locaux de petits formats en systèmes sylvopastoraux du nord est algérien (Madani, 2000)
  – Des ovins élancés et marcheurs dans les systèmes nomades (Chellig, 1975).

6- Les contraintes et perspectives en matière de recherche scientifique

1- ***les données sont peu nombreuses et parfois peu généralisables et peu fiables***

- Les systèmes de production : le rôle, la place ainsi que le fonctionnement de l'élevage ovin au sein des différents systèmes de production reste peu élucidé ce qui ne permet pas un diagnostic réel de la situation et rend difficile la définition de schémas de développement fiables.

- Les ressources animales : Aucune base de données n'est disponible sur l'identité zootechnique des populations ainsi que sur leur évolution, alors que plusieurs sons de cloche parlent d'une déperdition alarmante de nos ressources, de surcroît exploitées par les pays voisins.

- Les ressources végétales : La dégradation des ressources alimentaires causée par l'augmentation de la charge animale dans la steppe est une donne qui commence à se généraliser, toutefois, l'inventaire et la gestion des ressources végétales constitue un champ qui reste très peu cerné.

2-Tares des recherches déjà menées

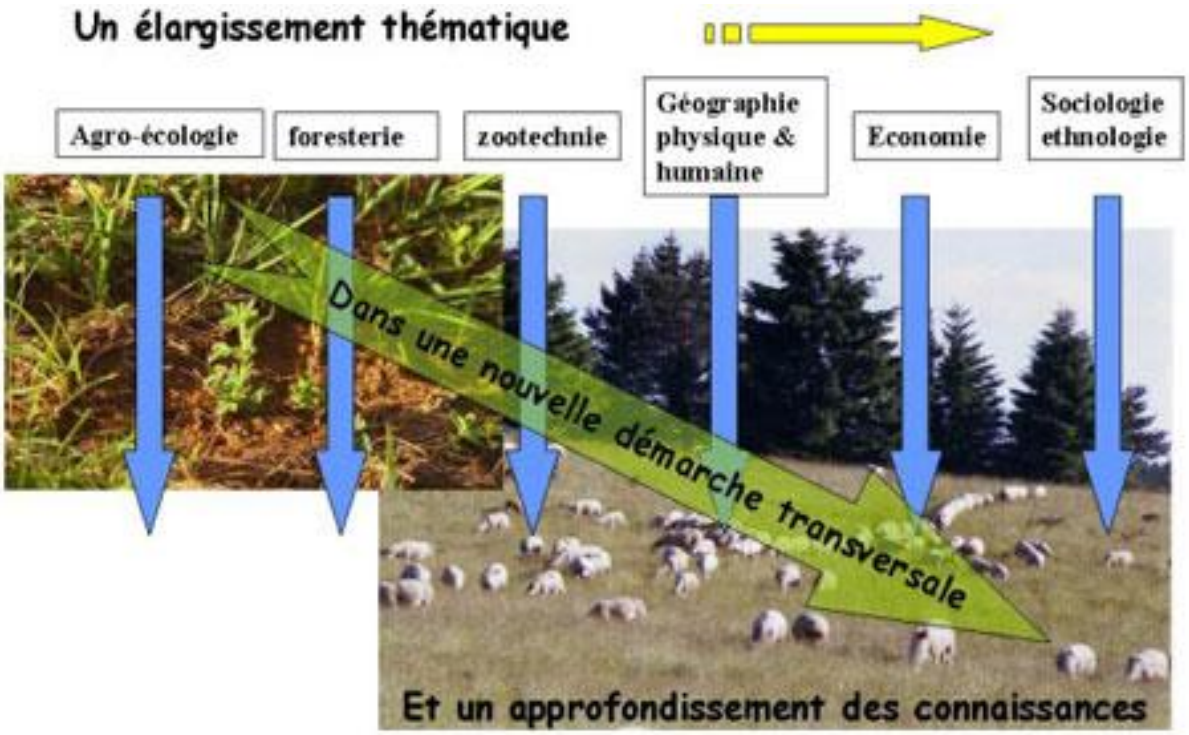
- La recherche sur l'élevage dans les zones arides et semi-arides menées par les différents intervenants publiques (INRAA, CRSTRA, ITELV, ITGC..) a été toujours assez présente, toutefois, les résultats, disparates et peu synthétisés restent éloignées des possibilités d'application sur le terrain.

A ce sujet, nous pouvons citer des thèmes ayant souvent été partiellement traités par les institutions:

- valorisation alimentaire de la paille de céréales
- identification et caractérisation des races
- caractérisation des systèmes d'élevage et des systèmes de production
- caractérisation des ressources végétales et fonctionnement des écosystèmes steppiques

3-L'action interinstitutionnelle et interdisciplinaire reste incontournable

En fait, pour gérer les territoires, une démarche spécifique interdisciplinaire et concertée est nécessaire. Elle associe la maîtrise des techniques agricoles et du développement territorial en élargissant les champs disciplinaires et en les combinant à différents niveaux d'échelle d'espace (de la touffe d'herbe au paysage) et de temps (de la ronde des saisons à la trajectoire historique). Les échelles d'appréhension privilégiées sont l'exploitation agricole et le territoire formé d'un assemblage d'exploitations qui côtoient d'autres activités sur un même espace.



4- Mesures clés à entrevoir

- Du point de vue de la recherche-développement, il est donc évident que les actions à inscrire seraient les suivantes :
- définition d'une stratégie nationale et d'un programme national interinstitutionnels et interdisciplinaire
- synthèse, validation et valorisation des acquis de la recherche ;
- choix des innovations issus de ces acquis et définition de modèles appropriés d'intégration au sein des systèmes de production
- définition de thématiques pluridisciplinaires ayant pour objet la gestion efficace des écosystèmes steppiques (retour à la recherche pastorale) et des zones céréalières et recherchant comme finalités la lutte contre la désertification et l'érosion des sols ainsi qu'une amélioration des productions fourragères et pastorales
- institutionnalisation de la gestion des ressources animales autour d'un plan de charge clairement établi et ayant pour but :
  - l'inventaire, l'identification et l'inscription au livre généalogique des races et populations
  - la définition de plans nationaux de préservation, de gestion et d'amélioration des aptitudes génétiques des différentes ressources animales en fonction d'objectifs liés à l'évolution probable des systèmes de production et des choix économiques stratégiques du pays
- valorisation des produits animaux : définition d'une approche de la qualité et du modèle appropriée de la valeur ajoutée.

CONCLUSION

D'un modèle de gestion intégrée de l'espace pratiqué tacitement par de multiples intervenants acteurs d'une multitude de systèmes, on est passé donc à un modèle mono-spécifique (et mono-racial) ou l'élevage ne respecte plus les spécificités aux

échelles régionale, locale et même parcellaire d'un territoire façonné par un climat (aridité, inondation) et caractérisé par un sol (fragilité, risque d'érosion) et une végétation particulière.
Cet état de fait ne fait qu'accentuer les risques quant à la durabilité du système:
- pertes des potentialités de production multi-annuelles et perte de souplesse et de flexibilité
- Intensification hasardeuse de l'élevage et des cultures

Perspectives:

Quelques pistes pour les nouveaux systèmes
Zones fragiles:

- Systèmes pastoraux, race rustique adaptée au pastoralisme, complémentation soutenue par l'état, orientation peu axée sur la viande (reproducteurs)

- Zones plus favorables:

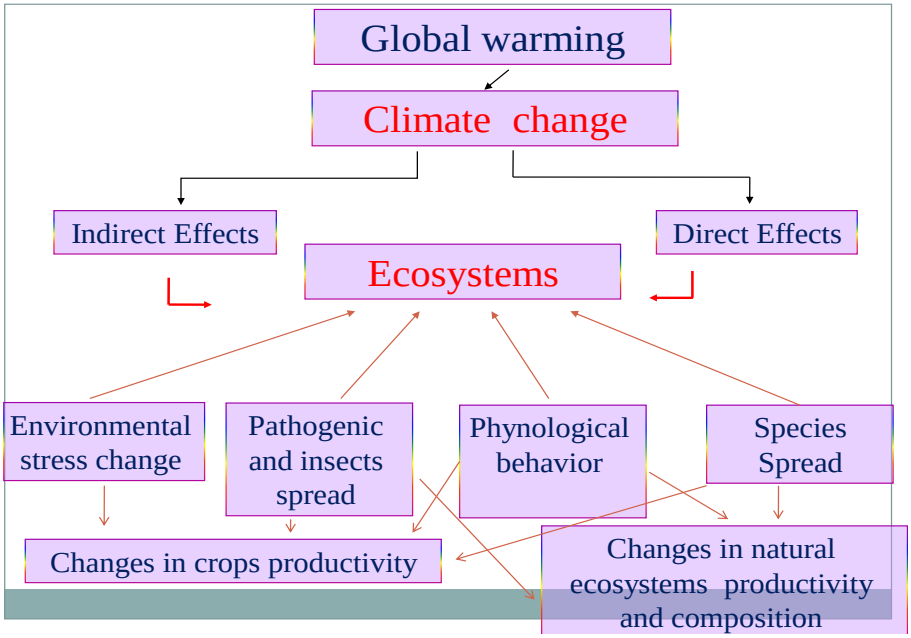
    - Systèmes agropastoraux, race à orientation viande, complémentation non soutenue par l'état, orientation viande (agneaux)
    - Rénovation et amélioration de parcours, création de pâturages pluriannuels en rotations longues par des semis et resemis à base de travaux superficiels du sol.

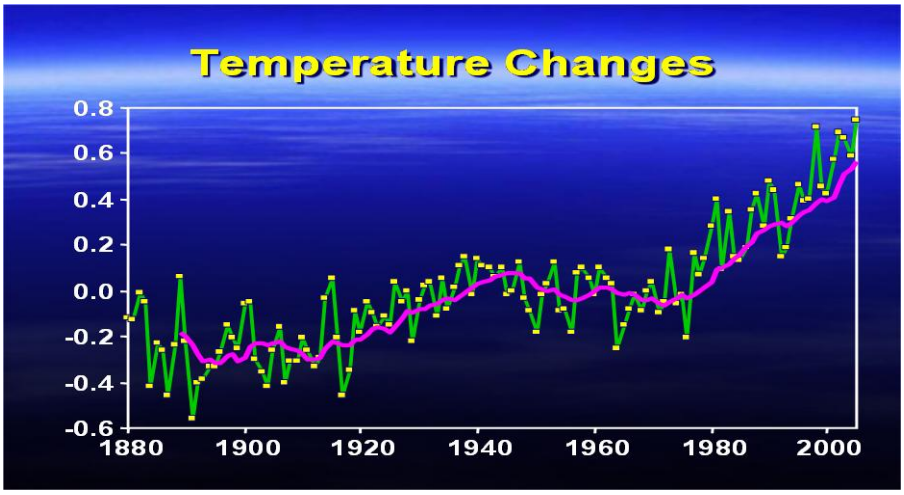
An assessment of drought dimensions and their changes in arid Syrian regions during the period 1958-2008

Michael Skaf Rafik Saleh
Shifa Mathbout ACSAD Syria

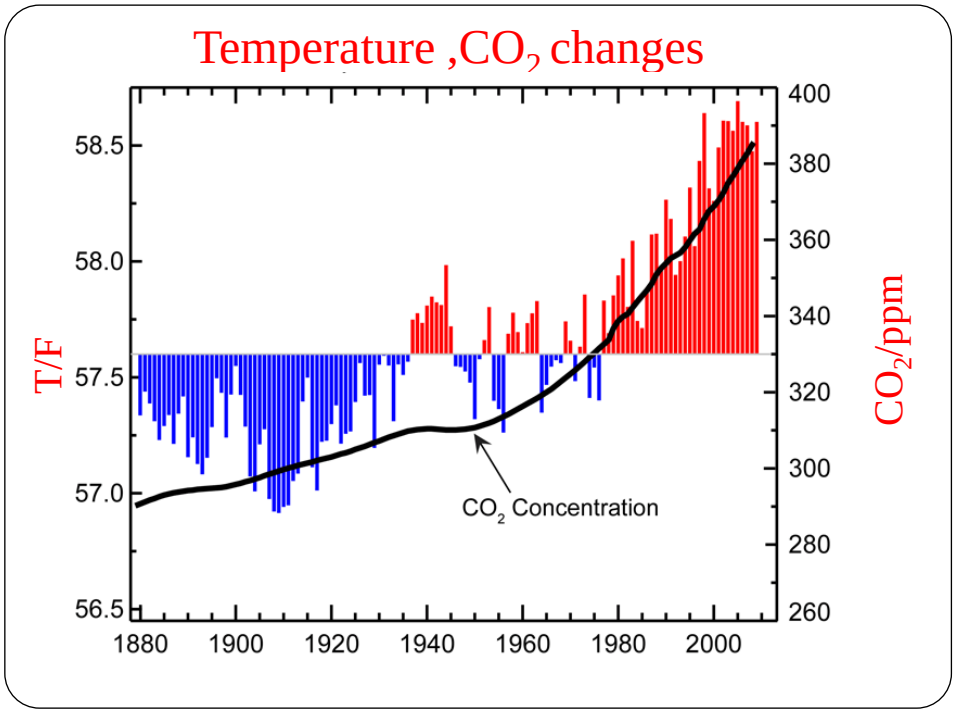
Introduction

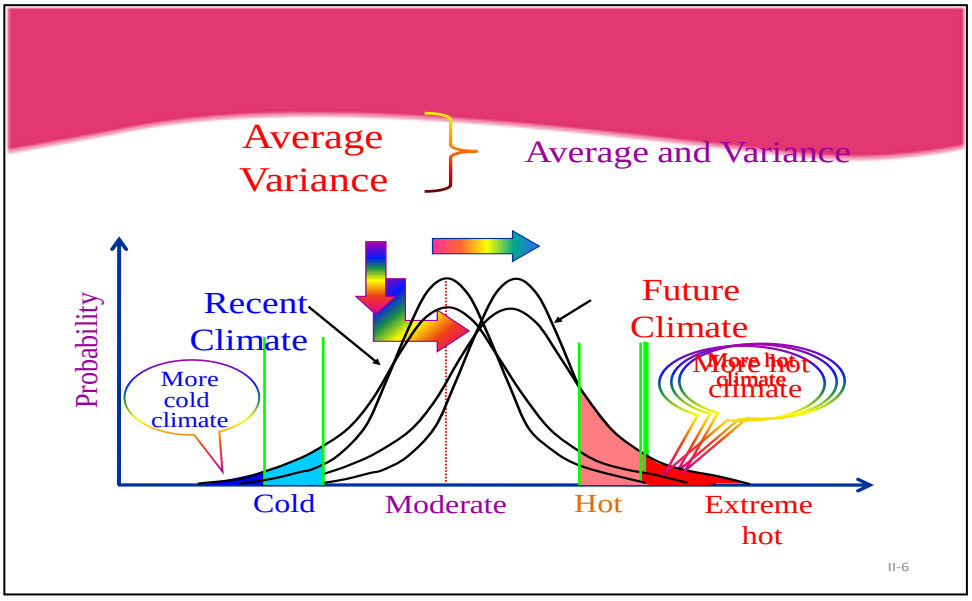
Climate change associated with unsustainable resources use and demographic growth are expected to intensify the vulnerability to climatic variability in North African and eastern Mediterranean regions. Drought is perhaps the most complex natural hazard. It is often generally defined as a temporary meteorological event that stems from the lack of precipitation over an extended period of time compared with some long term average condition (e.g. precipitation).
Drought is a three dimensional meteorological phenomenon characterized by its intensity, duration and areal extent.



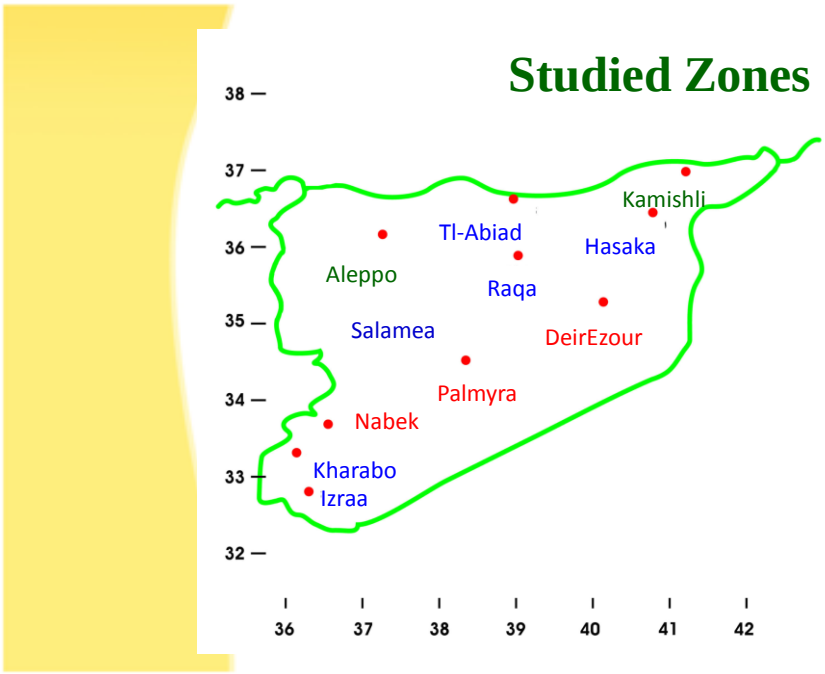


This is a graph of the change in worldwide temperatures over the last 120+ years. Although the trend is decidedly upward, there are periods when temperatures are flat or even slightly decreasing, suggesting that increasing temperatures may not be entirely due to increased carbon dioxide levels.

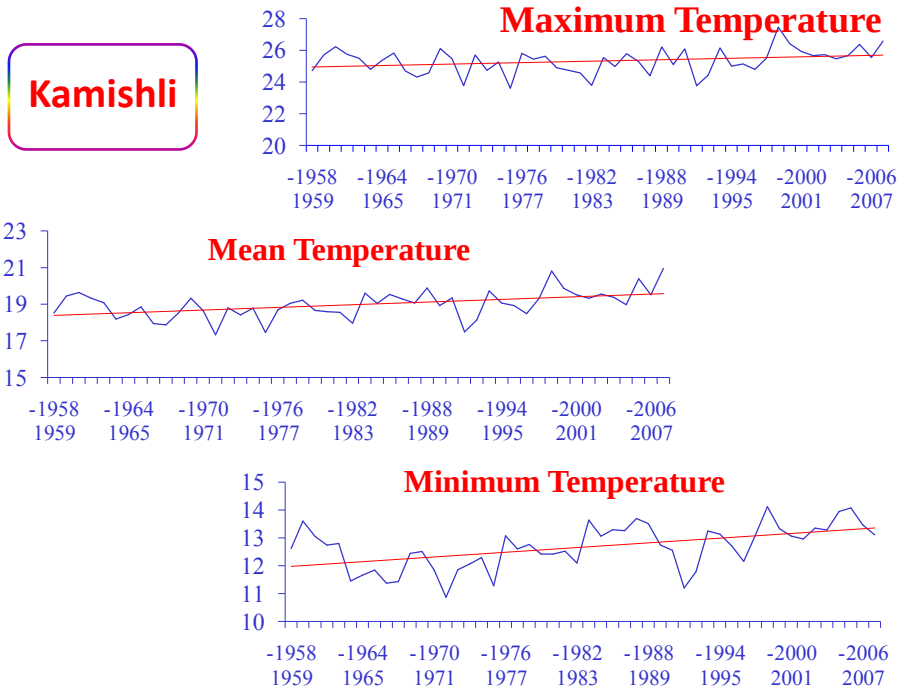




Materials and Methods

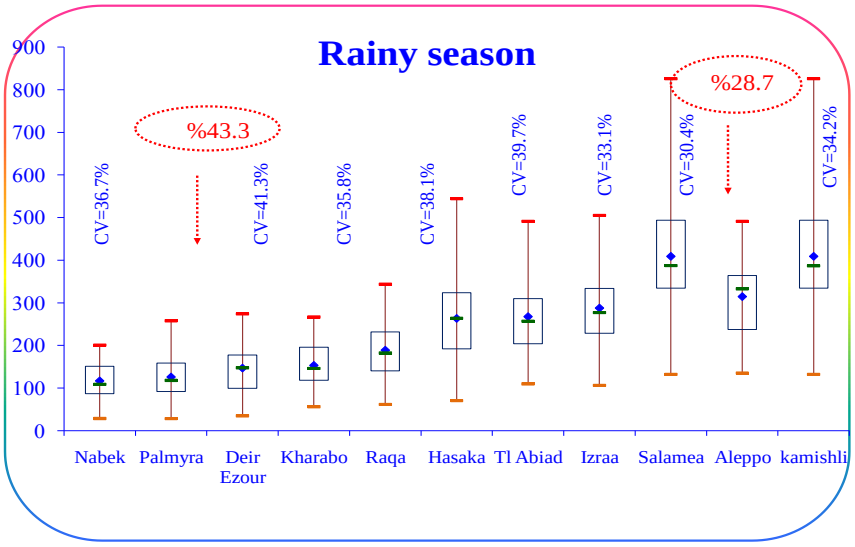


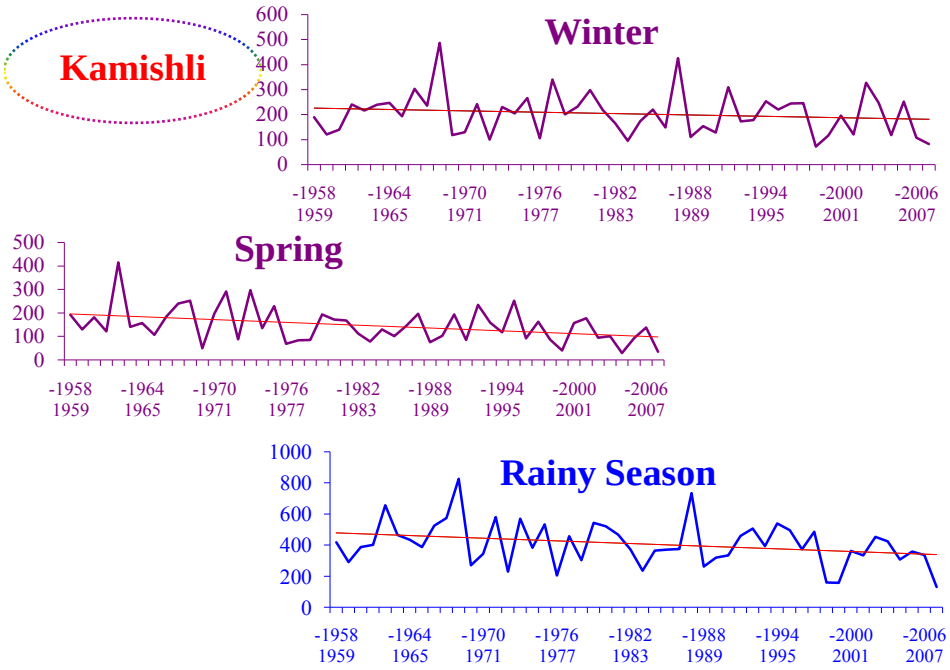
Temperature

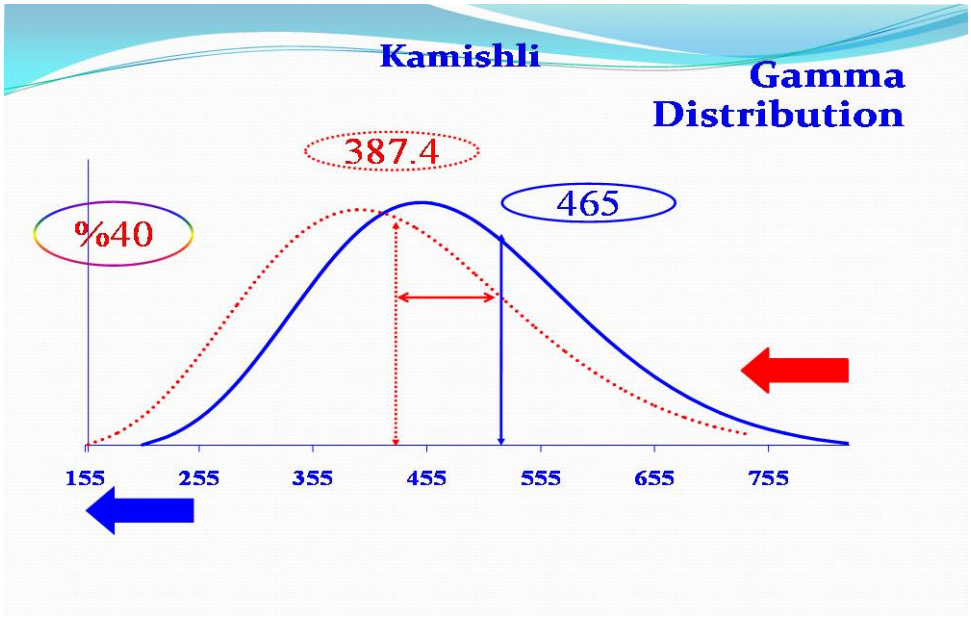


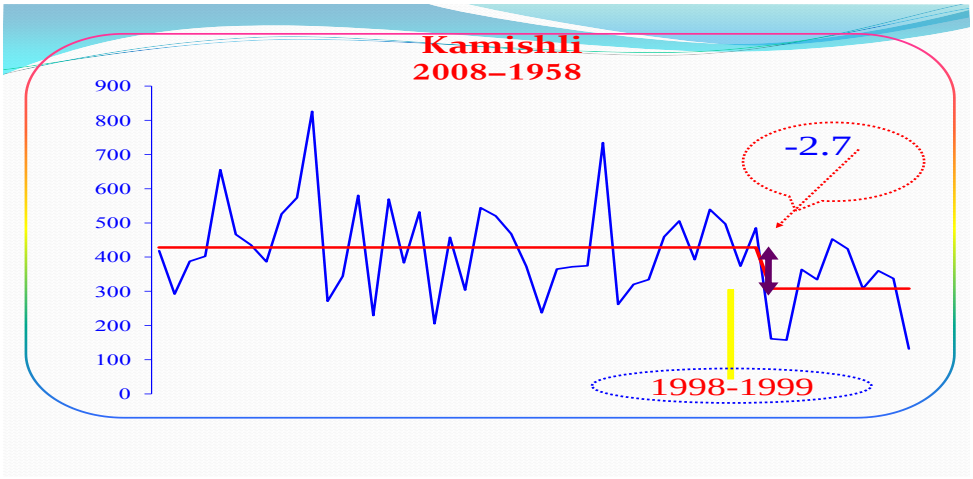
Precipitation Changes

1-Trends
2-Gamma Distribution
3-Regime Shift




Kamishli
Winter
600
500
400
300
200
100
0
-1958 1959
-1964 1965
-1970 1971
-1976 1977
-1982 1983
-1988 1989
-1994 1995
-2000 2001
-2006 2007
Spring
500
400
300
200
100
0
Rainy Season
1000
800
600
400
200
0


Kamishli
Gamma Distribution
387.4
465
%40
155
255
355
455
555
655
755



Standardized Precipitation Index SPI

SPI can effectively represent the amount of rainfall over a given time scale with the advantage that it provides not only information on the amount of rainfall, but that it also gives an indication of what this amount is in relation to the normal, thus leading to the definition of whether a station is experiencing .drought or not.

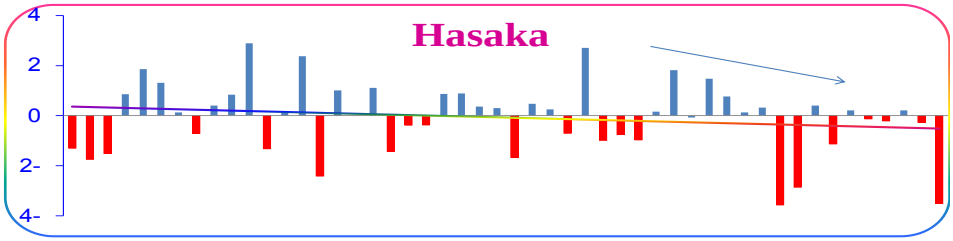
SPI is based on the probability distribution of a given rainfall event occurring at a station (e.g. gamma distribution), which is then transformed into a normal distribution so that the mean SPI is zero

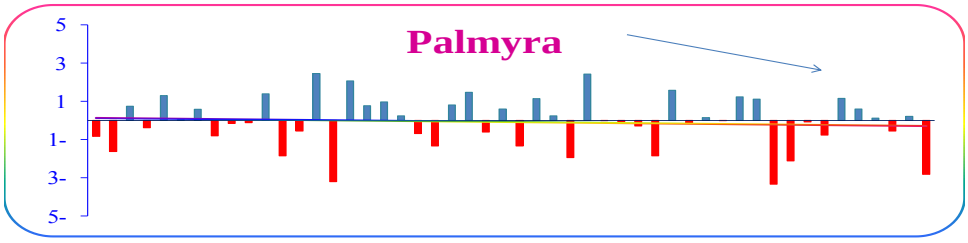
$$g_p = \frac{1}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)} p^{\alpha-1} e^{-p/\beta} \qquad P > 0$$

$$\alpha = \frac{1}{4A}\left(1+\left(\frac{\sqrt{4A}}{3}\right)\right) \qquad \beta = \frac{p}{\alpha}$$

$$A = \ln(\bar{p}) - \frac{\ln(p)}{n}$$

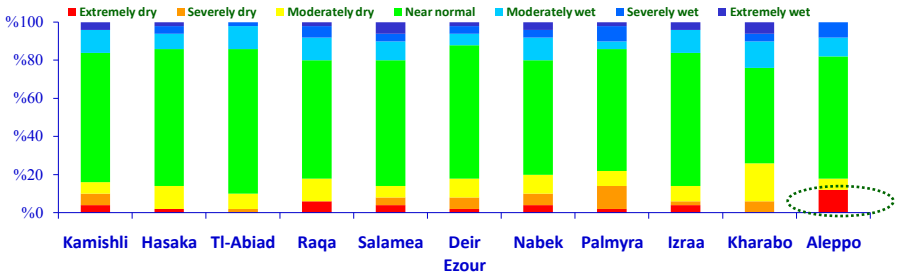
$$H(p) = q + (1-q)G(p)$$



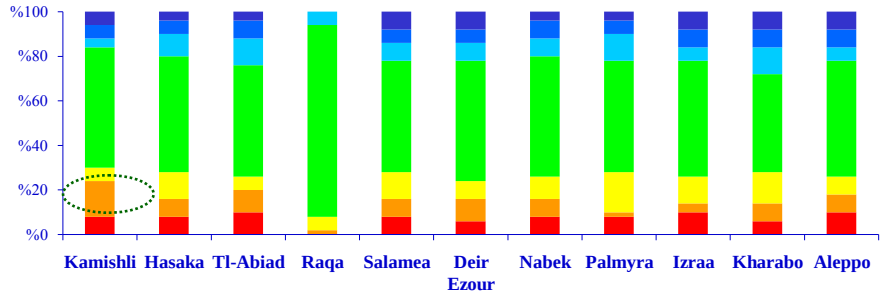


Rainy season	Spring	Autumn	Winter	Station
Value of change per decade	Value of change per decade	Value of change per decade	Value of change per decade	
-0.12	-0.09	-0.07	-0.12	**Nabek**
-0.13	-0.20	+0.03	-0.09	**Kharabo**
-0.13	-0.19	-0.01	-0.04	**Izraa**
-0.17	-0.09	+0.08	-0.18	**Tl Abiad**
-0.01	-0.07	+0.28	-0.14	**Aleppo**
-0.17	-0.26*	+0.09	-0.19	**Hassakah**
-0.27*	-0.21	-0.05	-0.09	**Raqa**
-0.31*	-0. 35*	-0.09	-0.17	**Kamishli**
-0.08	-0.05	+0.02	-0.05	**Palmyra**
-0.05	-0.13	+0.011	-0.05	**DeirEzour**
-0.09	-0.12	-0.01	-0.06	**Salamea**

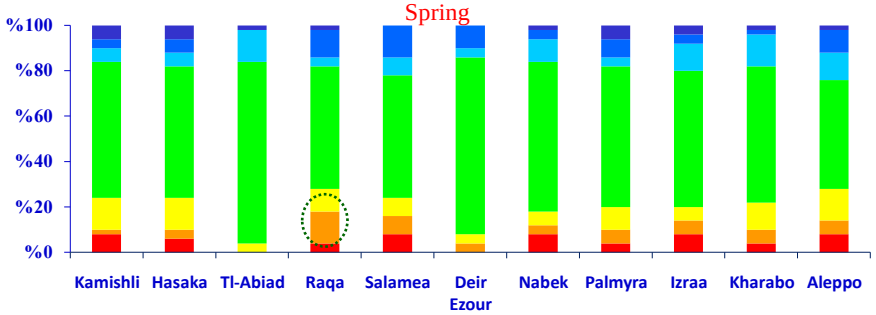
Autumn



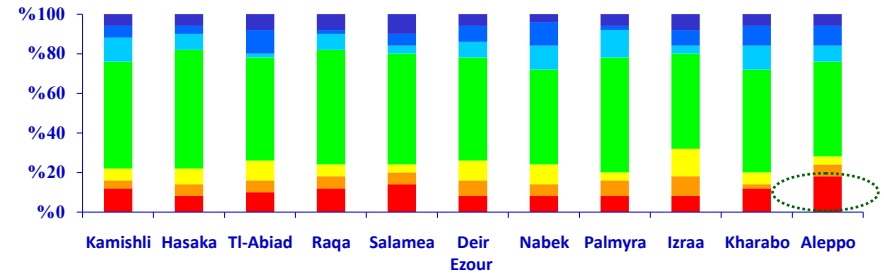
Winter

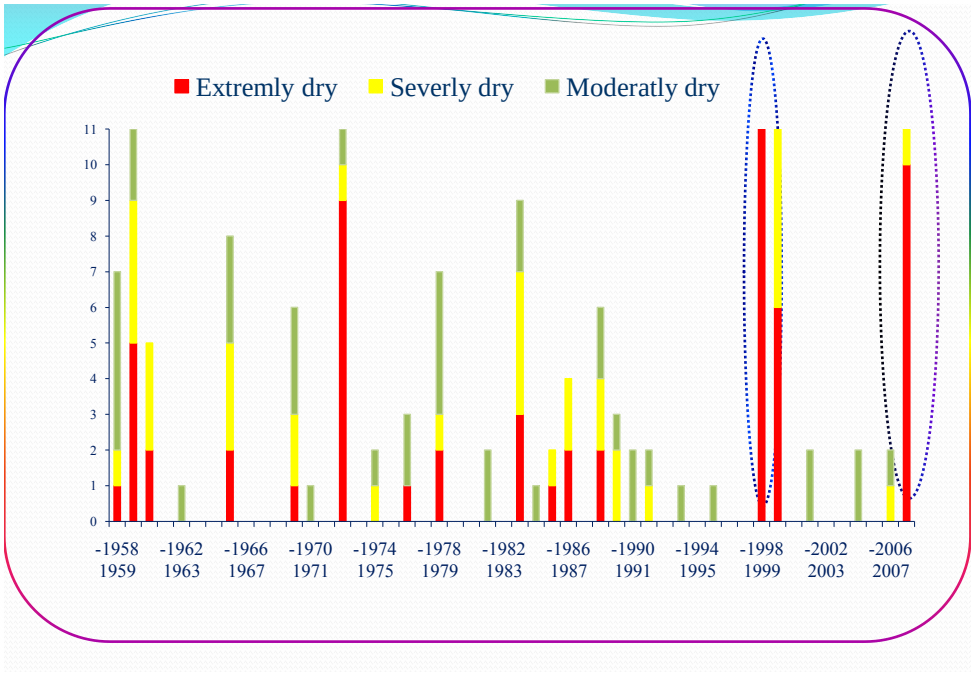


Spring

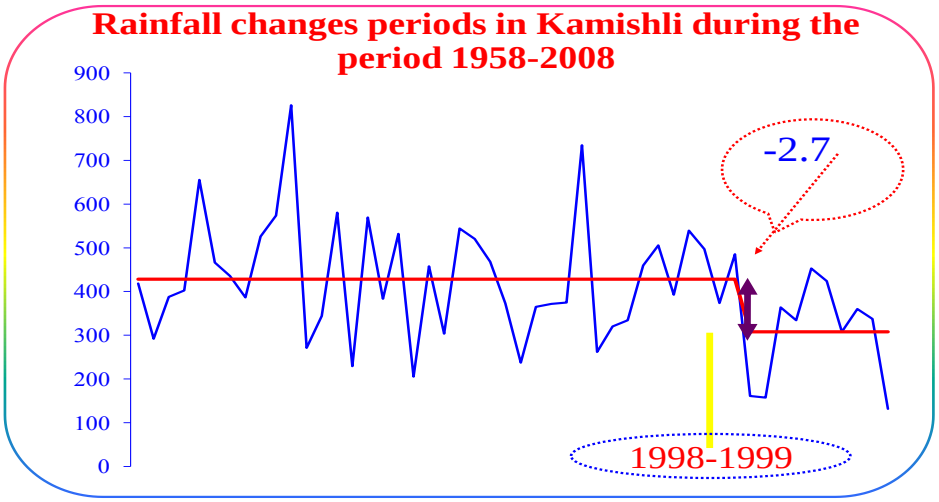


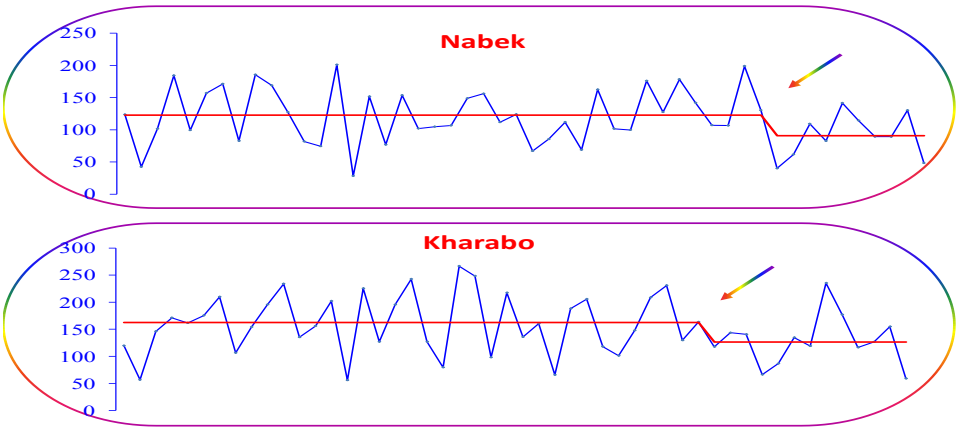
Rainy Season





Regime Shift





p =0.1

Periods of SPI values changes during 1958-2008

Value	Point of Change	Station	Value	Point of Change	Station
-1.20	1999	Hasaka	**-1.99**	**1999**	Nabek
-0.16	1984	Raqa	-1.14	1999	Kharabo
-1.30	2007		**-1.49**	**1999**	Izraa
-2.59	**1999**	Kamishli	**-1.64**	**2006**	Tl-Abiad
-1.0	**2008**	Palmyra	**-1.00**	**2008**	Aleppo
-1.1	**2008**	Der Ezour	**-0.6**	**2008**	Salamea

CONCLUSION

Application of Mann-Kendall test and regime Shift Index to detect changes in seasonal and annual SPI values showed significant step changes in all regions, while monotonic trends were detected only in some stations. There is decreasing tendency in annual and seasonal drought intensity in all regions corresponding with an increasing dry days number in rainy season.

LA SECHERESSE EDAPHIQUE.

Cas des sols des cédraies des Aurès

A.HALITIM et S.HALITIM LAPAPEZA – Université de Batna

INTRODUCTION :

- **Dans les Aurès** les cédraies constituent avec les pinèdes le dernier rempart contre l'avancée du désert. Sur l'Atlas saharien le cèdre se trouve à la limite de sa tolérance bioclimatique
- **En ce début du siècle** les cédraies des Aurès ont subi un très fort dépérissement.
- **Les observations** effectuées au Maroc font ressortir que les zones touchées par ce phénomène sont caractérisées par un déséquilibre entre un abondant matériel végétal et une faible disponibilité en ressources hydriques .
- **Ainsi parmi** les causes probables de la régression continue des forêts de cèdre serait la sécheresse édaphique qui peut être définie comme la réduction de la réserve utile en eau des sols.
- **Dans ce contexte**, à coté du climat (pluie et températures) et de la topographie, de l'exposition les caractéristiques édaphiques jouent sans aucun doute un rôle de premier ordre. Ceci d'autant plus que l'hypothèse de changements climatiques défavorables (réduction de la pluviométrie et surtout réchauffement) semble se confirmer.
- **Nous nous proposons** de voir quel est le rôle joué par le sol en tant que réservoir d'eau dans la réduction du déficit hydrique.
- **Nous aborderons** successivement dans cet exposé les méthodes utilisées pour analyser la sécheresse, de présenter la réponse des plantes à la sécheresse, et de donner quelques caractéristiques du déficit hydrique des cédraies des Aurès.

I. CARACTERISATION DE LA SECHERESSE :

On peut caractériser la sécheresse d'une région en utilisant différents paramètres :
Utilisation des paramètres climatiques : sécheresse climatique
Utilisation des paramètres climatiques et édaphiques : sécheresse édaphique.

I.1 Sécheresse climatique

Utilisation des données de pluviométrie et de température : cas du diagramme ombrothermique de GAUSSEN. Ce diagramme utilise la relation P=2T dans les régions méditerranéennes. Il fait ressortir les mois secs et la longueur de la saison sèche (Fig 1)

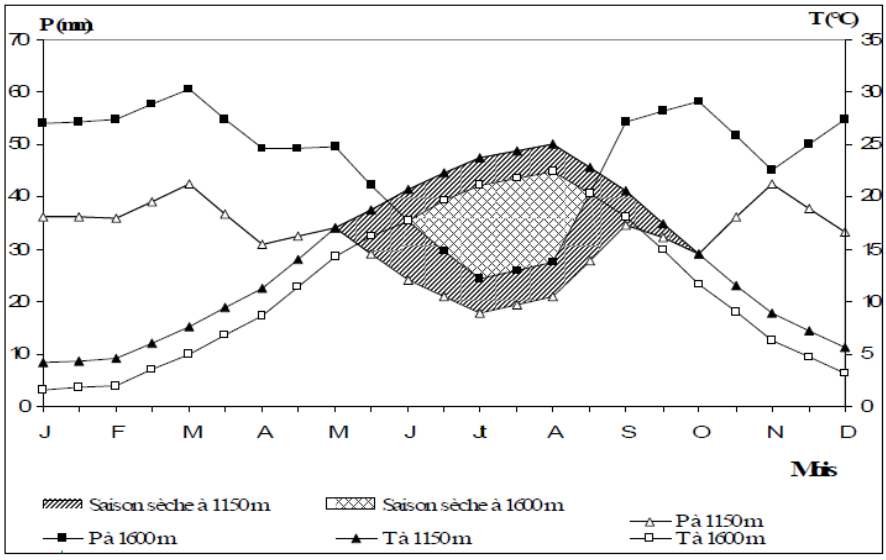


Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen en fonction de l'altitude.

Le bilan hydrique climatique (BHC)

Le BHC permet de mieux traduire les conditions d'alimentation hydrique auxquelles les plantes sont soumises.
Il est exprimé par la relation P-ETP.
Pour cela il y a lieu de déterminer un paramètre important du milieu qu'est l'évapotranspiration potentielle (ETP).
Qui à défaut d'être déterminé expérimentalement il est généralement calculé à l'aide de formules empiriques utilisant les données des paramètres suivants :
Température, vitesse du vent, rayonnement, hygrométrie.
Dans les régions où les stations météorologiques n'enregistrent pas toues ces informations , le calcul de l'ETP est effectué en appliquant la formule de THORNTWAITE. Il s'agit d'une expression simple et adaptée au contexte de la région d'étude (étage subhumide) (Fig 2)

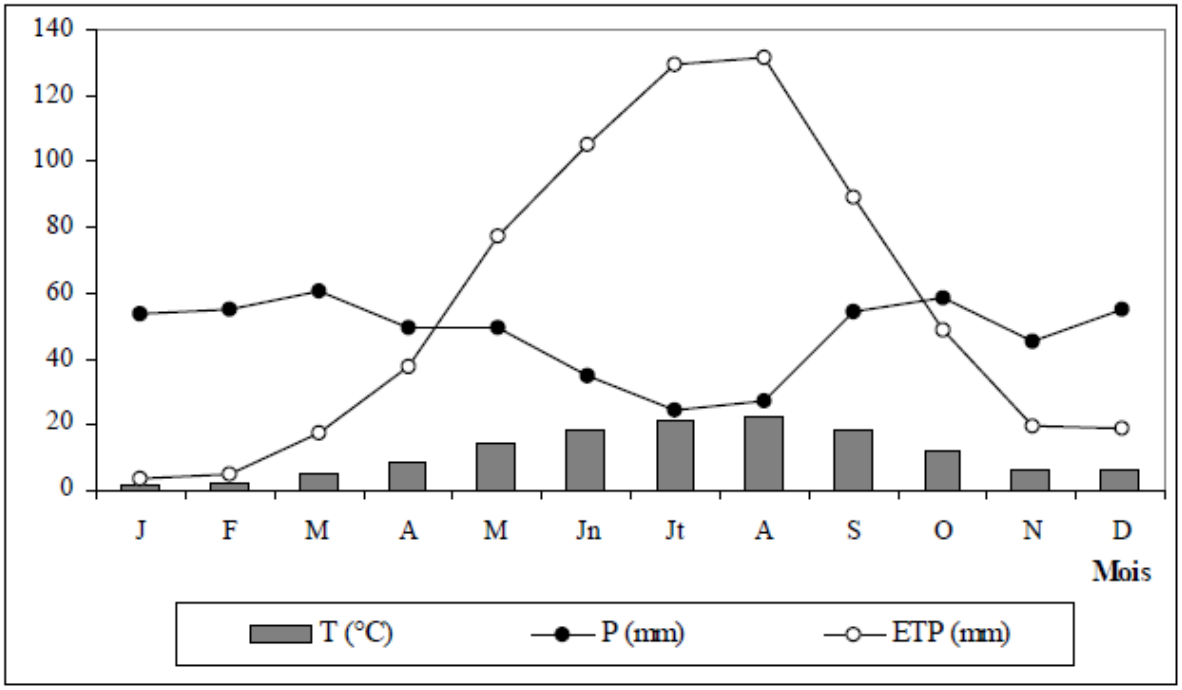
$ETP = 16 \times (10T)^a \times C/I$

ETP : Evapotranspiration potentielle

T : Température moyenne de la période considérée

I : Indice thermique annuel

C : coefficient de correction en fonction de la latitude et du mois de l'année.



Caractéristiques climatiques de la station de Bouhmama (1987-2000).

I.2 La sécheresse édaphique

Elle est déterminée grâce au bilan hydrique édaphique.

Les calculs effectués précédemment permettent l'estimation du bilan hydrique à partir des facteurs uniquement climatiques.

Cette approche simplifiée ne permet pas de prendre en considération le sol, qui constitue en réalité un réservoir d'eau qui influence ce bilan. La quantité d'eau retenue par un sol dépend de la réserve utile en eau (RU) qui caractérise chaque horizon.

D'après les mesures de RU des sols effectuées dans différentes stations forestières nous avons sur grès plusieurs types de sols : des sols peu profonds (<30cm), avec une RU de 50mm, des sols moyennement profonds (40-80cm) avec une RU de 100mm et des sols épais (<80cm) avec une RU de 150mm environ.

Il y a lieu de tenir compte de la charge grossière qui au-delà de 30% en volume devient une contrainte pour la rétention d'eau.

Calcul de la RU

Pour chaque horizon, une réserve en eau (RE) bornée par les valeurs de teneur en eau mesurée aux potentiels matriciels de -330hPa et - 15 000hPa. Cette réserve en eau peut être considérée comme la RU.

Cette RU sur terre fine a été calculée selon la relation :

$$R\,U = (HpF2,5-HpF4,2).\,da.\,Ep.$$

Avec RU : la réserve utile en mm d'eau.
HpF2, 5 : l'humidité massique à pF2, 5 (cm^3/g)
HpF4, 2 : humidité massique au point de flétrissement (cm^3/g)
da : densité apparente mesurée sur mottes (g/cm^3)
Ep : l'épaisseur de l'horizon en mm

La prise en considération des éléments grossiers dans la RU est intégrée dans la formule suivante :

$$R.U. = (HpF2,5 - HpF4,2).da.Ep\,(100-EG)/100$$

A défaut de laboratoire elle est estimée en considérant 03 données :
L'épaisseur de l'horizon, la texture et la charge caillouteuse (obtenues sur terrain).
Ainsi calculée ou estimée, cette RU intervient dans le calcul du bilan hydrique édaphique

II. REPONSE DES PLANTES A LA SECHERESSE :

La sécheresse constitue pour la production forestière un des principaux facteurs limitant ; la connaissance de la réaction des essences au stress hydrique est donc d'une particulière importance.

Pour les écophysiologistes, les agronomes et les pédologues, une sécheresse est définie en premier lieu par une réduction de la réserve utile en eau (RU) des sols suffisamment sévère

pour que le fonctionnement des plantes en est affecté. Deux facteurs sont importants à ce point de vue :

- La pluviométrie
- La végétation

Dans un écosystème forestier l'absorption de l'eau est fonction de son indice foliaire, c'est à dire la surface de feuilles de tous les arbres rapportée à la surface du sol

La consommation en eau est maximale jusqu'à une valeur seuil de réserve en eau du sol, appelée réserve facilement utilisable (RFU) avec un rapport RFU/RU variant entre 0,4 et 0,8.
RFU = K RU
avec 0,4<K>0,8
Pour un sol donné la RFU est d'autant plus faible que le dessèchement du sol est intense, que le sol a une texture fine et que le développement racinaire est peu dense.
Dans les écosystèmes forestiers on considère une valeur seuil fixée à 40% de la réserve utile en eau du sol (GRANIER et al., 1995), c'est à dire que la RFU est égale à 60%.
Ainsi, plus la réserve utile en eau est importante, plus tard dans la saison ce seuil sera franchi et la sécheresse s'installera. Dès lors, il est important de connaître les facteurs principaux qui déterminent la réserve utile en eau d'un sol pour une espèce :
l'épaisseur du sol potentiellement prospecté par les racines , la texture du sol et la nature de la fraction argileuse, la teneur en matière organique, la densité apparente, la charge en éléments grossiers qui ne retiennent généralement pas ou peu d'eau.

Plusieurs mécanismes sont mis en œuvre par les plantes pour résister à la sécheresse.

II.1 Régulation stomatique :
Grâce aux stomates les plantes régulent leur consommation en eau . Plus il fait chaud et sec, plus ces stomates se ferment : cela permet à la plante de limiter sa consommation en eau mais, en contrepartie, entraîne également un ralentissement de l'entrée du carbone pour la photosynthèse, qui s'effectue à travers ces mêmes stomates. La croissance des végétaux est alors ralentie voire, dans les cas extrêmes, stoppée.
Ce contrôle stomatique des flux d'eau et de carbone intervient plus ou moins efficacement selon les espèces. De plus, les stomates ne peuvent pas bloquer totalement les pertes d'eau. De ce fait, en cas de sécheresse prolongée, la limite de fonctionnement des vaisseaux peut être atteinte, ce qui provoque une embolie massive accompagnée de déshydratation rapide des tissus (LANDMANN, 2003).

II.2 Diminution de l'indice foliaire et de la biomasse :
De nombreuses espèces végétales, notamment celles adaptées aux régions arides ont la faculté de limiter leur surface foliaire grâce à une chute partielle ou totale des feuilles, réduisant ainsi leur consommation en eau. Il s'agit d'un ajustement naturel de l'indice foliaire à la réserve en eau du sol. Avec comme conséquence de ce stress hydrique une réduction importante de la production de biomasse végétale.
Il faut signaler cependant que cette capacité de limitation de l'indice foliaire, en cas de déficit hydrique, varie d'une espèce à l'autre.

II.3 Augmentation du rapport parties souterraines /parties aériennes :

Toutes les plantes vivaces des régions arides connaissent un fort développement de la partie souterraine par rapport à la partie aérienne. Il s'agit en effet d'un mécanisme d'adaptation à la sécheresse. En outre la réponse d'une plante soumise à un assèchement du sol se traduit par une augmentation du rapport en matière sèche entre la partie souterraine et la partie aérienne.

Cependant l'importance de ces effets varie selon l'espèce et l'intensité du stress hydrique subi.

C'est ainsi qu'il a été montré chez certaines espèces forestières telles que *Pinus radiata*, *Cedrus atlantica* et *Pinus nigra* que le déficit hydrique induit une allocation préférentielle de biomasse vers les racines, d'autant plus élevée que l'intensité du stress appliqué est plus accentué (EZZAHIRI et BELGHAZI, 2000).

La résistance à la sécheresse chez le cèdre réside dans son développement racinaire profond et rapide (GRIEU et AUSSENAC, 1988, cité par DUCREY, 1993).

Le cèdre ne contrôle pas très efficacement ses pertes en eau et son adaptation à la sécheresse réside dans sa bonne croissance radiaire et sa capacité à prospecter le sol en profondeur, ce qui explique le relativement bon comportement des cèdres sur sols calcaires superficiels mais fissurés (DUCREY,1993). Le développement racinaire profond et rapide explique son bon pouvoir colonisateur des sols superficiels fissurés (GRIEU et al., 1988)

II.4 Développement d'un potentiel hydrique et d'un potentiel osmotique :

Le potentiel de base mesuré en fin de nuit, exprime l'état hydrique de l'arbre avec l'eau du sol ; en milieu de journée, c'est le potentiel minimal qui traduit la réponse de l'arbre à la demande climatique. La différence entre les deux diminue au cours de la sécheresse.

Si on prend comme hypothèse (AUSSENAC et GRANIER, 1978), que lorsque cette différence devient à 0,4MPa, il y a arrêt des principales activités physiologiques de l'arbre, on définit un potentiel de base critique au dessous duquel la survie de l'arbre est en jeu.

Les valeurs de potentiel de base critique de différentes espèces forestières de la région méditerranéenne. (DUCREY, 1993, BREDA et al 2004) sont les suivantes :

Pinus nigra -1,7 MPa
Pinus sylvestris -1,6
Pinus pinaster -2,0
Cedrus atlantica -2,9
Quercus pubescens -3,3
Quercus ilex -3,4
Pinus halepensis (1) -4.0
Buxus sempervirens -4,2

Le cèdre de l'Atlas appartient au groupe d'espèces qui tolèrent la sécheresse en maintenant leur activité physiologique jusqu'à des niveaux de sécheresse très prononcés (potentiel de base critique inférieur à - 2,9MPa) par opposition aux espèces qui évitent la sécheresse en bloquant leur activité physiologique très tôt, dés le début de la sécheresse alors que le potentiel de base est encore supérieur à -1,7MPa.

Le cèdre résiste à des stress hydriques très importants (DUCREY, 1993). Il peut supporter des dessèchements atteignant -40bars. Mais d'autres auteurs (PRADAL, 1979) rapportent que le stress hydrique se manifeste à partir de -16bars, puis quand le taux d'humidité diminue jusqu'à la fermeture des stomates, vers -30bars les tissus ne peuvent plus retenir leur eau de constitution intra-cellulaire et les arbres meurent rapidement.

Les jeunes plants de cèdre ont une croissance qui est freinée à -13bars et elle est bloquée à -21bars. Dans les conditions naturelles ce potentiel pourrait être atteint durant une période de 2 mois (juillet-août), ce qui pourrait réduire la taille de la pousse annuelle. Par contre la

photosynthèse d'une façon générale se poursuit à des niveaux de sécheresse plus importants que la croissance en hauteur et on peut aller jusqu'à -50,-60bars pour cette essence.
En comparant le cèdre de l'Atlas et *Abies bornmulleria* au cours d'un cycle de dessèchement édaphique (GUEHL et al 1991) il a été confirmé que le cèdre figure parmi les espèces qui tolèrent la sécheresse et supportent un certain déficit hydrique interne.
Cependant les mécanismes de résistance à la sécheresse les plus performants sont ceux qui permettent de maintenir un potentiel osmotique très bas lorsque le potentiel total est ou potentiel de base lui même très bas.
Ceci implique un potentiel osmotique à pleine turgescence le plus bas possible et une faible élasticité des parois cellulaires.
D'après GUYON (1987) le cèdre de l'Atlas répond parfaitement à ce schéma.
GRIEU et al. (1988) ont étudié l'effet d'une sécheresse édaphique sur la concentration en solutés organiques des tissus foliaires et racinaires de plusieurs espèces résineuses dont le cèdre de l'Atlas.
Les solutés organiques sont des composés organiques jouant en principe un rôle dans les processus d'osmorégulation : glucides, polyalcools, acides aminés et proline

III.CARACTERISATION DU DEFICIT HYDRIQUE DANS LES CEDRAIES DES AURES

Un déficit hydrique induisant la fermeture des stomates apparaît lorsque la réserve chute en dessous de 40% de la RU (GARNIER, et al. 1995).

Ces auteurs ont calculé l'indice de déficit hydrique ainsi :

$$IDH = \Sigma (0,4RU- R)/RU$$

Où :

- RU : Réserve utile du sol en mm
- R : Eau en mm présente dans le sol.
- IDH : Indice de déficit hydrique (Grandeur sans dimension)

Ce calcul est cumulé pour tous les jours où R est < à 0,4RU pour une période donnée.

On se propose d'appliquer cet indice en considérant un autre pas de temps que la journée. En effet compte tenu du fait que nous ne possédions pas de données climatiques à l'échelle de la journée, IDH est calculé par mois ou par an, par rapport à RU ou par rapport à 40%RU. Les calculs sont effectués comme suit :

- Imr = (Déf./RU)/RU
- Im40r = (Déf./40%RU)/RU
- Iar = Σ(Imru)
- Ia40r = Σ(Im40ru)

Où :

Imr : IDH mensuel par rapport à RU.
Im40r : IDH mensuel par rapport à 40%RU
Iar : IDH annuel par rapport à RU.

Ia40r : IDH annuel par rapport à 40%RU.

Ces calculs du bilan hydrique permettent de mettre en évidence les indicateurs de quantification du déficit hydrique suivants (Tab ; 1):

- Date à laquelle la réserve en eau du sol est< 40%
- Durée pendant laquelle la réserve est <40%
- Intensité du déficit hydrique comme valeur cumulée des écarts au seuil de 40%.

La précocité d'apparition du déficit hydrique est un critère simple de comparaison entre les stations caractérisées par l'altitude, le réservoir sol et entre les années selon les conditions climatiques. C'est ainsi que :

- La date du déficit hydrique varie avec la RU du sol. C'est ainsi qu'en année moyenne et à 1600m d'altitude, la date à laquelle apparaît la contraint hydrique est juin sur sol ayant une RU de 150mm, et mai sur sol avec une RU de 50mm.

- Cette date varie avec l'altitude ; la contrainte hydrique apparaît en juin à l'altitude de 1600m, et en août à 2000m.

Tab 1 ; Indice de déficit hydrique mensuel et annuel en fonction de différentes variables (réserve en eau de survie, altitude, conditions pluviothermiques)

	Indice de déficit mensuel (Ia40r)								Ia40r
40%RU mm	Avril	Mai	Juin	juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Année
Altitude (1600m)									
60			0,13	1,89	2,74	1,58	0,84	0,41	7,59
40			0,95	3,58	3,61	1,87	076	0,12	10,88
20			3,39	6,27	6,23	2,73	0,51		19,13
Altitude 1800m									
40			0,48	2,70	3,36	1,59	0,51		8,65
Altitude 2000m									
40				1,97	3,10	1,30	0,24		6,61
Année sèche – Altitude 1600m									
40	0,83	2,65	3,07	4,33	3,84	1,57	0,37		16,66

- Cette date varie avec les conditions pluviothermiques de l'année. En année moyenne le déficit hydrique à une altitude de 1600m débute en juin alors qu'en année sèche, il débute plus tôt, par exemple en 1994, il aurait débuté en avril.

En ce qui concerne la durée pendant laquelle la réserve du sol est inférieure à 40% de RU c'est-à-dire la durée de la contrainte hydrique, elle varie avec les mêmes facteurs que ci-dessus, avec cependant quelques nuances.

Enfin, pour ce qui est de l'intensité du déficit hydrique, si on compare des sols ayant la même RU, on calcule une intensité plus grande à faible altitude, et en conditions sèches. On trouve un déficit hydrique sur sol à RU de 100mm, en année moyenne, à 1600m de 434mm, alors qu'il est de 348mm à 1800m et 576,3mm en année sèche (1994).
Durant la période de 1987 à 2000, soit 14 ans, les précipitations annuelles ont varié énormément, de 218 à 723,7mm et la région a connu 9 années de sécheresse avec plusieurs cycles de 2 à 3 années successives sèches/
On outre, si on compare les moyennes de SELTZER (1955), à celles de la période plus récente considérée précédemment, on relève que si la pluviométrie moyenne annuelle n' pas diminué d'une manière significative en revanche les températures ont augmenté de l'ordre de 1,5°C, accentuant ainsi le déficit hydrique.

CONCLUSION :

L'intérêt de considérer la RU dans le bilan hydrique est d'approcher les conditions réelles de l'alimentation hydrique des peuplements forestiers. Car avec une pluviométrie et des températures données, il n'est pas possible de prédire à priori le bilan hydrique et la sévérité de la sécheresse, il faut pour cela s'appuyer sur les connaissances disponibles sur la sécheresse édaphique (BREDA et al., 2004), définie par le calcul du bilan hydrique.

Dans les Aurés les forêts de cèdre sont soumises à des conditions climatiques très aléatoires, marquées par des précipitations irrégulières et par des sécheresses imprévisibles.

Particulièrement à basse altitude (1600m) et sur versant sud, et sur sol à faible RU, le cèdre peut subir une sécheresse édaphique (teneur en eau du sol <40% de la RU), pendant plus de 6 mois de l'année et cela pendant la période végétative et sur plusieurs années sèches successives.

Ces conditions difficiles sont aggravées par une tendance générale à la réduction du volume annuel des précipitations dans les régions méditerranéennes et surtout avec une tendance au réchauffement (ALILOU, 2002) accentuant le déficit hydrique auquel une espèce mésoxérophile comme le cèdre s'adapte de plus en plus mal.

REFERENCES :

-ALILOU, J. (2002)- Impacts des changements climatiques sur les ressources en eau et les zones humides au Maroc. Rabat : Centre d'études et de recherches sur les systèmes hydrauliques et environnementaux, EHTP, octobre 2002.
- BREDA N., GRANIER A et AUSSENAC A.,(2004) – La sécheresse de 2003 dans le contexte climatique des 54 dernières années : Analyse écophysiologique et influence sur les arbres forestiers. Rev. For. Fr. Vol.LVI N°2,pp. 109-131.
- GARNIER A., BADEAU V. et BREDA N. (1995) – Modélisation du bilan hydrique des peuplements forestiers. Rev. For. Fr., 47, N°sp.
- HALITIM S. 2006. Contribution à l'étude de la réserve utile des sols de cédraies des Aurès : Influence des facteurs édaphiques. Magister. Université de Batna . 2006 .
- LANDMANN G. et BREDA N., HOUILLER F., DREYER E. et FLOT J.L. (2003) sécheresse et canicule de l'été 2003 : Quelles conséquences pour les forêts françaises ?- Rev. For. Fr. LV, 3,pp. 299-306.
- SELTZER P. (1955). Le climat de l'Algérie ; Alger.

Conséquences de la sécheresse sur le développement végétatif des cultures et les mécanismes d'adaptation. Cas des céréales.

A. BOULASSEL[1], B. MOUHOUCHE[2], F. LAKHDARI[3]
[1] INRAA, , Béjaia
[2] ENSA (El Harrach)
[3] CRSTRA (Biskra)

RESUME

La céréaliculture Algérienne est une culture pluviale dépendante de la variabilité du climat. La mauvaise répartition et la distribution irrégulière des précipitations dans le temps et dans l'espace imposent des déficits climatiques saisonniers et inter saisonniers qui sont à l'origine des rendements relativement faibles. Confrontée aux problèmes de la sécheresse et aux effets des changements climatiques, l'irrigation constitue une alternative pour combler le déficit hydrique qui s'installe durant les phases critiques de développement de la culture afin d'améliorer et de stabiliser la production à un seuil sécurisant. Cela nécessite la mobilisation de la ressource hydrique et la création des aires et des périmètres. Lorsque les ressources sont rares ou limitées, le recours à des variétés qui résistent à la sécheresse s'avère indispensable, car, la plante développe des mécanismes d'adaptation pour assurer sa survie et continue son cycle.

Ce papier relate les conséquences du déficit hydrique sur les plantes en passant par la définition des différents concepts utilisés (sécheresse, stress et déficit hydrique).

Mots clés **: Sécheresse, stress hydrique, déficit hydrique, plante, feuille, conséquence, adaptation, céréaliculture**

INTRODUCTION

L'eau constitue un milieu réactionnel et sert aussi de métabolite (Heller, 1969; Halet, 1980). Elle véhicule un grand nombre de substances dans les parenchymes et entre les parenchymes. La majeure partie de l'eau absorbée assure la transpiration permettant le refroidissement de la plante (Heller, 1981). Elle assure, aussi, une hydratation et une turgescence suffisante pour la croissance des cellules (Kramer, 1959) et le maintien de la rigidité des plantes (Heller, 1969).

LES BESOINS EN EAU DU BLE

Les besoins en eau du blé dans les conditions des régions méditerranéennes ont été évalués par plusieurs auteurs. Ainsi, Moatti (1954) a évalué les besoins des céréales en conditions pluviales à 400 mm pour une production de 70 quintaux de matière sèche. Les céréales ont des besoins en eau modérés du fait de leur cycle végétatif hivernal (Moatti, 1956). Baldy (1974), a estimé les besoins du blé dans les zones semi-arides, sur des sols des hautes plaines sétifiennes de texture à tendance argileuse entre 450 et 650 mm. Les besoins se répartissent en fonction des stades phénologiques comme suit :

Tableau I. besoins en eau des céréales estimées par Baldy (1974)

Mois	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Jul	Août	Sep
Besoins (mm)	0-60	0-60	30-60	30-60	30-60	60-120	60-140	60-140	60-150	0-90	-	-

En Algérie, en plus des travaux de Baldy (1974), plusieurs autres travaux ont été réalisés pour l'évaluation de la consommation en eau des céréales, soit en conditions pluviales, soit en conditions d'une alimentation permanente en eau (ETM). En fait, Mekliche (1988), qui a réalisé son travail à Khemis Miliana, sur un sol d'apports alluviaux et de texture argileuse, trouve que la consommation en eau du blé par phase végétative est de 3.5 - 4 mm/j à la montaison, 6 mm/j à l'épiaison - floraison, 7.8 - 8 mm/j à la formation du grain et 2.5 - 3 mm/j à la maturité. Les consommations rapportées par Mekliche (1988) sont élevées et dépassent les consommations estimés par les tunisiens et les marocains dans des conditions similaires.

Dans des conditions similaires et en régions semi-arides (hautes plaines sétifiennes), Kribaa (1992) évalue la consommation en eau du blé dur (variété waha) (ETR) en conditions pluviales et en irrigué à 277.8 et 381.2 mm pour des rendements moyens de 26.08 et 45.70 qx/ha. Pour des rendements allant de 15 à 39 qx/ha, la consommation moyenne en eau du blé était de 200.6 et 390.6 mm le long du cycle végétatif respectivement en conditions pluviales et en irrigué (Chennafi, 1996).

Dans un essai réalisé sur cases lysimétriques à la station expérimentale Mehdi Boualem -INRAA-, la consommation en eau du blé en ETM s'élève à 0.74 mm/j à la levée, 1.39 mm/j au stade trois (03) feuilles, 2.04 mm/j à la montaison, 1.96 mm/j à l'épiaison, 3.86 mm/j à la floraison, 2.87 mm/j au stade grossissement du grain et 3.81 mm/j à la maturité; d'où une consommation totale de l'ordre de 485.53 mm (Chabane, 1996). Les travaux de Boulassel (1996), dans les conditions agropédoclimatique de la mitidja, ont montré que la consommation totale en eau du blé varie de 386 à 466 mm pour des rendements variants entre 38 et 80 qx/ha.

En Tunisie, Bouzaïdi (1987), rapporte que la consommation totale en eau est comprise entre 400 et 500 mm pour des rendements de 50 à 60 qx/ha. La consommation journalière moyenne varie de 2 mm/j en Décembre et Janvier, 3 mm/j en Février, 5 mm/j en Mars et Avril. Ces résultats se rapprochent des travaux de Handoufe (1988) et Boutfiras (1990) au Maroc.

Le stress hydrique

Définition de la sécheresse, déficit hydrique et stress

La sécheresse est l'un des premiers facteurs intervenant dans la limitation du rendement; elle influence la plupart des processus physiologiques de la plante (Monneveux et Nemmar, 1986).

La sécheresse est un phénomène climatique qui survient suite à un manque d'eau. Pour les climatologues, les bioclimatologues, les hydrologues et autres, le concept de la sécheresse diffère. Pour les climatologues, la sécheresse aura lieu à chaque fois que la quantité de pluie tombée sera écartée négativement d'une valeur prise comme référence, appelée la normale. Cette valeur « la normale » représente la moyenne arithmétique sur une période bien déterminée (25 ans d'une manière générale)(Matari, 1997). Pour Derraissac (1992), la sécheresse a lieu quand l'eau devient un facteur limitant le développement et la croissance des végétaux. Pour les agronomes, la sécheresse est l'état climatique qui s'installe après une contrainte hydrique (Zair, 1991). On parle également de sécheresse lorsqu'il y a un manque d'eau qui se traduit par des pertes d'eau supérieures aux disponibilités (Nemmar, 1983). Cette sécheresse est dite modérée quand la production du végétale baisse au dessous de la moyenne attendue et prononcée lorsqu'il y a insuffisance ou absence de production (Mansat, 1976).

Le déficit hydrique est l'état d'humidité de l'air ou du sol par rapport à l'état de saturation. D'après Kramer (1959), le déficit hydrique a lieu chaque fois que la perte en eau par transpiration dépasse le taux de l'absorption. Pour Katerdji et Itier (1985), le déficit en eau survient quand l'état hydrique de la plante s'écarte d'une valeur critique appelée « seuil du confort hydrique ». Pour le contrôle de ce confort hydrique des plantes, on se réfère à des grandeurs exprimant l'état hydrique de la plante et des grandeurs caractérisant le milieu. Pour ces mêmes auteurs, le rapport ETR/ETM présente l'intérêt de prendre en compte l'état phénologique de la culture à l'échelle instantanée. Les grandeurs caractérisant le milieu se traduisent, d'une part, par une demande climatique ou pouvoir évaporant de l'air (Perrier, 1990), connu sous le terme d'évapotranspiration potentielle (ETP) et, d'autre part, par l'humidité du sol dont la variation présente l'offre réelle qui est plus connue sous le terme d'évapotranspiration réelle (ETR).

Levitt (1972), a introduit la notion de stress ou contrainte pour décrire l'effet de la sécheresse ou du déficit hydrique subit par la plante. Le stress hydrique peut parvenir, soit d'une activité insuffisante, soit excessive dans l'environnement de la plante (Levitt, 1980).

Selon Heller (1977), il y a sécheresse à chaque fois que le déficit en eau provoque des réactions de défense de la plante, se traduisant par des modifications de l'état du feuillage qui caractérisent le flétrissement. Alors que Blum (1996) définit la sécheresse en tant qu'un stress multidimensionnel.

Phénomènes du stress hydrique

Naturellement, toute réduction de l'alimentation hydrique se répercute sur les différentes fonctions du végétal et par conséquent sur la productivité. Le déficit en eau provoque des réactions de défense et de réponse de la plante, se traduisant par des modifications de l'état hydrique de la plante en général et l'état du feuillage qui caractérisent le flétrissement (Mansat et Henin, 1976; Heller, 1977). Au moment du flétrissement, les organes de la plante subissent des fluctuations dans leur teneur en eau d'une façon inégale ce qui se répercute sur la teneur en substances de croissance.

Une plante soumise à une contrainte hydrique voit son potentiel hydrique diminue jusqu'à une valeur seuil, au dessous de laquelle les stomates se ferment (jaquinot et al, 1981). Cette fermeture a pour conséquence une diminution de la transpiration (Aboussouan et al, 1985). La chute de la transpiration engendre une inhibition de l'assimilation chlorophyllienne ce qui réduit la productivité et influence au moment de la formation du grain le remplissage. Ce grave désordre physiologique se manifeste par un flétrissement qui peut être irréversible si le déficit est trop sévère (Nemmar, 1983). De plus, la fermeture des stomates s'accompagne d'une augmentation de la teneur en acide abscissique (ABA). Après accumulation, l'ABA migre vers l'épi et provoque la stérilité. L'augmentation de la teneur en ABA dans les racines est à l'origine d'une augmentation de la conductivité racinaire pour l'eau. Au niveau des stomates, l'ABA influence les échanges du cation K^+ entre les cellules stomatiques et les autres cellules et il est à l'origine de la diminution du rapport tiges/racines observé suite un stress hydrique (Berger, 1985). Sous une contrainte hydrique, l'ABA peut retarder ou avancer la floraison en fonction de l'espèce et le temps où l'ABA rentre en vigueur (Trewaves et jones, 1991) mais également selon l'intensité du stress hydrique (Blum, 1996). Ainsi, un stress peu sévère cause la précocité de la floraison (Angus et Moncur, 1977), par contre, un stress sévère retarde la floraison chez le blé (Angus et Moncur, 1977; Dwyer et Stewart, 1987). Selon Bois et Couchat (1985), la réduction des pertes par régulation stomatique de la transpiration est un moyen d'adaptation que possède la plante pour retarder l'installation du déficit hydrique. Cependant, Renard et Alluri (1983), estiment que le contrôle stomatique est plus symptôme de déficience en eau qu'un mécanisme préventif.

Quand le potentiel hydrique diminue, la teneur en cytokinines diminue ce qui contribuerait à l'accélération de la sénescence foliaire et à la diminution de la synthèse protéique. En dehors de ces deux substances que leur teneur est déséquilibrée suite une contrainte hydrique, l'acide indol acétique (AIA) diminue lorsque le potentiel hydrique du sol s'abaisse et son transport basipète est inhibé. Ces phénomènes associés à l'augmentation de la production de l'éthylène seraient à l'origine des abscissions foliaires observées suite à une contrainte hydrique (rapporté par Berger, 1985).

La fermeture des stomates induit à une réduction de la photosynthèse avec pour conséquence une augmentation de la résistance à la diffusion de CO_2. Cependant, la pénétration de CO_2 peut être limitée par un accroissement de la résistance intracellulaire (Lawlor, 1976). Dans le cas du genre Triticum, l'activité photosynthétique diminue fortement en cas de déficit hydrique (Monneveux et al, 1994). Selon Bois et al (1984), la baisse de la photosynthèse est due à l'altération des stomates, à l'enroulement complet des feuilles, à l'augmentation de la résistance du mésophylle et à l'altération des chloroplastes.

Le potentiel hydrique foliaire et la teneur relative en eau des feuilles chute considérablement en conditions sèches (Araar-Amrani, 1997; Semiani, 1997). La chute de la teneur relative en eau des feuilles en fonction du niveau du stress hydrique est une caractéristique dépendante du génotype; elle pourrait être intéressante pour étudier la tolérance à la sécheresse des variétés du blé (Semiani, 1997).

La surface foliaire est déterminée par phénologie, morphologie de la tige, taux d'émergence des feuilles et le potentiel foliaire. Si l'un de ces paramètres est affecté par le stress hydrique, la surface foliaire sera modifiée. Ainsi, on a constaté que la réduction de la surface foliaire est à l'origine de la réduction de la photosynthèse chez le sorgho, observée suite à une contrainte hydrique et elle n'est pas attribuée à une réponse stomatique (Garrity et al, 1984). L'avortement des talles existantes (Elalaoui et al, 1992) et la cession totale de l'apparition des talles (Blum et al, 1990) sont dus à la réduction de la surface foliaire. Sous un stress hydrique, l'interception de la lumière par la surface foliaire est réduite par l'expansion cellulaire; réduction de la division cellulaire, enroulement des feuilles, parahéliotropisme, mort de la partie apicale de la feuille, flétrissement total de la feuille (Blum, 1996). Une réduction de la conductance stomatique est observée quand les feuilles approchent du flétrissement, typiquement quand les feuilles des céréales s'enroulent (Blum, 1996).

Avant la floraison, la réduction de l'indice de la surface foliaire et l'interception de la radiation sous un stress hydrique sont les résultats du retardement du développement et le changement de l'orientation de la feuille. Après floraison, cette réduction est le résultat de la sénescence foliaire (Blum, 1996).La feuille est donc l'organe le plus sensible à un stress hydrique; elle change de forme et d'orientation en présence d'une contrainte hydrique (Gate et al, 1992).

La tolérance ou la sensibilité de la plante au déficit hydrique est variable selon le stade de développement et la degré du stress hydrique. Pour le blé, la période de sensibilité se situe du stade gonflement jusqu'à l'apparition définitive de l'épi (Hadoufe, 1988). Selon Gate et al (1990), tout manque d'eau au moment de la formation du grain de pollen affecte le nombre de grains par épillet.

Medeghri (1987), rapporte que chez le blé, les trois stades suivant: levée - début montaison, montaison - floraison et floraison - maturation, coïncident avec les phases d'élaboration des composantes principales du rendement ; nombre d'épi par plant, nombre de grain par épi et le poids de mille grains.

Durant la levée, la sécheresse provoque la mortalité des jeunes plants (Johnson et Asay, 1993). Le taux de mortalité sera davantage plus élevé si le manque d'eau est associé à des températures excessivement élevées surtout lors de l'apparition des premières feuilles (Peacock et al, 1990).

Au cours du stade tallage, le déficit hydrique réduit le nombre de talles en bloquant leur croissance (Black, 1970) et retarde l'apparition de nouvelles talles.

Au cour de la montaison, le manque d'eau affecte le rendement suite la diminution de la fertilité des épis , ce qui réduit le nombre de talles fertiles (talles épis) et le nombre de grains par épi.

Pour Deumier (1987), la phase allant du stade 2 noeuds jusqu'à la floraison est la plus sensible au manque d'eau. En cas du déficit hydrique, elle est la plus pénalisante au rendement, puisqu'au cours de cette phase que se forme le nombre de grains/m2 qui est fortement lié au rendement grain (Boulassel, 1997).

L'importance de la baisse du rendement grain du blé est variable selon l'intensité et la durée de la contrante hydrique (Bensalem, 1984), le stade végétatif où survient le déficit en eau (Barbier et Mayr, 1967) et de la variété considérée (Mariaux et al, 1978). Néanmoins, le nombre d'épi, le nombre de grains par épi et le poids du grain qui interviennent d'une façon prépondérante dans la détermination du rendement final, demeurent les composantes les plus importantes en présence d'un déficit hydrique. Leur formation se répartie tout au long du cycle de la plante et tout manque d'eau qui affecte la formation d'une ou plus d'une composante affecte directement le rendement à des degrés divers. La chute du rendement de certains génotypes de blé dur peut atteindre 31 % en cas du manque d'eau (Ali Dib et al, 1992).

Résistance à la sécheresse

Il n'existe pas de résistance absolue à la sécheresse. Tout au plus, les plantes peuvent limiter leur leur évapotranspiration en subissant quelques inconvénients, notamment au niveau de la photosynthèse et reprendre leur croissance après une période critique.

La résistance à la sécheresse désigne la capacité de la plante de survivre (Benlaribi, 1990), de poursuivre sa croissance (Yoschida, 1975) et de produire des grains (Begg et Turner, 1976), dans les zones où les disponibilités en eau sont limitées. Cette capacité demeure relative puisqu'elle est dépendante de l'intensité, de la durée et du stade où survient le déficit hydrique (Bensalem et al, 1991). Selon Mullet et Whitsitt (1996), l'adaptation à la sécheresse est due à une succession de modifications physiologiques, biochimiques, au niveau cellulaire et moléculaire. Ces modifications permettent à la plante, soit de tolérer un flétrissement et ses effets, soit de maintenir une hydratation cellulaire et un métabolisme, malgré le manque d'eau.

Pour s'adapter, la plante développe des stratégies de résistance à la sécheresse (Levitt, 1980; Vartanian et Lemée, 1984; Turner, 1986). Ces stratégies ou grandes formes de résistance à la sécheresse sont :

a) L'évasion **qui est la capacité de la plante à compléter tout son cycle de végétation avant la sécheresse (May et Milthrope, 1962). Dans le cas des céréales des zones semi-arides, la rapidité de développement et la précocité de maturation seront des adaptations prépondérantes quant à la capacité d'éviter la sécheresse. En effet, Fischer et Maureer (1979), ont noté que chaque jour de précocité supplémentaire chez quelques céréales, conduit à une augmentation**

moyenne du rendement de 3 qx.ha^{-1}. Cependant, une telle stratégie d'évitement peut réduire la productivité, accroître les risques de gels tardifs et réduire le développement racinaire (rapporté par Ali Dib et al., 1992) des céréales.

b) L'esquive **qui est la capacité de la plante à conserver un potentiel hydrique élevé en présence d'une contrainte hydrique (Levitt, 1972). Ceci est lié, d'après Turner (1986), à une aptitude de la plante à extraire l'eau du sol et à une capacité à limiter les pertes d'eau par transpiration par une fermeture partielle des stomates (Deraissac, 1992). Mais cette stratégie a des effets négatifs sur l'activité photosynthétique et par conséquent sur la productivité. Hall (1981), trouve que le développement racinaire est un moyen de lutte de la plante puisqu'elle peut aller chercher de l'eau dans les horizons profonds, plus humides, et réduit ainsi l'effet du déficit hydrique.**

c) La tolérance **correspond à une capacité de la plante à maintenir ses activités métaboliques malgré le déficit hydrique (Monneveux et Nemmar, 1986). Ces phénomènes de tolérance sont liés à la réduction des pertes en eau, à la régulation des quantités d'eau absorbées et à l'augmentation de la concentration ultra-cellulaire en très nombreux composés organiques et minéraux tels que (les carbones solubles, les cations, les sucres solubles et la proline) (Ali Dib et al, 1992). Ces solutés permettent de maintenir une turgescence requise pour la croissance cellulaire et l'ouverture stomatique à des niveaux de potentiel hydrique bas (Jones et Rausen, 1979).**

Vartanian (1996), rapporte qu'il y a une corrélation entre l'efficience d'utilisation de l'eau et la stratégie d'adaptation à la sécheresse car les plantes les plus tolérantes à la sécheresse ont une efficience d'utilisation en eau plus élevée que celles les moins tolérantes.

CONCLUSION

Face au stress hydrique, la plante développe des stratégies d'adaptation par une régulation stomatique, l'osmorégulation (accumulation d'ions minéraux, de prolines et de sucres solubles), l'enroulement des feuilles, le maintien de la teneur relative en eau des feuilles élevée et l'extension du système racinaire. Cependant, toutes les études signalent la chute de la production à des degrés variables suite aux effets et arrières effets de la contrainte hydrique sur la source de production des assimilats formés lors de la photosynthèse et leur transport et distribution vers les différents puits.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Aboussouan , Seropian C, Planchon C (1985) **Réponse de la photosynthèse de deux variétés de blé dur à un déficit hydrique foliaire. *Agronomie* 5 (7): 636-655.**
2. Ali Dib T, Monneveux P, Araus J L (1992) **Adaptation à la sécheresse et notion d'idéotype chez le blé dur. II- Caractères physiologiques d'adaptation. *Agronomie* 12: 381-393.**
3. Angus J F, Moncur M W (1977) **Water stress and phenology in wheat. *Aust J Agric Res* 28: 177-181**
4. Araar-Amrani N (1997) **Breeding for drought stress tolerance in durum wheat using two physiological parameters. *Recherche Agronomique* 0: 18-22.**
5. Begg J C, Turner N C (1976) **Crop water deficits. Adv, *Agronomie* 28: 167-217.**
6. Benlaribi M (1990) **Adaptation au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum durum Desf*). Etude de caractères morphologiques et physiologiques. Thèse doctorat, Institut des sciences de la nature, université de Constantine, 164 p.**
7. Bensalem M, Acevedo E, Srivastara J P (1991) **La sélection des céréales dans les zones arides. *Sécheresse* 2: 17-20.**
8. Berger A (1985) **L'eau et la plante. Réponses physiologiques à la contrainte hydriques. In les bases de la Bioclimatologire. 2- Bases biologiques. Edit. INRA. 79-90.**
9. Blum A (1996) **Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. *Plant Growth Regulation* 20 (2): 135-148.**
10. Bois J F, Couchat Ph, Moutonnet P (1984) **Etude de la réponse à un stress hydrique de quelques variétés de riz pluvial et de riz irrigué. I. Incidence sur la transpiration. Plant and soil. 80, pp 227-236.**
11. Bois J F, Couchat Ph, Moutonnet P (1984) **Etude de la réponse à un stress hydrique de quelques variétés de riz pluvial et de riz irrigué. II. Incidence sur les échanges de CO_2 et efficience de l'eau. Plant and soil. 80, pp 237-246.**
12. Bois J F, Couchat Ph (1985) **Incidence d'une carence hydrique sur la transpiration et les échanges de CO_2 de quelques variétés de riz (*Oriza sativa*). *Bul. Soc. Bot. Fr*., 132, lettres Bot. (4/5), 283-288.**
13. Derraissac M (1992) **Mécanismes d'adaptation à la sécheresse et maintien de la productivité des plantes cultivées. *Agron. Trop*. 46: 29-39.**
14. Dwyer L M, Stewart D W (1987) **Influence of photoperiod and water stress on growth, yield and development rate of barley measured in heat units. *Can J Plant Sci* 67: 21-34.**
15. Elalaoui A C, Simmons S R, Crookston R K (1992) **Allocation of photoassimilate by main shoots and nonsurviving tillers in barley. *Crop Sci* 32: 1233-1237.**
16. Fischer L, Maureer (1979) **Drought resistance in spring wheat cultivar. I. Grain yield response. Aust. J. Agri. 29, pp 897-912.**
17. Garrity D P, Sullivan C Y, Watts D G (1984) **Changes in grain sorghum stomatal and photosynthetic response to moisture stress across growth stage. *Crop Sci* 24: 441-446.**
18. Gate Ph, Bouthier A, Moynier J L (1992) **La tolérance à la sécheresse. *Perspectives agricoles* 169: 62-66.**
19. Halet M (1980) **Etude de la production de quatre variétés de blé tendre avec complément d'irrigation sur le périmètre irrigable du Haut-Cheliff. Thèse Ing. Agron. INA. El-Harrach.**
20. Heller R (1969) **Biologie végétale Tome II : nutrition et métabolisme. Edition : Masson et C^{ie}, Paris. 578 p.**

21. Heller R (1977) **Abrégé de physiologie végétale. Tome 1 : nutrition. 1ère édition : Masson, 243p.**

22. Heller R (1981) **Abrégé de physiologie végétale. Tome 1: Nutrition. 2ème édition: Masson, 244 p.**

23. Jacquinot L, Forget M, Edah K A (1981) **Résistance à la transpiration chez le riz pluvial. Etude d'un test de variétale. *Agron. trop*. 3: 247-253.**

24. Katerdji N, Itier B (1985) **Critères physico-physiologiques de stress hydrique. Application au déclenchement de l'irrigation. In les bases de la Bioclimatologie. 2- Bases biologiques, Edit. INRA, 125-128.**

25. Kramer PJ (1959) **Water and its relation to soil and crops. *Adv. Agr*. 11: 51- 70.**

26. Lawlor DW (1976) **Water stress induced changes in photosynthesis, photorespiration, respiration and CO_2 compensation concentration of wheat. *Photosynthetica* 10 (3): 378-387.**

27. Levitt J (1972) **Responses of plants to environmental stresses. Academic press, Vol.2, New York, 697 p.**

28. Levitt J (1980) **Response of plants to environmental stresses. Vol II, water, radiation, salt and other stresses. Academic press, New York, 606 p.**

29. Mansat P (1976) **« L'été est sec que faire? sécheresse ». *Fourrage Act*. 15: 3-5.**

30. Mansat P, Henin S (1976) **Définition de la sécheresse et politique d'utilisation de l'eau. *Fourrage* 67: 13-25.**

31. Matari A (1997) **Sécheresse en zone semi-aride: cas de l'Ouest Algérien. Communication présentée dans le cadre du séminaire sur « L'utilisation rationnelle des ressources hydriques dans les zones arides », Adrar 7-9 Avril.**

32. May L H, Milthorpe F L (1962) **Drought resistance of crop plants. *Field crop abst* 15 (3): 171 - 179.**

33. Nemmar M (1983) **Contribution de la résistance à la sécheresse chez les variétés de blé dur (*Triticum durum* L) : Evolution des teneurs en proline du cycle de développement. Thèse Docteur - Ingénieur, Montpellier, 108 p.**

34. Perrier A (1990) **Climat, Eau et Production: Cycle et Gestion. C.R.A.A. Fr. 5: 47-64.**

35. Renard C, Alluri K (1981) **Leaf water potentiel, stomatal conductances and leaf characteristics of cultivars of rice in their response to water stress. Oecol. Plant. 2. 16: 339-349.**

36. Semiani M (1997) **Etude de l'effet du stress hydrique sur quelques processus physiologiques et de croissance de deux variéés de blé tendre (*Triticum aestivum* L). *Recherche agronomique* 0: 23-32.**

37. Trewavas A J, Jones H G (1991) **An assessment of the role of ABA in plant development. in: Davis WJ and Jones HG (eds) Abscisic Acid Physiology and Biochemistry, pp 169-188. Bios Sci Publ Oxford UK.**

38. Turner N C (1986) **Crop water deficits. Adecade of progress. *Adv. Agro*. 39.**

39. Vartanian N (1996) **Mutants as tools to understand cellular and molecular drought tolerance machanisms. *Plant Growth Regulation* 20 (2): 125-134.**

40. Vartanian N, Lemée G (1984) **La notion d'adaptation à la sécheresse. *Bull Soc Bot Fr* 131 Actual Bot: 7-15.**

41. Yoshida S (1975) **Factors that limit the growth and yields of up land rice. In Major research in upland rice in Los Banos. Philippines: 46-71.**

42. Zair M (1991) **Contribution à l'étude de l'influence du déficit hydrique sur le développement du blé en zones semi-arides. *Revue céréaliculture* 24: 9-12.**

ASSURANCE INTEGRALE DES CEREALES

MEBTOUCHE Krimo, CRMA Alger

L'agriculture → **secteur stratégique** dans l'économie algérienne.

L'agriculture
- **occupe plus de 2 millions de personnes.**
- **fait vivre plus du 1/5ème de la population du pays.**

01 agriculteur sur 02 pratique la céréaliculture (RGA 2001), soit 500.000 agriculteurs;

Le **PIB** du secteur → 8 et 12%.

La culture des céréales pèse en moyenne 30 à 40% de la valeur de la production végétale soit 100 à 150 milliards DA, selon le niveau de production et selon le niveau des prix garanties.

L'Agriculture est considérée comme une activité économique fondamentale dont la finalité est:

- d'assurer la **sécurité alimentaire**,
- d'assurer la **protection des ressources naturelles**,
- d'assurer la **revitalisation du monde rural**.

La superficie réservée à la **culture des céréales > 3 millions d'hectares**
(06 millions d'ha en y intégrant les jachères)

↕

L'alimentation de base des Algériens, dont le niveau des importations annuelles n'est pas négligeable (2/3).

L'agriculture ⇨ activité pratiquée à ciel ouvert.

L'agriculture subit de plein fouet tous les caprices de la nature (**Sécheresse, Inondation, tempête**,…) sans que pour autant, on ait pu apporter une protection suffisante aux cultures, donc au **revenu agricole.**

La **sécheresse** a durement affecté, durant ces **2 dernières décennies** la **production céréalière la faiblesse des rendements** dans les zones défavorables à la céréaliculture

Entrainant → **La dégradation des sols**

Entrainant → **L'inadaptation des systèmes de production**

L'analyse des données statistiques des céréales (**superficies et productions**) des **2 dernières décennies**

↕

une faiblesse et irrégularité des rendements

Impact négatif sur le revenu des agriculteurs

la sécheresse (mauvaise et insuffisante répartition des pluies)

L'intervention des pouvoirs publics { FGCA }
(indemnisation des superficies touchées par la sécheresse)

↓

a atténué la charge des agriculteurs, pour reprendre leurs travaux de la campagne suivante.

MAIS! le FGCA n'a pas pu faire face période de sécheresse assez prolongée.

<u>En 2002, un Bilan de 10 ans de fonctionnement du FGCA a été établi:</u>

Une évolution sans cesse croissante des superficies sinistrées qui passe de:

- ✓ **740.000 ha en moyenne entre 1977-1982**
- ✓ **936 000 ha entre 1983-1987**
- ✓ **1.320.000 ha entre 1988-1997 (période durant laquelle a été mis en œuvre le FGCA).**

20 wilayas sur **48 et 450 communes sur 1.540** sont sinistrées en moyenne chaque année.
Une fréquence de:

- ✓ **11 wilayas sinistrées 6 années sur 8**
- ✓ **09 wilayas sinistrées une année sur 2.**

14 milliards de dinars d'indemnisation entre 1989 et 1999, provenant à **93%** du budget de l'état.

D'où

La <u>logique de l'indemnisation</u> des effets la sécheresse des céréaliculteurs l'a emporté sur celles de la <u>prévention</u>, de la responsabilisation et de l'<u>encouragement</u> <u>aux assurances</u>.

Dans cette optique et avec l'orientation des systèmes de productions en cohérence avec les politiques agricoles mises en œuvre par les Pouvoirs Publics;

La Mutualité Agricole, partie prenant de cette stratégie d'intervention et dans le souci de modernisation des assurances agricoles a élaboré un produit d'assurance qui prend en charge **la sécheresse** en vue de couvrir les **céréales** contre la **baisse de rendement**.

Les **rendements assurés** sont définis par **wilaya** sur la base de **la moyenne des rendements de la zone de la wilaya** sur une <u>longue série statistique</u> actualisés à chaque nouvelle campagne agricole.

<u>Objet de la garantie</u>

Le présent contrat garantit, en cas de dommages causés aux céréales consécutifs à l'un des risques :

La grêle : « **la perte de quantité causée par l'action mécanique du choc des grêlons aux céréales sur pied »**

L'incendie : « **la perte de quantité causée par l'incendie aux céréales sur pied y compris, cas échéant les meules en instance de battage, les pailles en vrac ou en bottes laissées momentanément sur le champ en attendant le ramassage »**

La sécheresse : « **la perte de rendement causée par la sécheresse, suite à une longue période de temps pendant laquelle les quantités de précipitations sont insuffisantes, aux céréales d'hiver non irriguées »**

<u>Espèces céréalières concernées</u>

les principales espèces céréalières d'hiver concernées : (**en conditions pluviales**)

- **Blé dur,**
- **Blé tendre,**
- **Orge.**

<u>la population ciblée</u>

- l'ensemble des agriculteurs situés dans les **wilayate céréalières du Nord** sont concernés par cette couverture d'assurance.

<u>Conditions de garantie</u>

- **La mise en œuvre de la garantie commence au stade 3 feuilles.**

<u>Date limite de souscription</u>

- **Littoral- Sub littoral et plaines intérieures : 31 Janvier**
- **Hauts plateaux : 15 Février**

<u>Echéance de garantie</u> :1er Août

<u>Taux de couverture</u>

- Grêle : 100 %
- Incendie : 100 %
- Sécheresse : conditionné par l'intervention de l'Etat.

<u>Rendement (Qx/Ha) garanti</u>

Grêle - Incendie - Sécheresse :

- fixé par région (wilaya)
- Chaque année,
- l'assureur fixe les seuils des rendements moyens à assurer par espèce et par zone de culture.

Prix Unitaire Assuré

- Blé dur ordinaire : 4 500,00 DA/Ql
- Blé tendre ordinaire : 3 500,00 DA/Ql
- Orge ordinaire : 2 500,00 DA/Ql

Pièces à fournir à la souscription

- Un croquis et détail parcellaire des lieux.
- Une déclaration d'emblavures.

TARIFICATION

- Base de données série statistique utilisée (superficie, production, rendement 1988/89 à 2008/2009 des wilayate céréalières) source : MADR.
- Fiches techniques valorisées par culture. source: ITGC.
- Rendement par région pour les simulations: table arrêtée sur la base des valeurs actuelles. source: DSA/MADR

Déclaration de sinistre

- Libre
- Déclenchement du sinistre
- conditions climatiques défavorables (forte température, évapotranspiration intense, absence de précipitation prolongée) = une faiblesse du peuplement épis et jaunissement des plantes.

Délais de déclaration de sinistre

- **Grêle : QUATRE (04) jours**
- **Incendie : SEPT (07) jours**
- **Sécheresse : entre le 21 mars et le 30 mai**

Mode d'évaluation des dommages

- Grêle : L'indemnité est calculée sur la base du taux de perte de production déduction faite des frais de récoltes et transport.

- Incendie : L'indemnité est calculée sur la base du taux de perte de production déduction faite des frais de récoltes et transport.

- Sécheresse : L'indemnité est calculée sur la base de la perte de rendement, déterminée par la différence entre le rendement garanti (moyen de la région) et le rendement estimé (Réel) au jour du sinistre, déduction faite des frais de récoltes et transport.

EXPERTISE DE SINISTRE

Pour que l'expertise soit complète, l'expert doit procéder à trois évaluations :

- ❖ Evaluation de la surface des parcelles sinistrées ;
- ❖ Evaluation des rendements réels ;
- ❖ Evaluation des dommages imputables à la sécheresse.

CONFIRMATION DU SINISTRE

- ❖ Pour que le sinistre soit confirmé et en complément des conclusions de l'expertise, il est nécessaire de disposer des données pluviométriques des régions touchées par la sécheresse.

CONDITION D'ASSURANCE

- ❖ (application des mesures de prévention)
- ❖ Sécheresse
- ❖ Respect de l'itinéraire technique édicté par l'Institut Technique des Grandes Cultures (I.T.G.C).