



Association Climatologique de la Moyenne-Garonne

L'histoire de la lutte anti-grêle de l'ACMG

Le Passage – Lundi 21 septembre 2015

De 1959 à aujourd'hui

- Dans les années 60
- Dans les années 70
- L'Etude de la climatologie des orages et de la grêle 1981/84
- Arrêt de la lutte jusqu'en 1993
- Recherche sur la modification des caractéristiques des orages grêligènes par ensemencement avec des sels hygroscopiques de 1993 à 2003
- Arrêt de la lutte et veille active
- Pluie provoquée avec OMM et autres pays
- Adaptation au changement climatique

Les Moyens de prévention avant 1950.

Le BRUIT

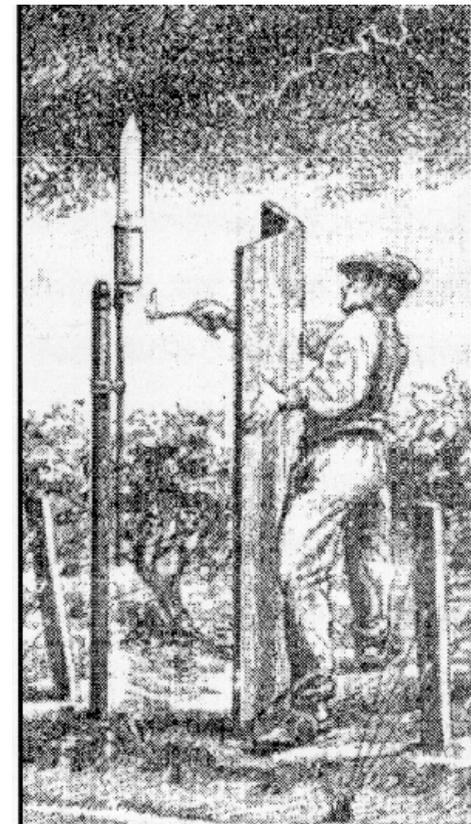
Au moins depuis 1830



Lien possible avec Aristote qui écrit dans Meteorologica que l'énergie sèche permet de lutter contre la grêle

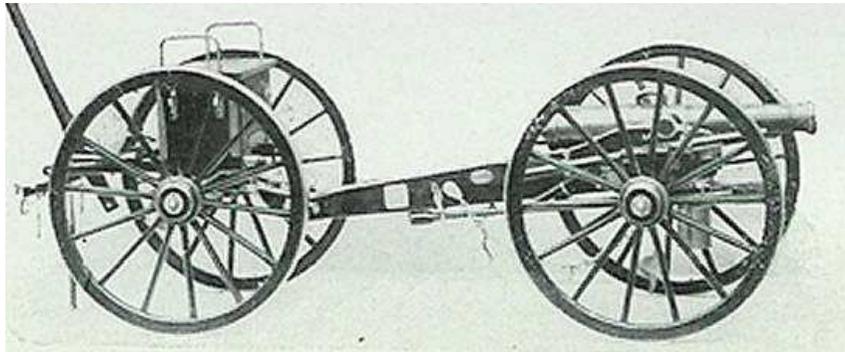
AUCUNE BASE PHYSIQUE FONDÉE

Son efficacité supposée ne repose que sur le fait qu'en un lieu donné, le risque grêle est très faible, surtout lorsque la décision de s'équiper est prise après plusieurs épisodes graves.



Les Moyens de prévention.

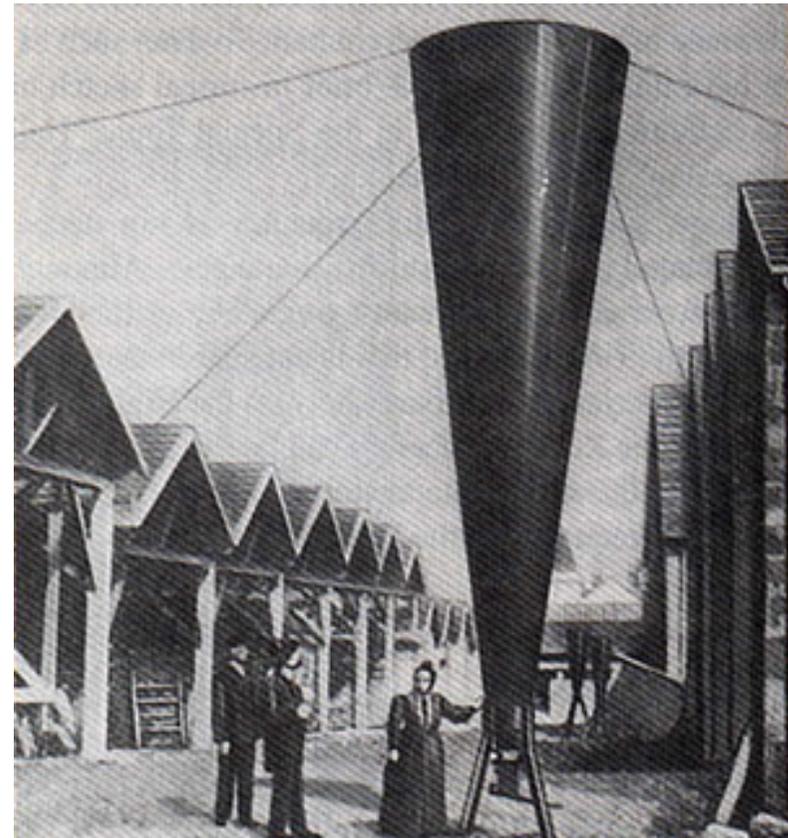
Le BRUIT



Au USA en 1890

**Avec des canons à « bruit »
dans toute l'Europe au début
du XXème siècle**

Encore utilisée dans des fermes « crédules »



C'est le monde de l'énergie électrique qui le premier a investi dans la recherche pour tenter de réduire les dégâts des brouillards givrants qui affaissent les lignes à haute tension

En 1946, Vincent Schaefer, avec Irving Langmuir et Bernard Vonnegut, est en train de souffler dans son congélateur où il vient de découvrir, par hasard, que de la glace carbonique fait transformer le brouillard en minuscules cristaux de glace.

C'est le début de la modification du temps avec le principe de l'ensemencement de noyaux de congélation artificiels comme l'iodure d'argent ou la neige carbonique



1946: 20 min après un ensemenement avec de
la neige carbonique



Cela ne peut pas se produire naturellement

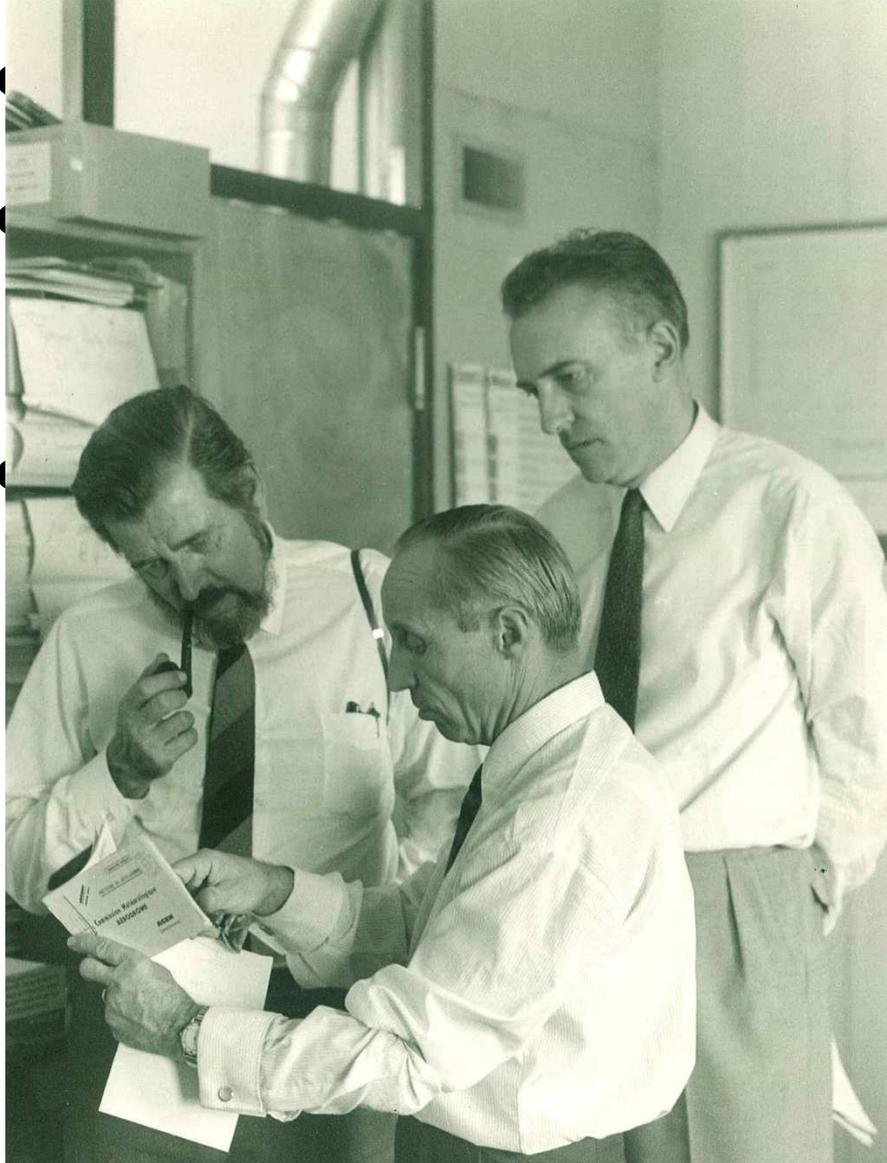
L'aventure scientifique de la modification du temps est née

- Elle est d'abord basée sur l'effet des noyaux de congélation
- Elle va d'abord s'attaquer à la grêle qui est un risque majeur de l'agriculture des hautes latitudes.
- Puis à l'augmentation des précipitations neigeuses et de pluie

Ici, en Moyenne-Garonne, la lutte contre la grêle a depuis longtemps existé

- Au départ sans bases scientifiques
- Puis en s'appuyant sur des connaissances et des expériences plus ou moins concluantes
- Avec trois périodes: optimiste, doute, recherche

Création de l'ACMG en 1959



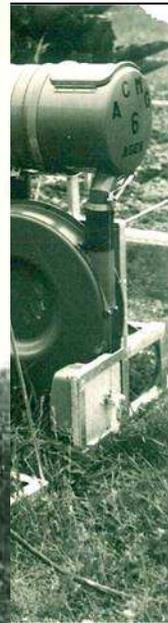
u
se



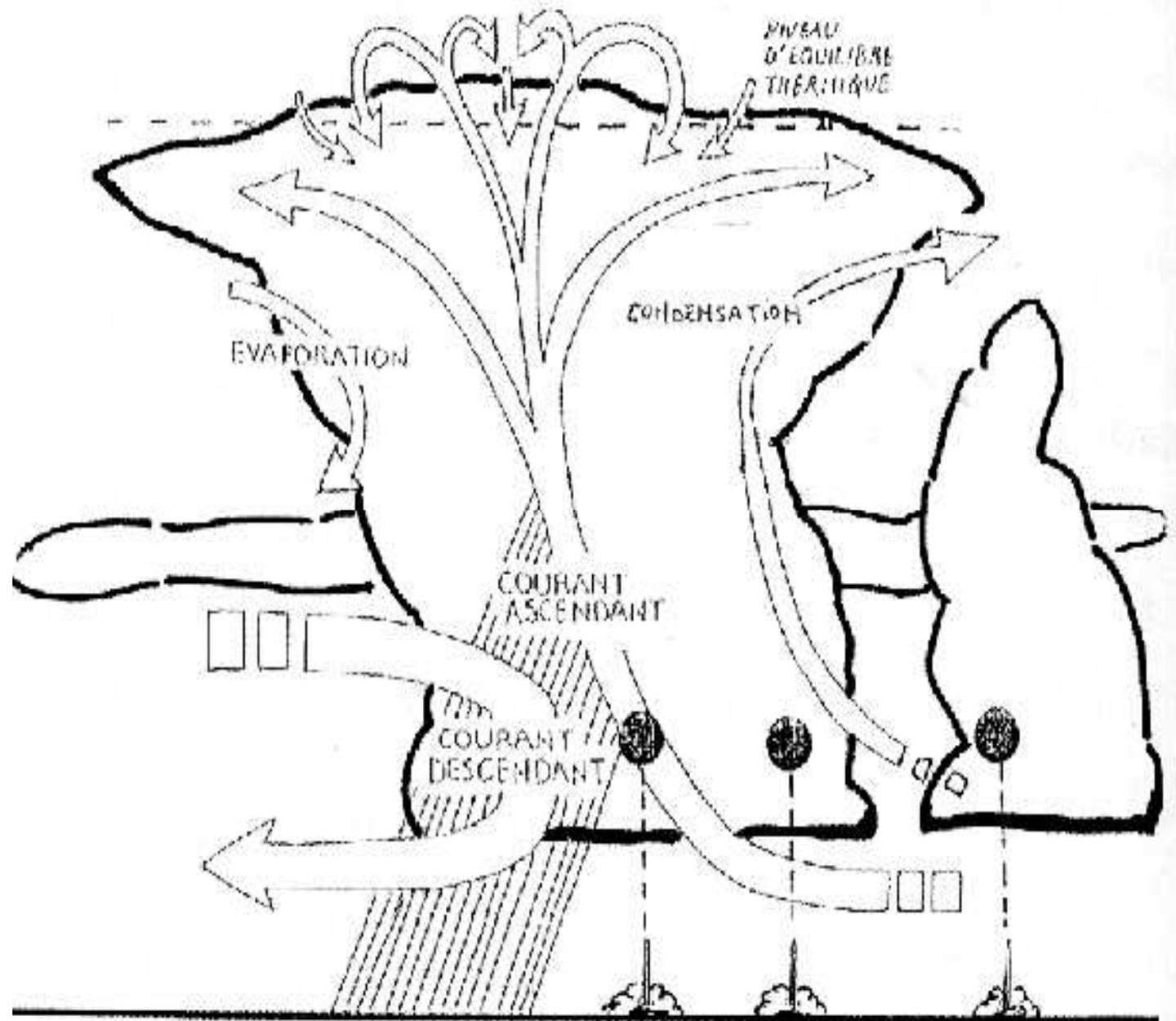
Principe simpliste proposé

- Rajouter des noyaux de congélation dans la zone où l'eau est encore liquide à des températures négatives (-8 à -15°C) (état surfondu) afin de provoquer la formation de nombreux embryons de grêle qui se partageraient l'eau disponible et ainsi seraient plus nombreux, moins volumineux et auraient plus de chances de fondre avant d'atteindre le sol

- Avec
- Avec



Principe
de tir des
fusées: on
cherchait
la
cheminée

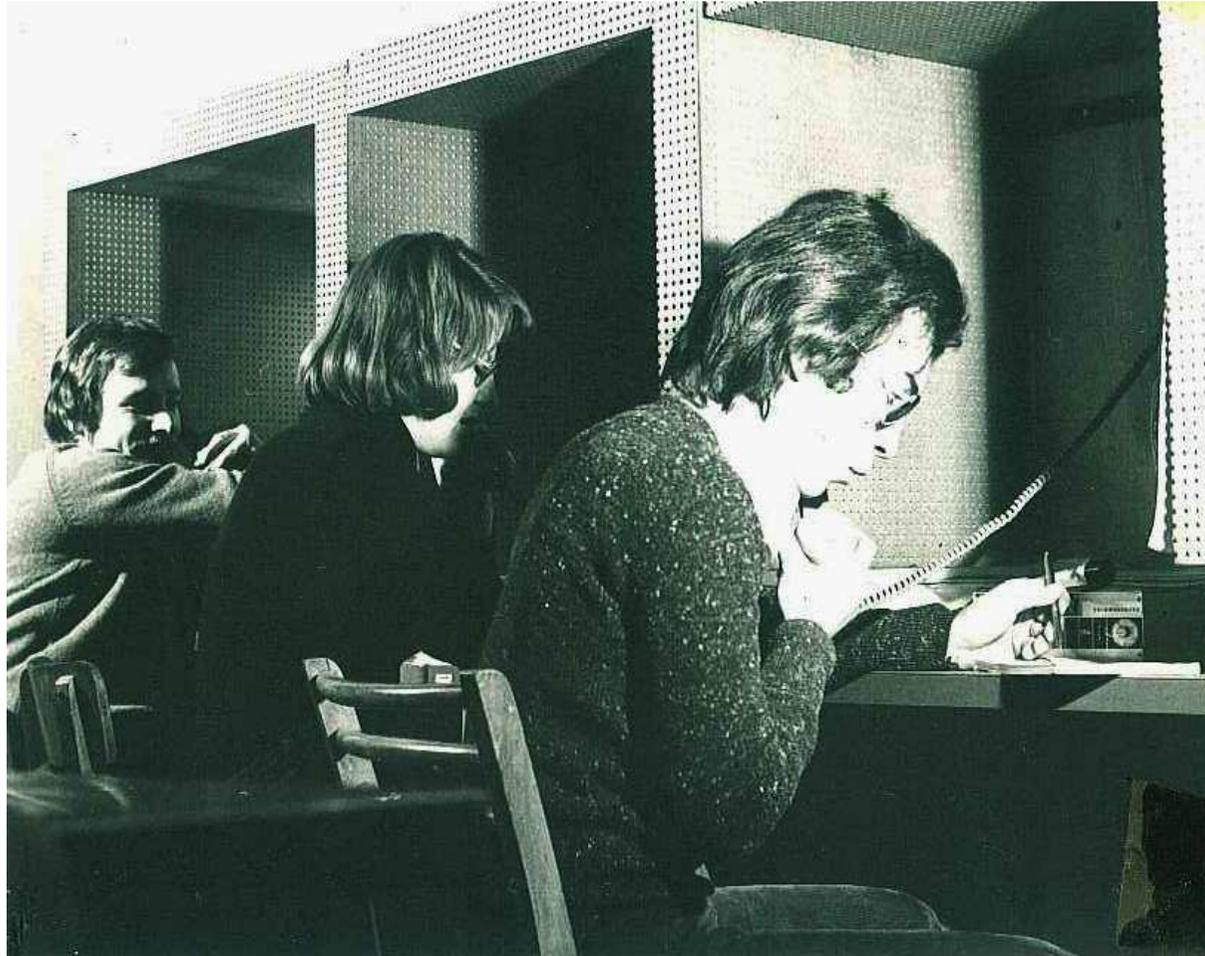


Des dizaines

S



Des appels par radio et téléphone



Rapidement par Avion

- **Les succès « supposés » aux USA poussent le CA de l'ACMG et son directeur, M. Delourme a privilégier l'ensemencement au plus près de la zone où la grêle se forme car l'ensemencement par le sol apparaît comme trop aléatoire, trop grande dispersion des noyaux**

Début de la lutte par avion vers 1969



Escadrille ACMG



Ici avec Air Alpes

Avec des stagiaires qui plus tard sont
devenus président de l'ACMG



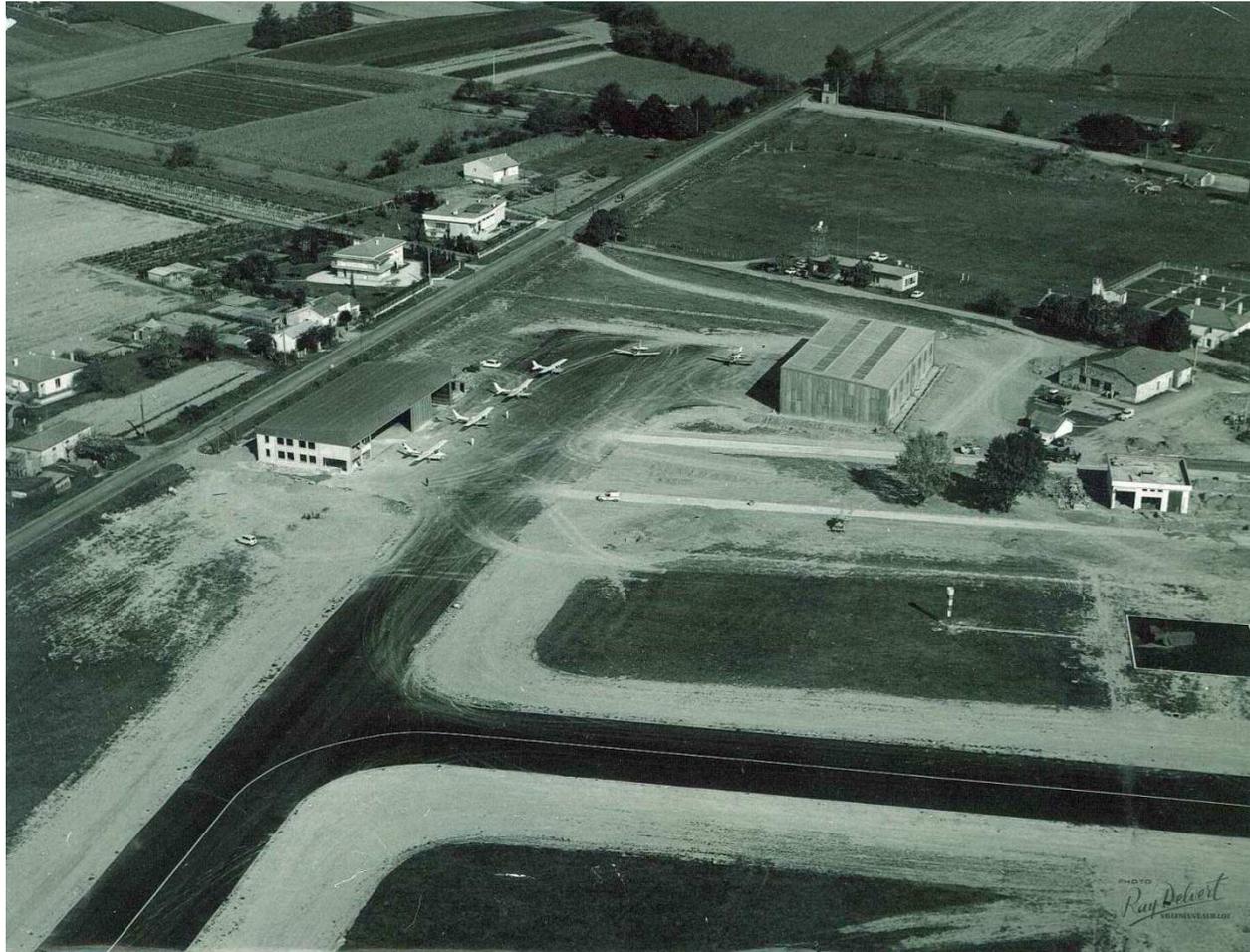
Au début avec de la Levilite dopée
d'iodure d'argent à la base des nuages



Puis rapidement traitement par-dessus
les congestus avec des torches largables



Installation près des hangars

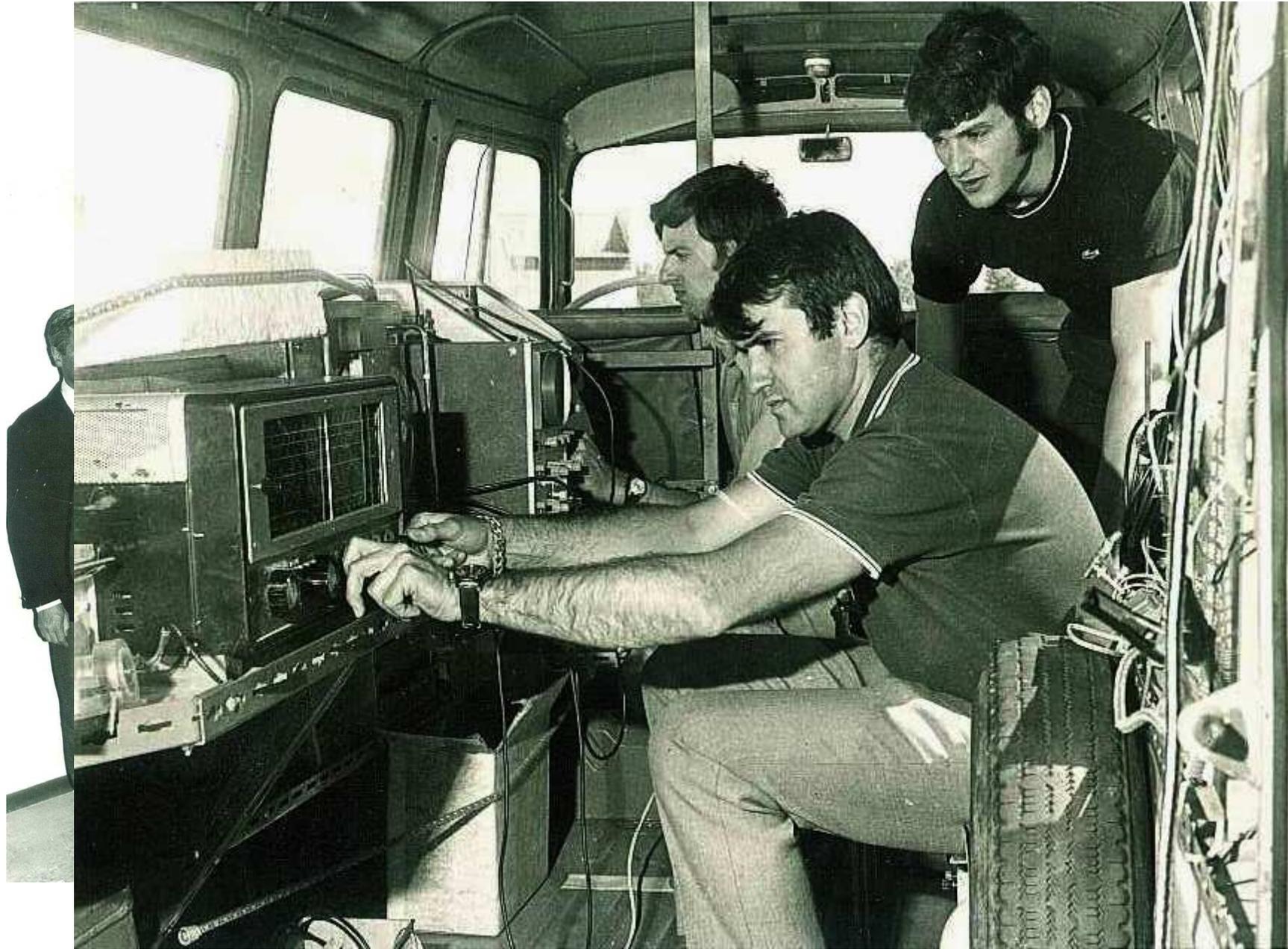


Avec un premier radar



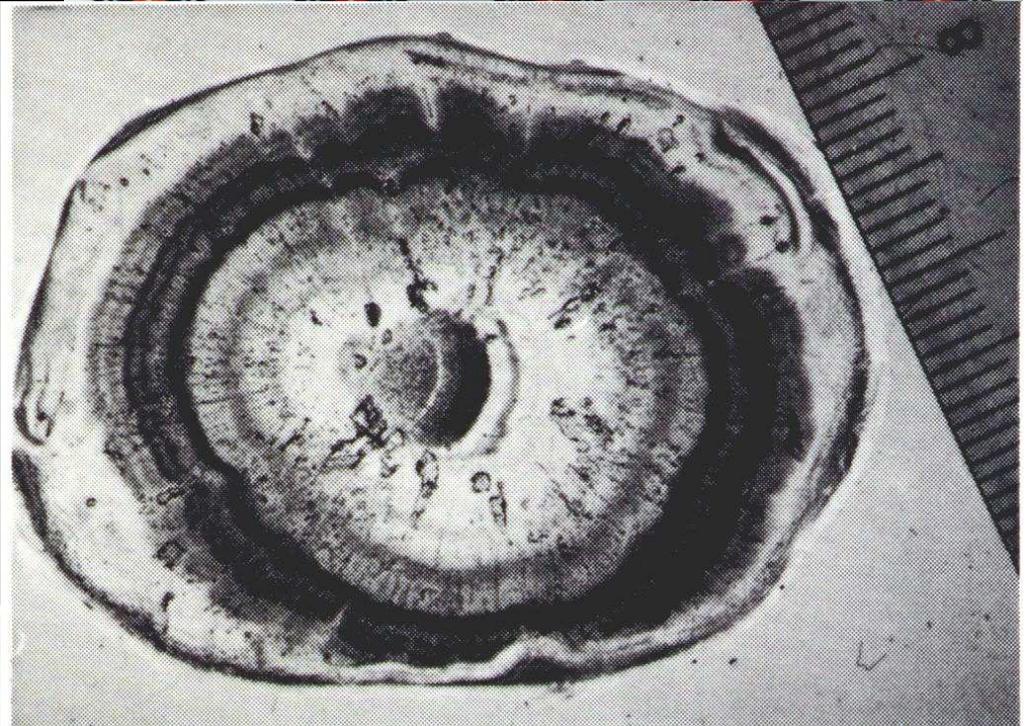
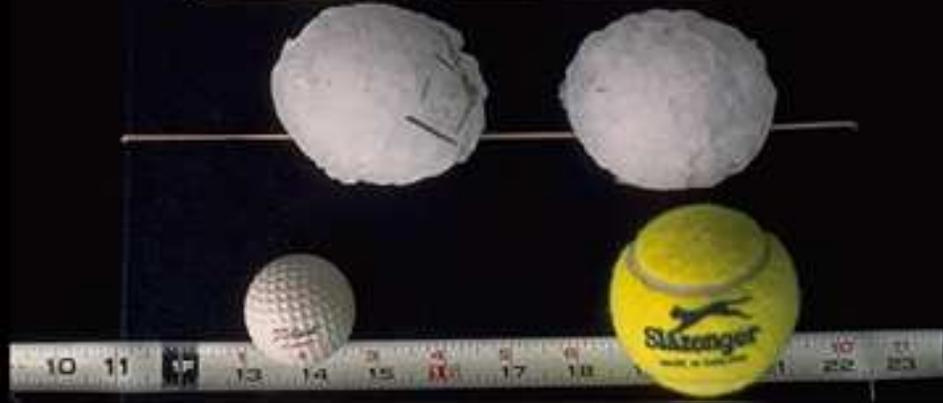
A.





Hailstones.

JULY 6, 1975 6:30 p.m.
BYEMOOR, ALTA
(20 MILES S.E. OF STETTLER)



Des AG très suivies



Surtout les années de grêle comme en 1971 où un orage supercellulaire parti du Portugal, a traversé le département et a terminé sa course vers Munich le lendemain



ACMG propriétaire de deux avions



Avec de l'iodure d'argent (AgI)

1963 / 1979

AGEN

1970/1979 avec un Cessna 206

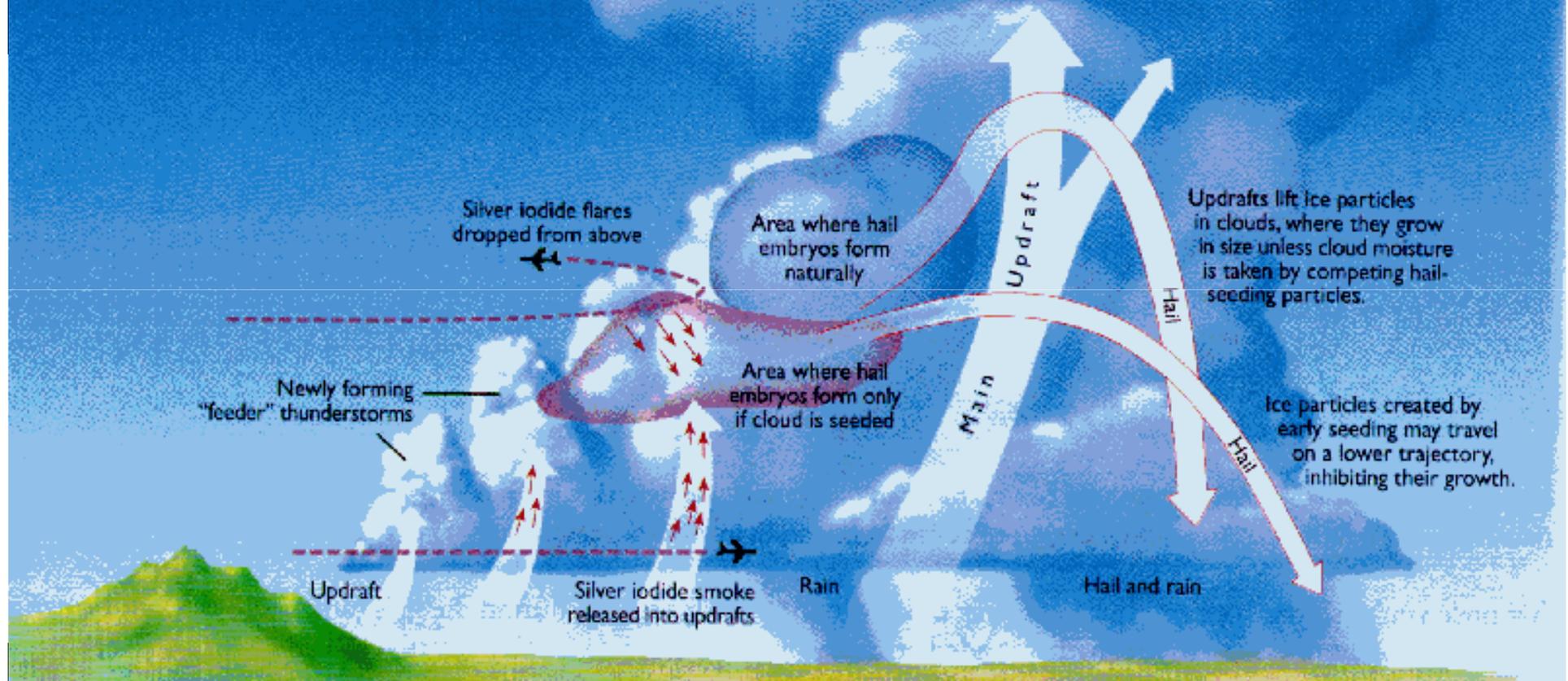


Histoire de la lutte anti grêle à Agen

Et un bimoteur Cessna 420



Les principes de lutte contre la grêle sont largement basés sur des hypothèses plutôt que sur des faits avérés.



De plus les orages sont des systèmes très hétérogènes

Description simpliste du processus de formation de la grêle



Gouttelettes surfondues



Croissance continue

Congélation



Givrage



Grésil



La plupart des nuages continentaux produisent le pluie sous cette forme

Cela représente une vue très simplifiée de la croissance des grêlons sans tenir compte de la complexité des processus dynamiques et microphysiques

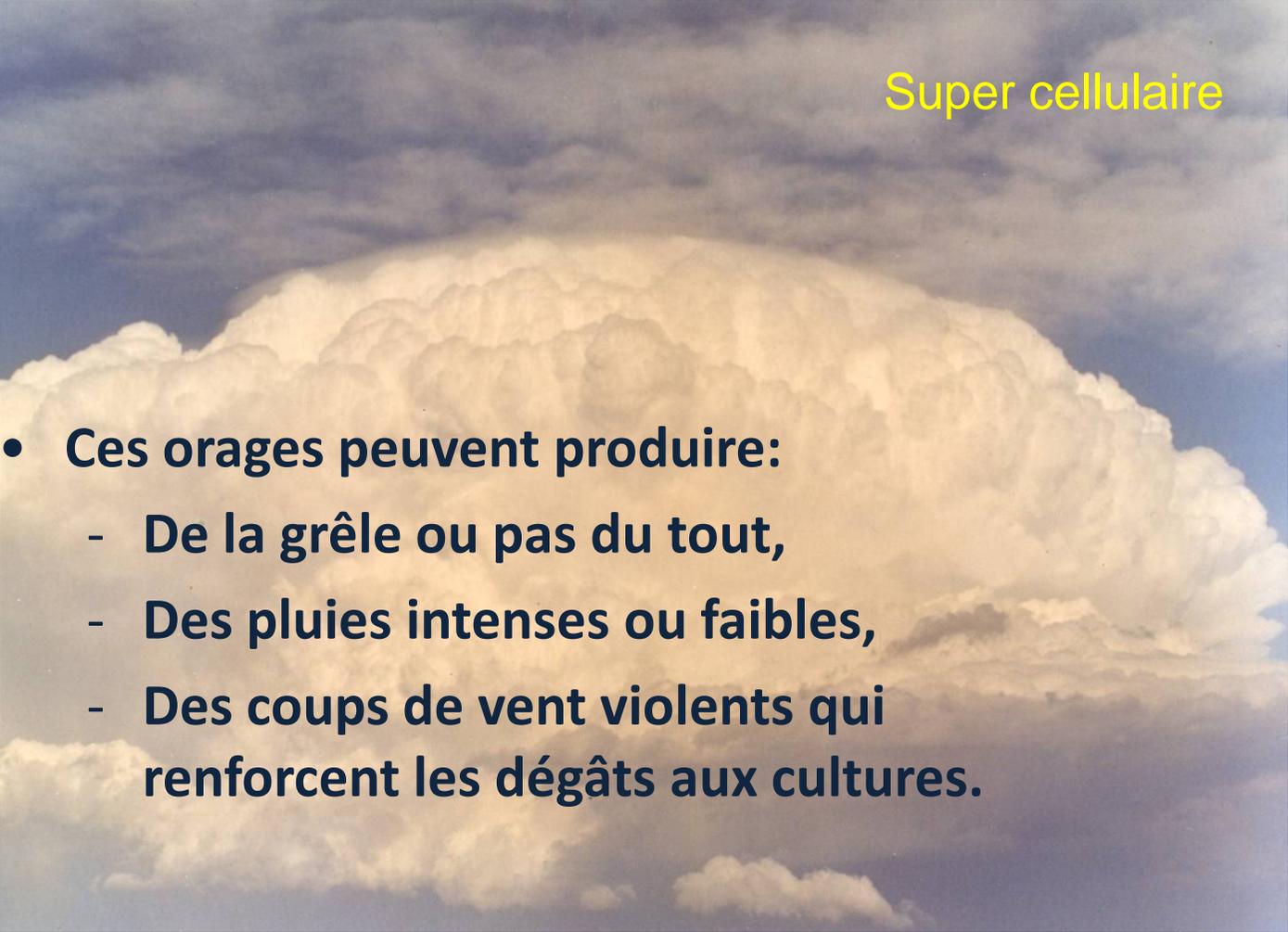
Fonte et formation de pluie



Orage Monocellulaire



Multicellulaire



Super cellulaire

- Ces orages peuvent produire:
 - De la grêle ou pas du tout,
 - Des pluies intenses ou faibles,
 - Des coups de vent violents qui renforcent les dégâts aux cultures.

Pendant ce temps dans les Pays de l'Est
ils affirment réduire la grêle de 92% avec
des Fusées longue portée



En RUSSIE

La technique Russe ne s'est pas exportée ailleurs que dans le bloc de l'Est, la Chine et l'Argentine

En Europe de l'Ouest, les travaux
de Bruno Federer, en Suisse,
pendant l'expérience
Grossversuch IV, avaient conclu
qu'il était impossible d'affirmer
une efficacité, comme une non
efficacité d'ailleurs.



La technique de l'Ouest est souvent basée sur l'avion comme vecteur.

- L'exemple de la Grèce où la Caisse des Calamités finance un programme de lutte dans la région de Thessalonique.



Au dessus des cellules filles



Mais toujours à des températures inférieures à -10°C

Ensemencement vers -10°C avec des torches éjectables



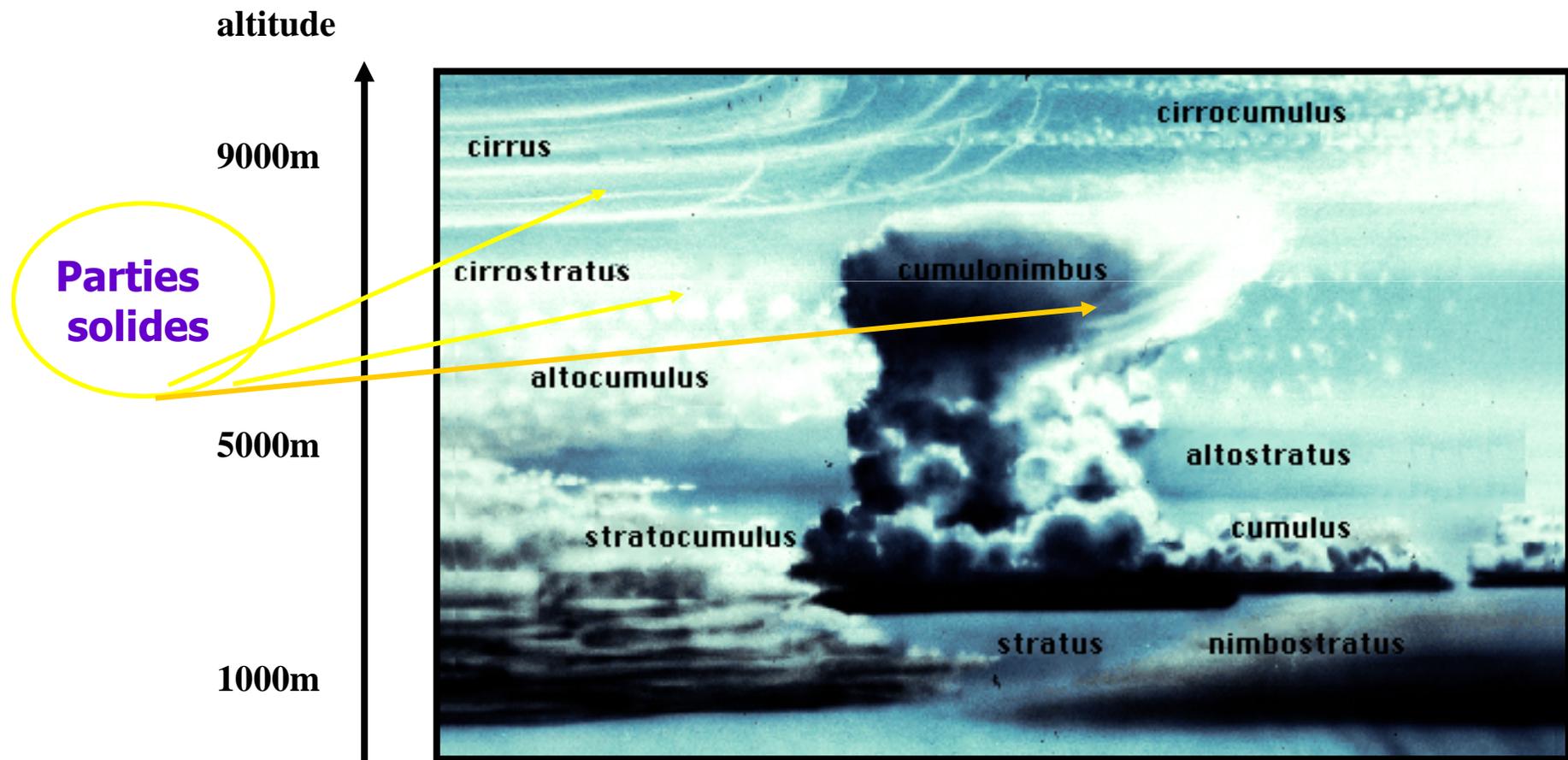
Terry Krauss

Ensemencement par en dessus

**Avec des torches ejectable d'iodure d'argent qui se
consument en 2 min environ**



Le traitement à l'aide des noyaux de congélation vise à agir sur la phase solide des nuages en cristallisant les gouttelettes d'eau restées à l'état surfondu



Il ne déplace pas les nuages ni n'empêche pas de pleuvoir ailleurs

Un Orage grêligène en Alberta



Terry Krauss

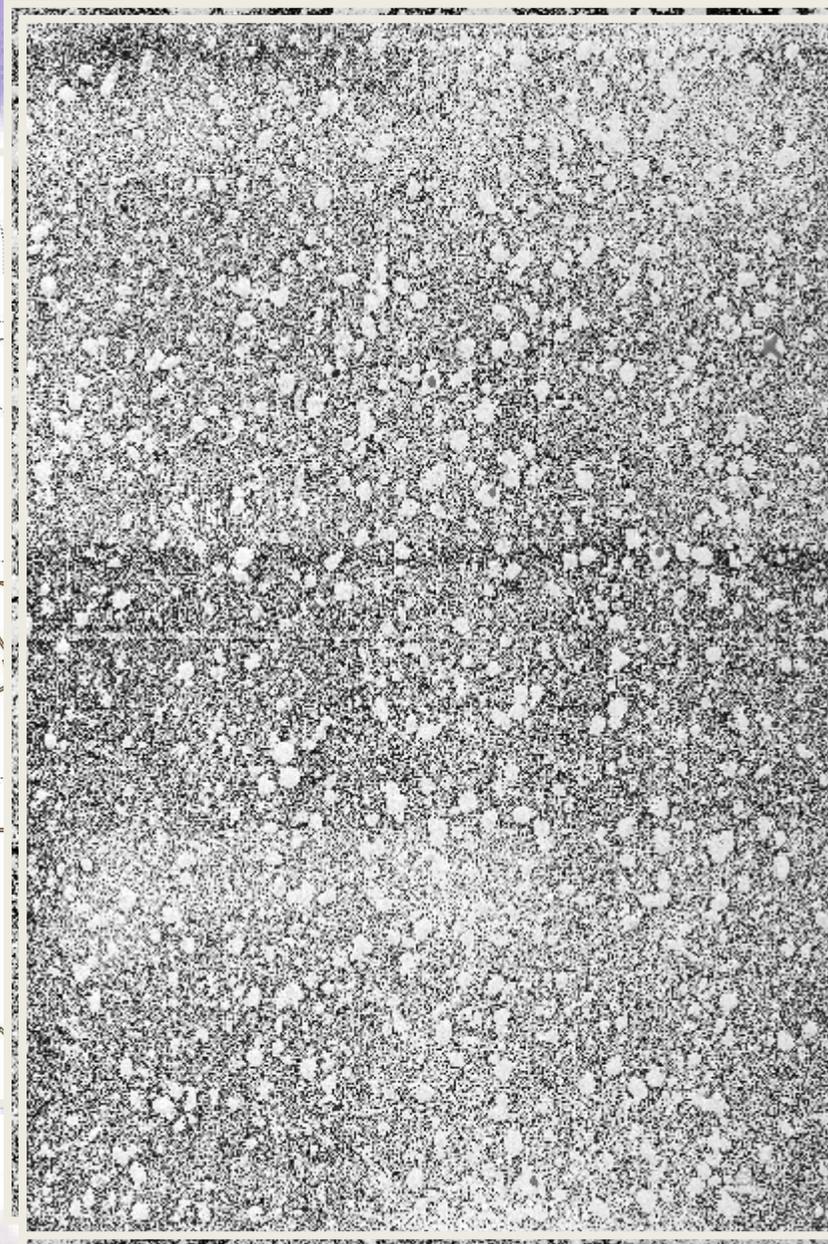
Traitement à la base

ICI



LA GRELE





Saint Sylvestre sur Lot

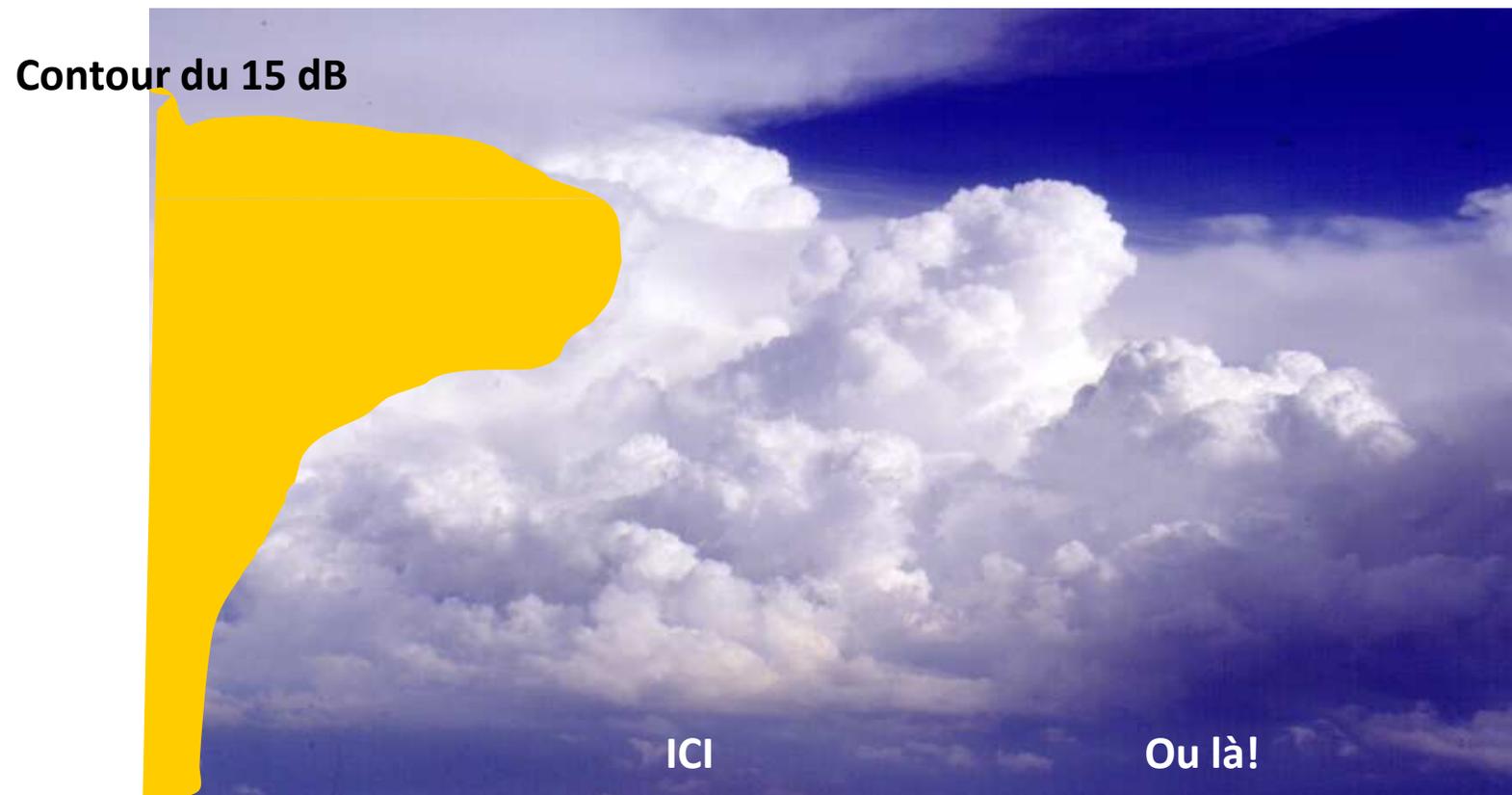
Prayssas

~~Saint Sylvestre Timbaud~~
Prayssas 4

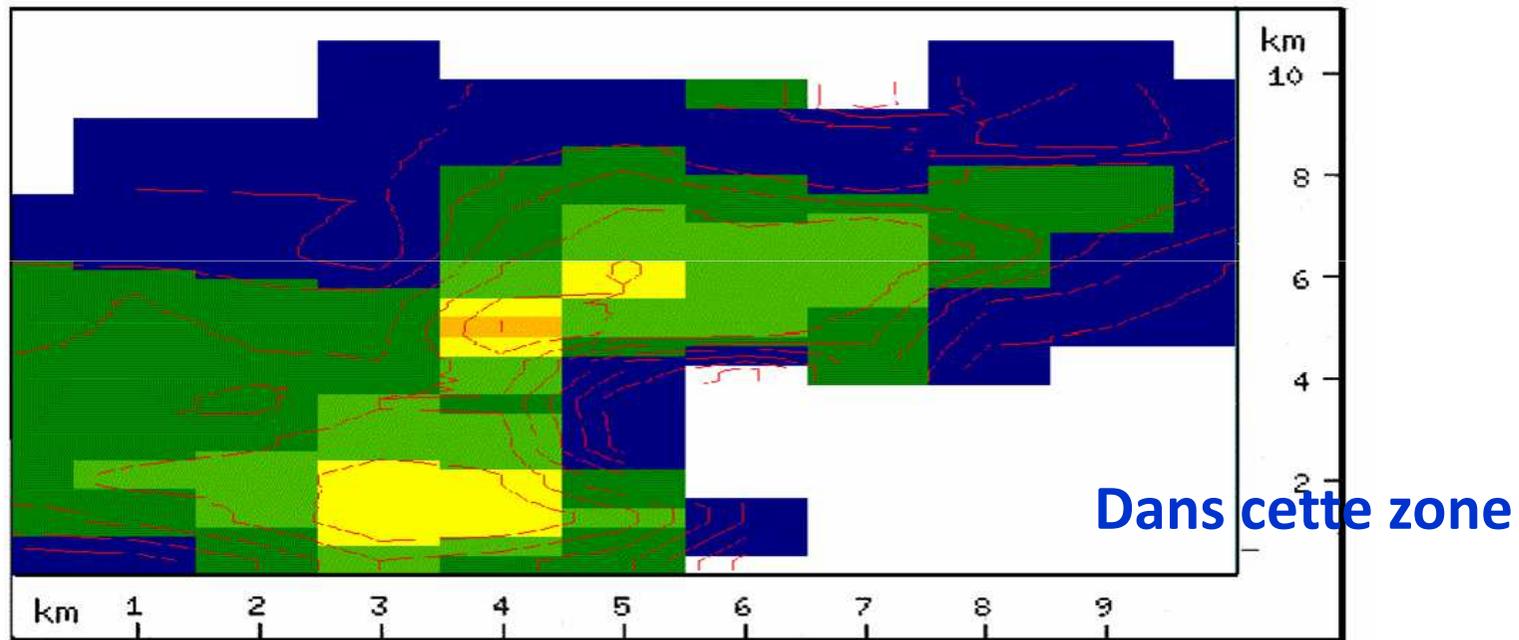
$D_{max} = 12.1 \text{ mm}$
 $D_{max} = 12.0 \text{ mm}$
Laroque-Timbaud
 $N = 10834 \text{ m}^{-2}$
 $D_{max} = 9.6 \text{ mm}$
 $E_{cin} = 149 \text{ J/m}^2$
 $N = 7183 \text{ m}^{-2}$
 $m = 2.06 \text{ kg/m}^2$
 $E = 77.85 \text{ J/m}^2$

$m = 1.19 \text{ kg/m}^2$

Ce que l'on peut voir à l'œil nu, par exemple le pilote, est très différent de ce que voit le radar.



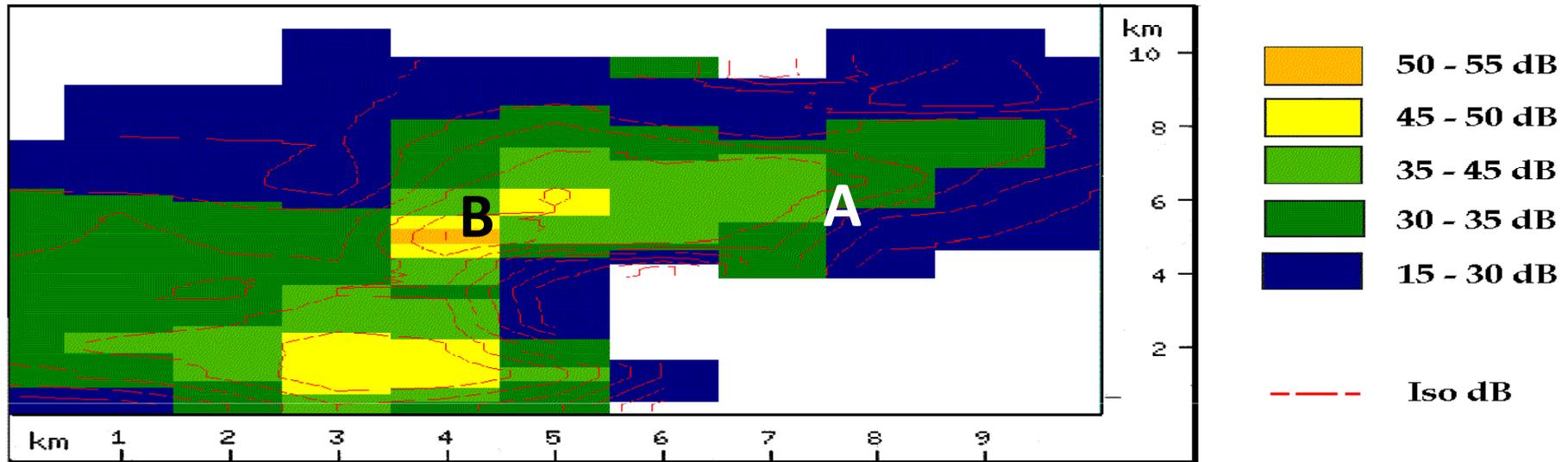
La coupe verticale permet de repérer la zone de réalimentation



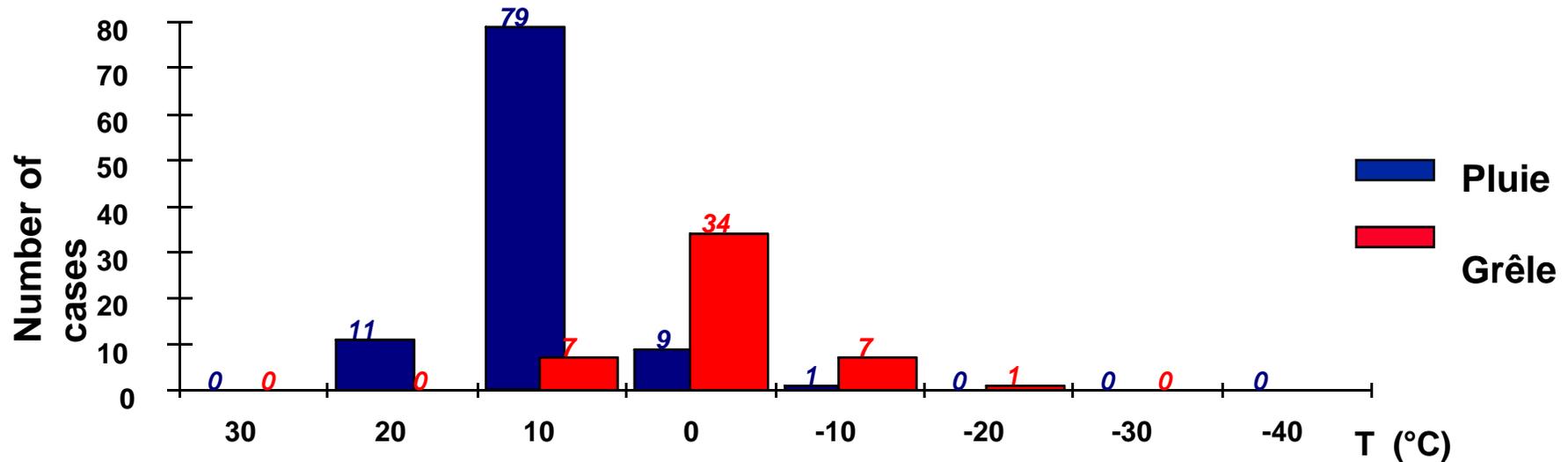
C'est l'endroit où le futur orage commence juste à se former.

CONCEPT OF THE ZONE SOURCE OF HIGH REFLECTIVITY

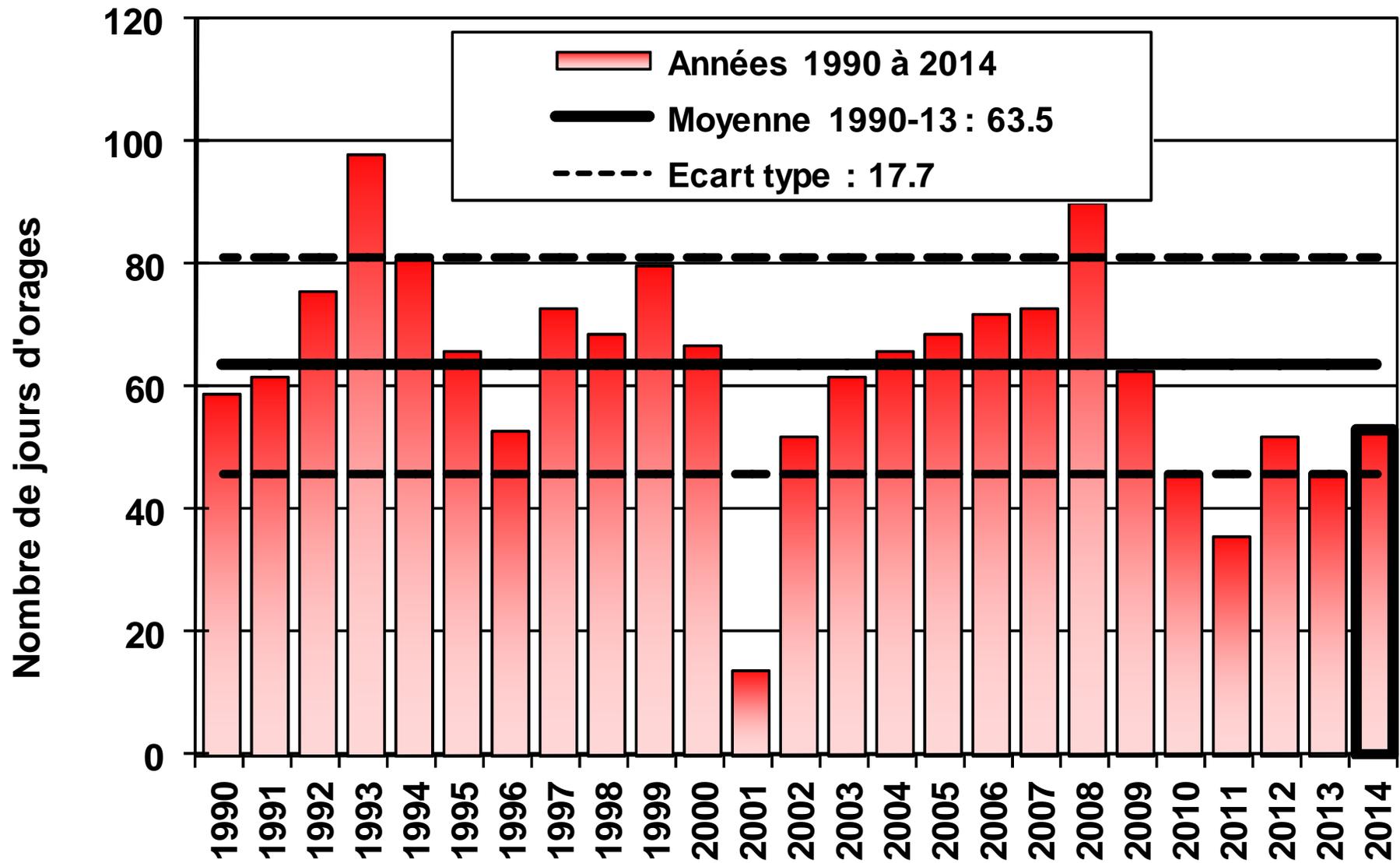
**VERTICAL CROSS SECTION
1996-05-18 15h03**



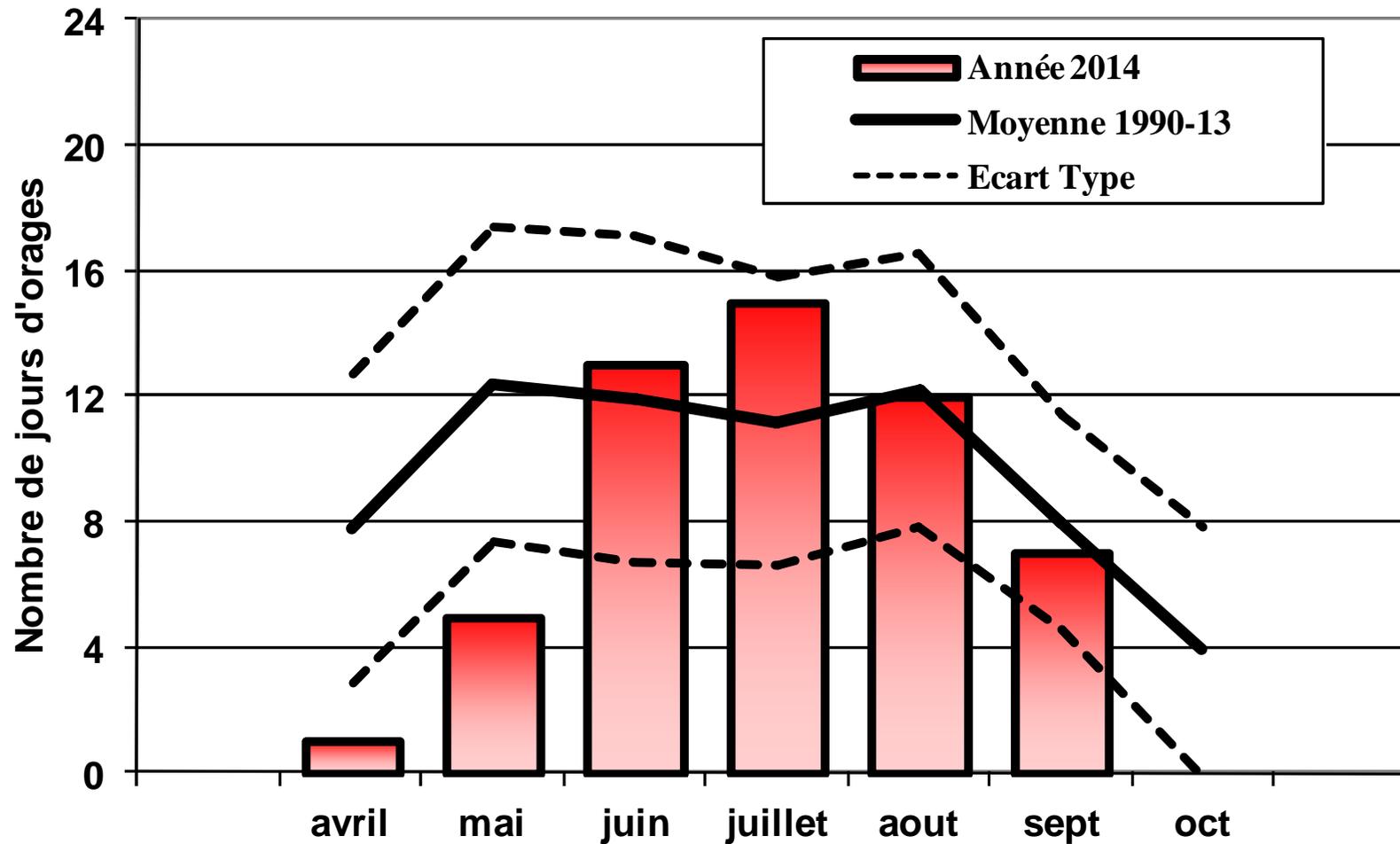
SIGNATURE RADAR DE LA GRELE



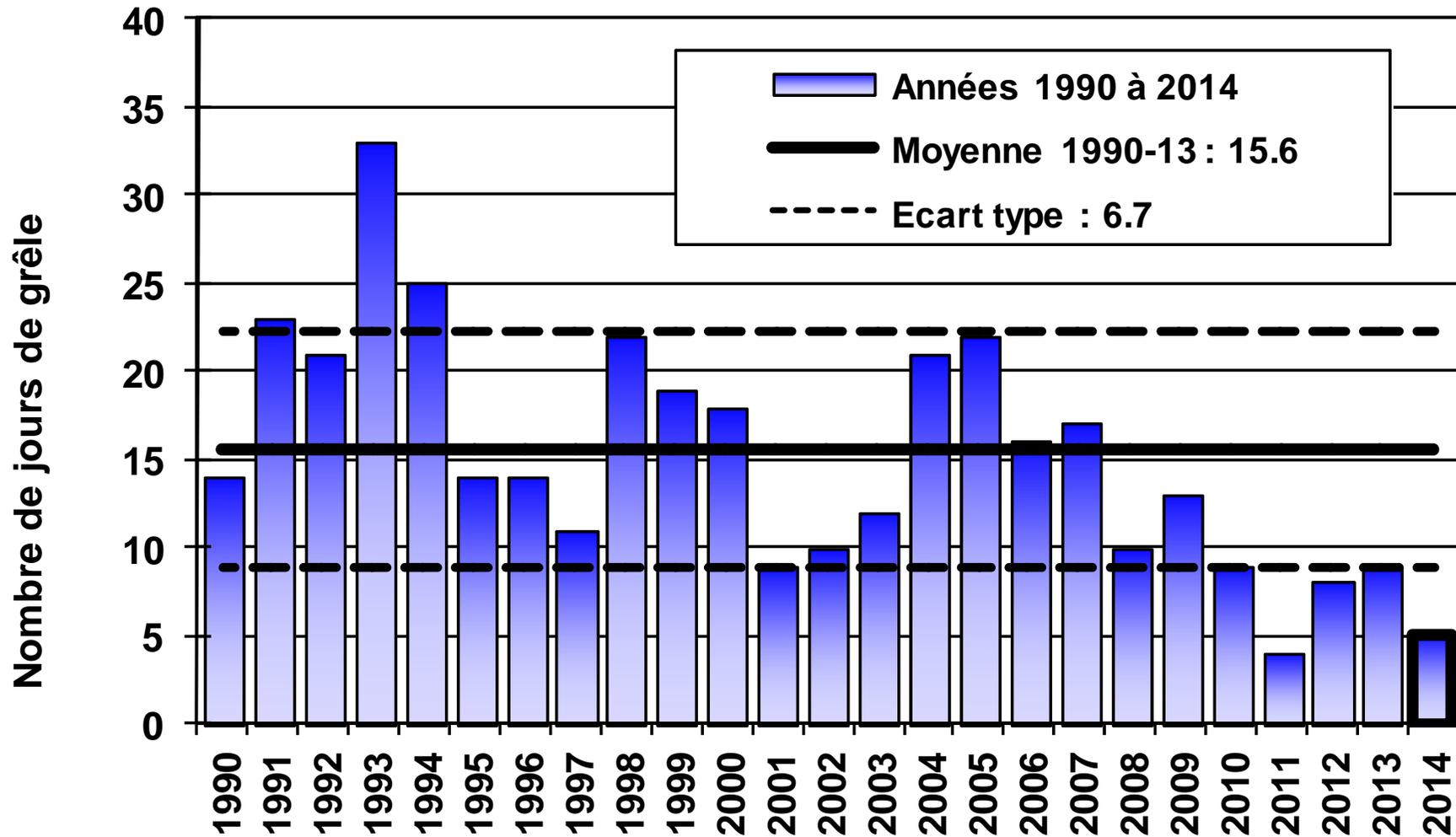
Les orages, un phénomène aléatoire



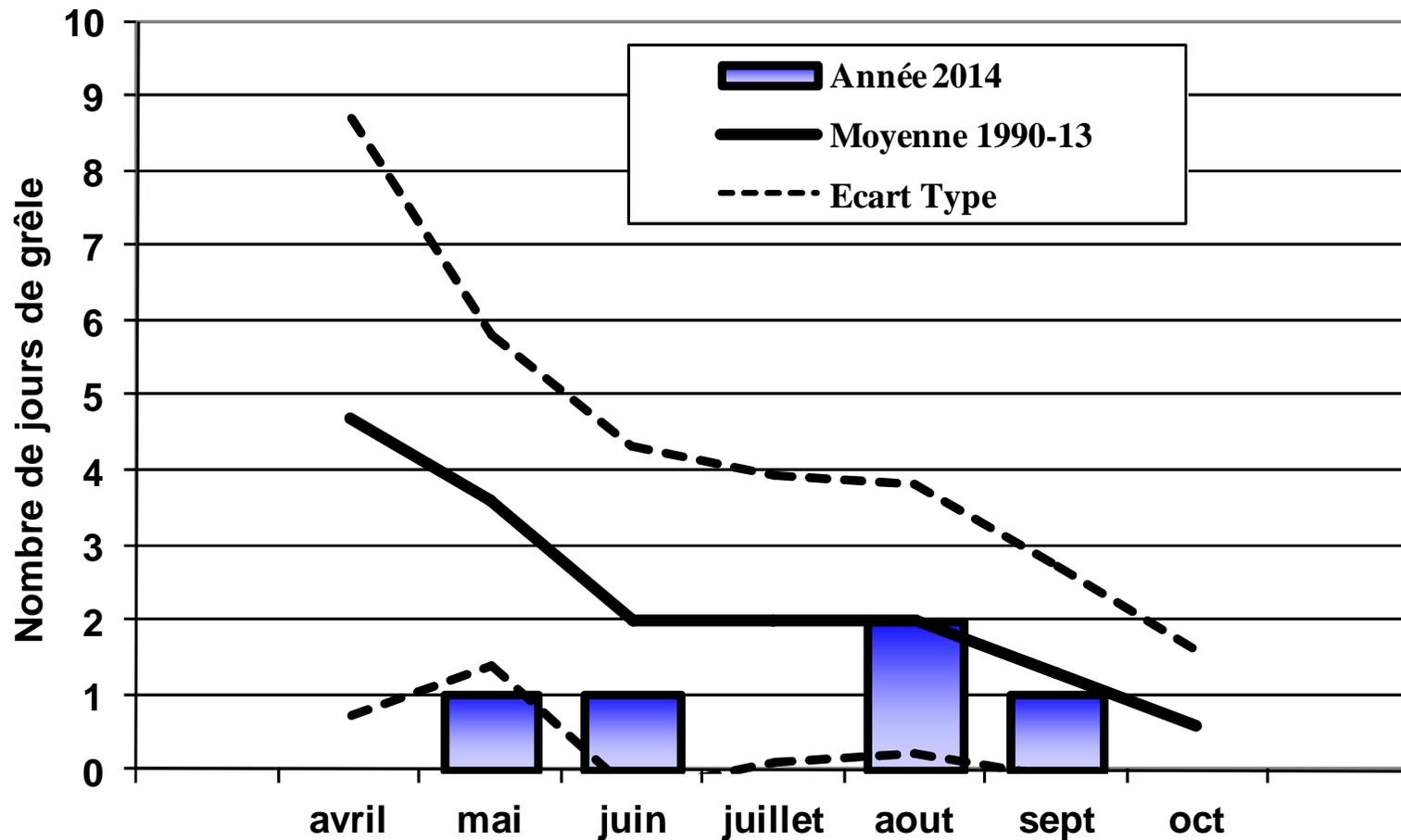
Qui a besoin d'énergie solaire



La grêle, encore plus aléatoire



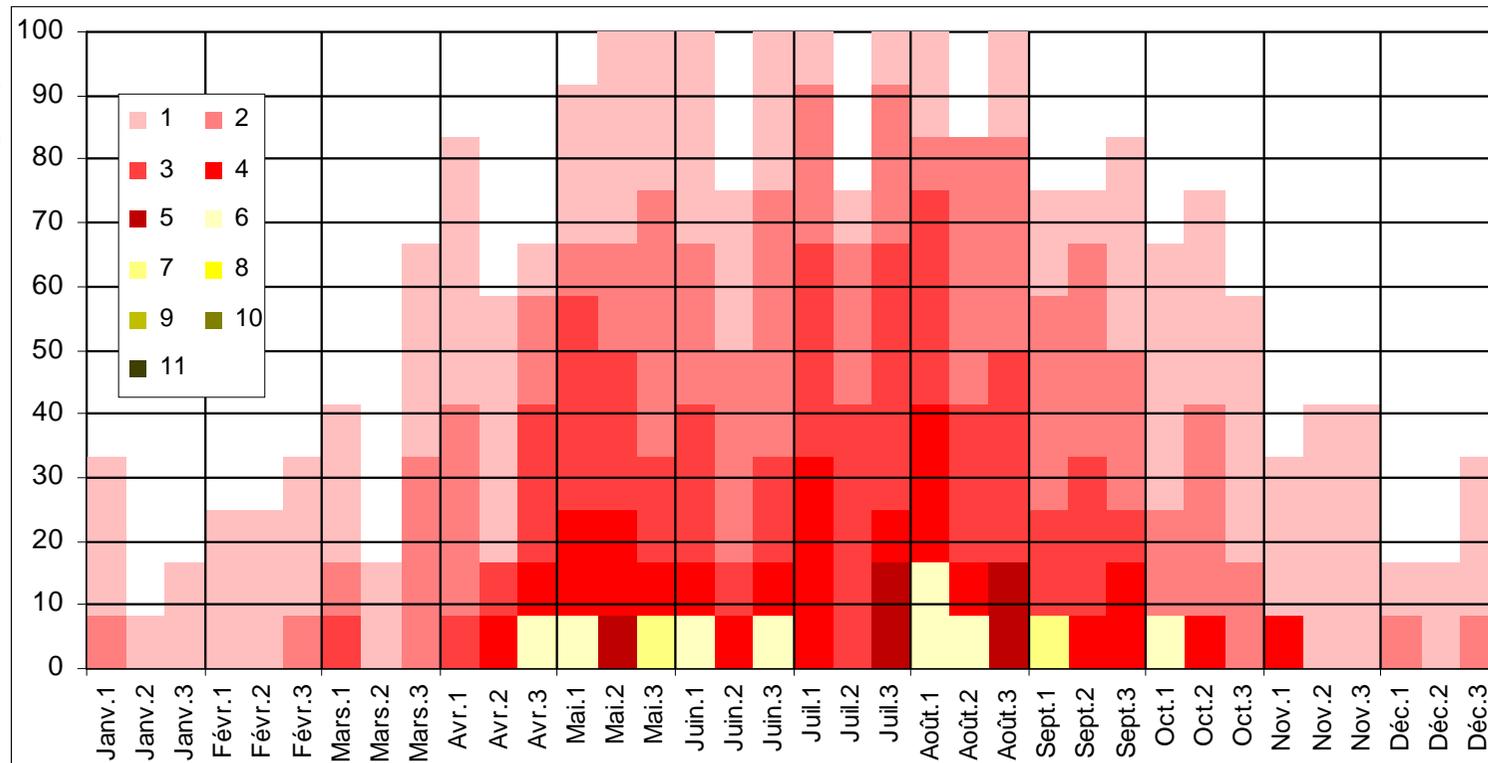
Souvent plus en Avril et Mai qu'en juillet
quand l'isotherme -10°C est à plus de
5000 m



Risque d'orage

Un Risque Régional

Probabilité
d'orages
en %

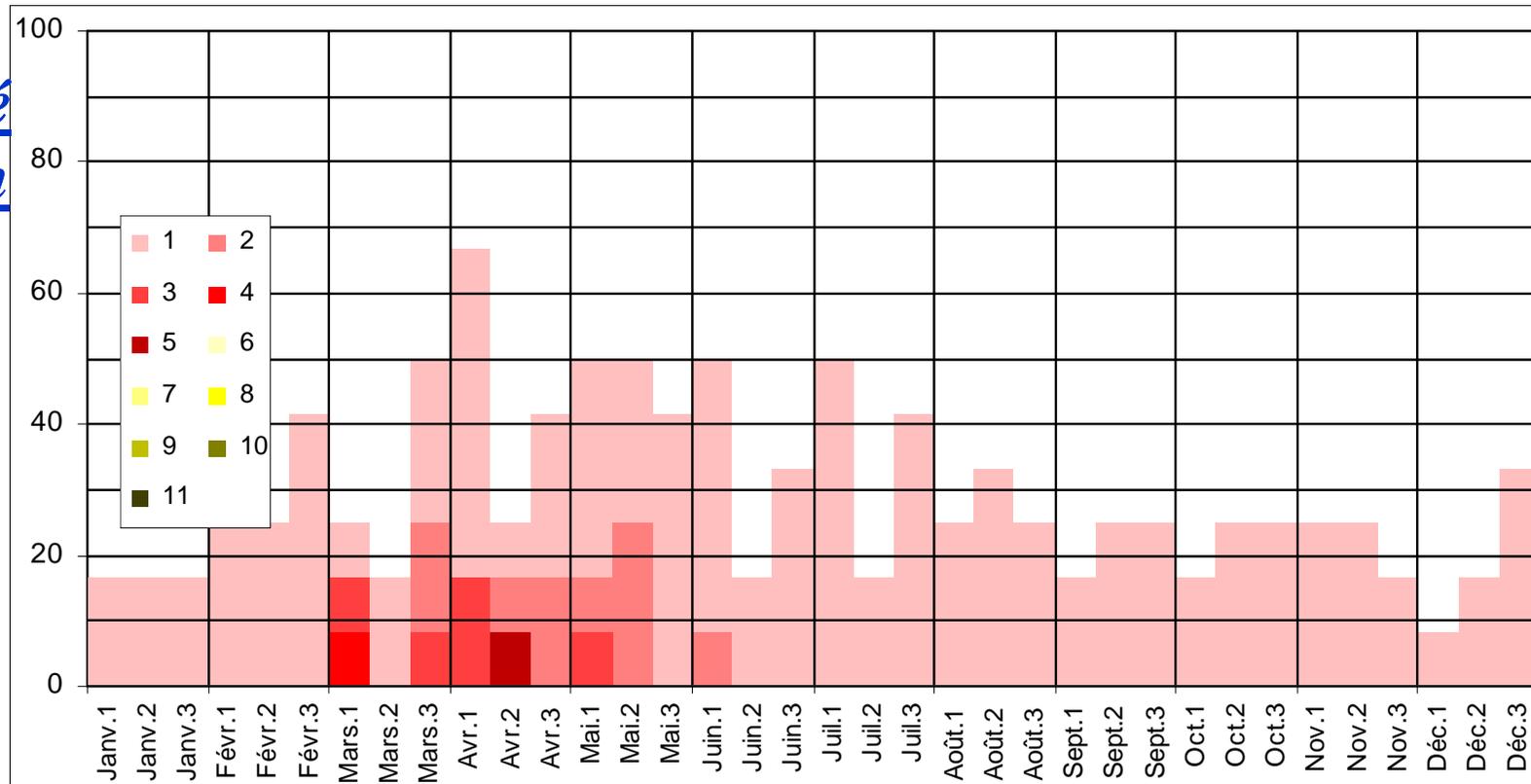


Probabilité en %, d'avoir 1, 2, 3,..., 10 ou 11 jours avec des orages durant la décade sur la Moyenne-Garonne.

Risque Grêle

Un Risque Régional

Probabilité
de grêle en
%



Probabilité en %, d'avoir 1, 2, 3,..., 10 ou 11 jours avec de la grêle durant la décade sur la Moyenne-Garonne.

Risque Grêle

Variabilité Saisonnière:

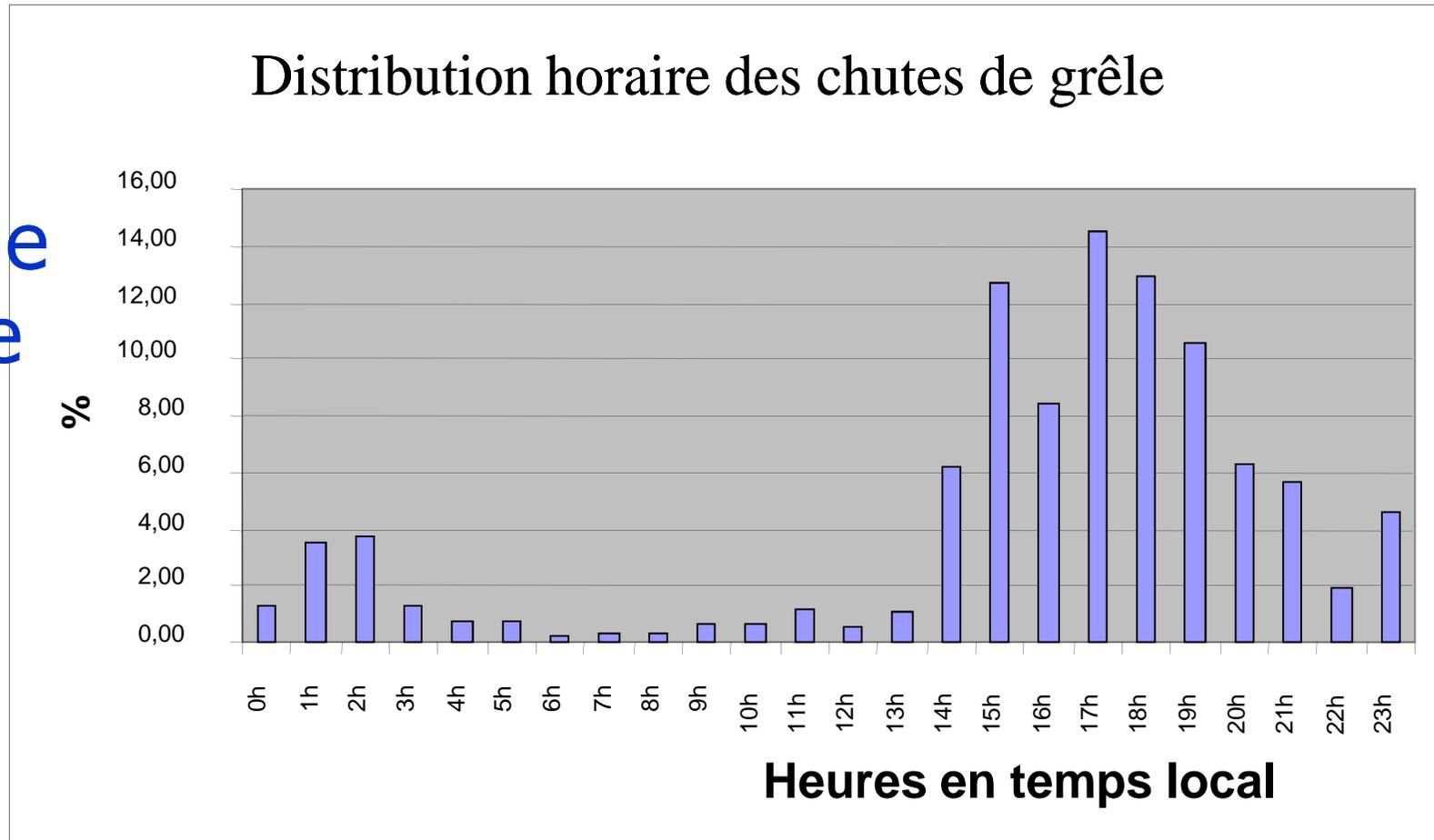
13 % de l'ensemble des orages
produisent de la grêle.

8 % entre avril et octobre

57 % pour ceux qui se
produisent entre Novembre et
Mars.

Variabilité temporelle:

Risque
Grêle

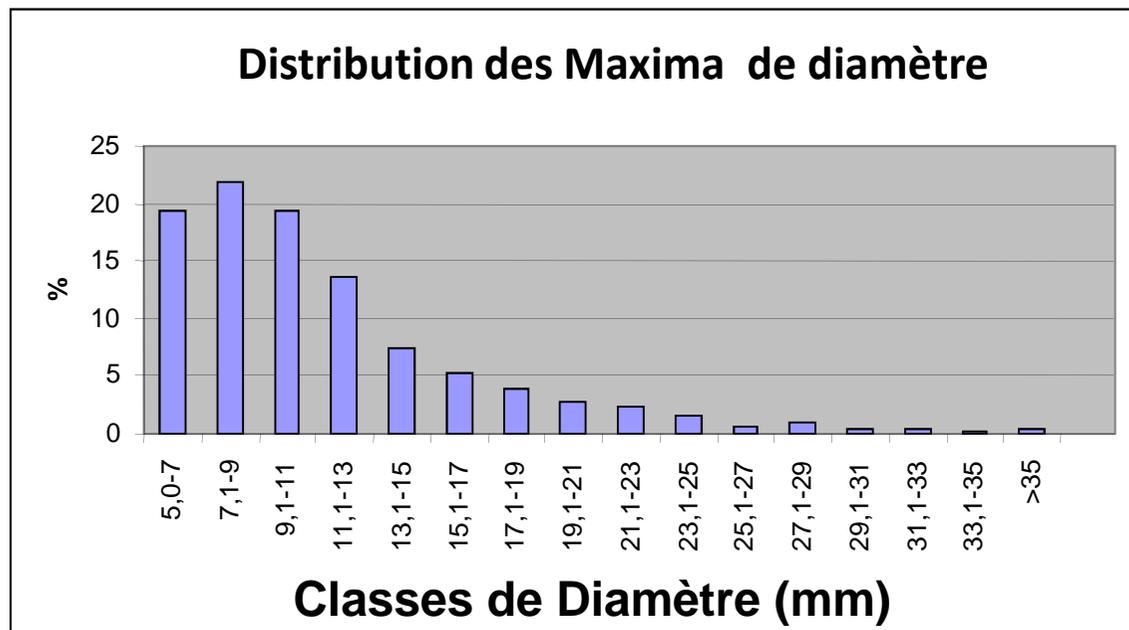
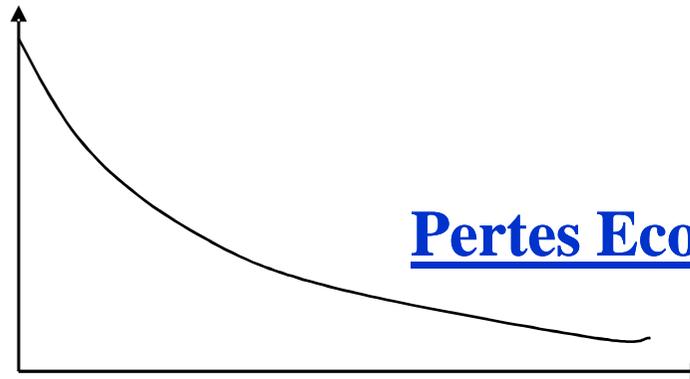


92 % de la grêle entre 14 h locales et 3 heures du matin

Impacts Economiques :

Probabilité d'occurrence

Risque
Grêle



Directement liées à la

taille des grêlons

25 % grêle > 13 mm

7.5 % grêle > 20 mm

Maximum > 65 mm

Le vent renforce les dégâts

Moyens de réduction de l'impact économique: l'assurance récolte
Protection garantie:

Les filets para grêle



Tenax

La seule solution qui a fait ses preuves.

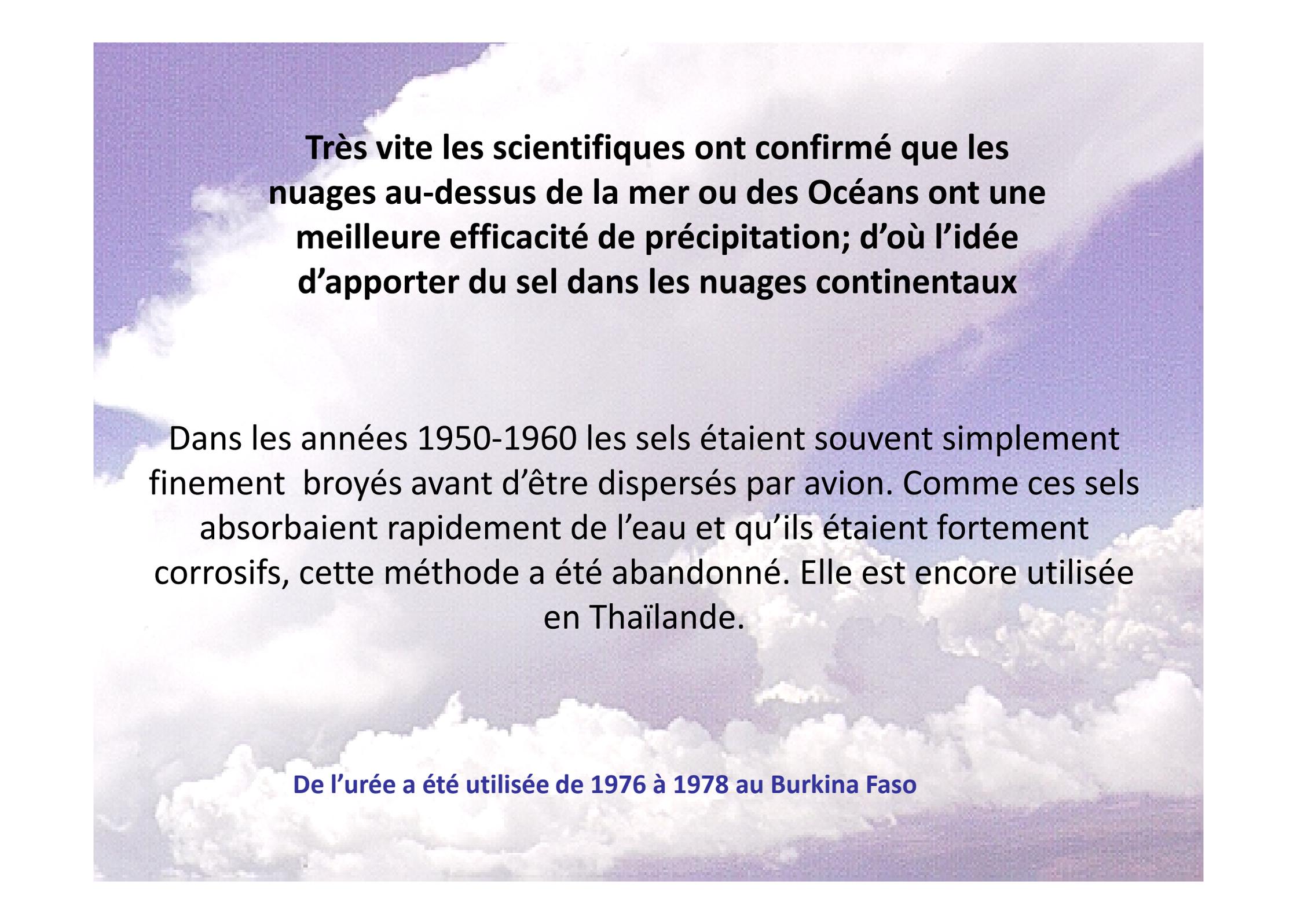
Mais qui ne peut pas s'appliquer partout



Filpack

1991 à 1992 recrudescence des orages et de la grêle à cause du Pinatubo

- Décision de tester une autre hypothèse
- Faire baisser la zone A c'est-à-dire faire accélérer la formation de la pluie par coalescence en utilisant des sels hygroscopiques non polluants



Très vite les scientifiques ont confirmé que les nuages au-dessus de la mer ou des Océans ont une meilleure efficacité de précipitation; d'où l'idée d'apporter du sel dans les nuages continentaux

Dans les années 1950-1960 les sels étaient souvent simplement finement broyés avant d'être dispersés par avion. Comme ces sels absorbaient rapidement de l'eau et qu'ils étaient fortement corrosifs, cette méthode a été abandonnée. Elle est encore utilisée en Thaïlande.

De l'urée a été utilisée de 1976 à 1978 au Burkina Faso

Le travail de Graeme Mather



L'expérience sud-africaine

Après plusieurs décennies de travail dans le domaine de la modification du temps, sans aucun résultat vraiment intéressant, Graeme Mather a eu « le déclic » un jour en observant la pluie au-dessus d'une usine de pâte à papier.



En effet, il remarque que les polluants venant de l'usine avaient un effet sur les cellules passant chaque fois au-dessus.

ELLES DONNAIENT PLUS DE PLUIE ET PLUS LONGTEMPS!



Il travaille ensuite sur la technologie qui pourrait le mieux reproduire ce phénomène.



Chlorure de sodium et potassium



Chlorure de calcium – formule française

Pour qu'une analyse scientifique objective puisse être faite, un tirage au sort est décidé avant chaque mission.



De 1991 à 1996, 127 cellules ont été sélectionnées et 62 ont étéensemencées par tirage au sort.



Torches Hygroscopiques

- Une torche brûle environ pendant 3 minutes, les nouvelles de Lacroix pendant 5 min
- Dans un flux puissant de plus de 3 m/s on utilise 2 torches à la fois pendant 15 mn.
- Dans un flux très puissant avec plus de 5 m/s, 3 torches sont utilisées.



**Produites aux USA suivant
une formule française**

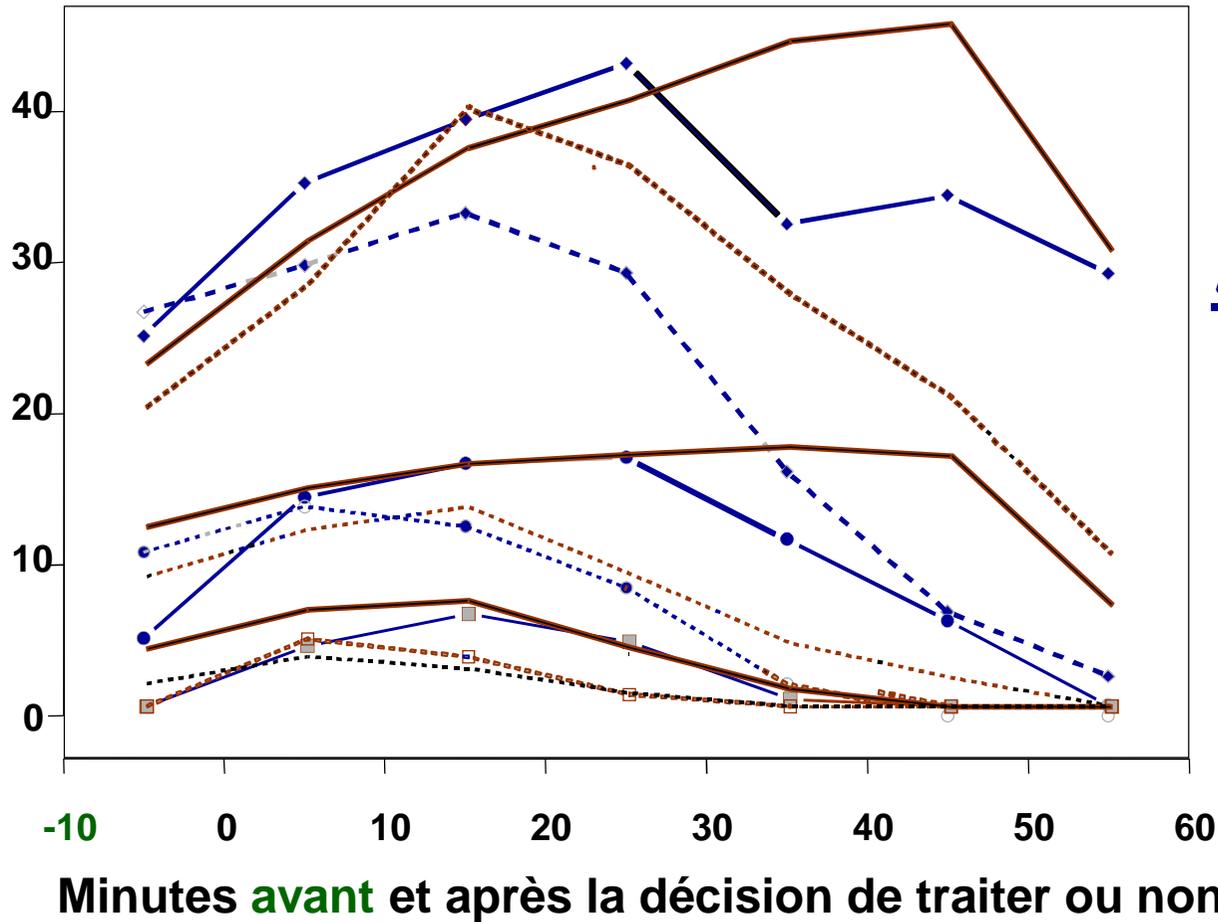
Exemple de traitement en Afrique du Sud, à la base de régénérescence



Résultats d'Afrique du Sud et du Mexique

avec tirage au sort entre un *placebo* (traits pointillés) et un sel hygroscopique (traits pleins)

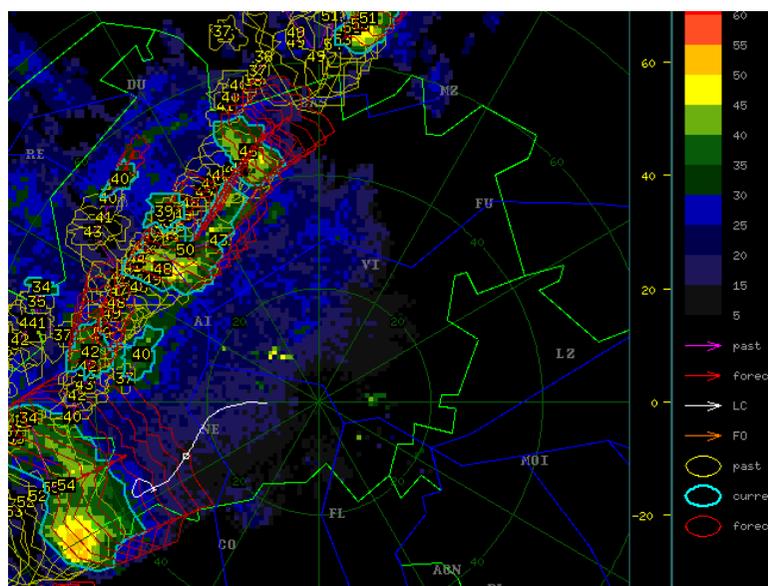
Masse de pluie (ktons) par minute



Rendement
accru de
40 %

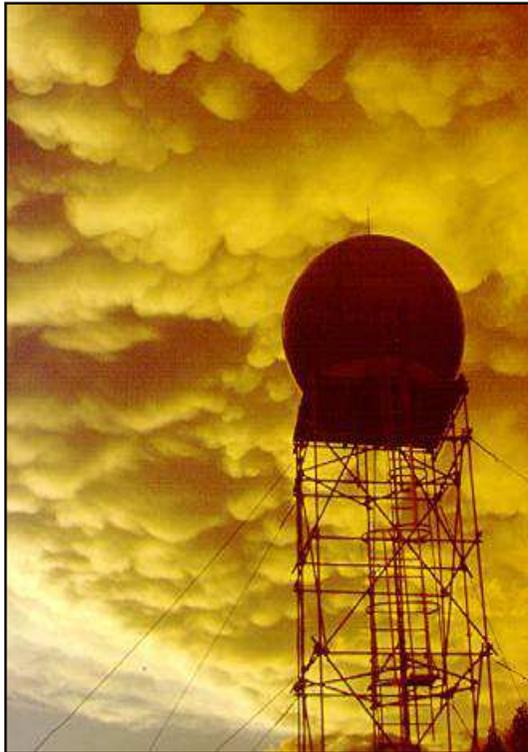
L'hypothèse de traitement avec des torches de sels hygroscopiques est appliquée en Moyenne-Garonne de 1994 à 2003

Outils

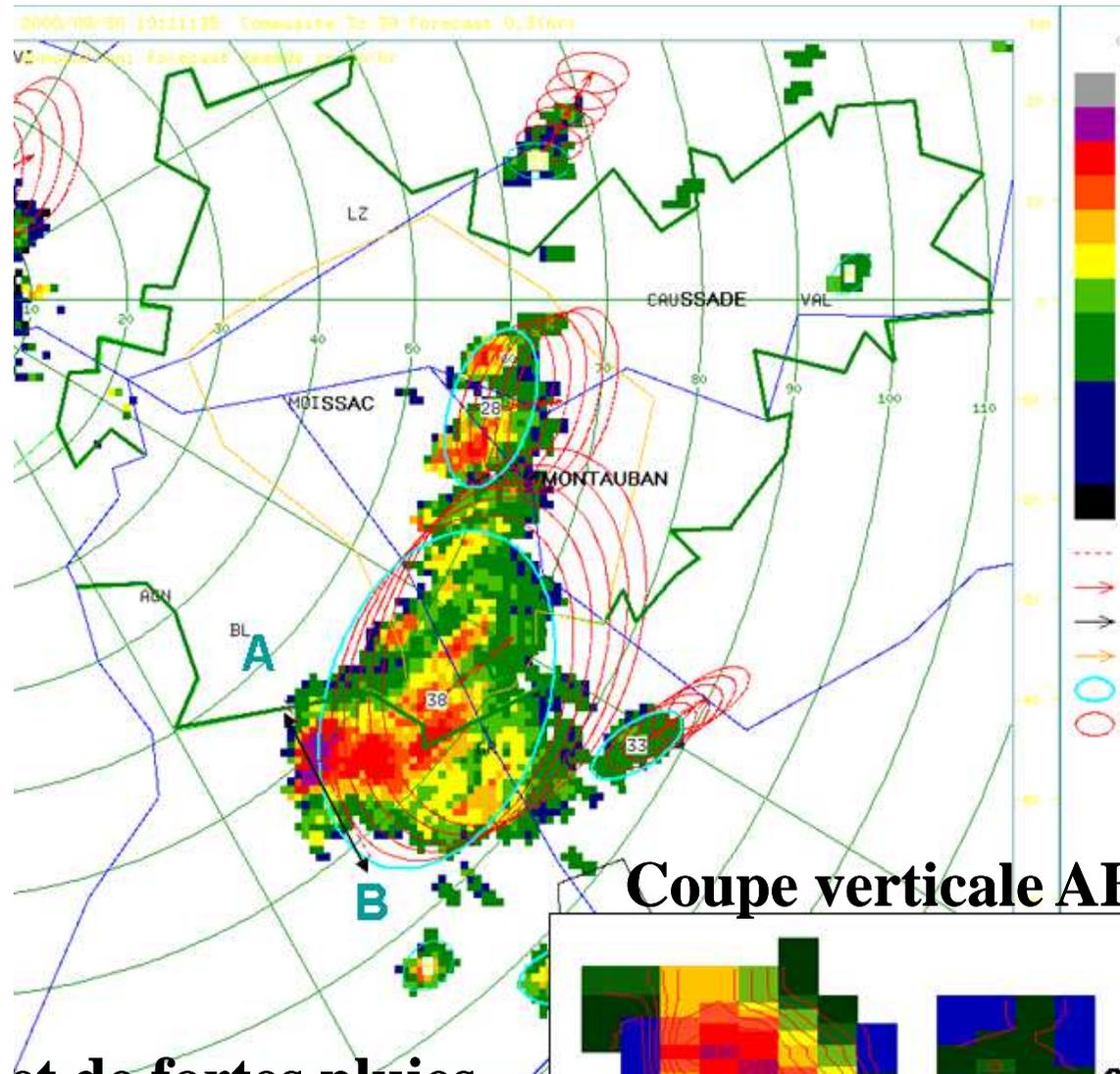


Le traitement dure au minimum 15 mn dans le flux ascendant de la future cellule de précipitation.

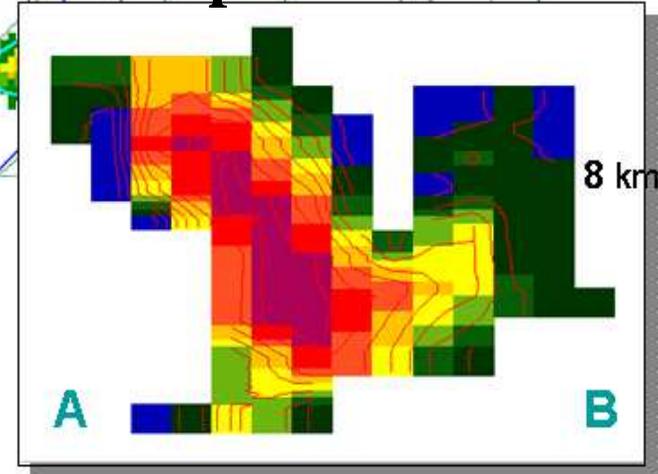
Outils



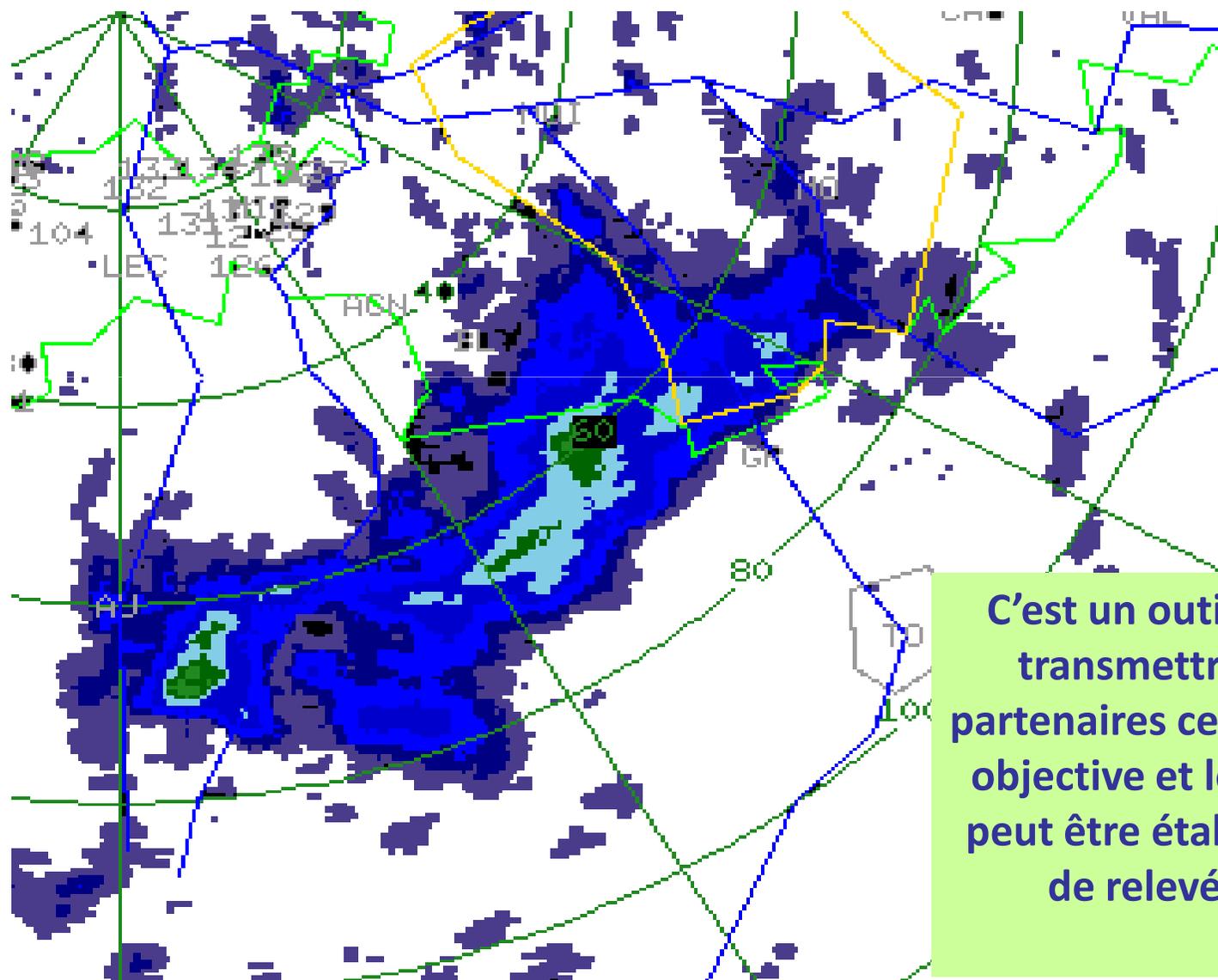
**Exemple d'orage
produisant de la grêle et de fortes pluies.
Présentation TITAN du
RADAR de l'ACMG
équipé avec RDAS,
Volume scan toutes les 3,5 mn**



Coupe verticale AB

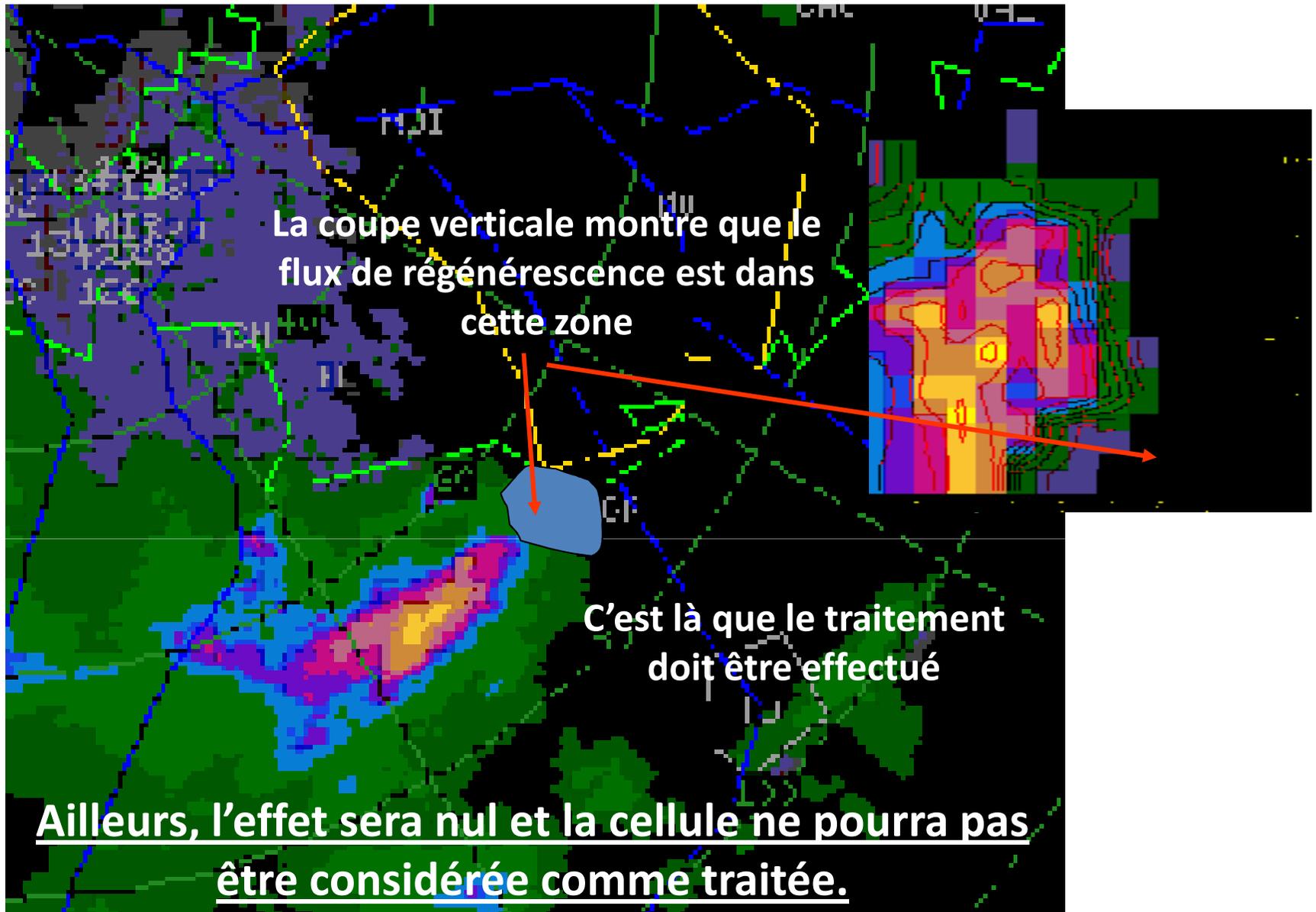


TITAN nous permet de suivre les quantités de pluies produites.



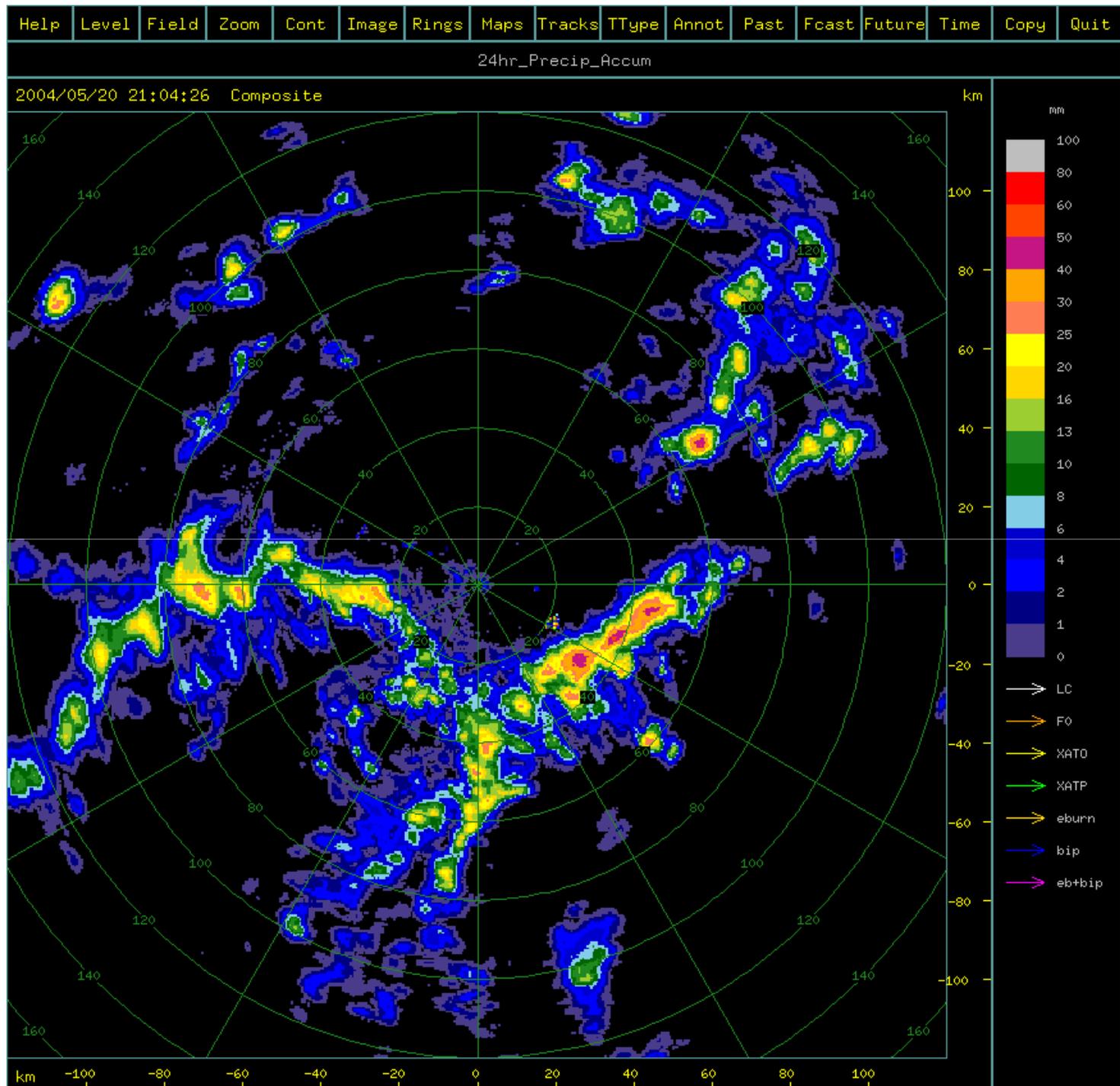
Pluies
cumulées le
16/08 vers
19h15

C'est un outil parfait pour transmettre à d'autres partenaires cette information objective et localisée et qui peut être étalonnée à partir de relevés localisés



Ainsi, il est possible de rechercher objectivement la signature radar du traitement et son éventuelle influence sur la précipitation des 20 à 40 mn à venir.

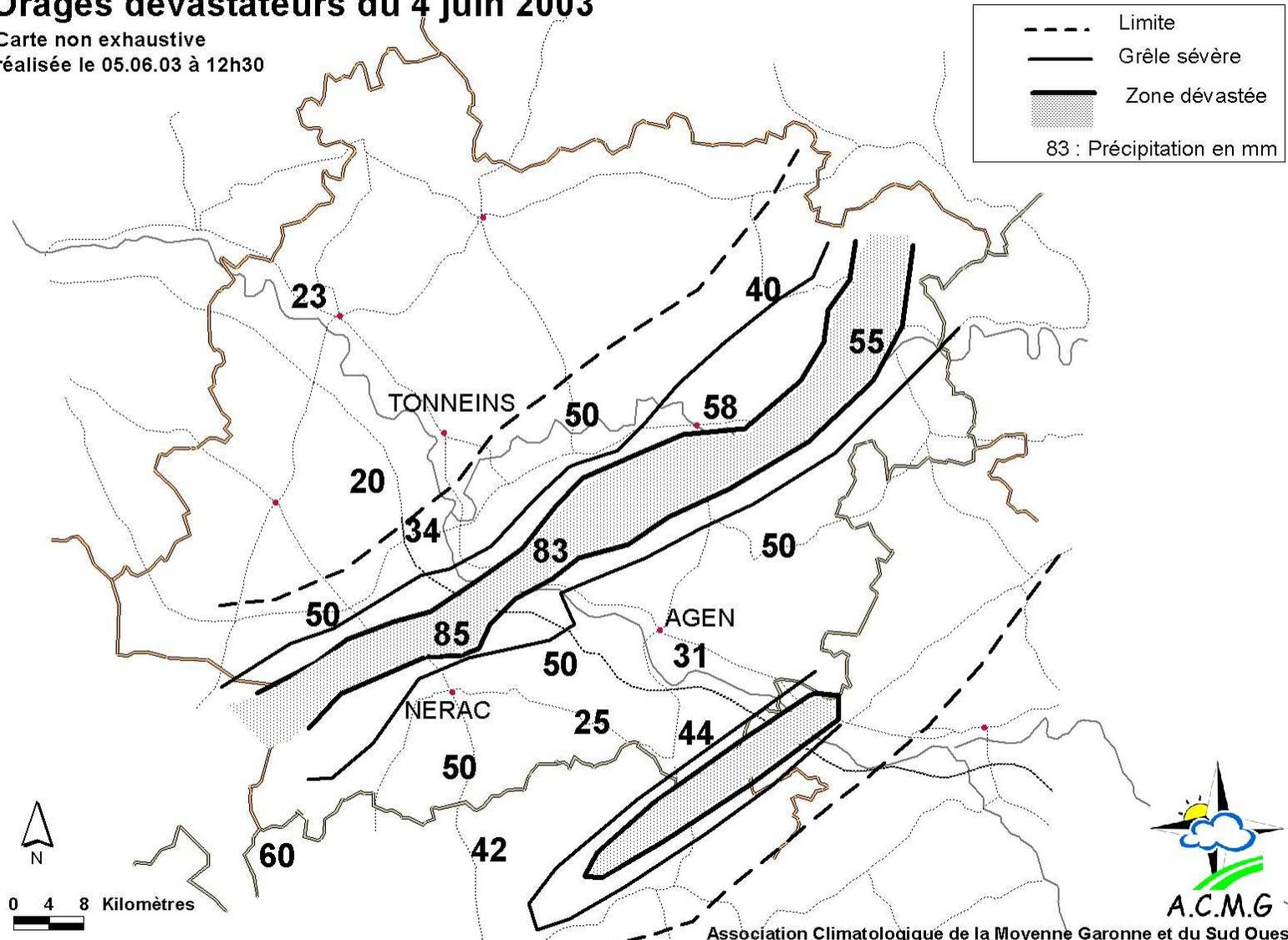
Radar =
précision



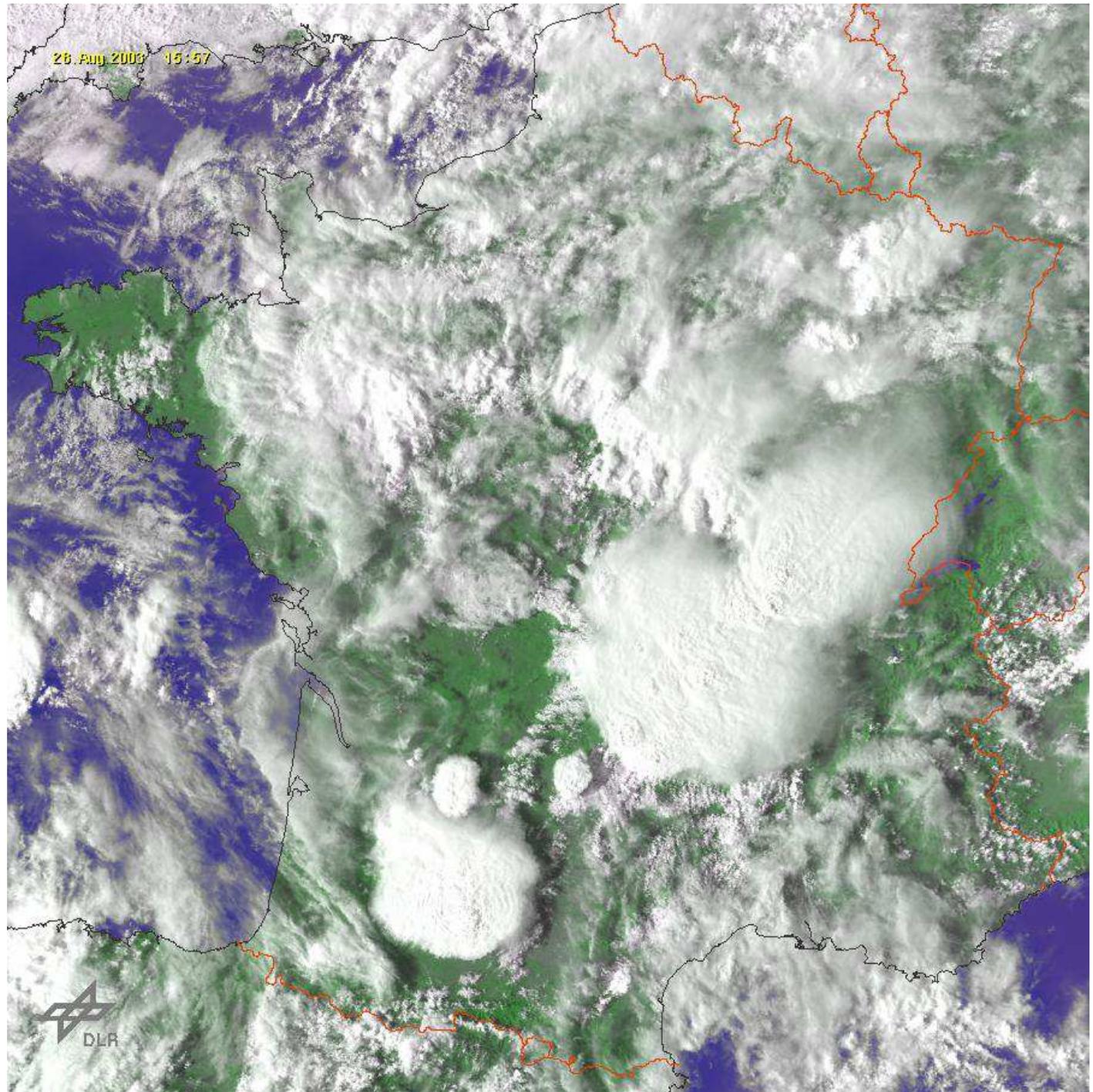
D'où une interprétation facilitée

Orages dévastateurs du 4 juin 2003

Carte non exhaustive
réalisée le 05.06.03 à 12h30



Et les
satellites
en plus



Plusieurs publications scientifiques sont acceptées entre 1998 et 2003

- La Sécheresse
- OMM en Thaïlande, au Maroc et en Russie

The concept of cloud base seeding with hygroscopic salts flares for hail prevention and rain precipitation. An actualisation.

Berthoumieu Jean-François

A.C.M.G. Aérodrome Agen, 47520 Le Passage, France. acmg@acmg.asso.fr

Abstract: A new method of hail prevention using hygroscopic flares has been used since 1995 in the South-West of France. The hypothesis is to accelerate the precipitation process with the goal of reducing the mean altitude of the centre of gravity of the storm. It is safe for Environmental aspects as it uses only calcium or sodium chloride produced by flares carried by aircraft at the cloud base. The mass of salt is minuscule compared to the mass of water produced by a storm. This method includes the potential for precipitation enhancement, as it was first developed in South-Africa for that purpose.

Une étude avec des statisticiens renommés - 1999

CLOUD BASE HYGROSCOPIC SEEDING

TO REDUCE HAIL IN THE SOUTH WEST OF FRANCE

CONCEPTS AND FIRST RESULTS

Berthoumieu Jean-François et Alexandre Loretz. A.C.M.G. Agen. France.

André Carlier, Fatima Abdellani, Elisabeth Lambert et Jean-René Mathieu .

Mais des gens pensent que l'on leur prend la pluie et en 2003, suite à des incidents en Tarn-et-Garonne, l'ACMG arrête toute forme de lutte active contre la grêle!

L'ACMG se focalise sur le pilotage de l'irrigation de précision





Association Climatologique de la Moyenne-Garonne

Les années
2000

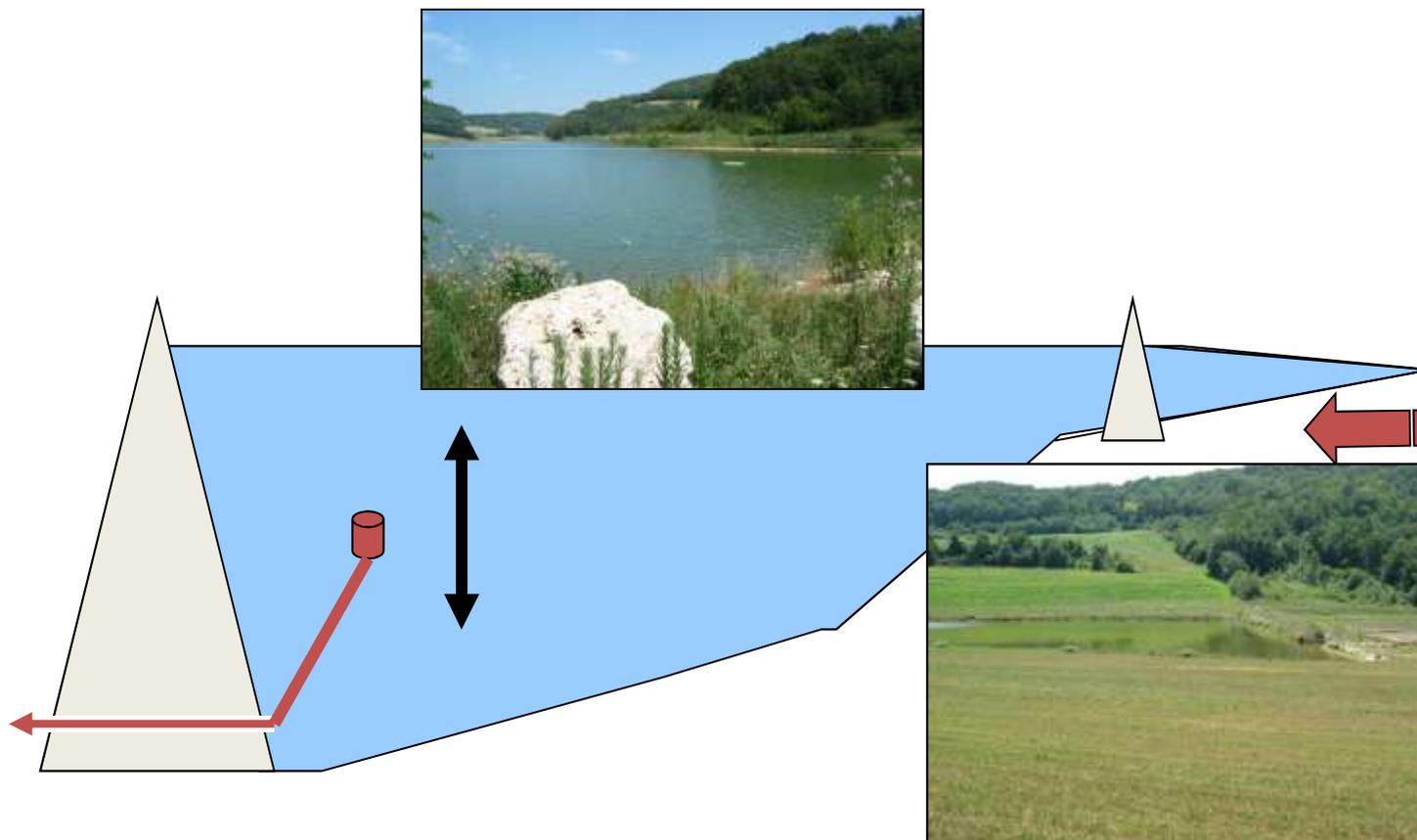


Association Climatologique de la Moyenne-Garonne

Les années 2000



Lac de 2ème génération
sur le Bourbon





Association Climatologique de la Moyenne-Garonne Les années 2000

Les Débuts d'Agralis Services



Agralis services

Accueil | News | Services | Produits | Nous contacter | Espace Clients

Services

- Gestion de l'irrigation
- Agropédologie
- Les risques en agriculture
- Agriculture de précision
- Cartographie
- Eau et environnement
- Météorologie et expertise
- Energie et biomasse

AGRALIS Services

Agralis Services est une entreprise compétitive composée d'une équipe pluridisciplinaire d'ingénieurs et techniciens. Nous intervenons auprès de tous les producteurs, entreprises et collectivités locales sensibles aux domaines suivants :

- o Pilotage de l'irrigation
- o Ressources en Eau
- o Agropédologie
- o Risques climatiques
- o Météorologie et expertise

Nous mettons toutes nos compétences à votre service pour rechercher les meilleures solutions adaptées à votre métier. La gestion de l'eau fait partie de notre savoir faire car nous aidons nos clients depuis plusieurs années à économiser l'eau tout en améliorant la qualité de leurs produits et la



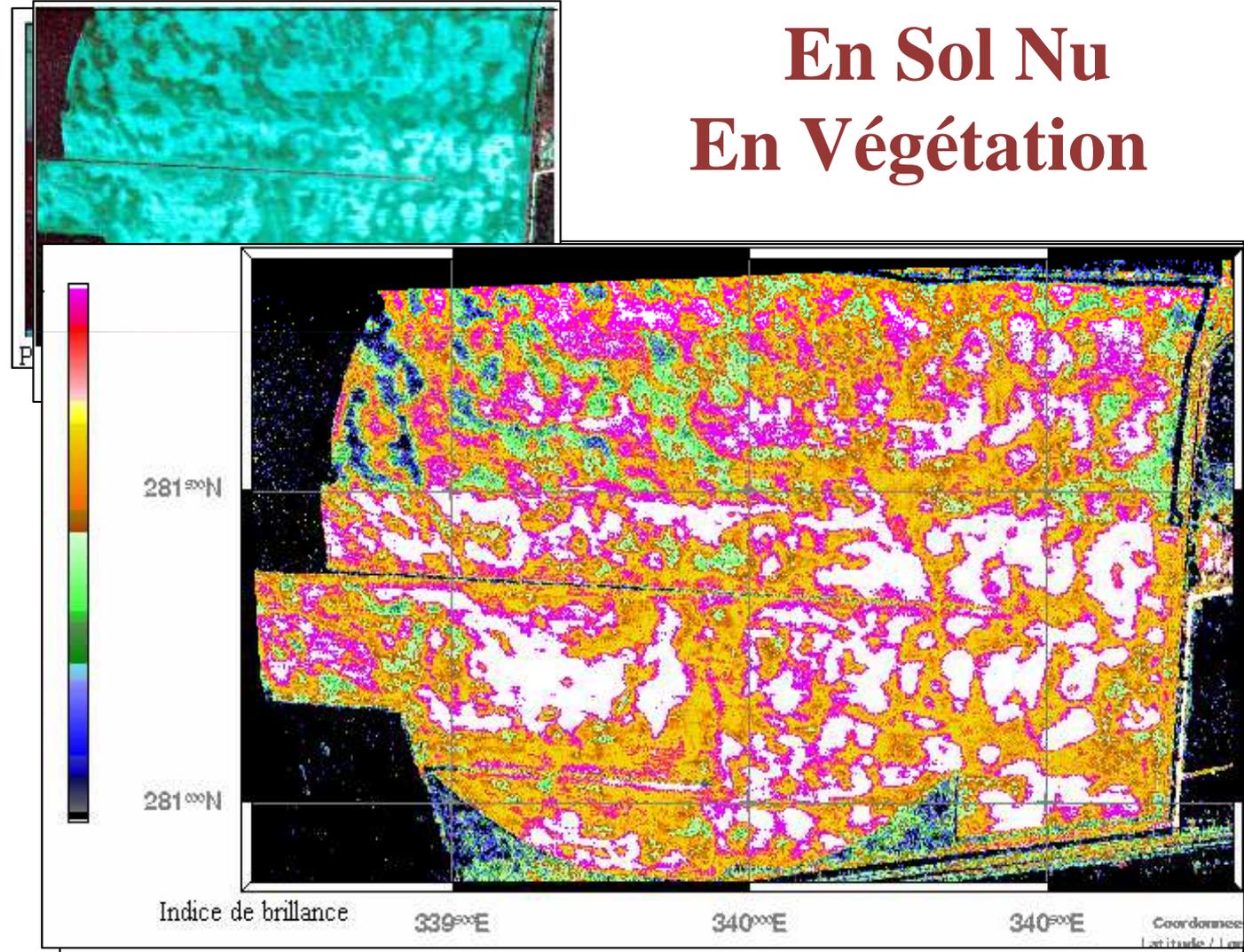


Association Climatologique de la Moyenne-Garonne

Les années 2000

Téledétection Aérienne

En Sol Nu
En Végétation

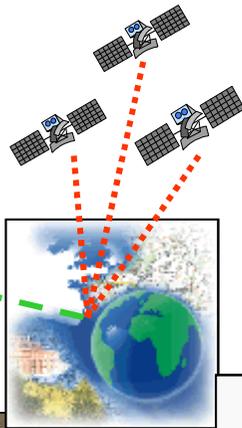




Association Climatologique de la Moyenne-Garonne

Les années 2000

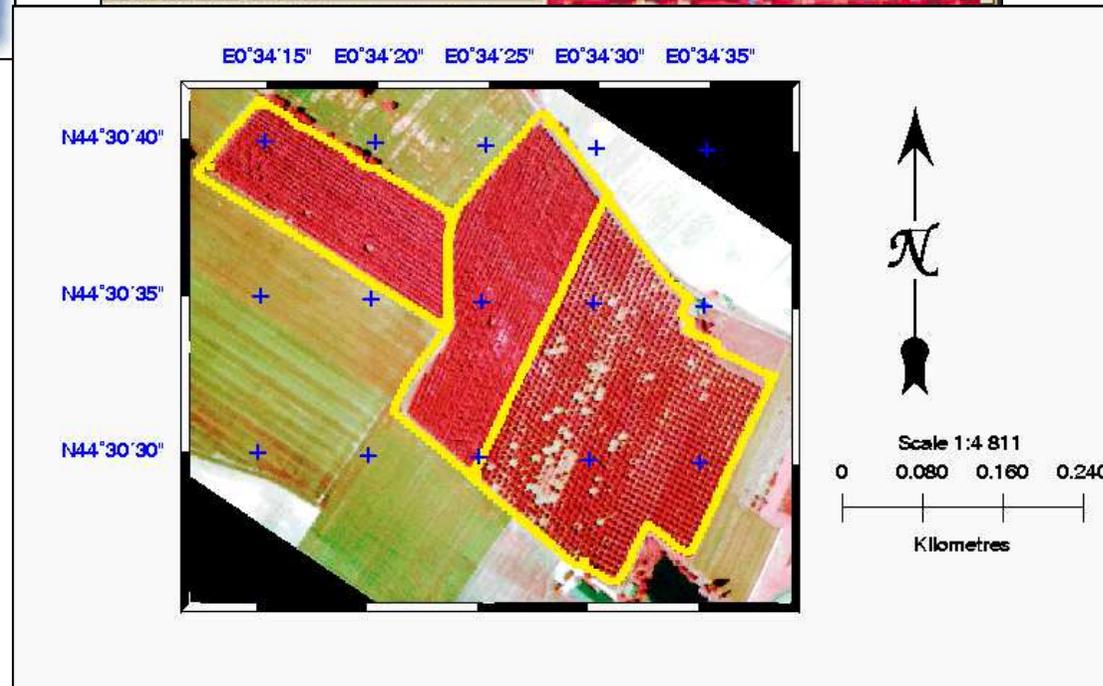
GPS et Géoréférencement



Photographie
aérienne



GPS Différentiel





Association Climatologique de la Moyenne-Garonne

Les années 2000

Des Distinctions

Les Alcyons, trophées de l'agence de l'eau 2008

La cérémonie des Alcyons s'est déroulée le 16 juin à Toulouse. Les actions récompensées et les points forts de cette soirée.

L'Alcyon oiseau mythique

Symbole d'harmonie, l'Alcyon oiseau mythique a été créé en 1999 par l'Agence de l'eau de la Garonne. Les établissements lauréats reçoivent tous un trophée en forme d'Alcyon.



... afin de réduire leur consommation d'eau pour les espaces verts.

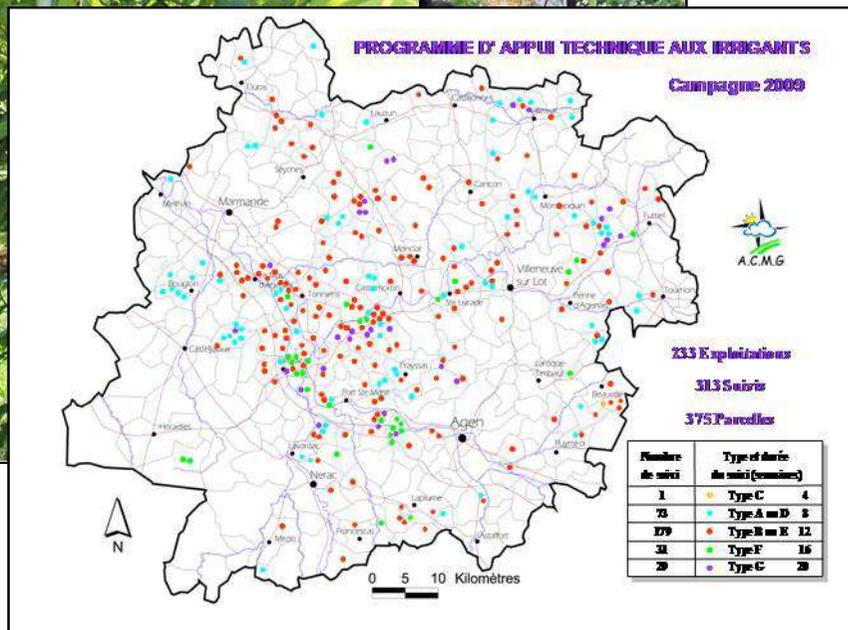
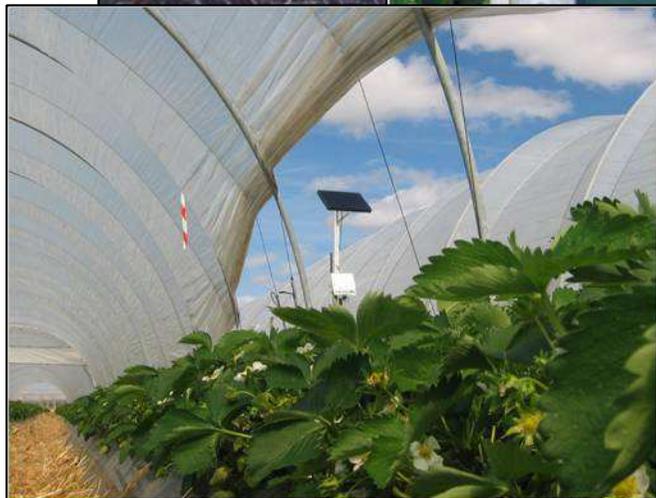
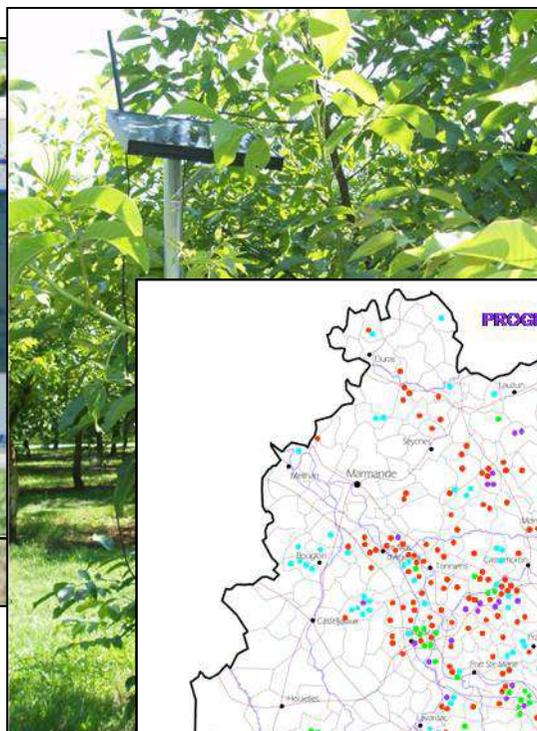
... dans les sols profonds où il y a des réserves naturelles d'eau par captivité.



Association Climatologique de la Moyenne-Garonne

Les années 2000

L'Irrigation de Précision





Association Climatologique de la Moyenne-Garonne Les années 2000

50 ans !!!

TELECHARGEMENT FICHIER L'Association Climatologique de la Moyenne-Garonne et du Sud-Ouest

IRRIGATION de P... > PRECIPITATION

APPUI TECHNIQUE AUX IRRIGANTS- Référentiel de parcelles

CONSULTER
Conseils

TELECHARGER
Données

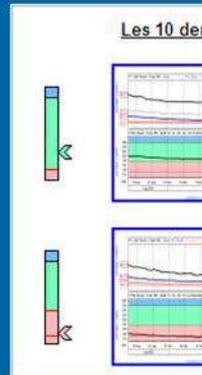
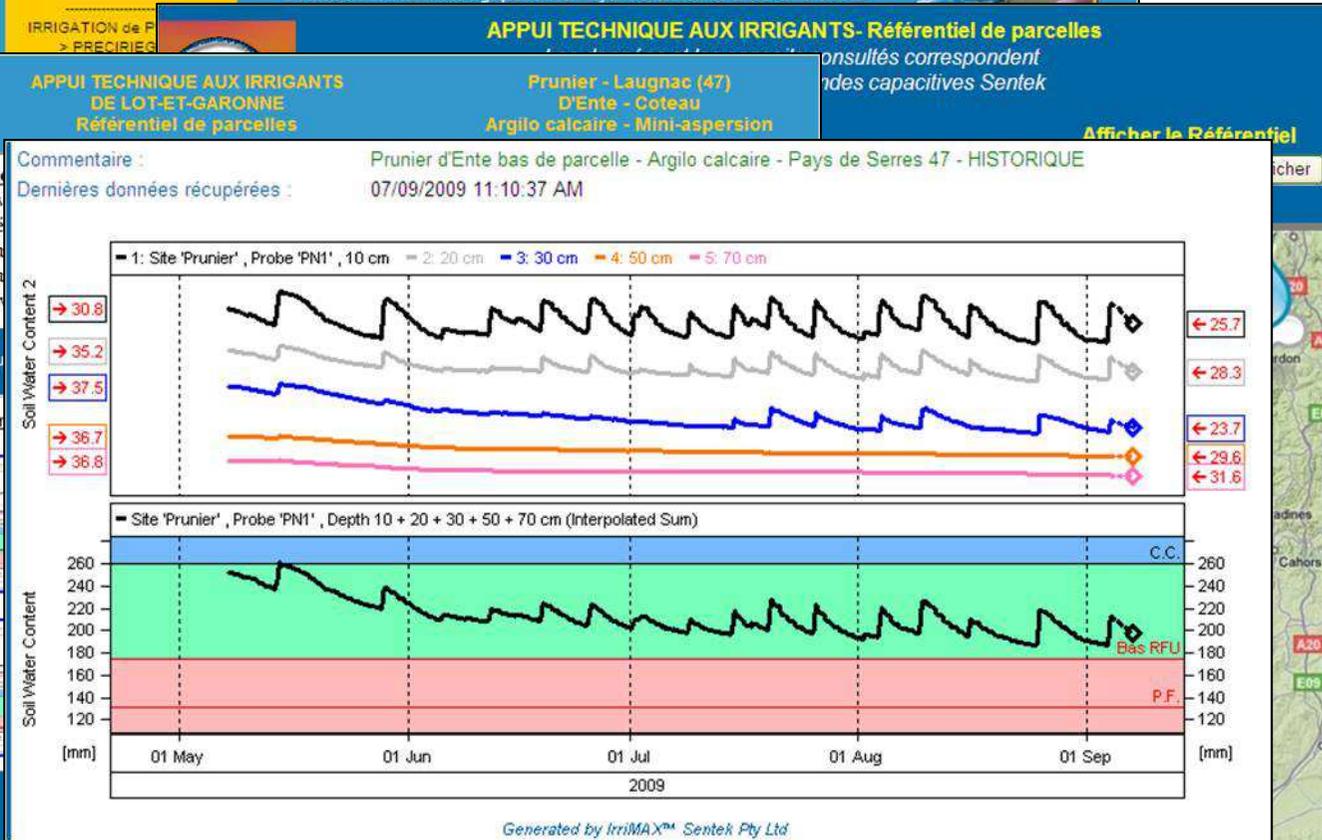
CONTACTER
Patrick DEBERT



Conseil particulier du Lundi 7 Sep
La consommation apparente dans v...
La RFU est entièrement consommé...
L'irrigation du 3 au 4 permet d'assu...
Encore au moins une dizaine de jou...
Si possible, poursuivre l'irrigation a...
Dernier conseil

Liste des graphiques pou...

Les 10 der...



Association Climatologique de la Moyenne-Garonne

Les années 2000





Association Climatologique de la Moyenne-Garonne

Les années 2000



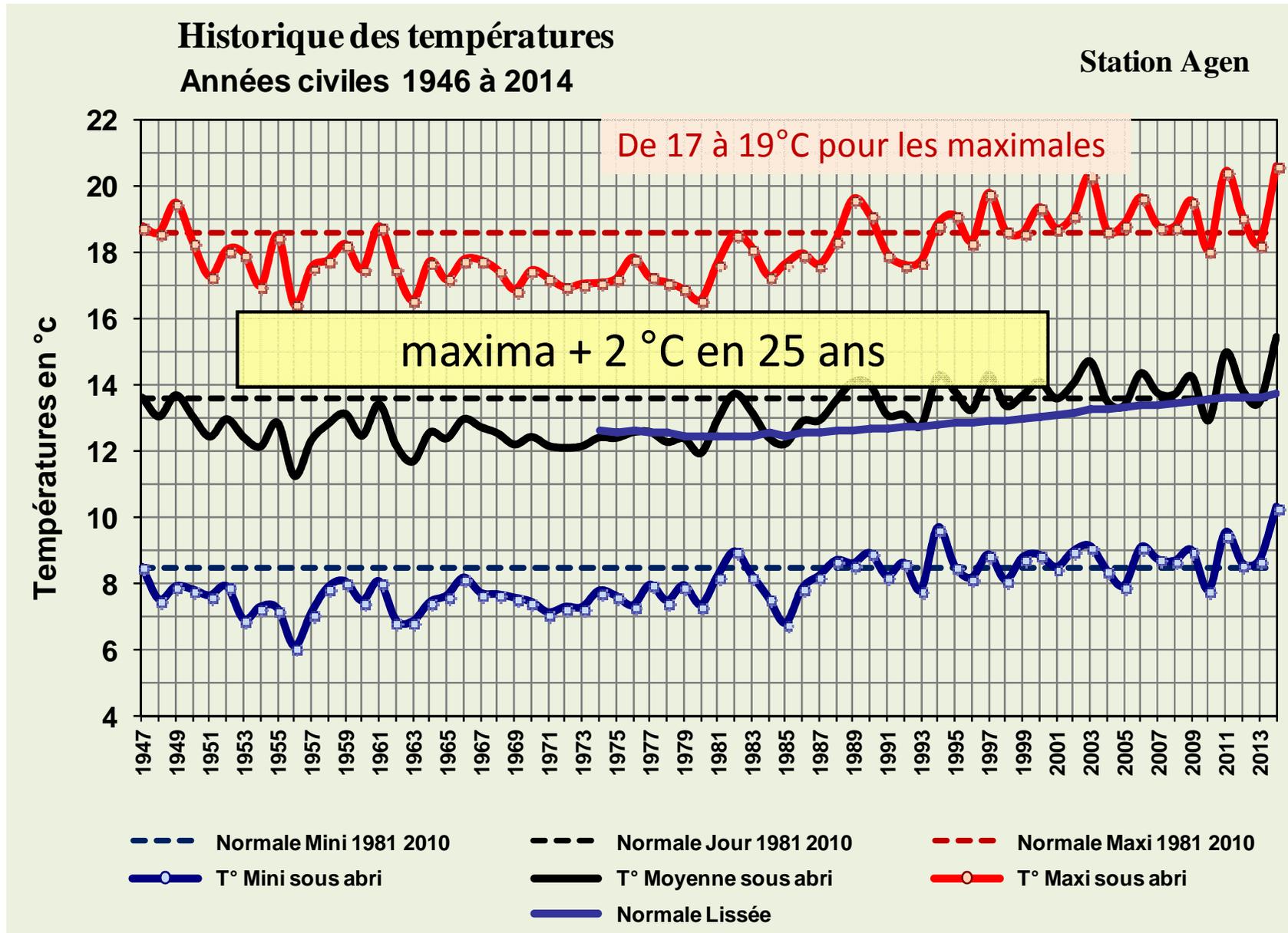


Association Climatologique de la Moyenne-Garonne

Les Acteurs

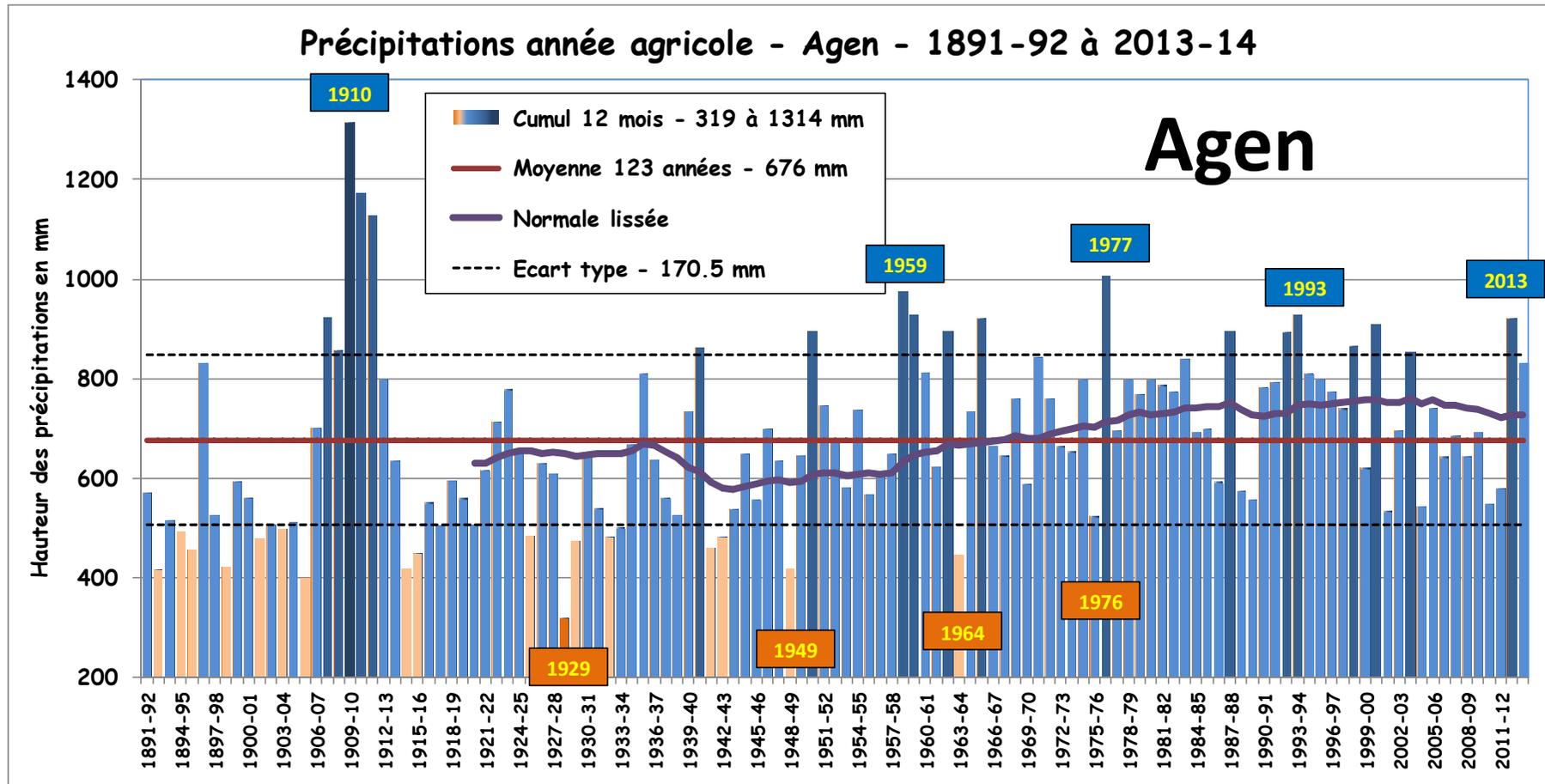


Exemple: Sud-ouest de la France - Agen



Le réchauffement climatique est bien là!

VARIABILITÉ DES PLUIES DANS LE TEMPS



Années et saisons sèches, contraintes hydriques

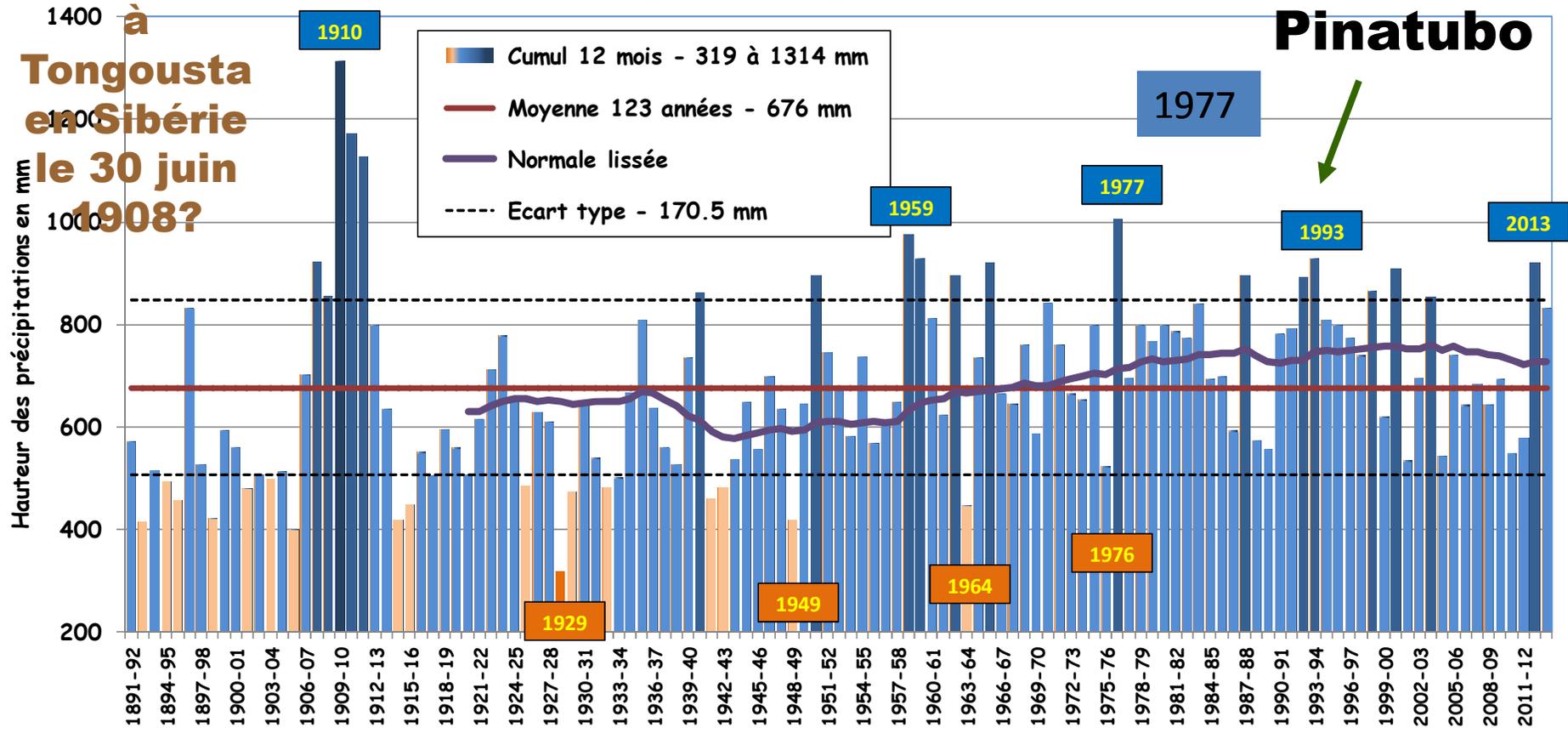
Mais pluies annuelles et hivernales suffisantes pour reconstituer les réserves et organiser le stockage de l'eau



Météorite à Tongousta en Sibérie le 30 juin 1908?

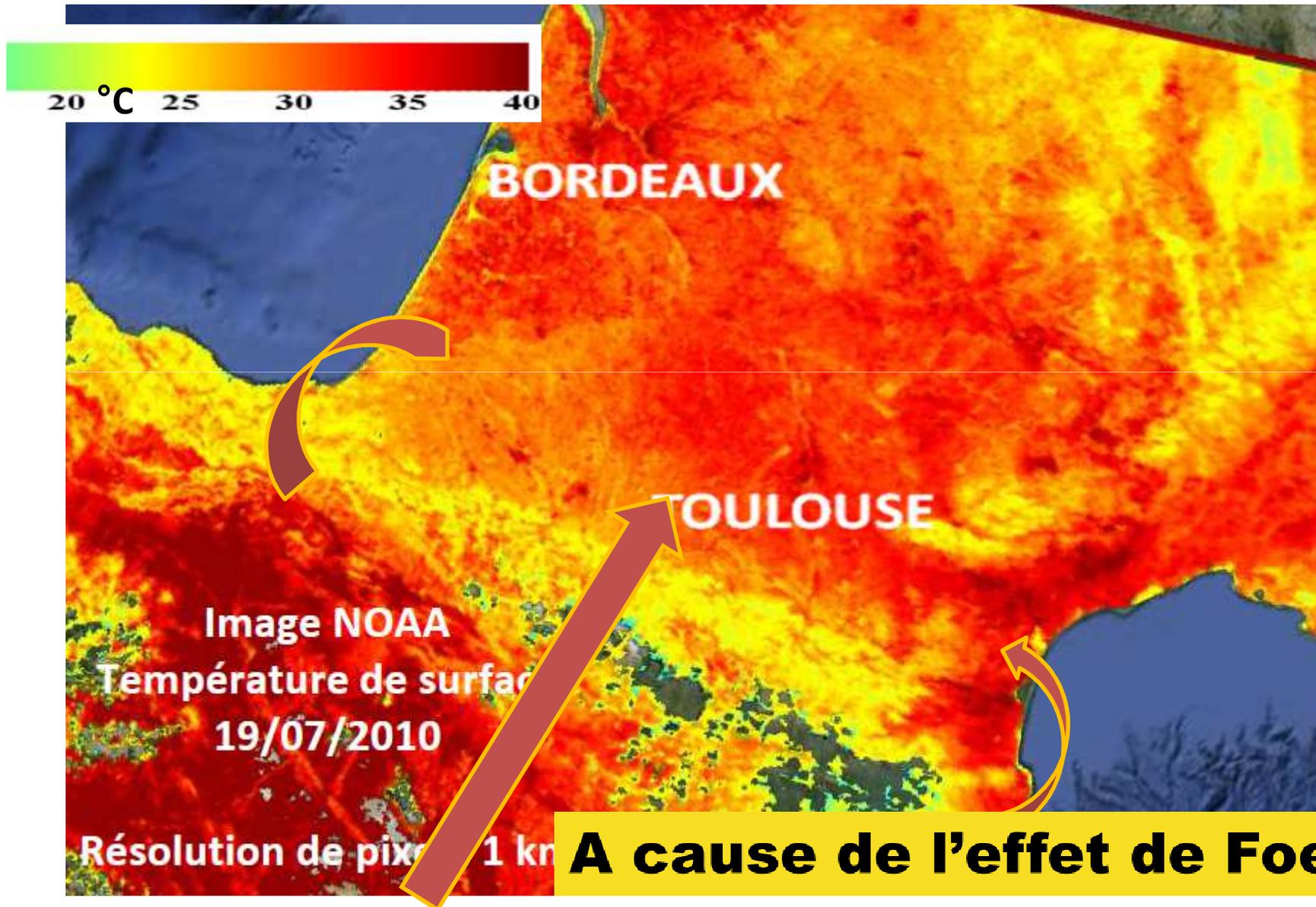
Précipitations année agricole - Agen - 1891-92 à 2013-14

Pinatubo

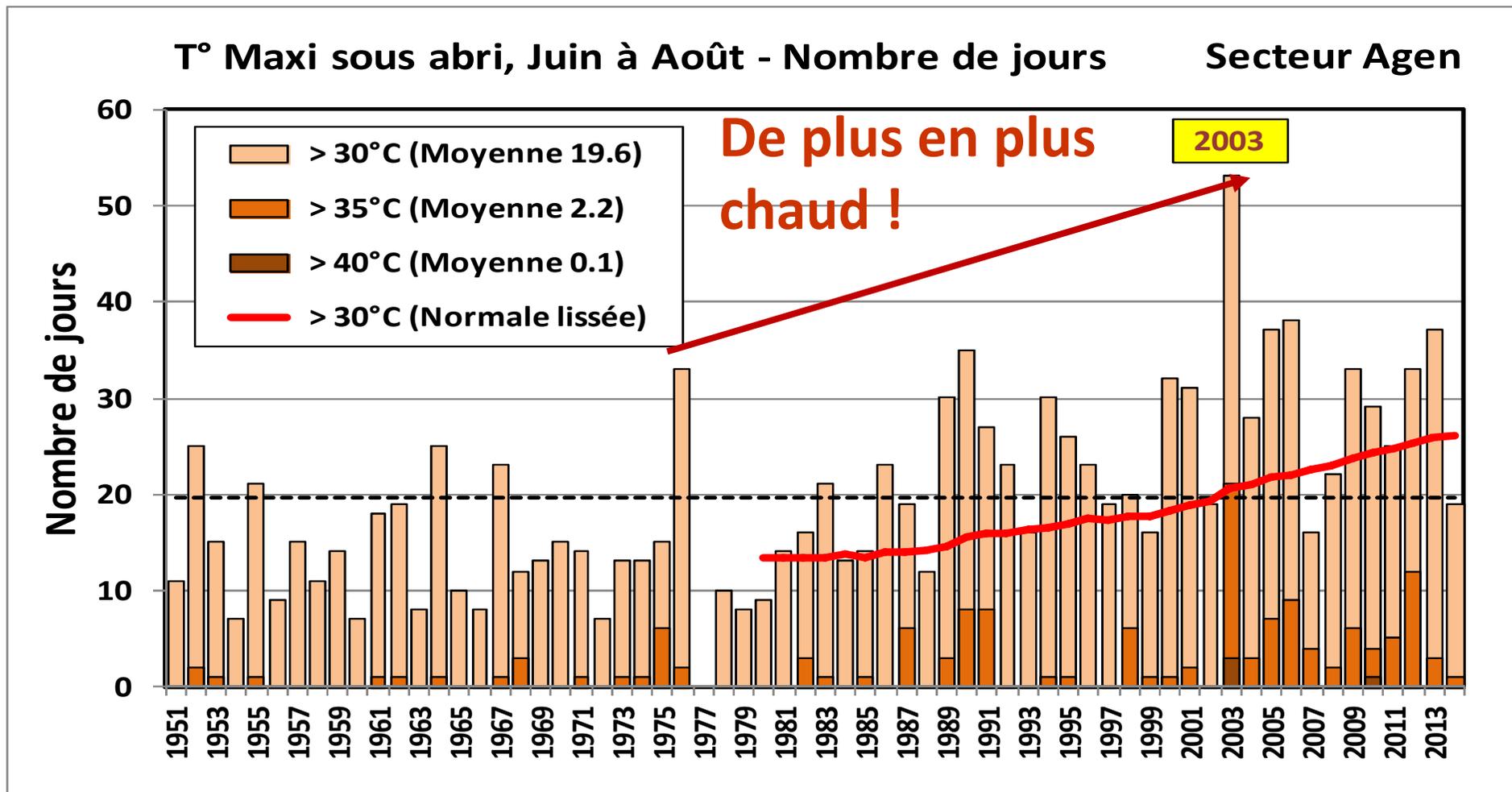


**Par contre impossible de prévoir les
volcans ou les météores qui
impactent notre climat**

Situation de canicule de Sud Le Sud-Ouest le premier concerné



RÉCHAUFFEMENT DES TEMPÉRATURES



1 journée sur 3 à plus de 30°C, ce qui pousse à la climatisation !

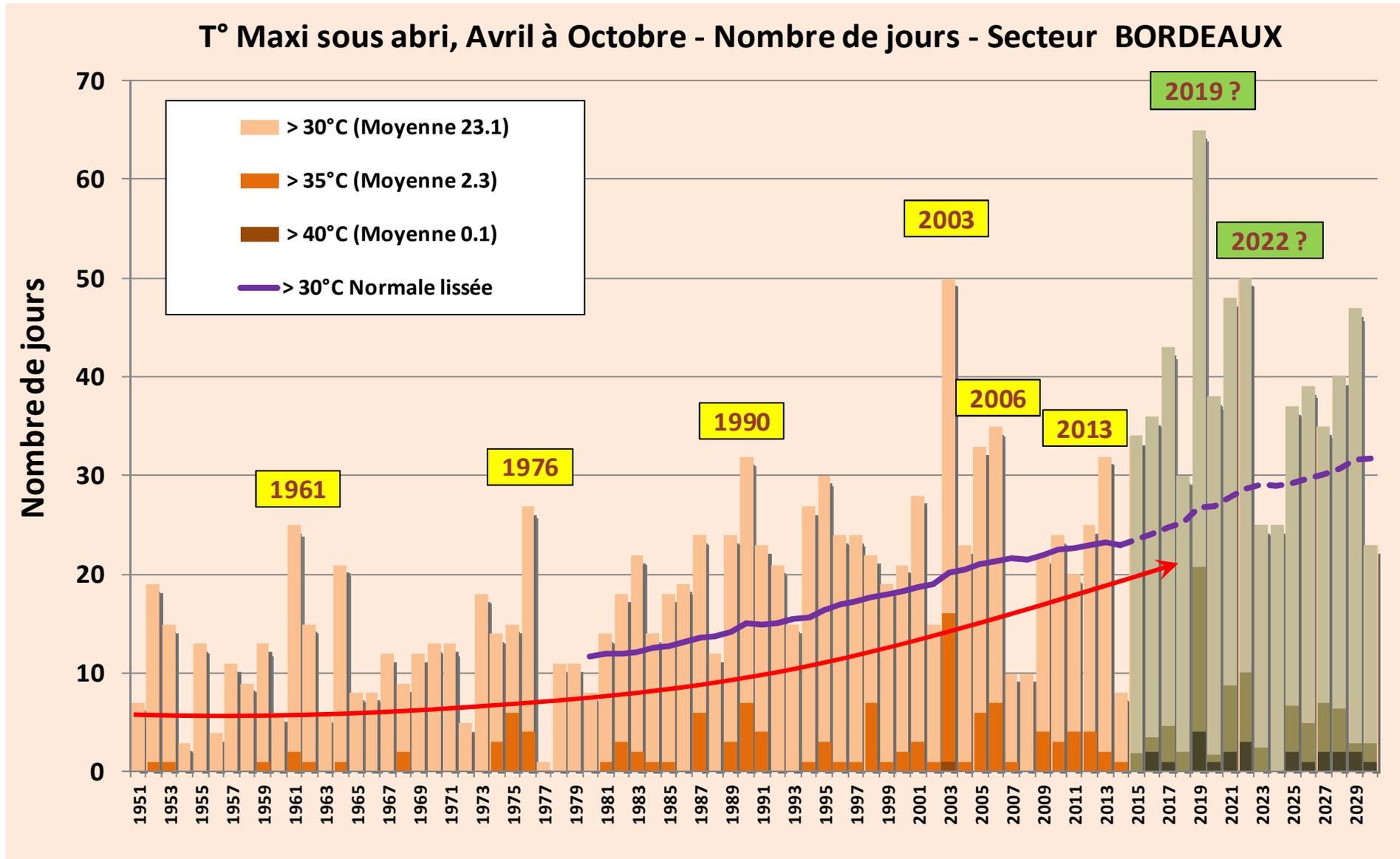
Des températures minimales également en progression

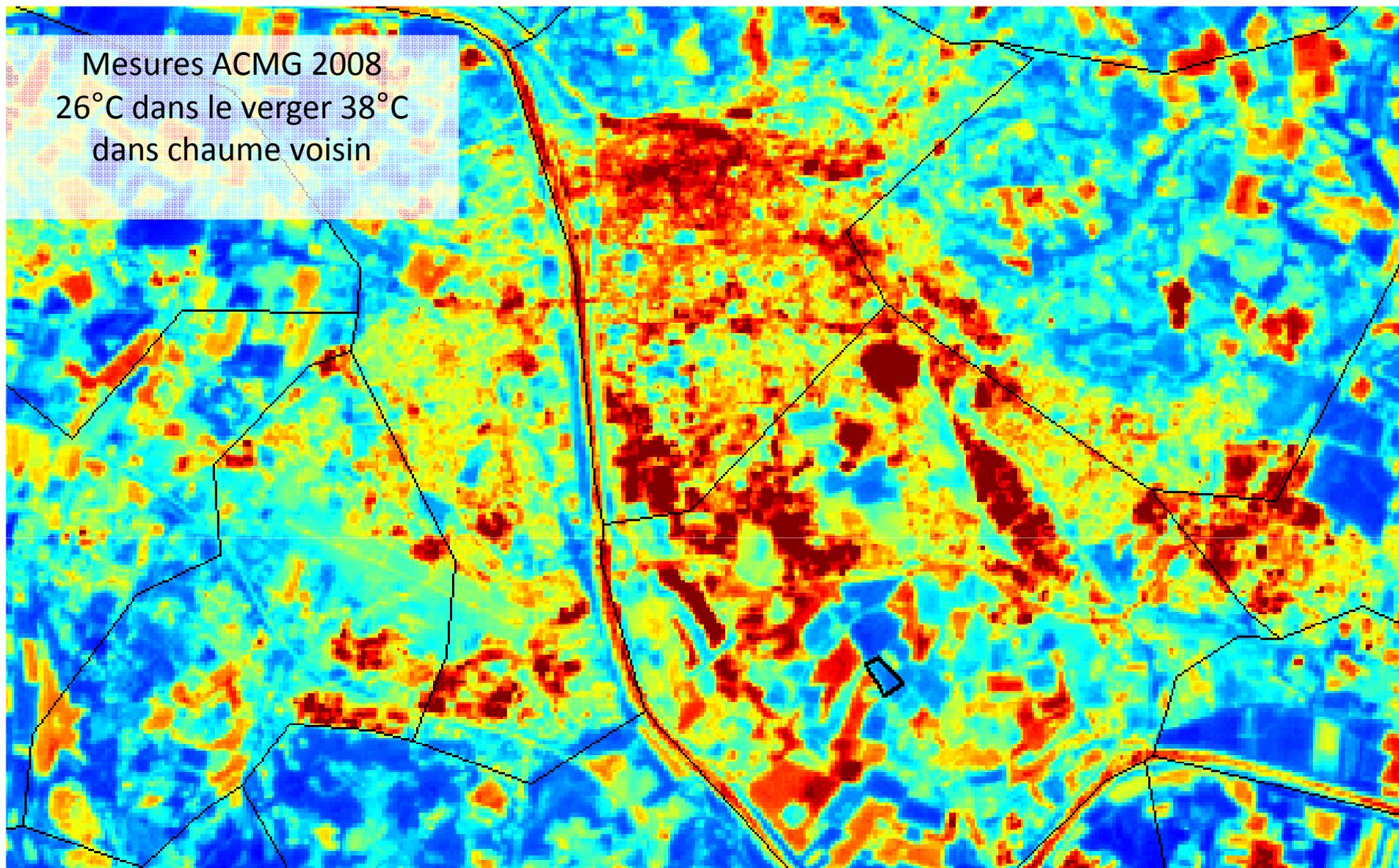
L'îlot de Chaleur Urbain (ICU) accentue le réchauffement en ville

Inconfort thermique, risques de pollution, problèmes de santé publique



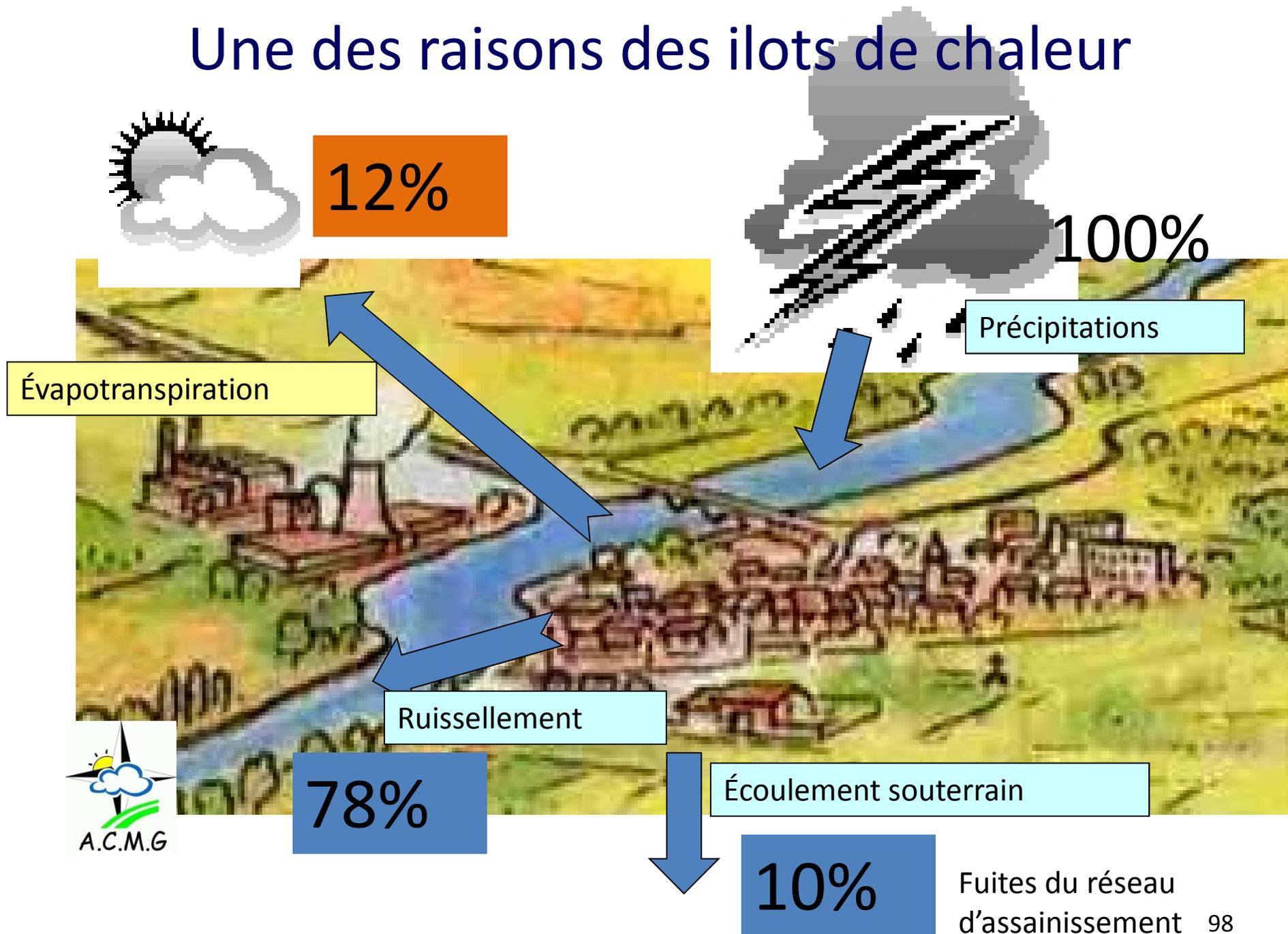
Quel futur? 2003 plus fréquemment





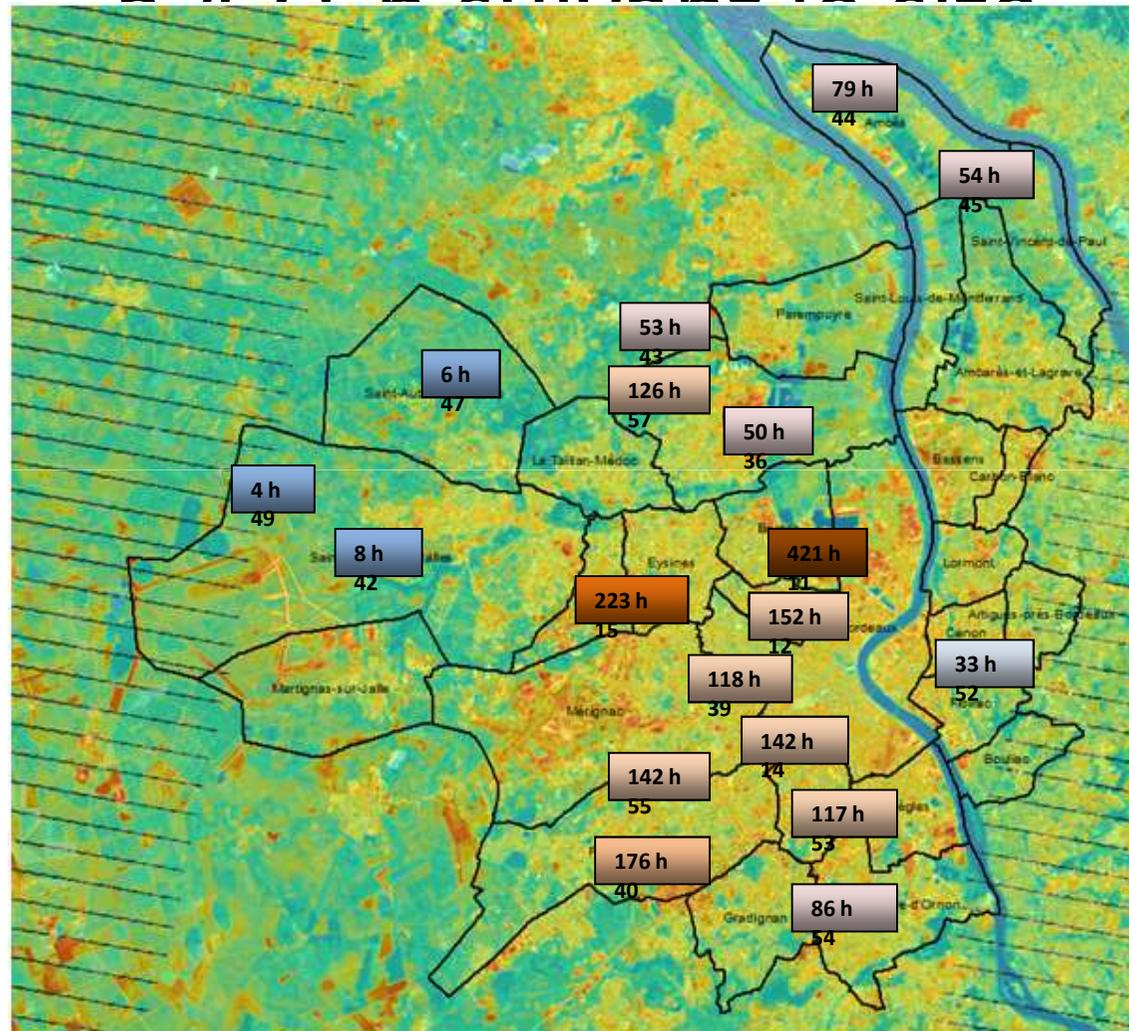
Lien Micro Climatique entre Ville et Campagne ?

Une des raisons des ilots de chaleur



Évaluation variable d'une ville à une autre

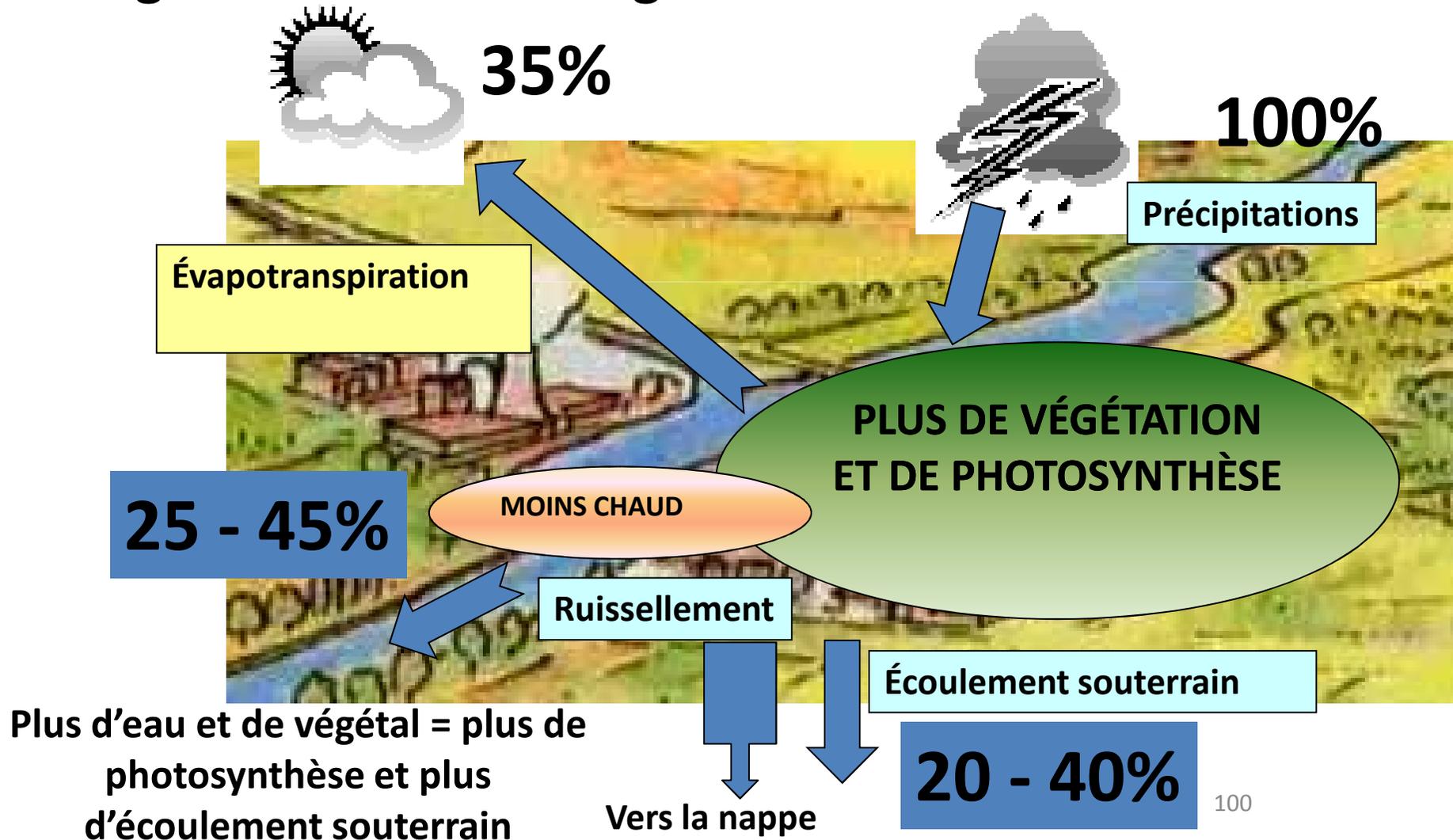
Le nombre d'heures au-dessus de 30 °C entre juillet et septembre 2014 varie de 4 à 421 h suivant le site





L'EAU ET LA VÉGÉTATION COMME MOYEN D'ATTÉNUATION ET D'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

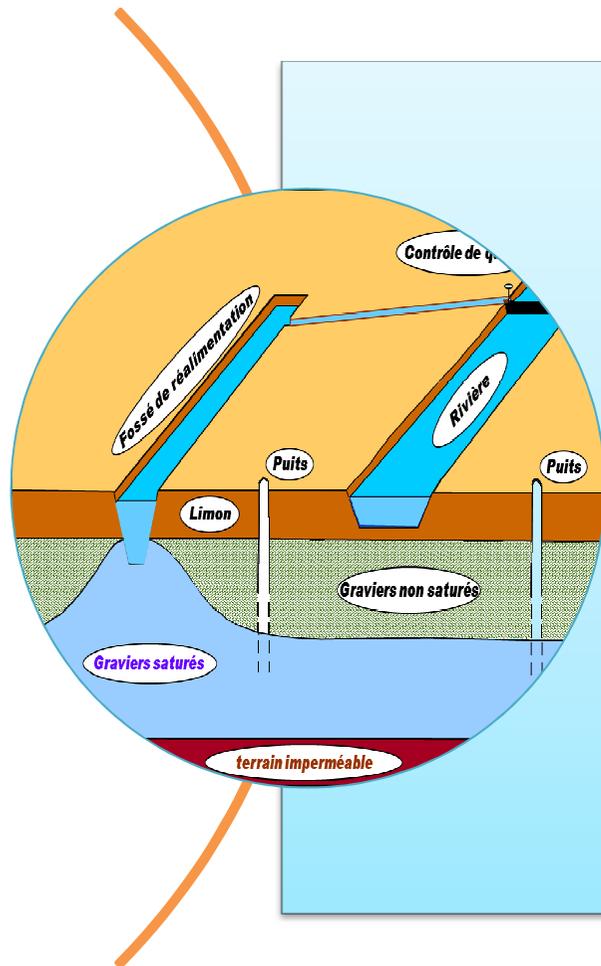
Limitation de l'imperméabilisation des sols par la végétalisation + stockage et diffusion de l'eau en ville





Les 3 axes structurants

« Un positionnement spécifique lié au réchauffement climatique nécessitant une gestion complexe de l'eau (technologies fines / smart). »



Axe 1 : La gestion de la ressource en eau

- Préservation de la ressource en eau afin d'en disposer en abondance en ville et à la campagne durant l'été (stockage inter-saisonnier)
- Récupération et utilisation à grande échelle des eaux pluviales et eaux usées.
- Contribution au bon équilibre écologique et préservation de la biodiversité.

En parallèle un travail de recherche sur la pluie se poursuit avec l'OMM et aujourd'hui avec différents pays



Un exemple au Burkina Faso



Photo JFB - 2005

Le traitement est effectué dans la zone ascendante le plus bas possible

Cela permet aux noyaux de condensation de se gaver au maximum de vapeur d'eau pour avoir une taille maximale avant d'atteindre la base du nuage



Avec ainsi plus de chances d'accélérer le processus de pluie par coalescence

La même cellule 5 minutes après la fin de l'ensemencement = 5 millions de m³ d'eau

Pas de phase glace





PROGRAMME OPEN

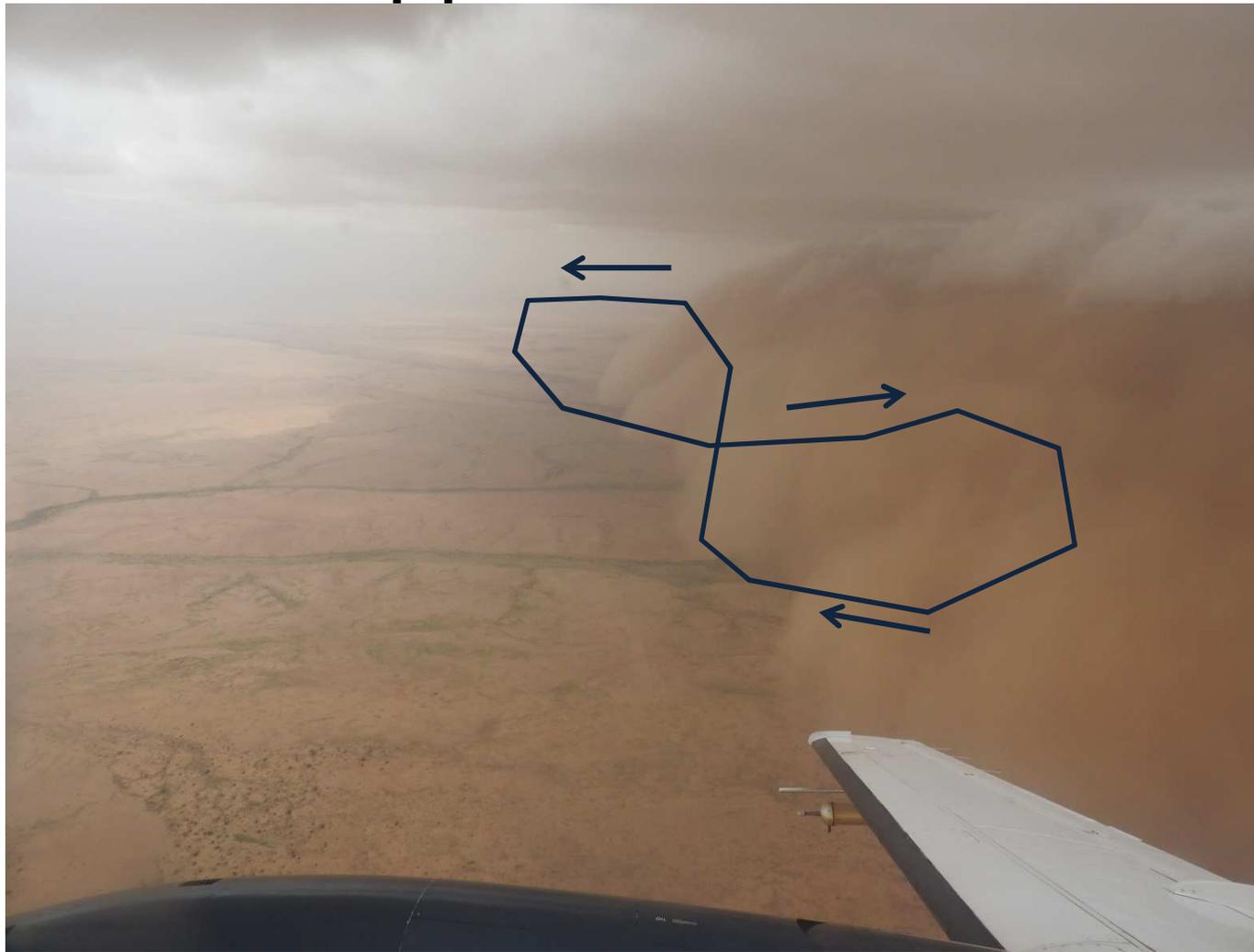
Complément formation des
équipages – 2015

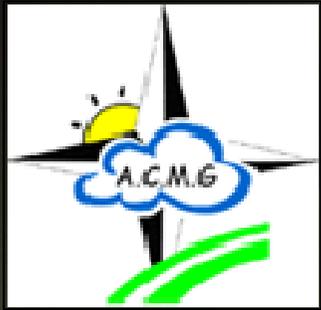
Dr Jean-François Berthoumieu

Photos JF Berthoumieu sur King 200 T-TAPP



Restez en dehors du pied de sable sous le nuage et faites des 8 en tournant à l'opposé du mur





MERCI

Jean-François Berthoumieu
Le Passage 21 septembre 2015