



cfms

COMITÉ FRANÇAIS DE MÉCANIQUE
DES SOLS ET DE GÉOTECHNIQUE



**PRÉFET
DE LA RÉGION
CENTRE-VAL DE LOIRE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

**Direction régionale de l'environnement
de l'aménagement et du logement**

**Sébastien Patouillard
Chef du Département
Études et Travaux de la Loire**

Journée Scientifique et Technique

Impact du changement climatique sur les digues de protection de la Loire Moyenne éléments de connaissance



cfms

COMITÉ FRANÇAIS DE MÉCANIQUE
DES SOLS ET DE GÉOTECHNIQUE



**PRÉFET
DE LA RÉGION
CENTRE-VAL DE LOIRE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

**Direction régionale de l'environnement
de l'aménagement et du logement**

**Sébastien Patouillard
Chef du Département
Études et Travaux de la Loire**

Impact du changement climatique sur les digues de protection de la Loire Moyenne : éléments de connaissance

Impact du changement climatique sur les digues de protection de la Loire Moyenne : éléments de connaissance

1-Contexte



Début des réflexions en 2010 menées par la DREAL CVL, dans le cadre des études de dangers des digues de classe A de la Loire moyenne :

- Etude de l'hydrologie et définition des hydrogrammes de référence entre la confluence de l'Allier et de la Maine
- Analyse du risque d'embâcles
- Analyse des conséquences du changement climatique sur :

Les crues et étiages

Les glaces et embâcles

Les analyses ont été produites par Hydro-expertises en 2011.

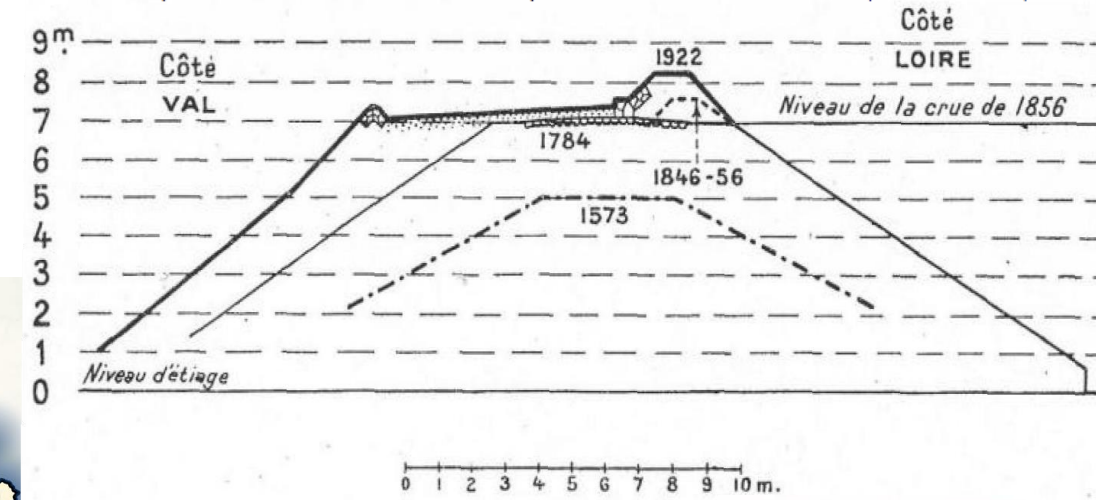
Mise en perspective des résultats de ces études (Hydro-Expertises 2011) avant la réalisation des nouvelles EDD prévues en 2023 pour les digues de classe A du bassin Loire.

Impact du changement climatique sur les digues de protection de la Loire Moyenne : éléments de connaissance

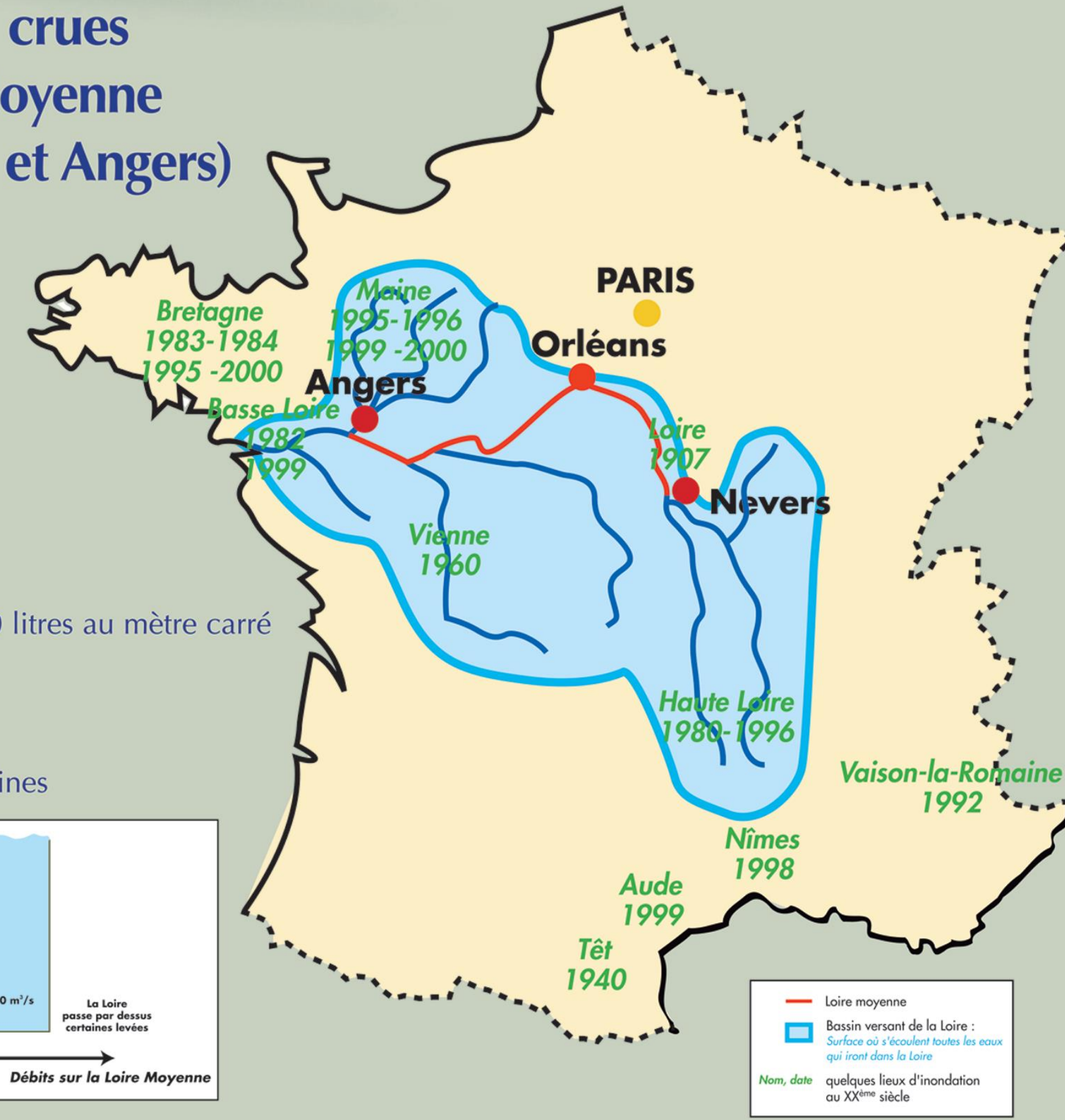
1-Contexte

Les digues de protection de la Loire Moyenne

Evolution depuis le XVI^{ème} siècle, d'un profil de levée de Loire (Dion-1934)

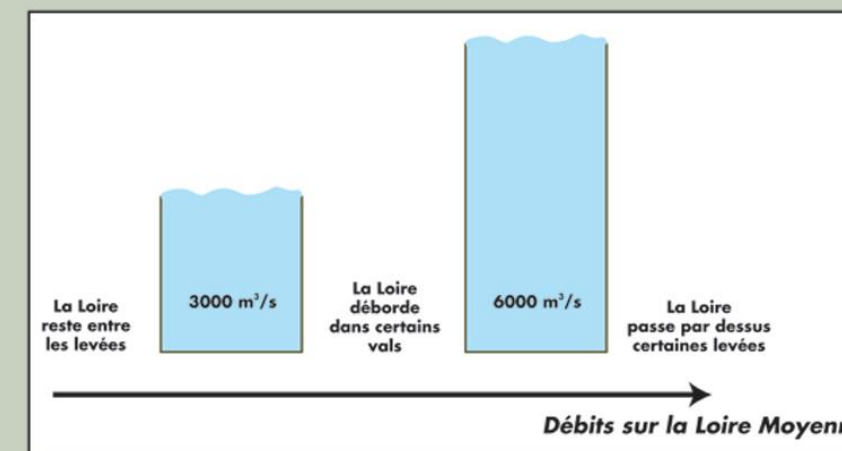


XX^{ème} siècle
un siècle sans crues
sur la Loire Moyenne
(entre Nevers et Angers)

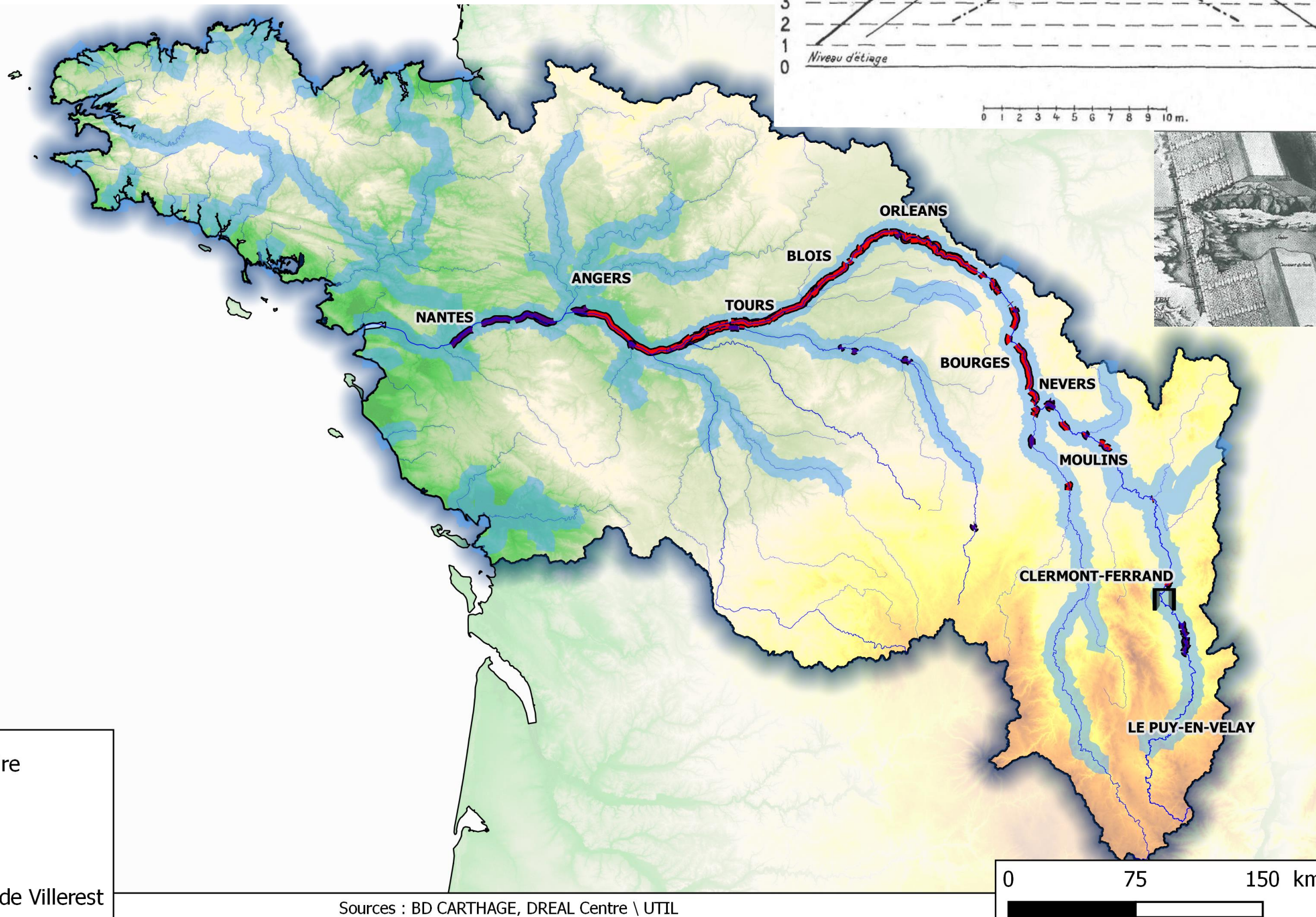


100 mm de pluie = 100 litres au mètre carré

1 m³ ≈ 6 baignoires pleines



— Loire moyenne
 Bassin versant de la Loire : Surface où s'écoulent toutes les eaux qui iront dans la Loire
 Nom, date : quelques lieux d'inondation au XX^{ème} siècle

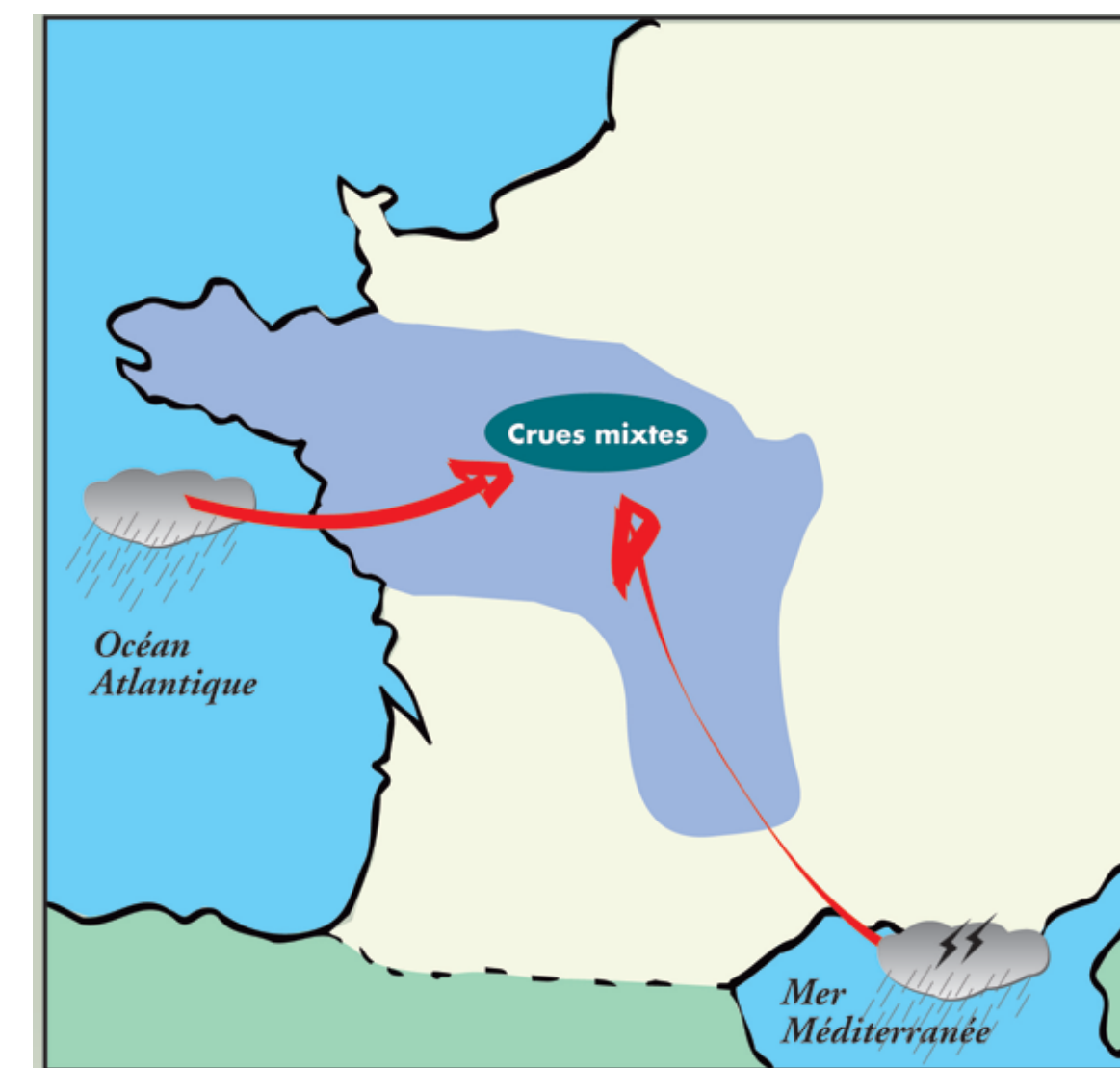
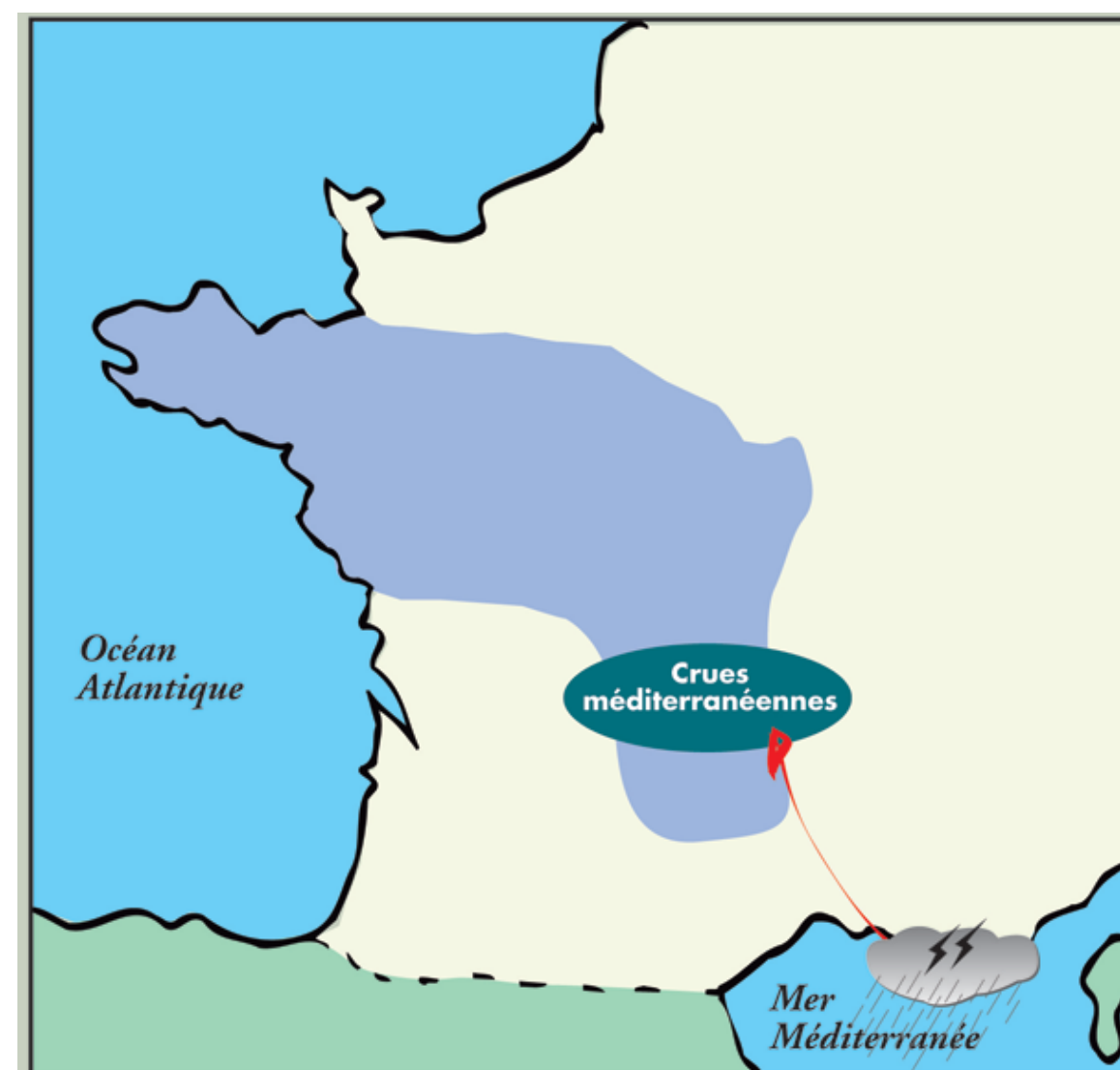
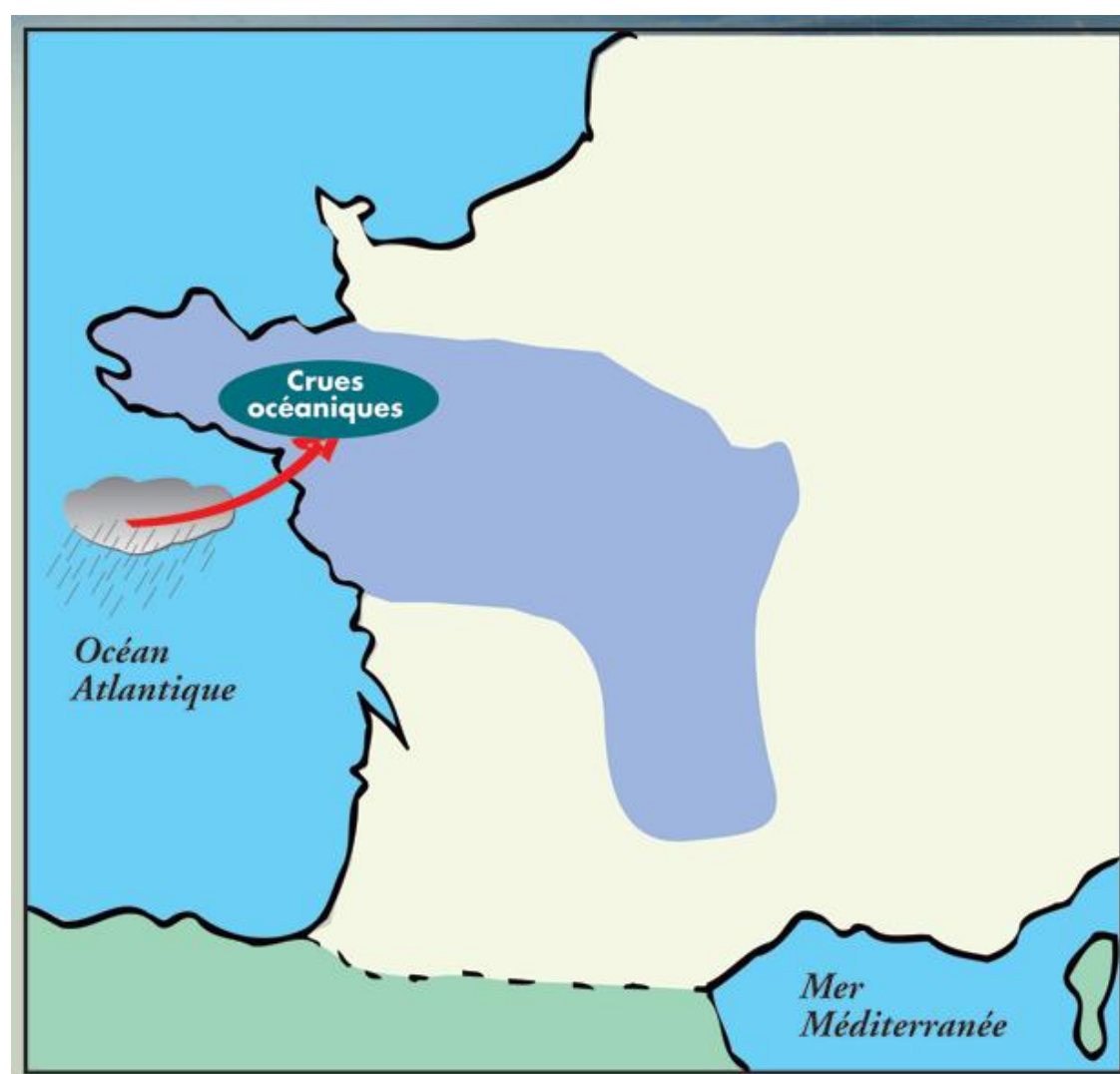


Digues de Loire
 — Etat
 — Autres
 — DPF
 Barrage de Villerest

Sources : BD CARTHAGE, DREAL Centre \ UTIL

Impact du changement climatique sur les digues de protection de la Loire Moyenne : éléments de connaissance

2-Les crues et étiages



Evolution de l'Intensité des phénomènes de crues?

Six stations représentatives des différents régimes hydrauliques de la Loire (crues océaniques, crues cévenoles, crues mixtes) ont été retenue afin de conduire une analyse de l'évolution des maxima des crues. Certaines de ces stations telles Gien et Roanne-Villerest présentent 165 années d'observations.

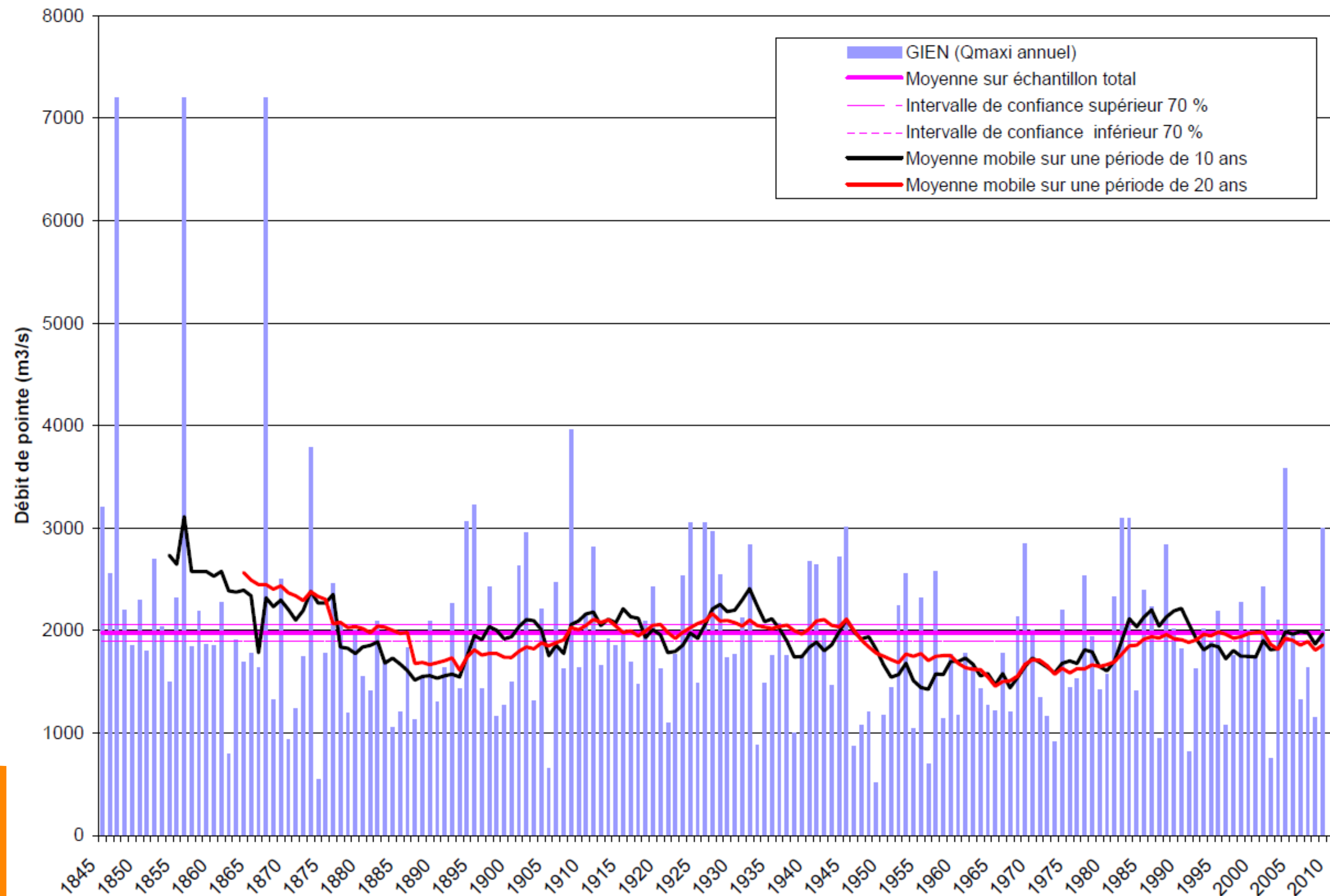
Impact du changement climatique sur les digues de protection de la Loire Moyenne : éléments de connaissance

2-Les crues et étiages

Evolution de l'Intensité des phénomènes de crues?

Analyse de l'évolution des maxima annuels
Station de Gien (régime de crue mixte)

- ▶ Forte variabilité de répartition des crues sur une longue période d'observations.
- ▶ Absence d'évolution significative des phénomènes de crues lors de la dernière période.
- ▶ Les évènements atypiques survenus en Europe Centrale conduisent à des interrogations sur une évolution de la menace provenant du bassin méditerranéen.



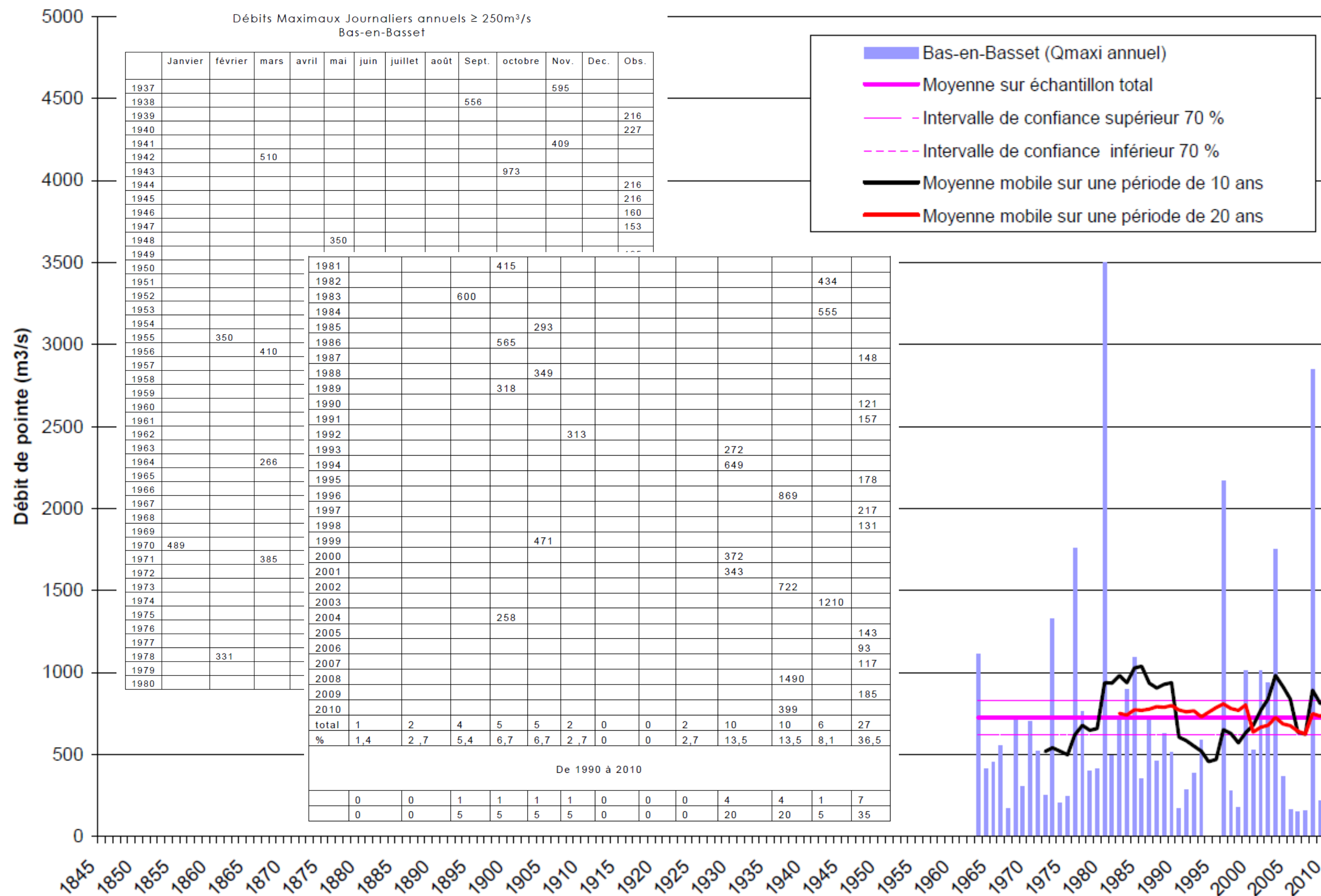
Impact du changement climatique sur les digues de protection de la Loire Moyenne : éléments de connaissance

2-Les crues et étiages

Glissement des crues méditerranéennes an arrière saison?

Analyse de la saisonnalité des crues fortes Station de Bas-en-Basset (régime de crue méditerranéen).

- Pas de glissement temporel des crues susceptibles de renforcer la concomitance des 2 principales origines de crues méditerranéenne et océaniques, caractérisant les phénomènes exceptionnels sur le bassin de la Loire.
- Pas d'indicateur traduisant une telle évolution dans les investigations menées sur les conséquences du changement climatique visant à régionaliser les tendances.



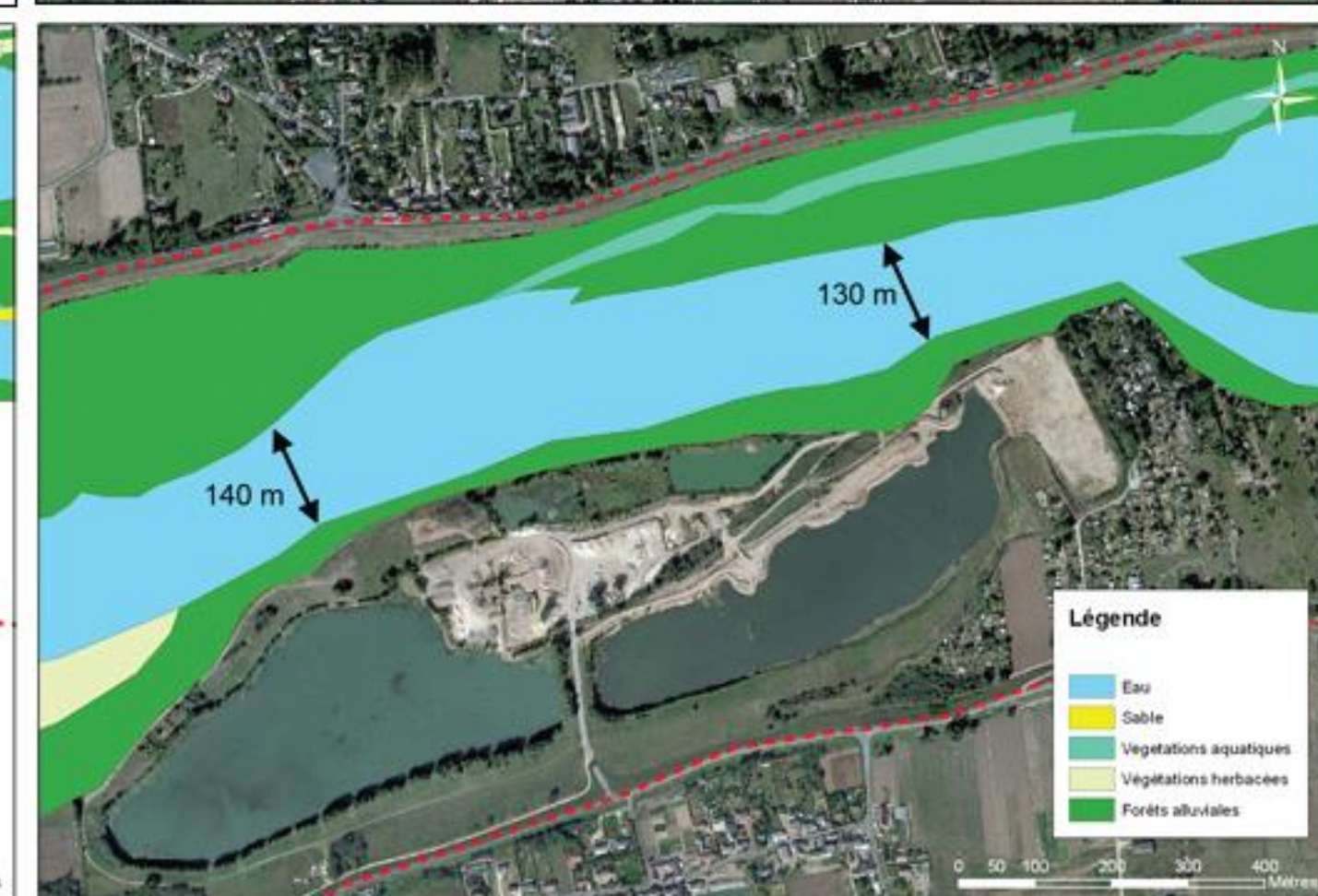
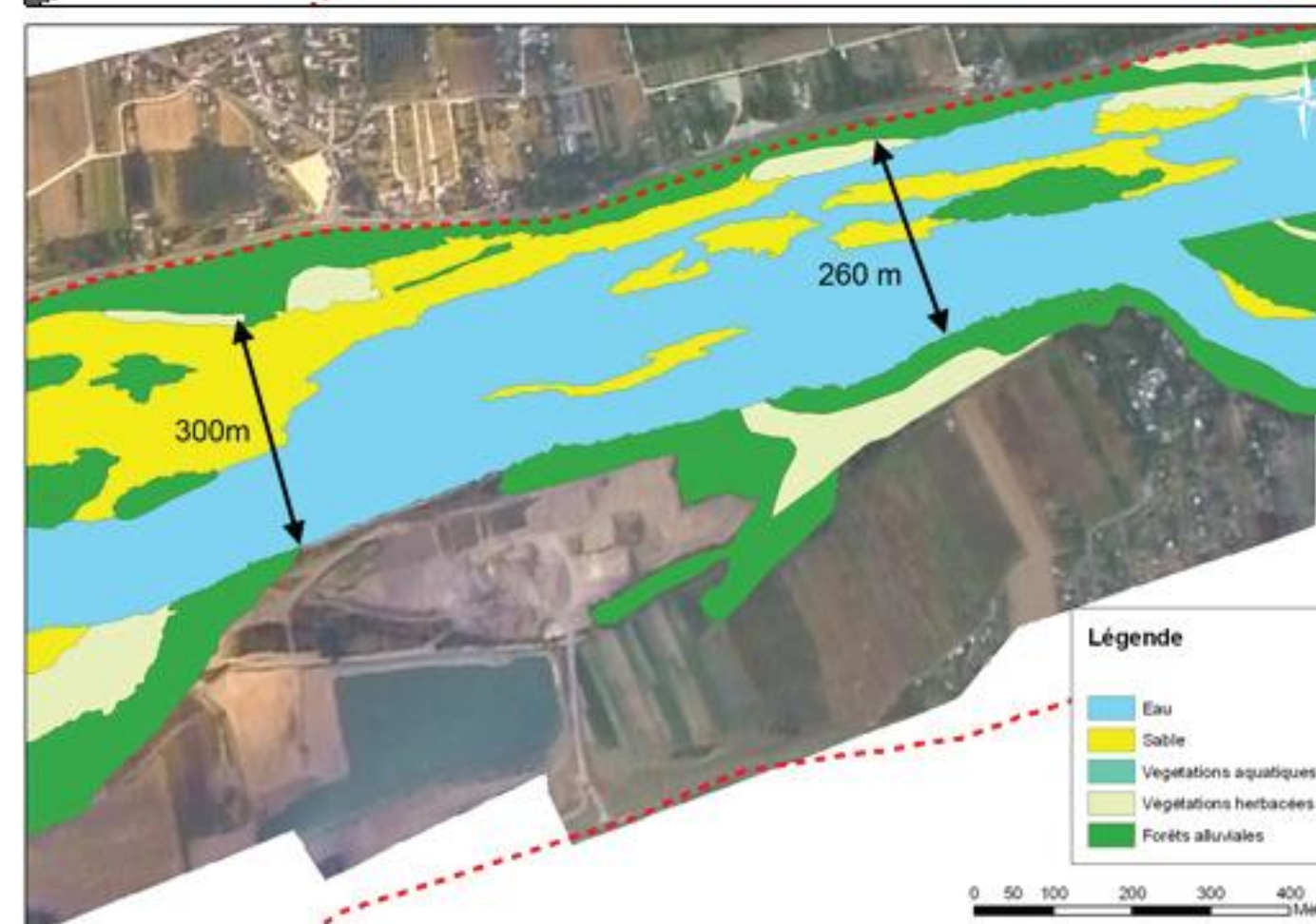
Impact du changement climatique sur les digues de protection de la Loire Moyenne : éléments de connaissance

2-Les crues et étiages

Diminution des écoulements en étiage?

- Les investigations menées dans l'étude « La Loire à l'épreuve du changement climatique »* ont mis en avant une forte diminution de l'écoulement en étiage, de 25 % à 50% au milieu du siècle, et de 30% à 60% à la fin de ce siècle.

(*) Université F.Rabelais de Tours (CNRS, UMR Sisyphe Paris VI, BRGM et CEMAGREF)



Impact du changement climatique sur les digues de protection de la Loire Moyenne : éléments de connaissance

2-Les crues et étiages

Evolution de la morphologie des hydrogrammes des crues?

- Les phénomènes pluvieux d'origine Méditerranéenne qui ont engendré les crues récentes de 1986, 2003 et 2008 se sont traduits par des pénétrations plus profondes dans le bassin versant. Ces phénomènes ne se sont pas accompagnés par un changement notable de durée qui serait de nature à changer la morphologie des hydrogrammes des crues.



Crue de 2003 – inondation par le déversoir de saint Martin sur Ocre près de Gien

Impact du changement climatique sur les digues de protection de la Loire Moyenne : éléments de connaissance

3-Les glaces et embâcles

Sur la Loire les amoncellements de glace ont atteint une hauteur de 10,5 m à Blois en 1734 et 13 m à Sully en 1895. Dans certains cas, les niveaux d'eau engendrés par la débâcle peuvent dépasser les niveaux des plus grandes crues connues.

Depuis longtemps les chercheurs ont tenté de trouver une réponse à la question des variations climatiques et à la fréquence de l'apparition des glaces. A l'époque, il n'était pas question de réchauffement climatique durable, l'on parlait plutôt de cycles climatiques.

« il y a eu tant de nombreux et rudes hivers où les fleuves de France ont été souvent pris par les glaces, que rien ne peut laisser croire que dans l'avenir cela ne se reproduira pas ». F. ARAGO, physicien et directeur de l'Observatoire de Paris de 1843 à 1852

Impact du changement climatique sur les digues de protection de la Loire Moyenne : éléments de connaissance

3-Les glaces et embâcles



Amont d'Orléans - 1987 – Les frasils s'agglomèrent

Impact du changement climatique sur les digues de protection de la Loire Moyenne : éléments de connaissance

3-Les glaces et embâcles



Orléans (Février 1987)
section d'écoulement sous
le pont Georges V, obstruée
par les glaces du fond

Sandillon (février 1987)

Impact du changement climatique sur les digues de protection de la Loire Moyenne : éléments de connaissance

3-Les glaces et embâcles



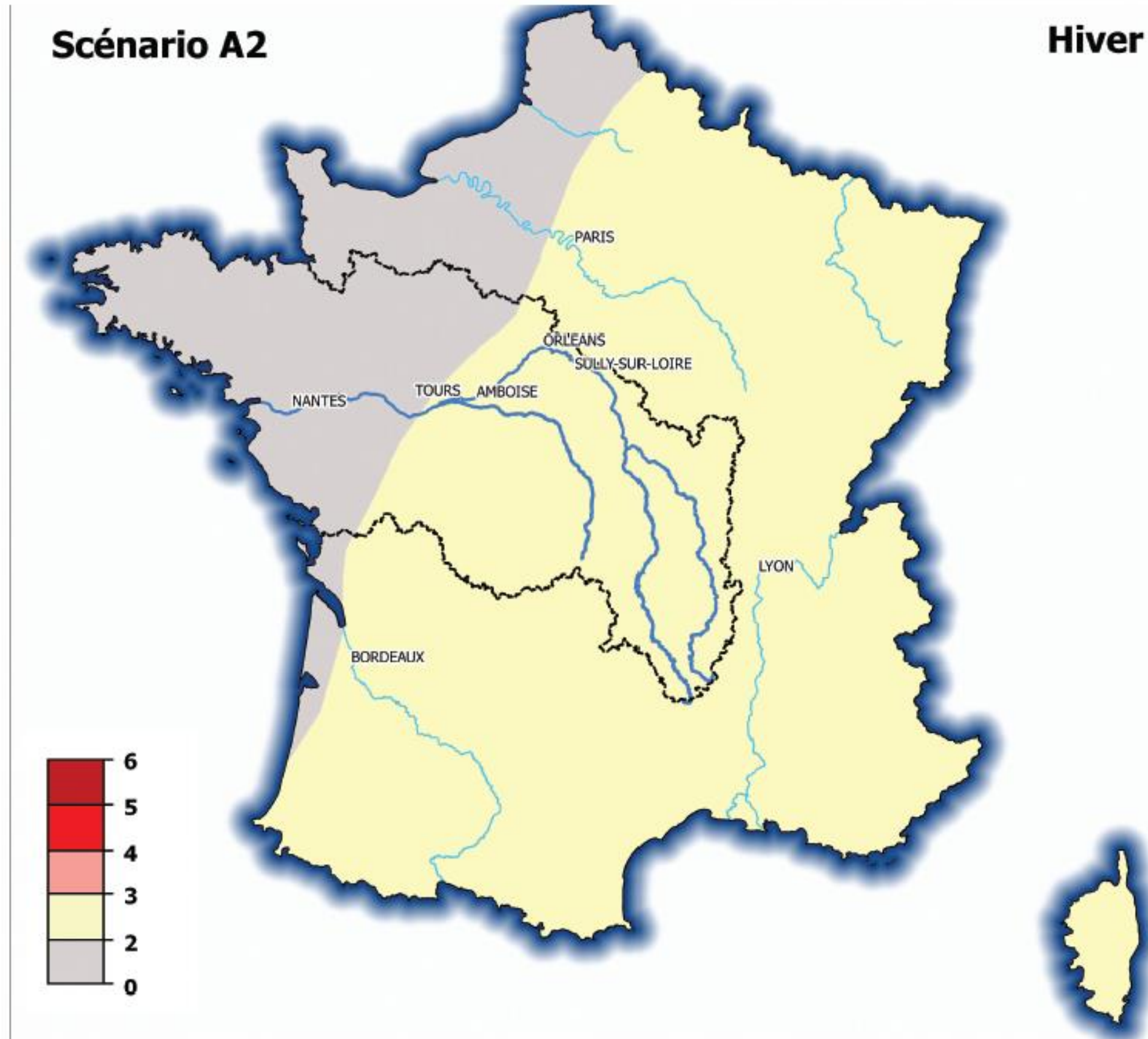
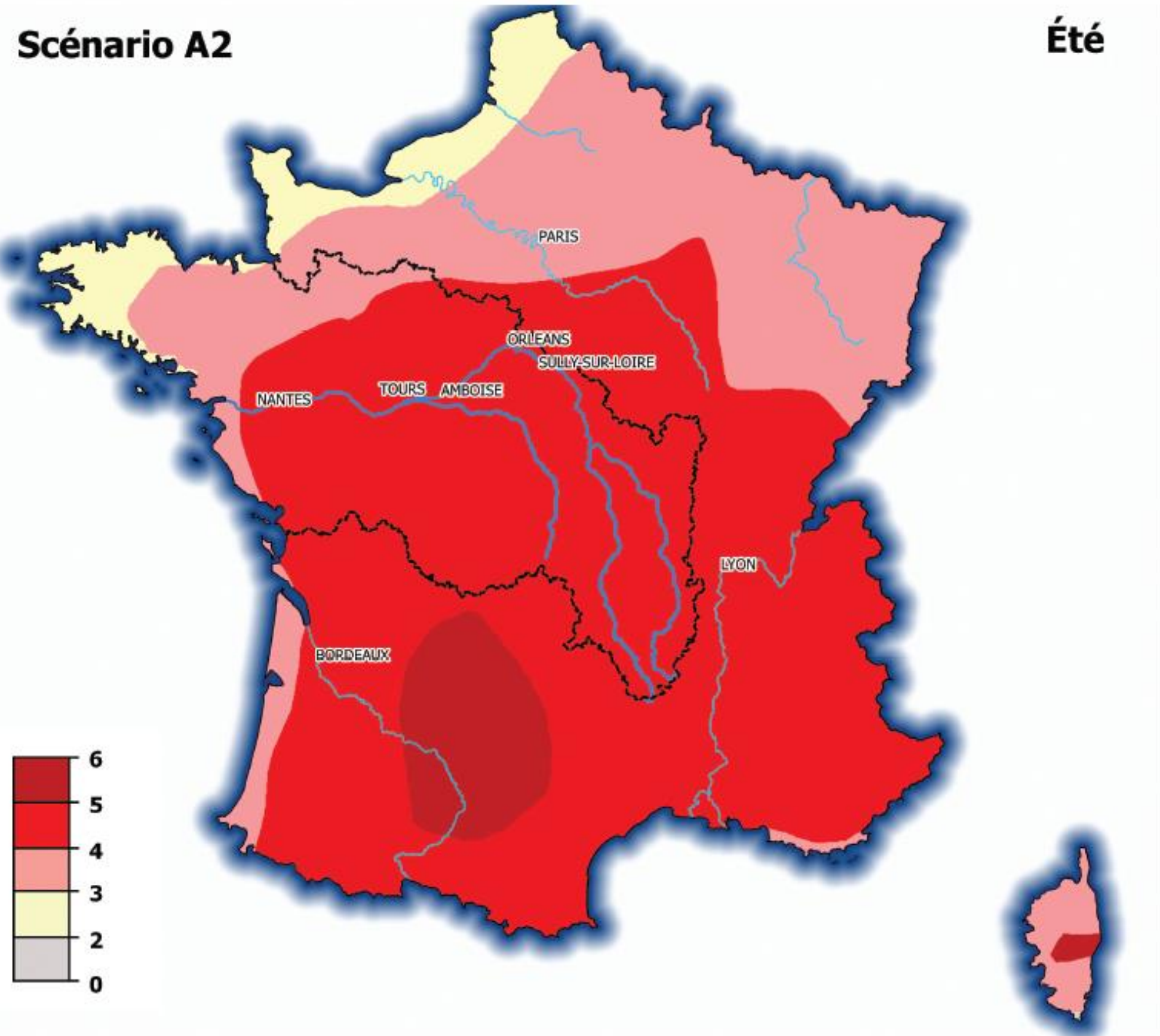
Le pont d'Ancenis (janvier 1963)



Embâcle de 1985 entre Gien et Orléans

Impact du changement climatique sur les digues de protection de la Loire Moyenne : éléments de connaissance

3-Les glaces et embâcles



Impact du changement climatique sur les digues de protection de la Loire Moyenne : éléments de connaissance

3-Les glaces et embâcles

Les cartes de France de prévisions des températures en France de la fin du 20ème siècle à la fin du 21ème, élaborées à partir des travaux du GIEC – Groupe d'experts intergouvernementaux sur l'évolution du climat mettent en évidence que l'augmentation des températures en été est estimée à 4, voire 5 degrés sur la Loire Moyenne. Par contre en hiver, elle est bien moindre, de 0 à 2 degrés en aval d'Orléans et de 2 à 3 degrés en amont.

On peut penser qu'à longue échéance l'effet du réchauffement ne sera pas très brutal, il se traduira simplement par une réduction de la fréquence d'apparition des embâcles sur l'ensemble du fleuve. Les évolutions de température hivernale prévue par le GIEC ne sont pas suffisamment importantes pour supprimer les phénomènes d'embâcle. L'ordre de grandeur de la fréquence d'apparition des glaces restera similaire dans le futur à ce qu'elle est aujourd'hui.



Embâcle de 1985 à Orléans (épaisseur moyenne de 40cm entre Gien et Orléans)

Impact du changement climatique sur les digues de protection de la Loire Moyenne : éléments de connaissance

En résumé...

Résultats des études menées dans le cadre des études de dangers des digues de classe A de la Loire moyenne :

- Pas de preuve formelle traduisant une évolution de la nature des crues liée au changement climatique, mais un faisceau de présomptions laisse apparaître un **accroissement de l'intensité des crues** qui résulterait **d'intrusion plus profonde dans le haut bassin de phénomènes pluvieux d'origine méditerranéenne**. Ces phénomènes se traduiraient par des crues plus intenses au Bec d'Allier mais présentant des morphologies similaires à celles qui ont été vécues. Il n'est pas encore possible de quantifier l'évolution de la probabilité des crues engendrée par le changement climatique.
- **Diminution des écoulements à l'étiage**. Cette diminution des étiages s'accompagnera d'un accroissement de la superficie des bancs, d'une végétalisation accrue du lit et donc d'une augmentation des contraintes hydrauliques et morphodynamiques.
- **Réduction de la fréquence d'apparition des embâcles** sur l'ensemble du fleuve. Les évolutions de température hivernale prévue par le GIEC ne sont pas suffisamment importantes pour supprimer les phénomènes d'embâcle. L'ordre de grandeur de la **fréquence d'apparition des glaces** restera **similaire** dans le futur à ce qu'elle est aujourd'hui.

Impact du changement climatique sur les digues de protection de la Loire Moyenne : éléments de connaissance

En perspective...

- Confrontation de l'ensemble des résultats avec les travaux menés depuis 10 ans en climatologie (sujets universitaires?)
- Appréciation de l'évolution des intrusions Méditerranéennes et investigations des pénétrations historiques des phénomènes extrêmes à l'échelle de l'Europe Centrale et Occidentale.
- Les impacts du changement climatiques concernent aussi la structure et la fondation des ouvrages (évolution de l'hygrométrie des sols, comportement des argiles, etc.), la végétation dans le lit (évolution des boisements, nouvelles espèces, etc.) et de façon globale l'aménagement du territoire (urbanisation à proximité des cours d'eau).

Impact du changement climatique sur les digues de protection de la Loire Moyenne : éléments de connaissance

Biblio



- Hydro expertise (2011) **Etudes de dangers des digues de classe « A » de la Loire – Incidence du changement climatique**, DREAL CVL
- Gazowski Z & al (2017) **Glaces et embâcles sur la Loire : risques associés, préconisations et conséquences du changement climatique**, colloque CFBR-SHF Chambéry
- Maison de Loire du Loiret et DREAL CVL (2007-2016) **Crués de Loire – un siècle sans crue**
- Braud S. & Patouillard S. (2016) **Gérer la forêt alluviale ligérienne pour réduire les conséquences négatives des inondations**, colloque FloodRisk Lyon