

Pleut-il plus en Basse-Normandie ? Osons nous mouiller !

A l'occasion des 40 ans de l'IREM de Basse-Normandie, nous avons animé un atelier d'1h30 sur le thème :

Les précipitations ont-elles augmenté en Basse-Normandie ?

Nous avons déjà travaillé un peu sur ce thème et avons constaté à travers divers documents et statistiques que le réchauffement climatique de ces dernières années était sensible à l'échelle de notre planète, mais aussi de la Basse-Normandie. Mais ce réchauffement avait-il une influence sur les précipitations en Basse-Normandie ? Nous souhaitons plus précisément réfléchir autour des questions suivantes : Pleut-il désormais plus souvent (en moyenne) en Basse-Normandie ? Le risque d'inondations en Basse-Normandie s'est-il accru ?

Plutôt que d'essayer d'exposer aux participants de notre atelier nos propres hypothèses, nous avons choisi

de les faire travailler sur des séries statistiques et débattre avec eux de leurs propres conclusions.

Trois éléments nous ont incité à changer au dernier moment la forme de notre atelier : la présence de spécialistes de statistiques, le peu de temps dont nous avons disposé pour préparer l'atelier, et notre désir d'utiliser des outils enseignés dans l'enseignement secondaire pour permettre aux collègues de lycée de construire des activités avec leurs propres élèves.

Nous avons donc présenté notre atelier comme un espace de travail collaboratif dont le but était d'avancer ensemble sur les questions posées, mais aussi sur les méthodes utilisées.

Le déroulement de l'atelier

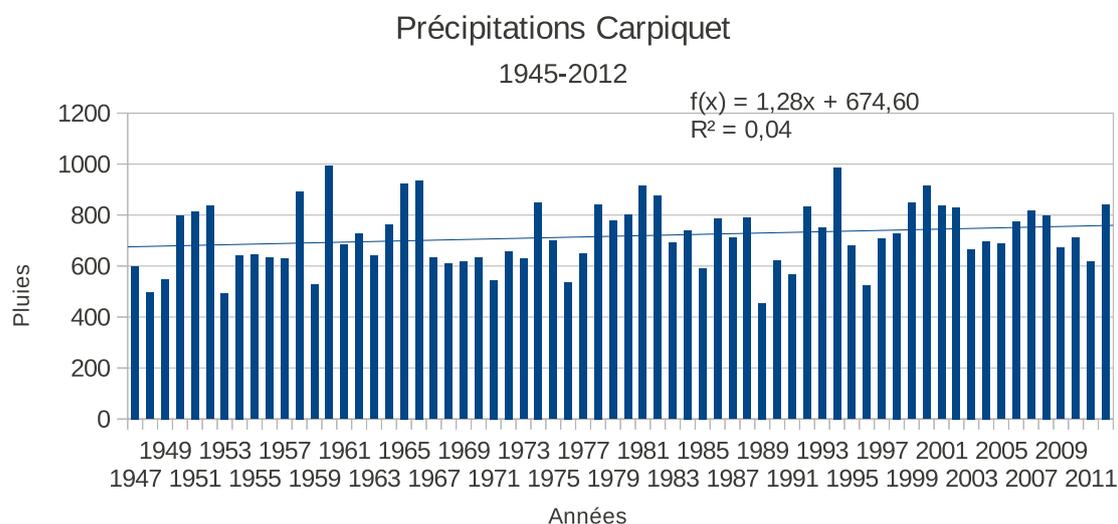
Nous avons donc commencé notre atelier par un petit questionnaire afin de sonder les opinions des participants sur les questions que nous nous étions posées.

Une fois le questionnaire effectué, nous avons établi un descriptif (voir p. 24) des types d'inondations : les crues rapides (ou « éclair »), les crues de nappes ou crues de plaine, et les crues estuariennes.

En fait, celles qui concernent la Basse-Normandie sont des deux derniers types, tandis que le premier type concerne surtout le Sud de la France (quoique l'inondation survenue à Caen cet été – en juillet 2013 – et

celle survenue à Trouville il y a quelques années soient plus de type « crues rapides »). Nous nous sommes par conséquent intéressés aux précipitations sur le long terme et avons donc travaillé sur deux séries statistiques suivantes : les relevés de précipitations annuelles à Carpiquet (Calvados) de 1946 à 2012 et les relevés de précipitations annuelles à Saint-Gatien (Calvados) de 1882 à 2012.

Nous avons calculé les moyennes, les écart-types et les droites de régression des deux séries et obtenu les résultats illustrés par les figures suivantes :





1 Disposition de **1300 capteurs** (limnimètres) dans les cours d'eau surveillés. Chaque capteur est relié à une station d'acquisition de données équipée d'un système de transmission.
Coût unitaire : **30 000 euros**.

2 Réception des données par les 22 services locaux de prévision des crues (SPC), où travaillent 220 personnes.

Les **3** étapes du service d'alerte

3 Centralisation par le Service central d'hydrométéorologie et d'appui à la prévision des Inondations (Schapi) **situé à Toulouse, où 30 analystes informent de la situation...**

Source : ministère de l'Écologie, photo : Maxppp



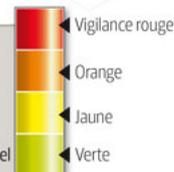
... Météo France, qui établit la synthèse entre les pluies et les risques de crues pour éditer **une carte de vigilance « pluie-inondation »**.

Les préfets et les secours locaux

... qui reçoivent des bulletins réguliers sur l'état des cours d'eau. Les préfets informent les communes.



... le **ministère de l'Intérieur** en cas de vigilance orange (crues avec risques pour la population) ou de vigilance rouge (crues majeures) déclenchées par le Schapi. Le Centre opérationnel de gestion interministériel de crise organise les secours. Deux vigilances rouges ont été déclenchées en cinq ans.



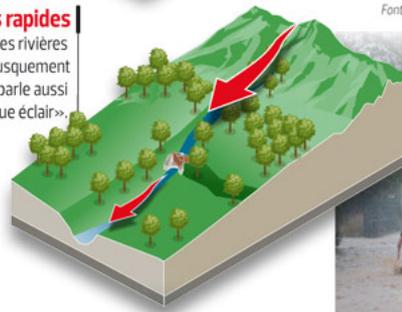
Les différents types de crues



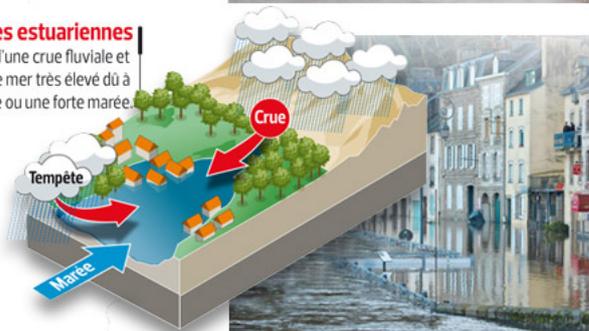
Crues de nappes
Engorgement des nappes phréatiques. Remontée de l'eau à la suite de plusieurs mois pluvieux. Il y a aussi la **crue de plaine** qui est une propagation d'inondation de l'amont vers l'aval.

Fontaine-sur-Somme, avril 2001

Crues rapides
Ce sont des rivières qui réagissent brusquement aux pluies. On parle aussi de « crue éclair ».

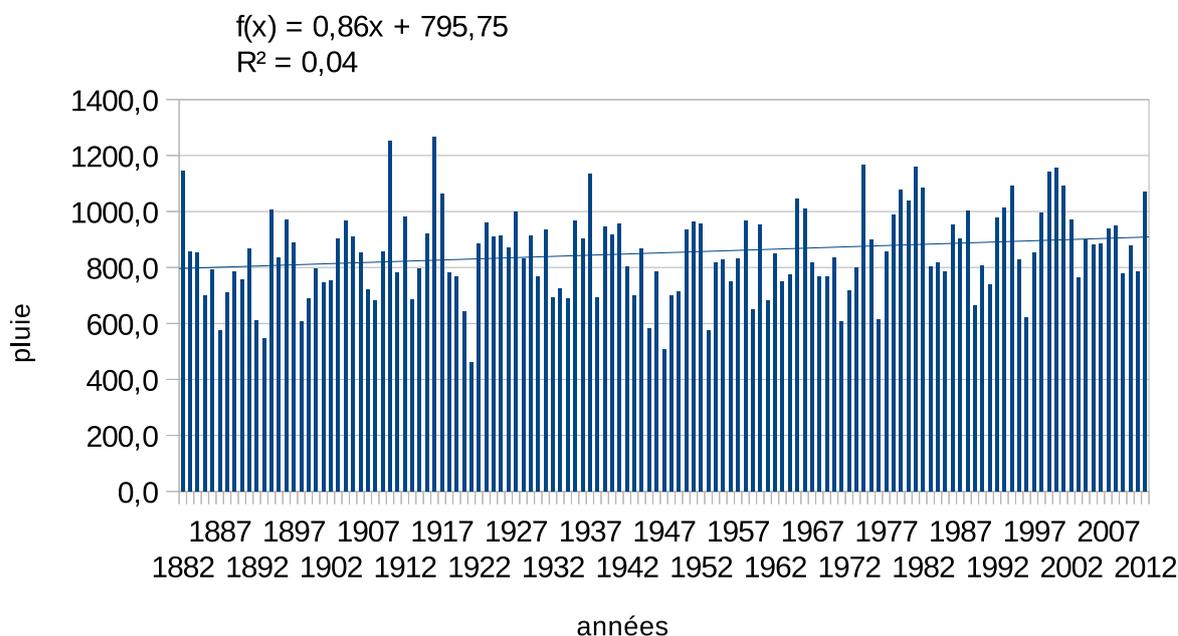


Crues estuariennes
Conjonction d'une crue fluviale et d'un niveau de mer très élevé dû à une tempête ou une forte marée.



Crue de la Laita à Quimperlé

Précipitations Saint-Gatien 1882-2012



Nous obtenons de plus comme moyenne 717,42 mm¹ et comme écart-type 126,1 mm pour la série de Carpiquet et comme moyenne 852,52 mm et comme écart-type 155,58 mm pour la série de Saint-Gatien.

Une première conclusion était que les droites de régression laissaient penser que les moyennes augmentaient à Carpiquet et Saint-Gatien, mais à cause de R^2 proche de 0 dans les deux cas (le R^2 mesure l'adéquation de la série à la droite de régression), on ne pouvait pas en tirer des conclusions trop hâtives.

Cependant un des participants nous a fait remarquer que le R^2 proche de 0 était plus lié à l'irrégularité des précipitations d'une année sur l'autre (on ne pouvait se servir de la droite de régression pour prédire le temps de l'année 2014), mais qu'on pouvait néanmoins affirmer que la moyenne semblait augmenter.

Pour vérifier si cette affirmation à propos de la moyenne est plausible, nous avons proposé un deuxième travail à l'aide des intervalles de confiance : nous avons fait calculer à l'aide du tableur, l'intervalle de confiance de la moyenne des précipitations sur Carpiquet pour la période 1945-1979 et ensuite la moyenne des précipitations sur Carpiquet pour la période 1980-2012, afin de

comparer les deux résultats.

Les participants ont trouvé l'intervalle de confiance $I = [648,63; 736,04]$ pour la période 1945-1979 et la moyenne $M = 741,12$ sur 1980-2012.

Comme la moyenne n'était pas dans l'intervalle de confiance, mais au-dessus, cette observation semblait confirmer que la moyenne des précipitations augmentait. Nous avons ensuite interrogé les participants sur ce qu'ils pensaient de la méthode utilisée : l'un d'eux (Jacques Faisant) nous a fait remarquer que dans le calcul de la moyenne pour la période 1980-2012, le nombre d'éléments (ici 33) de la série n'apparaissait pas dans le résultat. Cela confirmait une réflexion que nous nous étions faite auparavant : nous comparions l'intervalle de confiance obtenu à l'aide d'un échantillon (d'une trentaine de valeurs) avec une moyenne obtenue à partir d'un autre échantillon.

Une fois ce travail effectué, nous avons envisagé de faire une démarche analogue pour la série de Saint-Gatien : le calcul de l'intervalle de confiance pour une période plus longue (de 1882 à 1981) et celui de la moyenne sur 1982-2012. Nous n'avons pas eu le temps de traiter cette partie, ni de parler des inondations, ni d'initier le débat que nous souhaitions mener à la fin.

¹L'unité pour mesurer les précipitations est le mm. Un mm d'eau tombée correspond à un litre d'eau par m²

L'after atelier

Quelques jours après l'atelier, nous avons dépouillé les réponses des participants ; en particulier nous leur avons posé la question au début de l'atelier : pensez-vous qu'il pleut désormais plus en Basse-Normandie ? À la fin de l'atelier, nous avons à nouveau posé la question et demandé : *Votre opinion a-t-elle changé ?* Dans un premier temps, les participants avaient répondu qu'ils pensaient qu'il ne pleuvait pas plus qu'avant en Basse-Normandie, mais que les activités pratiquées leur avaient fait changer leur opinion initiale. *L'atelier n'avait donc pas été vain ...* Mais l'histoire ne s'arrête pas là ...

Quelques jours plus tard, nous recevons deux mails de Jacques Faisant. Dans le premier mail, il nous envoie un lien vers un site² étudiant la météo et le climat, et un fichier donnant les précipitations de Caen de 1861 à 2012. Dans le deuxième mail, il nous indique un lien vers un document d'Olivier Cantat étudiant la pluviométrie en Basse-Normandie au vingtième siècle : Olivier Cantat, maître de conférences à l'UFR de Géographie de l'université de Basse-Normandie est un spécialiste du sujet³. Jacques semblait à nouveau changer d'avis après avoir consulté ce document : « Je te joins ce document qui me semble décisif pour la question de l'augmentation de la pluviosité à Caen. » Le débat était donc relancé ...

Après ces échanges, nous avons fait un premier bilan : il restait encore du pain sur la planche ... D'une part nous avons à travailler sur nos outils : comment se faisait le calcul de l'intervalle de confiance avec un tableur ? En quoi le calcul de l'intervalle de confiance d'une moyenne différait de celui de celui d'une proportion ? Ensuite nous avons à travailler nos méthodes : avant d'utiliser les tests d'hypothèses à un niveau supérieur (pour comparer deux moyennes d'échantillons

ou celle d'un échantillon à une moyenne calculée à partir d'une centaine de données), nous avons donc refait nos calculs pour les données de Saint-Gatien en calculant l'intervalle de confiance pour la moyenne à partir de l'échantillon des 31 dernières années (de 1982 à 2012) et regardé si la moyenne calculée à partir de la série de 1882 à 1981 appartenait à cet intervalle de confiance : la moyenne appartient aux intervalles de confiance à 95 % et à 90 %, mais elle est en dessous de l'intervalle de confiance à 80 %. Les résultats sont donc moins probants que nos premières statistiques, mais ils vont néanmoins dans le même sens et ont le mérite de s'avérer plus plausibles puisque la moyenne est calculée à partir de 100 données.

Enfin l'article d'Olivier Cantat qui découle d'une recherche beaucoup plus profonde que nos propres investigations nous incite à plus de rigueur (il nous apporte des outils en ce sens) et aussi à la plus grande prudence. Nous allons donc étudier de plus près cet article et vérifier si possible un certain nombre de résultats et d'un autre côté continuer nos statistiques sur un plus grand nombre de données. Par exemple, selon l'article, les données d'Auderville sembleraient assez fiables et nous avons l'intention de les étudier, ainsi que d'autres données et aussi de faire des tests d'hypothèses. Néanmoins, notre hypothèse (il pleut plus) mérite d'être examinée de plus près : il nous semble intéressant d'introduire un *débat scientifique*⁴ entre ces deux hypothèses, que nous résumerons de manière humoristique par « Osons nous mouiller ! » et « Peut-être ben qu'oui, Peut-être ben que non ».

Nous fournissons ici quelques outils pour lancer ce débat. L'étude sur le risque d'inondation (sujet plus complexe que nous n'avons finalement pas eu le temps d'aborder) pourra découler de ce débat relancé.

Inondations en Basse-Normandie (données trouvées sur le site de Météo-France) : hiver 2000-01 (Ouest de la France) ; 24 décembre 1999 (Bretagne et Normandie) ; 21 janvier 1995 (Ouest) ; janvier 1936 (Ouest).

Bibliographie

CANTAT O., 2004 : « Analyse critique sur les tendances pluviométriques au 20ème siècle en Basse-Normandie », *Annales de l'association internationale de climatologie*, vol. 1, p. 11-31.

CANTAT O., CADOR J.M., AGASSE E., 2002 : « L'originalité des inondations de 2000-2001 dans la Plaine de Caen (Normandie, France). Quand la remontée des nappes souterraines prolonge les débordements de rivières. ... », *Annales de géographie* n°625, p. 246-264.

LEGRAND M., 1993 : « Débat scientifique en cours de mathématiques et spécificité de l'analyse », *Repères IREM* n°10, p. 123-158.

Quelques brèves postées pendant l'année 2013 sur le site « Mathématiques de la planète Terre » (<http://mpt2013.fr>) : Le climat de chez vous a-t-il déjà changé ? – Reconstructions du climat du dernier millénaire – Prédire les inondations – Écoulements des fleuves et rivières : un déluge d'images – etc.

²<http://meteo-climat-bzh.dyndns.org/meteo105-1861-2013-19-tn-1-0-0.php>

³http://www.climato.be/aic/publis/vol1/article_CANTAT_vol.1_pages11-32.pdf

⁴Nous renvoyons aux articles de Marc Legrand pour une définition du débat scientifique. Il est à noter qu'au contraire des situations de débat scientifique proposées par Marc Legrand, la réponse ne sera pas forcément oui ou non mais plutôt une réponse argumentée du type : « Telle hypothèse nous semble plus vraisemblable que l'autre ».