

*1 heure
sur l'hydrologie
du Morbihan*

UNE HEURE SUR L'HYDROLOGIE DU MORBIHAN

***Débits mesurés, crues, étiages et géologie, calculs et modèles,
problèmes de ressources en eau***

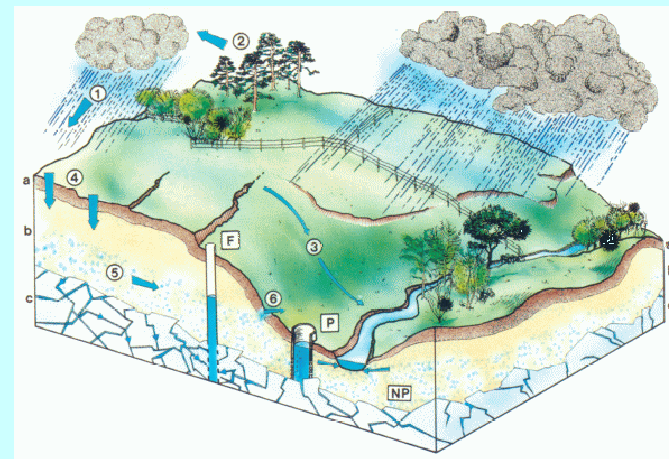
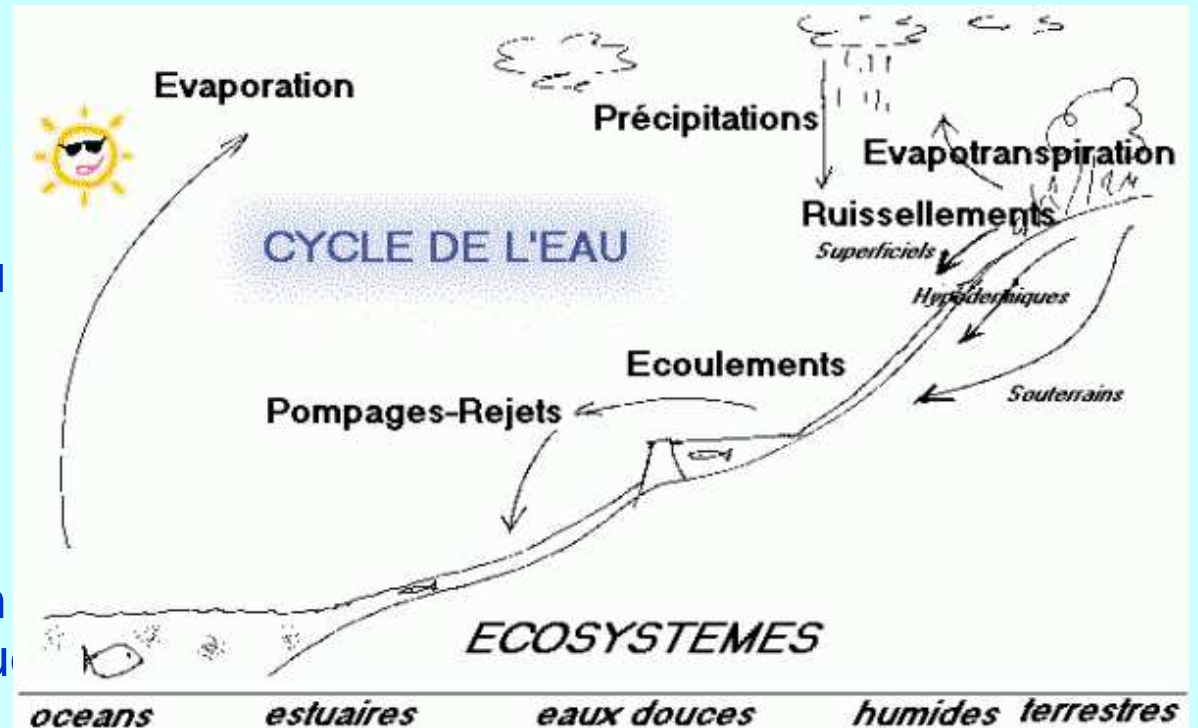
Exposé à la DDAF du Morbihan, jeudi 27 mars 2008

*1 heure
sur l'hydrologie
du Morbihan*

- Evaporation surtout océanique
- Précipitations
- Evaporation & évapotranspiration
- « Ruissellements », terme ambigu
- Eaux de surface, l'écoulement rapide
- Eaux souterraines, l'écoulement retardé, voire quasi-arrêté
- Peu de régulation interannuelle en Bretagne, « nouvelle donne chaque année »
- Chiffres ronds en Bretagne : 30 milliards de m³ en pluie sur 30 000 km², 10 milliards d'écoulement en année moyenne, 3 milliards en année très sèche, près de 300 millions pour l'alimentation, qqes dizaines de millions pour l'irrigation

Vannes, 27 mars 2008

Le cycle de l'eau



Le réseau des rivières et leurs bassins versants

- Chevelu hydrographique très important avec de très petits cours d'eau (voire fossés...) car roches imperméables : « densité de drainage » élevée
- Bassins hydrographiques bretons compartimentés : bassins versants côtiers nombreux mais de petite superficie
- Sauf, Aulne, Blavet et Vilaine avec Oust



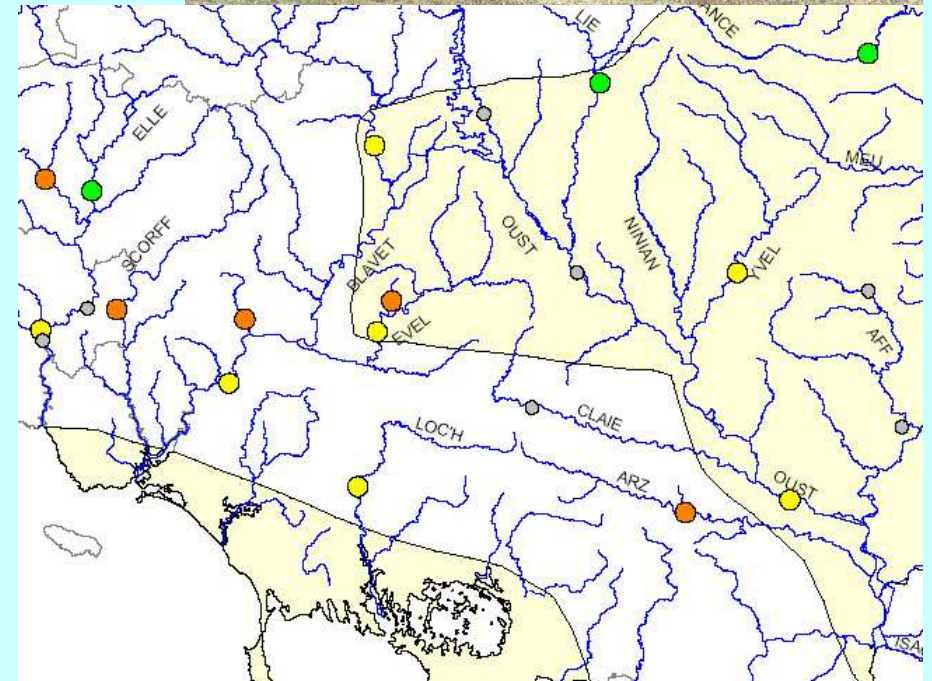
La mesure des débits

Stations hydrométrique

- Enregistrement (habituellement) des hauteurs d'eau
- + échelle limnimétrique pour vérifier le niveau d'eau
- + Jaugeages des débits pour chaque hauteur d'eau : courbe d'étalonnage

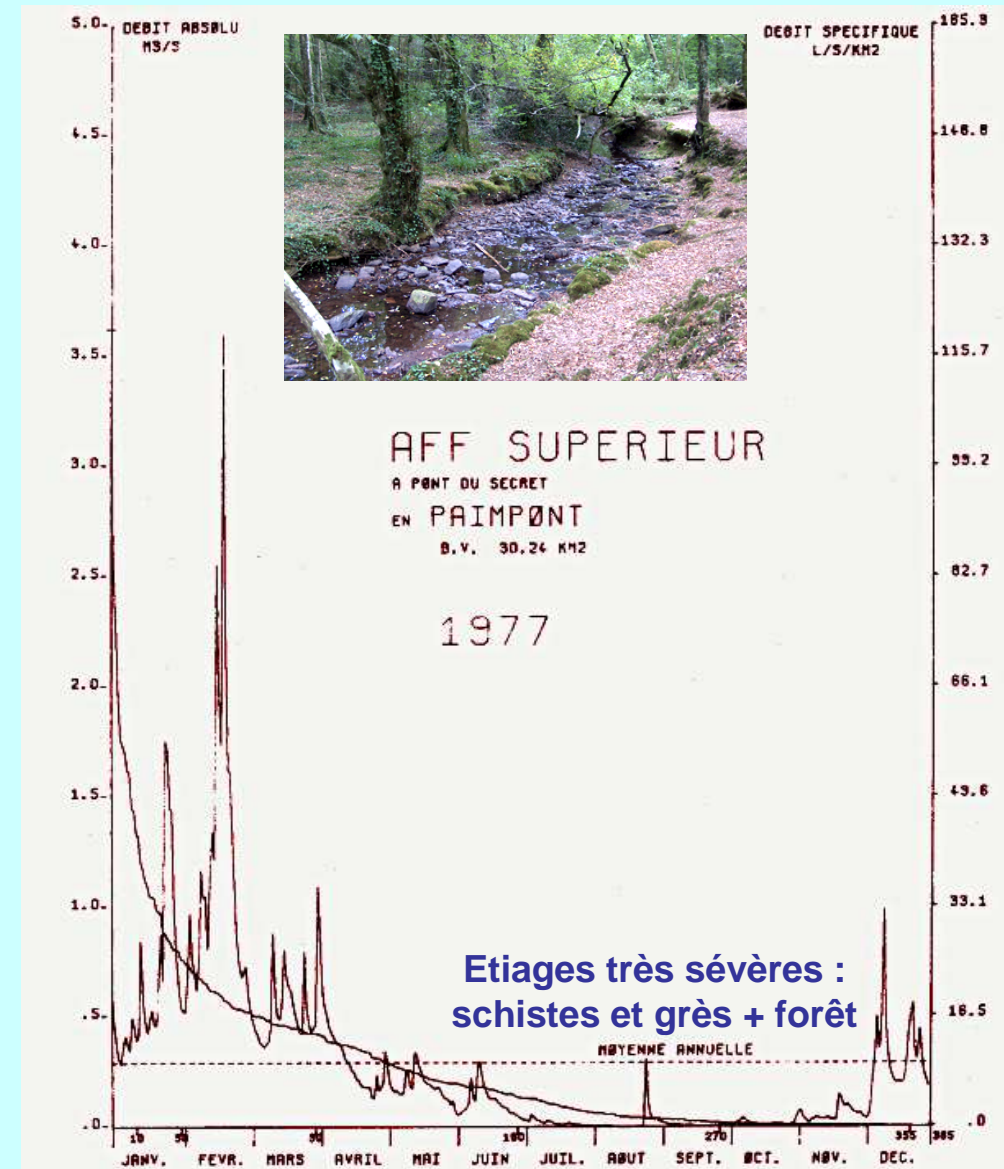
• Réseau DIREN

- Environ une centaine de stations souvent automatisées
- Dont une quinzaine dans le Morbihan
- Ancienneté des mesures : souvent 40 ans, quelques unes davantage
- Données accessibles sur <http://www.hydro.eaufrance.fr/>



Exemple et définitions

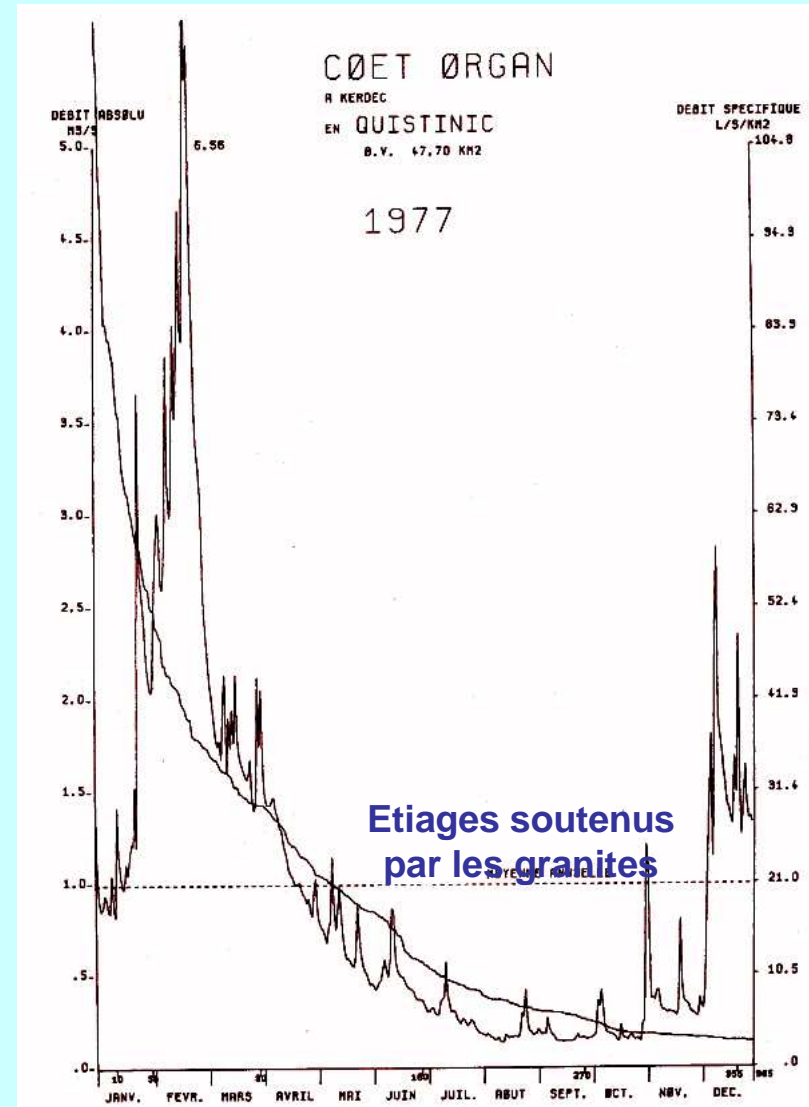
- Exemple : hydrogramme des débits journaliers de l'Aff amont en 1977
- Débit absolu (m³/s), débit spécifique (l/s/km²), lame d'eau écoulée (mm)
- Débit instantané, journalier, mensuel, annuel (= module), inter-annuel, de n jours consécutifs...
- Hautes/moyennes/basses eaux, crues, étiages
- Paramètres descriptifs divers : ex. QMNA = débit mensuel le plus faible durant l'année
- Régimes : régime pluvial océanique en Bretagne ; ailleurs : glaciaire, nival, méditerranéen, de mousson, mixtes, complexes, plus ou moins artificiels, etc.
- Année civile/année hydrologique
- L'Aff : débit annuel moyen mais étiages spécialement faibles avec assecs fréquents, sous l'influence de la géologie (aquifères faibles) et de la forêt (consommatrice d'eau à la belle saison)



Bernard Soulard, DDAF du Morbihan

Le régime des cours d'eau bretons

- En Bretagne, régime pluvial océanique
- Pluies, efficaces en écoulements l'hiver
- Diminuées de l'évapotranspiration (ET), devenant prédominante voire quasi-totale à la belle saison
- Débits de basses eaux de + en + soutenus par les roches aquifères, donc très dépendants de la géologie : schistes <>granites
- « Ruissellements » ?!...terme à utiliser avec prudence - de quels ruissellements parle-t-on ?
- NB – Régimes artificiels avec barrages notamment en soutien d'étiage de l'Oust, de l'Aulne et surtout de la Vilaine et du Blavet

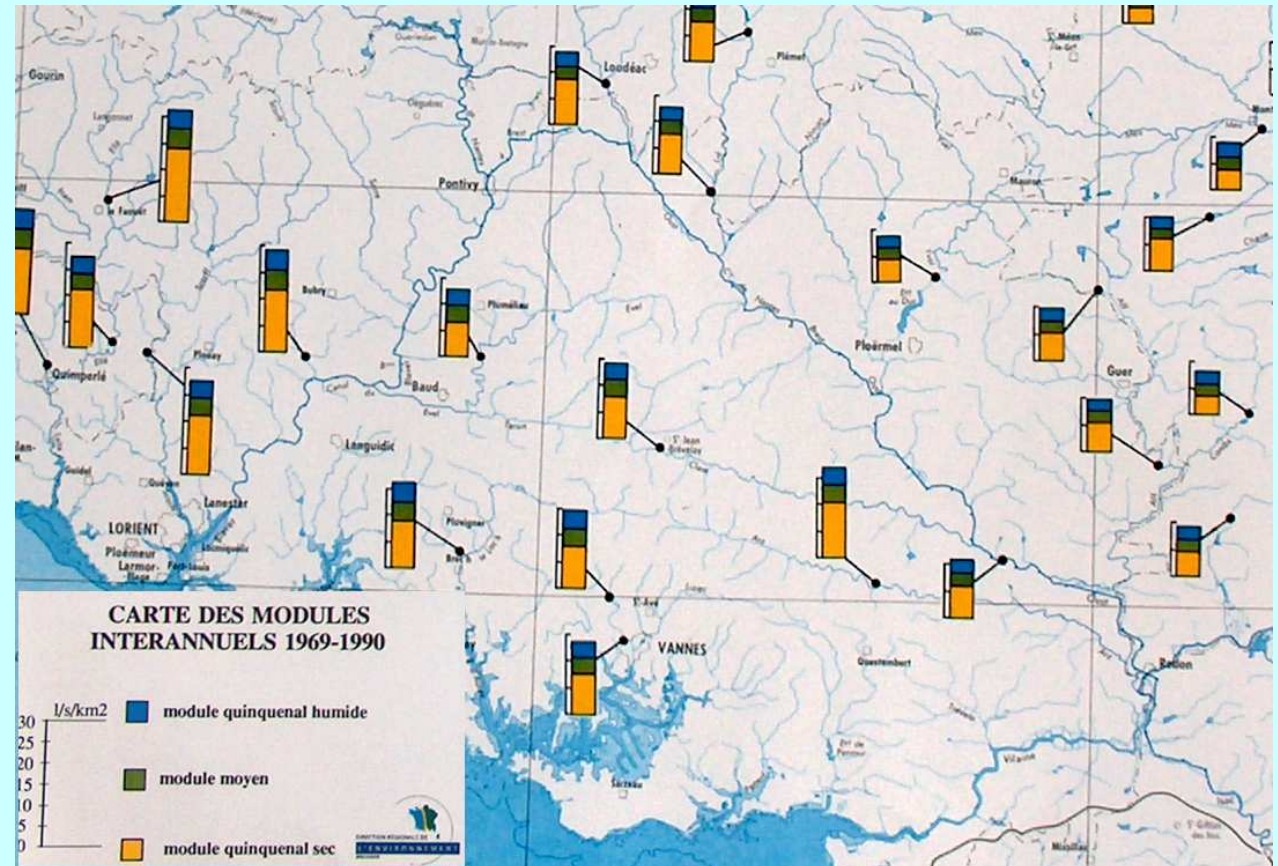


Extrait de l'annuaire SRAE (DIREN) 1977

Bernard Soulard, DDAF du Morbihan

Débits moyens inter-annuels : Chiffres

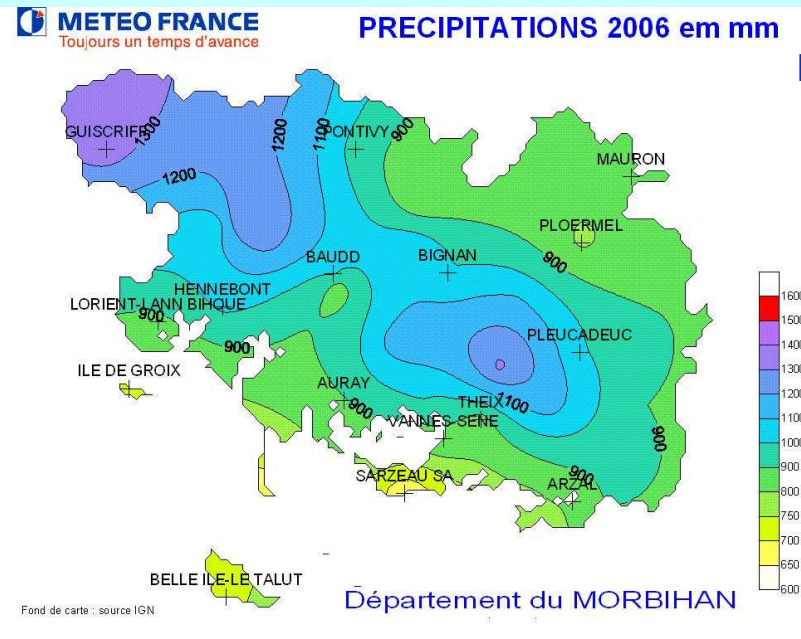
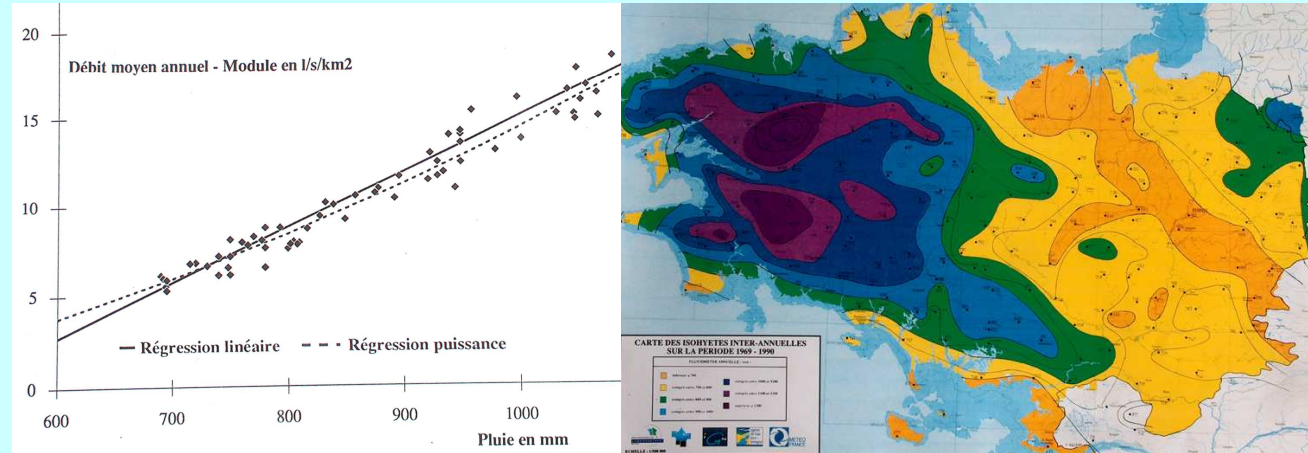
- Débit moyen inter-annuel variant d'un facteur de 1 à 3
 - De 6,7 l/s/km² pour l'Yvel à Taupont...
... à 18,1 l/s/km² pour l'Ellé au Faouët
 - De 4,6 (3,9) à 13,9 l/s/km² en année quinquennale sèche = année sèche arrivant en moyenne une fois sur 5
- NB – 86 400 secondes par jour !



Extrait de carte de l'Atlas hydrologique publié par la DIREN en 1996, en cours de révision et de numérisation

Débits moyens inter-annuels : facteur « pluie »

- Relation quasi linéaire entre la pluie annuelle et le débit moyen annuel (= module)
- Carte des pluies : la hauteur de pluie suit un gradient littoral, augmente sur les reliefs, diminue en situations d'abri, avec des effets régionaux (ex. pointe de Bretagne & proximité de la Normandie)
- Cf Carte des débits dans le Morbihan (*diapo précédente*): la distribution géographique des débits moyens annuels (modules) correspond à celle des pluies annuelles



^^ Extraits de l'Atlas hydrologique, DIREN 1996, en cours de révision et de numérisation

<< Extrait de l'Observatoire de l'eau dans le Morbihan en 2006

L'analyse fréquentielle des débits

- « Le temps est variable, les pluies capricieuses », « les années se suivent mais... »
- Grande importance pratique des débits rares et extrêmes
- Question essentielle : quel débit pour quelle probabilité donc quel risque ?
- Ce raisonnement statistique applique des lois de distribution variables selon les paramètres hydrologiques
- Pour le débit moyen annuel, on applique la loi Normale (de Gauss), calculable directement dans Excel ou Open office Calc

>>>>

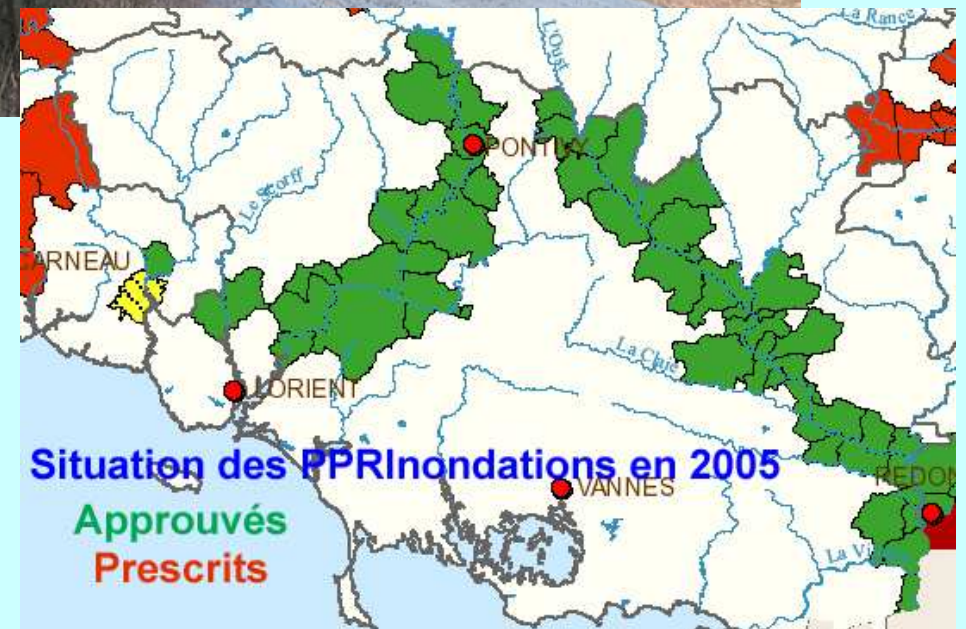
Paramètre	Formule	Fonction de calcul sous Excel ou Open office Calc	Observations
Moyenne	$M = \sum x_i / n$	MOYENNE(B37:B81)	Appelée aussi espérance (mathématique)
Ecart-type	$\sigma_p = \sqrt{(\sum (x_i - M)^2) / (n-1)}$	ECARTYPE(B37:B81)	Ecart-type de la population (n-1) et non celui de l'échantillon (n)
Quantile	Valeur de x pour probabilité donnée	LOI.NORMALE.INVERSE(Probabilité; M; σ_p)	Dans le cas de la loi Normale

Crues exceptionnelles

- L'intensité des crues est un aléa (statistique) qui dépend des pluies, de la superficie du bv, du relief, de l'état de surface du bv, etc – selon des modes complexes
- Evaluation du risque décennal, vingtenal, centennal, etc., et même quinqu-millénaire
- Calcul par des lois statistiques adaptées à l'évaluation des valeurs extrêmes, parfois en tenant compte des données sur la pluie
- Inondations : lit majeur & lit mineur ; niveaux d'eau dépendant des crues et des conditions topographiques (hydrauliques) locales
- Dégâts des crues dépendant des inondations et des biens (voire des personnes) exposés à l'aléa
- Morbihan : crues relativement modestes, montées relativement lentes, mais dégâts d'inondations pouvant être notables : ex. 1995 et 2000
- Problématiques diverses : Plans de Prévention des Risques Inondation, bassins tampons de rejets d'eaux pluviales en secteur urbain, surveillance en direct et alertes...
- Talus ? Pas d'effet sur les crues de fréquence rare



<< Petit débordement de la Claise



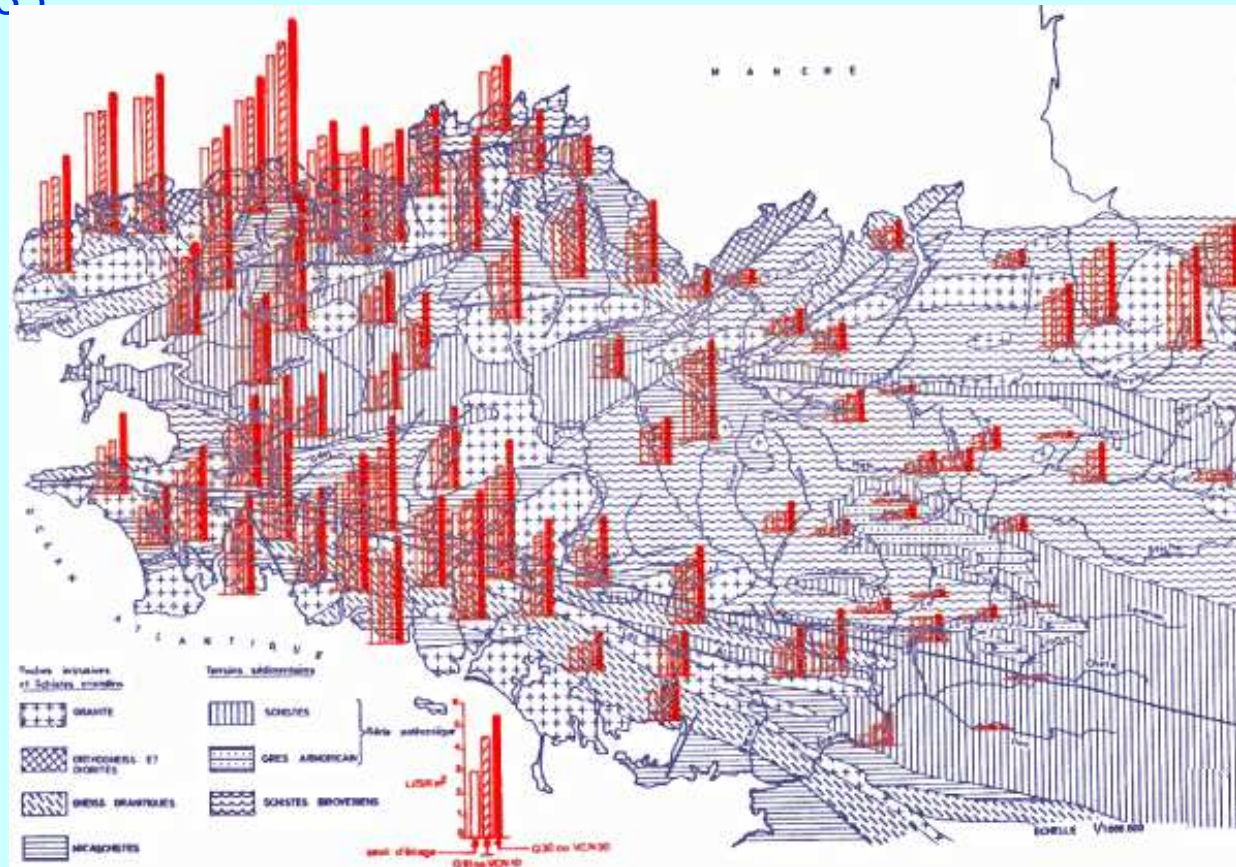
PPRI – d'après Cartorisque

http://portailcarto.bretagne-environnement.org/dmdocuments/Atlas_risque.pdf

Etiages : valeurs et facteurs

- Importance écologique et pratique
- Faibles à très faibles dans le Morbihan : QMNA5 entre 0,00 (Aff supérieur) et 2,35 (Coët Organ, affluent du Blavet) l/skm²
- Evaluations statistiques avec la (les) loi(s) log-Normale(s)
- Fort contraste entre bassins sur SCHISTES et ceux sur GRANITES vérifié chaque année depuis 40 ans !
- Etiages dépendant aussi des soutiens par barrages dans l'Oust, la Vilaine, le Blavet, ou des prélèvements & rejets
- Forêts, talus ?... ne soutiennent pas les étiages - au contraire ! Cf thèse Cl Cosandey en forêt de Carnoët (Quimperlé), articles des colloques d'hydrologie en pays celtiques, etc.
- Zones humides « éponges » ? Mais émergences d'aquifères plus qu'aquifères, « robinets consommateurs » plus que stocks... ?

Vannes, 27 mars 2008



Etiages et géologie en Bretagne – annuaire SRAE (DIREN) 1977

Basses eaux & 10ème ou 20ème du module

- Importance écologique du débit réservé minimal « pour tout ouvrage implanté dans le lit des cours d'eau »
- Débit réglementaire de 1/10ème du module depuis 1984, avec possibilité temporaire de 1/20ème depuis fin 2006
- Longtemps difficultés d'application du 1/10ème car les étiages descendent naturellement en-deçà surtout dans les cours d'eau sur schistes – d'où problèmes pour l'alimentation en eau potable, l'industrie, etc.
- Evolution progressive des prélèvements pour améliorer le débit réservé : à poursuivre !
- Nouvelle réglementation (1/20ème) plus appropriée aux cours d'eau sur socle



Déversoir de retenue lors d'un étiage très sévère

Rappel hydrogéologique

- Pas de grands aquifères
- Perméabilité de fractures en réseau, (parfois sous arènes sableuses des granites) sauf exception
- Donc forages à débits habituellement faibles à très faibles : quelques m³/j, au mieux quelques dizaines de m³/j
- Forages avec zone d'influence limitée
- Pour l'instant, la multiplication des forages, principalement par les particuliers et les éleveurs, n'affecte pas sensiblement la ressource en eau, y compris à l'étiage



Forage très productif à Carentoir, novembre 2006

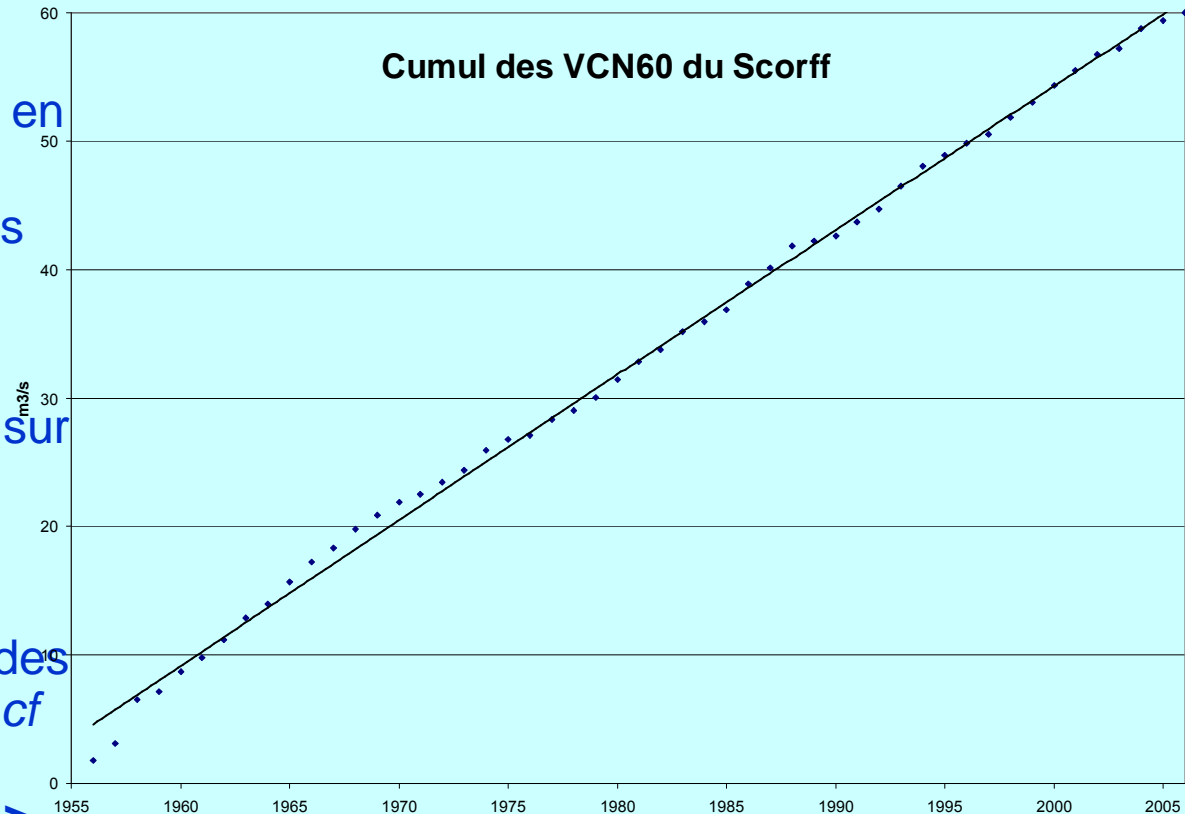
Bernard Soulard, DDAF du Morbihan

Calculs et modèles en hydrologie

- Calcul simple des débits : extrapolation à partir d'une station hydrométrique au prorata des surfaces de bassin versant, dans conditions de pluie (module) ou de géologie (étiages) similaires
- Calculs de crues avec formules diverses intégrant la pluie, la superficie du bassin, des coefficients régionaux, etc.
- Modèles mathématiques : disponibles, pratiques, mais peu usités en pratique
- Carte régionale « systémique » en cours de réalisation par la DIREN : carte interactive avec clics possibles en de très nombreux points du réseau hydrographique pour accéder à l'évaluation des caractéristiques hydrologiques - **INDISPENSABLE** aux services publics, bureaux d'études...

Stationnarité ou baisse de la ressource ?

- Question majeure :
 - Les activités humaines, notamment agricoles, ont-elles modifié les débits, en crue ou à l'étiage ?
 - Le réchauffement global modifie-t-il les débits dans le Morbihan ?
- Éléments de réponses
 - Influence possible du remembrement sur petites crues (P Merot, 1980)
 - Stationnarité des pluies à Redon sur plus d'un siècle (P Hubert, 2001)
 - pas de baisse visible des modules ni des étiages à Pont-Scorff depuis 50 ans : cf courbe du double cumul (J Raffy, DIREN, 2005)
 - Logiquement évapo-transpiration augmentée, mais modélisation des pluies futures encore très incertaine
 - Question à suivre....



>>>>

Courbe « de double cumul » pour les basses eaux du Scorff
(2 mois de suite) : droite = pas de tendance à la baisse
visible durant le dernier demi-siècle

Quelques problèmes de ressource en eau

- Connaissance de la ressource : révision des idées reçues au vu des mesures réalisées depuis plusieurs décennies (forêts, talus etc.), cartes « systémique » hydro & pluvio à réaliser et à diffuser
- Crues et inondations : ne pas exposer les biens et les populations à l'aléa (rôle des PLU), problèmes des zones déjà urbanisées mais inondables (PPRI...), bassins tampons en zone urbaine
- Etiages : mieux gérer les stockages et les soutiens d'étiage existants, poursuivre l'évolution des réseaux d'alimentation en eau pour augmenter le débit réservé
- Eau potable : protéger les retenues existantes de l'eutrophisation, recourir localement à des forages, réaliser les interconnexions prévues au schéma départemental, utiliser comme nouveaux stockages des carrières de bon volume qui ne sont plus exploitées (notamment en pays vannetais)
- Alimentation du cheptel et autres utilisations locales : développer les forages « bien » implantés-réalisés-protégés-gérés
- Irrigation, notamment des légumes : possibilité de prélever les débits d'hiver et de les stocker hors réseau hydrographique, sans impacts écologiques négatifs
- ... ne jamais oublier le « bon état écologique » !

*1 heure
sur l'hydrologie
du Morbihan*

Remerciements à Jean Raffy et Olivier Nauleau, DIREN Bretagne

Merci de votre attention !