A rectangular box with a double black border containing the title text.

Hydrologie urbaine et
l'assainissement liquide

Abdelwahed BENERROUA

Novembre 2013

■ Objectif de cette formation (Quatre séances de formation y compris la présente):

- Comprendre le cycle hydrologique dans la ville, apprendre à concevoir un réseau unitaire et/ou séparatif, effet de l'urbanisation, outils...etc.
- Sensibilisation aux techniques alternatives aux réseaux traditionnels.

■ Résultats attendus :

- Savoir concevoir et dimensionner un réseau d'assainissement
- Diagnostic d'un réseau existant
- Savoir proposer des solutions alternatives à des problèmes d'inondation en milieu urbain

Sommaire du cours N°1

- 1.L'eau et le globe terrestre
- 2.L'eau et la ville : un peu d'histoire
3. L'Hydrologie urbaine et assainissement (**)
- 4.Le système d'assainissement (**)
- 5.Les Domaines d'interaction avec l'hydrologie
- 6.Les Références bibliographiques

(**) : Ces parties seront développées lors des prochains cours de la formation

1.L'eau et le globe terrestre

Le Tableau ci-après présente la fraction des réserves totales et des réserves d'eau douce des différents stocks d'eau de la planète (Tiré de Gleick, 1993))

Réservoir	Fraction des réserves totales [%]	Fraction des réserves d'eau douces [%]
Eaux océaniques	96,5379	
Eaux souterraines totales	1,6883	
Nappes d'eau douce	0,7597	30,0606
Eau du sol	0,0012	0,0471
Glaciers et couverture neigeuse permanente	1,7362	68,6972
Antarctique	1,5585	61,6628
Groenland	0,1688	6,6801
Arctique	0,0060	0,2384
Régions montagneuses	0,0029	0,1159
Permafrost	0,0216	0,8564

Réserves d'eau dans les lacs	0,0127	
Douces	0,0066	0,2598
Salées	0,0062	
Marais	0,0008	0,0327
Rivières	0,0002	0,0061
Eau biologique	0,0001	0,0032
Eau atmosphérique	0,0009	0,0368
Réserves totales	100	
Réserves d'eau douce	2,53	100

Les eaux souterraines occupent le 2^{ème} rang des réserves mondiales en eau douce après les eaux contenues dans les glaciers. Elles devancent largement les eaux continentales de surface. Leur apport est d'autant plus important que, dans certaines parties du globe, les populations s'alimentent presque exclusivement en eau souterraine par l'intermédiaire de puits, comme c'est le cas dans la majorité des zones semi-arides et arides. Au Maroc, les grandes villes l'AEP est assurée par les eaux superficielles à partir des retenues de barrage (Rabat et Salé : Barrage Bouregregue et Nappe Fouarat - Casablanca Barrage Bouregregue + Sidi Maachou + Daourat)

On doit cependant garder à l'esprit que plus de la moitié de l'eau souterraine se trouve à plus de 800 mètres de profondeur et que son captage demeure en conséquence difficile. En outre, son exploitation abusive entraîne souvent un abaissement irréversible des nappes phréatiques et parfois leur remplacement graduel par de l'eau salée (problème rencontré en zone maritime telle qu'en Libye, Sénégal, Egypte, le Gharb/Oualidya du Maroc etc.).

Le Tableau ci-après présente le temps de renouvellement de l'eau dans les principaux réservoirs

(Tiré de Gleick (1993), Jacques (1996))

Réservoir	Temps de renouvellement (Jacques, 1996)	Temps de renouvellement (Gleick, 1993)
Océans	2500 ans	3100 ans
Calottes glaciaires	1000 – 10'000 ans	16000 ans
Eaux souterraines	1500 ans	300 ans
Eaux du sol	1 an	280 jours
Lacs	10-20 ans	1-100 ans (eaux douces) 10-1000 ans (eaux salées)
Cours d'eau	10-20 jours	12-20 jours
Eau atmosphérique	8 jours	9 jours
Biosphère	Quelques heures	-

Le cycle global de l'eau se subdivise en cycles océanique et continental. Des échanges d'environ 40000 km³/an équilibrent le bilan de ces deux cycles. A l'échelle du globe, le bilan hydrique est théoriquement nul. La contribution de l'océan au bilan évaporation-précipitation représente 86% de l'évaporation totale, mais seulement 78% des précipitations. La différence de 8% se retrouve, sur les continents, par l'excès des précipitations sur l'évaporation. Cet excès est la cause de l'écoulement fluvial continental.

A l'échelle continentale, les principaux éléments de la répartition des eaux sont donnés par le tableau ci-après. Le pourcentage des précipitations qui ruisselle est plus important dans l'hémisphère Nord (~40%) que dans l'hémisphère sud (Australie : ~35%, Afrique : ~20% et Amérique du sud : ~10%).

Principaux éléments de la répartition des eaux à l'échelle du globe

Continents	Précipitations mm	Evaporation mm	Ruissellement mm
Europe	790	507	283
Afrique	740	587	153
Asie	740	416	324
Amérique du Nord	756	418	339
Amérique du Sud	1600	910	685
Australie et Océanie	791	511	280
Antarctique	165	0	165
Moyenne pour tous les continents	800	485	315

2. L'Eau et la ville : une histoire très ancienne



Ville de Mahdya

2.1 L'assainissement à travers les âges

■ Protection contre les crues :

- Endiguement des rivières (Bangladesh ...)
- Exhaussement des villes
- Transformation des rivières urbaines en égouts après les avoir couvert

■ Evacuation des eaux usées :

- 1348 la grande peste → 1350 premier règlement de la police pour l'assainissement de la ville

>>> Impact sur la santé publique

2.2 Fin du XVIII^o siècle et début du XIX^o

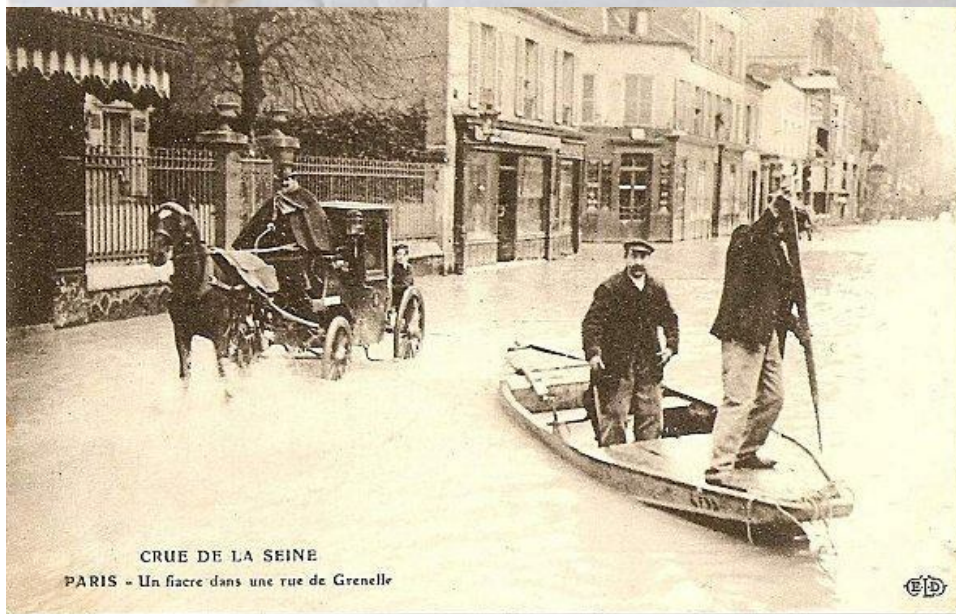
■ Développement du concept moderne du réseau d'assainissement

- Invention de la chasse d'eau, salle de bain;
- Augmentation de la population :
- Hygiénisme (1832 : 18402 morts)
- Apparition de l'assainissement moderne (VRD etc.)

2.3 Evolution du concept d'assainissement au cours du XX^o siècle

- Les premiers réseaux sont unitaires
- Apparition du concept hydraulique
- Apparition du concept environnemental

2.4. Quelques photos de crue de 1910 PARIS et celles de 1996/2010 CASABLANCA





Boulevard Moulay Smail - Inondation de Casablanca en janvier 1996 (126 mm en 24 heures)



Inondation en décembre 2010 à Casablanca

3. L'Hydrologie urbaine et assainissement

3.1 Qu'est ce que l'hydrologie?

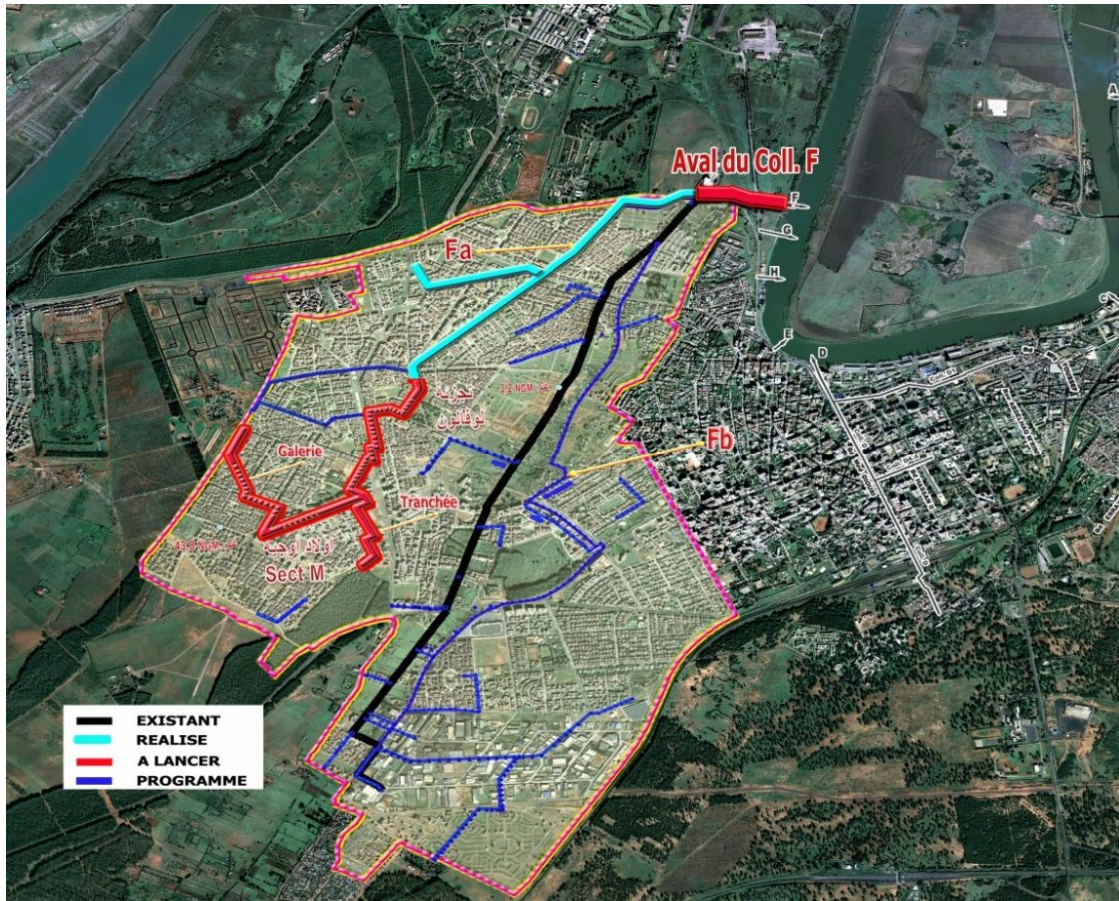
■ L'hydrologie est la science ayant pour objet l'étude des propriétés physiques, chimiques et biologiques des eaux situées à la surface de la Terre et au-dessous de cette surface, en particulier du point de vue de leur formation, de leur déplacement, de leur répartition dans le temps et l'espace et de leur interaction avec l'environnement inerte et vivant.

L'hydrologie continentale étudie les oueds, fleuves, lacs et marais, les eaux souterraines et les étendues d'eau solide des terres émergées, tandis que l'hydrologie marine s'identifie à l'océanographie.

3.2 Le bassin versant

Exutoire





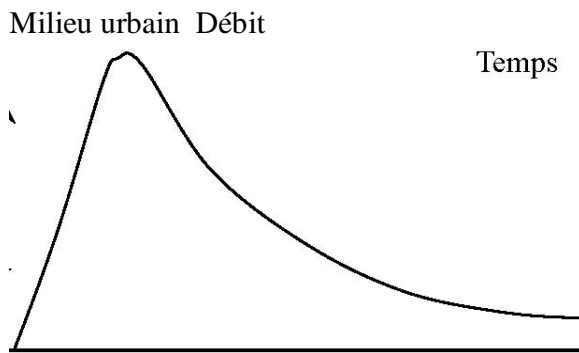
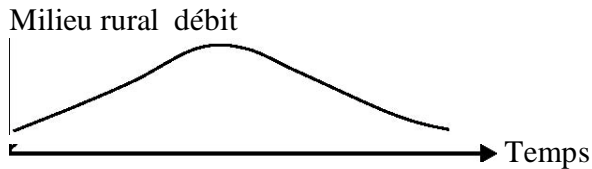
Ville de Kénitra au Maroc en 2012

3.3 L'effet de l'urbanisation sur le ruissellement superficiel

Les effets majeurs de l'urbanisation sont :

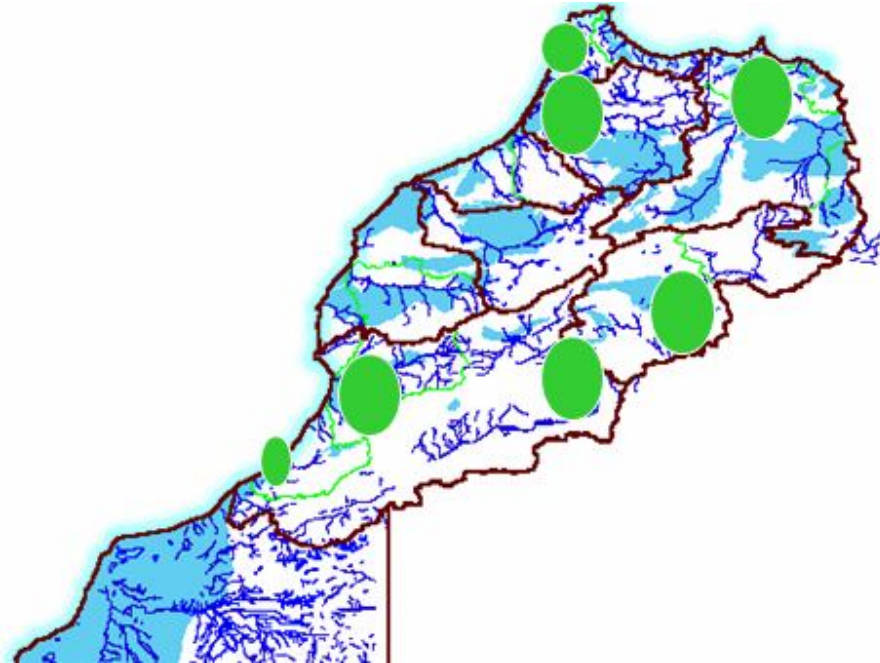
- Diminution de l'alimentation des sols
- Baisse du niveau des nappes

- Accroissement des concentrations



Cette concentration de la pointe est courte dans le temps et grande, d'où le surcoût de dimensionnement des collecteurs d'évacuation des eaux pluviales. Cette concentration a été mise en évidence lors des inondations catastrophiques de la Ville de Casablanca en 1996, de Mohammédia en 2002, d'Essaouira en 2010 etc. En effet, l'infrastructure des villes n'a pas suivi l'urbanisation galopante de la périphérie des villes, et on a constaté l'effet dévastateur sur l'aspect humain et matériel (***) .

(***) Présentation du plan « Protection contre les inondations au Maroc » dit PNI



Solution des grandes inondations observées dans les grandes plaines :

- Gharb barrage AL Wahda
- Loukkos..... barrage Oued El Makhahzine
- Tafilalet barrage Hassan Addakhil
- Vallée de Za barrage hassan II
- Plaine du Nekkour... barrage M.B.A.Khattabi
- ...etc

3. Hydrologie urbaine et assainissement

■ Assainissement : aspect technique de l'hydrologie urbaine.

- Ensemble d'équipements
- Ensemble de stratégies
- Évacuation des eaux usées et des eaux de pluviales
- Gestion des eaux de usées
- Gestion des eaux de pluies
- Protection sanitaire
- Protection contre les inondations
- Protection de l'environnement

Les méthodes de calcul et de conceptions des réseaux d'évacuation des eaux usées et pluviales seront basées notamment sur la méthode de Caquot et d'autres techniques.

4. Le système d'assainissement

Le système d'assainissement a évolué dans le temps et s'oriente vers une gestion globale des rejets des eaux pluviales et usées. Il consiste à gérer tous les aspects urbanistiques en intégrant la technique alternative de stockage des eaux pluviales (bassin d'orage etc.), en optimisant le pompage et en traitant les eaux canalisées avec une gestion en temps réel. In fine, le traitement des eaux usées avec une réutilisation éventuelle de la boue en agriculture et les eaux pour l'industrie ou loisirs (Golf etc.).

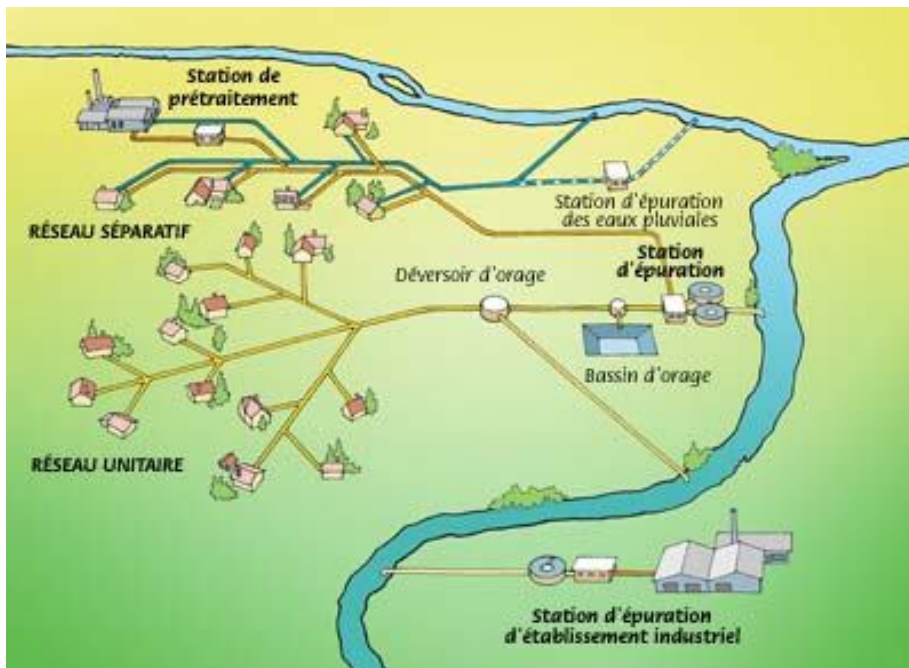
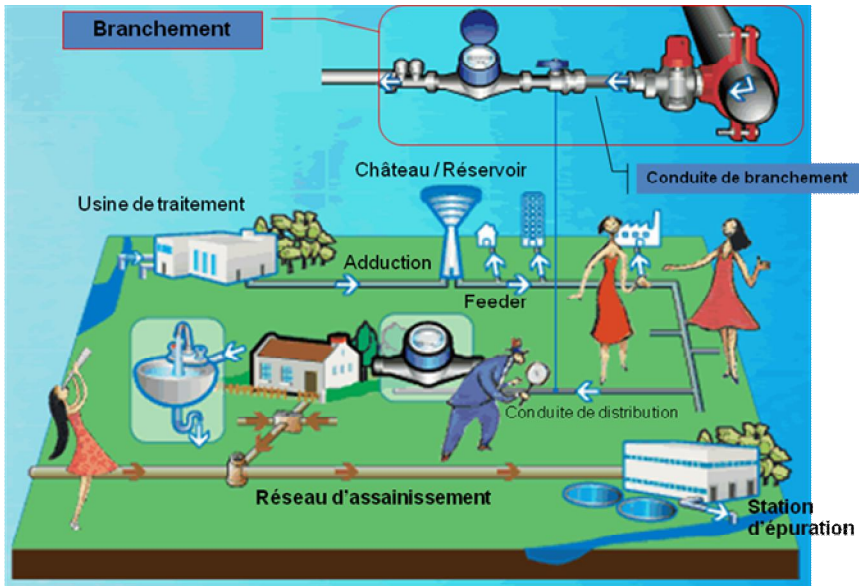


Schéma global d'assainissement des eaux pluviales et usées

5. Domaines d'interaction avec l'hydrologie

- Statistique
- Géostatistique, Cartographie
- Hydraulique
- Biologie
- Génie civil et urbain
- Aménagement et urbanisme

6. Références bibliographiques

6.1 Livres

- **L'eau dans la ville** (bilan général d'un programme de recherche expérimentation 1983-1994, sous la direction de Claude Lelong et Jean-Claude Deutsch.
- **La ville et son assainissement**
- **Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement**
- **Techniques alternatives aux réseaux d'assainissement pluvial**
- **Guide technique des bassins de retenue d'eaux pluviales**, Agences de l'Eau et Service technique de l'Urbanisme.
- **Mesures en hydrologie urbaine et assainissement**, J.-L. Bertrand-Krajewski, D. Laplace, C. Joannis et G. Chebbo.
- **Rural and urban hydrology**, M. G. Mansell.
- **Les eaux pluviales : gestion intégrée**, Gérôme Chaïb
- **Hydrologie Appliquée**, André Musy
- **Hydrologie 2 : Une science pour l'ingénieur**, Benoit Hingray et al

6.2 Sites Internet

- Ministère, Entreprises, agences et collectivités
 - <http://www.mem.gov.ma>
 - <http://www.eau-seine-normandie.fr/>
 - <http://www.hydratec.setec.fr/>
 - <http://www.rhea.tm.fr/>
 - <http://www.dhi.fr/>
 - <http://www.pamline.fr/>
 - <http://www.amice-project.eu/en/amice-project.php?refaction=6>