

Chapitre 3

Description de la base de données et de son contenu

3.1. Structure de la base de données

3.1.1. Présentation de la base de données

3.1.1.1. Originalité

Il n'existe pas de base de données en France, relative à la qualité des rejets urbains par temps de pluie. Par contre, d'autres types de banque ou de base existent. A un premier niveau d'information, il existe une base de données sur des bassins de recherche européens qui a ensuite été étendue à des bassins euro-méditerranéens, "the Euro-mediterranean Research Basins database". Elle rassemble des informations sur les bassins (nom, localisation...), sur les objectifs des recherches qui y sont entreprises, sur la pluviométrie moyenne annuelle. Cette base a pour objectif de faire la liste des bassins de recherche, et non de représenter les données qui y sont récoltées. (Mombers, 1990)

Ensuite, à un niveau plus fin de données, des bases de type pluviométrique ou hydrologique ont été mises au point. Les bases pluviométriques rassemblent des informations sur des séries d'averses (hauteur de pluie, intensité...) enregistrées en un point de mesure relié à un bassin versant particulier, ou même sans rapport avec un bassin quelconque, elles fournissent aussi des observations sur le vent ou la durée de temps sec. Les informations sur les pluies peuvent être des informations instantanées, à pas de temps fixe ou variable, ou des valeurs moyennes journalières. Parmi ce type d'outil, il existe la base de la Météorologie Nationale ou la banque PLUVIOM de l'ORSTOM. Pour les bases hydrologiques, les données concernent à la fois les pluies (hauteur de pluie, intensité) et les débits. Sur des bassins versants, sont représentés des couples pluie-débit, le débit étant mesuré à l'exutoire du bassin. Entrent dans cette catégorie la banque HYDROM de l'ORSTOM, la banque HYDRO du Ministère de l'Environnement ou le logiciel BANQ du CEMAGREF (Leviandier, 1991). Aucun des outils cités ne prend en compte la qualité de l'eau, leur objectif est

principalement de représenter les relations pluie-débit sur des bassins de toute nature, ruraux ou urbains.

Aux Etats Unis, une banque de données a été mise au point sous l'influence de l'"U.S. Geological Survey" (USGS) et de l'"U.S. Environmental Protection Agency" (USEPA) afin de rassembler les mesures disponibles à travers le pays. Au total, la banque compte 2813 événements pluvieux sur 173 bassins urbains dans 30 agglomérations. Elle a permis à l'USGS d'estimer par des modèles de régression des masses de polluant, des concentrations moyennes et des volumes, à partir des caractéristiques des bassins versants et des caractéristiques climatiques (Driver 1990). Mais les résultats obtenus apparaissent difficilement transposables à des sites français.

En Grande Bretagne, le développement du modèle de qualité en réseau, MOSQUITO, a mis en évidence l'importance de la fiabilité des mesures pour pouvoir tester et valider ce modèle. Ainsi donc, les données disponibles pendant le développement du modèle ont été rassemblées et critiquées. Il s'est avéré nécessaire de prévoir des programmes de mesure afin de compléter le premier jeu de données. Néanmoins, la base de données ainsi formée apparaît assez disparate, tant du point de vue des méthodes de mesure et d'analyse, que du point de vue des types de mesure effectuée (mesures sur des avaloirs comme dans les réseaux) (Osborne et al. 1990)

Dans d'autres pays, de nombreuses études ont été menées à partir de campagne de mesures de plus ou moins longue durée. Mais aucune n'a eu pour objectif principal de rassembler les mesures sur un même support. Ainsi, en Allemagne, plusieurs laboratoires possèdent des mesures, en continu ou non, sur de longues périodes. On peut citer une campagne de 5 ans sur un bassin unitaire de Munich-Harlaching, où des pluies et les écoulements résultants ont été analysés en continu (Geiger, 1984). Mais d'autres sites ont été équipés de manière similaire (Uhl, 1990). Il faut toutefois signaler que les objectifs de ces campagnes ne correspondent pas nécessairement aux objectifs que nous nous sommes fixés avec la base de données, à savoir caractériser la qualité des rejets d'un réseau par temps de pluie à l'exutoire d'un bassin versant urbain. Certaines des campagnes sont plus précisément orientées vers l'étude des dépôts dans les collecteurs ou vers les solides transportés. En Belgique, une station de mesure en continu est installée sur le collecteur unitaire de Bruxelles (Verbank, 1989). En Suède, en vue d'obtenir des données fiables sur la qualité des rejets urbains, des sites ont été équipés d'échantillonneurs fonctionnant en continu (Malmqvist, 1986).

En France, une base de données s'avérait nécessaire pour rassembler des mesures existantes issues de campagne de longue durée, sur des bassins versants différents. La récupération des données ne s'est pas faite sans problème (données incomplètes ou perdues), ce qui nous porte à croire que sans notre effort elles seraient tombées dans l'oubli ou devenues irrémédiablement inutilisables. D'ailleurs la mise au point de la base, la récupération des données, leur mise en forme, puis la recherche des données complémentaires sur la pluviométrie de certains sites, ont pris plus de 2 ans.

L'intérêt porté par les organismes détenteurs ou financeurs de données a été évident. C'est d'ailleurs pourquoi l'agence de l'eau Seine-Normandie est devenu l'un des financeurs de la base de données pour 50%, le reste étant assuré par le CERGRENE.

3.1.1.2. Intérêt d'une base de données

Avant le développement de la base, une maquette a été constituée sur un tableur avec les données des 4 bassins versants expérimentaux Maurepas, Ullis-Nord, Aix-Zup et Aix-Nord. Ces données proviennent de la campagne de mesure nationale française de 1982. Elles sont fiables, de bonne qualité et sans grosse lacune, c'est-à-dire que tous les hyétoigrammes et tous les hydrogrammes de la période de mesure ont été dépouillés (sauf panne). Par conséquent, la quantité d'information à manipuler était assez importante (de 3000 à 4000 lignes pour les fichiers contenant les hyétoigrammes ou les hydrogrammes). Leur manipulation sur le tableur en a rapidement montré ses limites.

La base permet de manipuler et d'accéder à un nombre important de données. Sur un tableur, les mêmes données que celles présentes actuellement dans la base, soit celles de 25 bassins versants, demanderaient pour chacun d'eux 6 fichiers au minimum, pour les pluies, les hyétoigrammes, les débits, les hydrogrammes, la qualité moyenne par événement, et les pollutoigrammes; soit 150 fichiers au total. Il serait difficile de descendre au dessous de 100. En effet, même si pour quelques sites les fichiers contenant les hyétoigrammes et les hydrogrammes pourraient être rassemblés du fait de leur petite taille. Pour d'autres au contraire, les hyétoigrammes nécessiteraient plusieurs fichiers pour utiliser au mieux les capacités du tableur, qui au-dessus d'un certain nombre de lignes devient très lent. Alors qu'avec une base de données, il est possible de rassembler dans un même fichier plusieurs dizaines de milliers d'informations sans avoir à les scinder.

On aurait pu envisager de programmer les exploitations présentes dans la base de manière plus "classique" à partir de fichiers ASCII et avec un langage structuré comme le Pascal ou le C. Mais les langages de base de données possèdent des fonctions très puissantes d'édition de menus et de parcours des données, qui facilitent leur manipulation. Elles permettent une visualisation, avec des tris ou des classements préalables, de manière très conviviale et uniquement à partir de quelques fonctions fondamentales du langage.

De plus, pour une exploitation à faire sur un tableur, il faut manipuler autant de fois qu'on a de jeux de données à exploiter. Avec un système de gestion de base de données, la programmation de l'exploitation est faite une seule fois, on peut introduire autant de jeux de données supplémentaires souhaités sans avoir à recommencer une quelconque programmation pour obtenir le résultat. Cela a pour conséquence qu'une base n'est pas interactive en dehors des exploitations prévues. C'est-à-dire qu'il est impossible de faire des traitements non prévus au moment de son développement. Mais à partir du moment où une attention toute particulière a été portée sur les types de données et leur organisation, il est toujours possible de compléter

les traitements existant s'ils ne répondent pas à une question précise. Il faut donc considérer la base de données actuelle comme un exemple des exploitations possibles. Les traitements existants permettent d'atteindre un certain nombre d'objectifs, mais ne répondent pas nécessairement à toutes les questions en suspens dans le domaine.

3.1.1.3.Clipper-Nantucket: le système de gestion choisi

Dans le projet initial, la base de données devait être développée avec le système ARES. Mais à l'issue de l'analyse fonctionnelle, les possibilités offertes par ce logiciel ne paraissaient pas suffisamment adaptées à la base de données que nous projetions de développer (nombreuses tables, volume de données important, large part de graphiques). Nous nous sommes donc intéressés à ce qui existait sur le marché comme système de gestion relationnel. En l'état actuel, l'éventail des produits proposés est très large. Il y en a pour tous les types de machines : micros, mini, et gros systèmes. Ceux qui nous intéressaient étaient des systèmes relationnels fonctionnant sur micro ordinateur avec le système d'exploitation MS-DOS.

Finalement notre choix s'est porté sur Clipper-Nantucket, logiciel déjà utilisé à l'agence de l'eau Seine-Normandie. CLIPPER s'est avéré tout-à-fait adapté à nos objectifs. Les principales caractéristiques qui nous l'ont fait retenir sont:

- * une aptitude au relationnel sans faille permettant de travailler facilement avec plusieurs fichiers;
- * une puissance et une rapidité suffisante pour manipuler de gros volumes de données;
- * permettre tout ou presque tout en matière de développement;
- * un apprentissage aisé pour des personnes ayant déjà fait de la programmation.

De plus, il s'agit d'un langage de programmation qui, grâce à un compilateur crée des fichiers exécutables qui lancés à partir du système d'exploitation MS-DOS exécuteront les opérations écrites dans le programme source. Cette manière de procéder permet une vitesse d'exécution rapide. De plus, les modèles compilés sont beaucoup plus adaptés au développement d'application car l'architecture ouverte comme celle de Nantucket permet une meilleure organisation des applications, une combinaison de programmes écrits dans des langages différents, et il permet d'exporter les données de manière à les utiliser sur d'autres logiciels. Il donne la possibilité de créer et d'appeler de nouvelles fonctions et par conséquent de faire tout, ou à peu près tout, ce qu'on peut imaginer.

De plus, la bibliothèque graphique DGE, compatible avec CLIPPER, offre plus de 90 fonctions, graphiques ou statistiques, de haute résolution. Avec Clipper-Nantucket, on a aussi accès à un utilitaire appelé DBU. Ecrit en Nantucket, cet exécutable permet de manière interactive, de construire des fichiers, d'y ajouter des données, de les parcourir et de créer des fichiers d'index qui permettent un accès plus rapide aux données.

3.1.2. Les types de données nécessaires aux études

Pour une description plus précise des données et de leur format, il faut se référer au document (Saget et al. 1993a). Dans ce paragraphe, il s'agit uniquement de montrer les données qui ont été choisies pour figurer dans la base de manière à couvrir le domaine d'étude. Notre objectif est d'étudier des suites de rejets par temps de pluie à l'exutoire de bassins versants urbains. Par conséquent, les données dont nous avons besoin concernent:

- * le site où les mesures sont faites;
- * la campagne de mesure faite sur le site:
 - * les appareils de mesure;
 - * la répartition des surfaces entre les différents types d'occupation du sol au moment de la campagne: habitat collectif ou individuelle, commerces, industries, voies de circulation;
 - * des caractéristiques générales du site au moment de la campagne: surface drainée au point de mesure, temps de concentration, imperméabilisation, pente moyenne, nombre d'habitants;
- * les événements pluvieux pour lesquels des mesures ont été recueillies:
 - * sur les pluies: hauteur totale précipitée, durée de la pluie, intensités moyennes maximales sur différents intervalles de temps (temps de concentration, 5 mn, 15 mn), hyétochrome;
 - * sur les écoulements: volume total écoulé, durée de l'écoulement, débit moyen, débit de pointe, hydrogramme;
 - * sur la qualité des écoulements: concentration moyenne par événement, flux moyen, masse totale produite, pollutogramme.

A ces mesures fondamentales peuvent se joindre d'autres mesures:

- * par temps sec, afin d'estimer la part des eaux usées sur la pollution rejetée par temps de pluie, elles sont effectuées en général sur une période de 24 heures de manière continue et comprennent des hydrogrammes et les pollutogrammes correspondants;
- * sur les solides présents dans les réseaux, on ajoute alors à la définition de l'événement des courbes granulométriques, de vitesse de chute ou de densité.

Types de données	Définition		
Données structurelles	occupation du sol: habitat collectif, habitat individuel, commerces, industries... caractéristiques générales: surface drainée, temps de concentration, imperméabilisation, pente moyenne, nombre d'habitants appareils de mesure		
Caractéristiques des événements pluvieux:	Pluie	Ecoulement	Qualité
données totales et moyennes	hauteur précipitée, intensité	volume écoulé, débit moyen	masse produite, concentration moyenne
variations en cours d'événement	hyétogramme	hydrogramme	pollutogramme
Caractéristiques supplémentaires	Temps sec: hydrogrammes et pollutogrammes Caractéristiques des solides: granulométrie, vitesse de chute et densité		

Tableau 3.1: Les données de la base

3.1.3. Les exploitations programmées

Ce paragraphe présente brièvement les exploitations programmées autour de la base de données. Il s'intéresse surtout aux objectifs qu'elles se proposent d'atteindre. Pour une description plus détaillée (enchaînement des écrans), il faut se référer au document (Saget et al. 1993b).

3.1.3.1. Principes généraux de fonctionnement

Les visualisations et les exploitations programmées dans la base de données ont été choisies pour répondre à un certain nombre de questions. Elles sont organisées sur deux niveaux: une campagne ou la comparaison de plusieurs campagnes. Un module supplémentaire permet de sélectionner les données sur lesquelles on désire travailler. Ainsi, à l'entrée de la base de données, le choix est le suivant:

Sélection:	Exploitations sur une campagne:	Comparaisons sur plusieurs campagnes:
d'une campagne d'un groupe de campagnes d'un groupe d'événements	Caractéristiques de chaque événement Visualisation de l'ensemble des pluies, des volumes ou des masses Répartition des masses parmi les 10 plus grandes Position des pointes des pollutogrammes par rapport au débit de pointe Répartition des masses en fonction du volume écoulé Relations entre caractéristiques des pluies et qualité des effluents Caractéristiques des solides Caractéristiques de temps sec Volumes et débits à traiter	des événements pour lesquels le volume, le débit de pointe, la concentration moyenne ou la masse sont les plus grands des masses annuelles et des concentrations moyennes des positions des pointes des hydrogrammes et des pollutogrammes des répartitions de la masse en fonction du volume des volumes et des débits à traiter

Tableau 3.2: Exploitations de la base de données

Le premier module qui concerne la sélection des données constitue une étape préalable à toute exploitation. Il utilise pleinement les capacités du système de gestion choisi et il permet à la base d'être optimale sur les fonctions de sélection, de tri et de classement. Le choix d'un système relationnel est donc totalement légitime ici, car il permet de mettre en relation n'importe quelle donnée de la base avec toute autre donnée. Il autorise donc de mettre en place des critères de sélection aussi différents qu'on le souhaite. On sélectionne les campagnes d'après la surface des sites, leur imperméabilisation ou le type du réseau d'assainissement. On sélectionne les événements d'après la hauteur de pluie, l'intensité maximale sur 5 mn, le volume écoulé, le débit de pointe, la masse produite d'un polluant donné ou sa concentration moyenne...

Concernant les rubriques des deux autres modules, il faut distinguer celles qui permettent de visualiser les données sans traitement particulier et celles qui effectuent des tris ou des calculs avant de les visualiser. Les rubriques qui ne contiennent aucun traitement particulier se trouvent parmi les exploitations sur une campagne. Il s'agit de la visualisation des caractéristiques de chaque événement, de l'ensemble des pluies, des volumes ou des masses, la visualisation des caractéristiques des solides et des relevés de temps sec.

3.1.3.2. Objectifs des exploitations

La construction de la base de données a pour premier objectif de rassembler sur un même support les données existantes en France sur la pollution rejetée par temps de pluie. Leur récupération souvent difficile a clairement démontré que sans notre effort elles auraient été très vite inutilisables. Or ces données sont essentielles, de par leur variété et leur nombre, pour espérer obtenir le maximum d'informations sur la production de la pollution en France.

Actuellement, les connaissances disponibles dans le domaine ne permettent pas de prévoir les masses qui vont être déversées à l'exutoire d'un bassin versant, à l'issue d'un épisode pluvieux. Les phénomènes en jeu sont tellement complexes qu'il est illusoire de vouloir résoudre exactement ce problème. Néanmoins, des indications sur les quantités déversées et sur les facteurs explicatifs constituent des éléments simples essentiels pour approfondir les connaissances. Voilà pourquoi une partie des rubriques de la base a pour objectif de visualiser les quantités produites pendant les campagnes de mesure et de les comparer aux caractéristiques des pluies ou aux caractéristiques des sites afin d'en tirer des facteurs explicatifs. Les échelles de temps sur lesquelles les masses sont calculées sont définies en fonction des effets négatifs enregistrés par le milieu récepteur. Pour les effets à long terme, nous calculons des masses annuelles. Pour les effets à court terme, nous nous intéressons aux masses rejetées par les événements et plus particulièrement par les événements les plus pollués.

Pour traiter des effluents, on trouve dans des documents la description de stratégies qui préconisent la mise en place d'ouvrages dont les dimensions ne permettent d'intercepter qu'une fraction des écoulements. Il faut vérifier si ces ouvrages ont un réel effet sur la diminution des masses rejetées. Pour cela, on s'intéresse à la répartition de la pollution en cours d'événement. Une rubrique présente pour chaque campagne les événements dont les pointes de concentration interviennent avant ou après les pointes de débit. Une autre rubrique permet de voir comment est répartie la masse en fonction du volume, afin de savoir dans quelle fraction du volume se trouve la tranche la plus polluée de l'écoulement. Des comparaisons entre les sites sont menées pour chaque exploitation afin de connaître l'influence de leurs caractéristiques sur les différents résultats.

Enfin, il existe actuellement une grande volonté de protéger les milieux naturels, et de nombreuses initiatives sont prises pour construire des ouvrages sur les réseaux. Mais, il faut savoir dans quelle mesure ces ouvrages permettent ou permettront de réduire les masses déversées. Voilà pourquoi dans la base, il existe des rubriques sur les volumes et les débits à traiter qui donnent la masse interceptée par des ouvrages dimensionnés par leur volume ou leur débit de traitement. La comparaison sur les différents sites donnera des fourchettes de valeurs auxquelles on pourra se référer.

Dans le tableau 3.3, les quatre principaux objectifs des rubriques de la base sont présentés. Les résultats qu'on peut obtenir à partir des données de la base sont détaillés dans les chapitres 5 et 6. Ils sont regroupés en fonction des objectifs soulignés ici. Le chapitre 5 concerne les quantités rejetées à l'échelle annuelle et à l'échelle des événements (l'ensemble des événements puis seulement les plus pollués), la répartition dans le temps des masses rejetées et à chaque étape des mises en relation sont faites soit avec les caractéristiques des sites, soit avec celles des événements pour tenter d'expliquer les variabilités des résultats. Le chapitre 6 concerne les dimensions des ouvrages.

Rubriques de la base	Objectif d'amélioration des connaissances dans:			
	Quantités rejetées	Facteurs explicatifs	Répartitions des masses dans le temps	Dimensions des ouvrages
Masses annuelles et concentrations moyennes sur plusieurs sites	X	X		
Volumes, débits, concentrations ou masses les plus grandes sur plusieurs sites	X	X		
Répartition des masses parmi les 10 plus grandes sur un site	X	X	X	
Position des pointes de concentration et de débit, sur un site et sur plusieurs		X	X	
Répartition des masses en fonction du volume sur un site et sur plusieurs		X	X	
Relations entre caractéristiques des pluies et qualité des effluents sur un site		X		
Volumes et débits à traiter sur un site et comparaison sur plusieurs sites		X		X

Tableau 3 3: Objectifs des différentes rubriques de la base de données

3.2. Contenu de la base de données

3.2.1. Description des sites

3.2.1.1. Critères de sélection des sites

Pour déterminer quelles campagnes de mesure nous allons retenir afin d'effectuer les études envisagées, il a fallu au préalable établir sur quels critères les choisir. Ces critères doivent permettre de répondre aux questions: où et quand les campagnes doivent avoir lieu, quelles informations doivent être disponibles, combien de temps doivent durer les campagnes. Les réponses sont fournies par les objectifs de connaissance à atteindre dans le domaine sur la pollution apportée par temps de pluie par le réseau d'assainissement à l'exutoire d'un bassin versant urbain pour différentes échelles de temps.

Où ? Les bassins agricoles sont exclus du domaine de recherche. Un bassin prend le qualificatif "urbain" lorsque son coefficient d'imperméabilisation dépasse 20%. Des mesures faites à l'exutoire d'un bassin versant assurent que la pollution mesurée provient de sa surface exclusivement dans le cas d'un réseau séparatif, et augmentée des eaux usées s'il s'agit d'un réseau unitaire. Dans ce cas, on peut comparer les sites et étudier l'influence de leurs caractéristiques sur la pollution rejetée. En pratique, pour certains sites utilisés, le réseau d'assainissement est tellement complexe qu'il est difficile de déterminer d'où proviennent exactement les eaux écoulées au point de mesure

Quand ? Les mesures doivent porter sur des séries d'événements pluvieux et non pas seulement sur les épisodes de temps sec. L'objectif est la caractérisation de la pollution des eaux pluviales.

Quelles mesures ? Il s'agit de mesures de qualité des rejets de temps de pluie. Les polluants identifiés dans les eaux pluviales comme les plus importants sont les MES, la DCO, la DBO5, les métaux (Plomb, cadmium, zinc) et les hydrocarbures. La liste des polluants mesurés diffère d'une campagne à une autre. C'est ainsi qu'une quarantaine de polluants ont été recensés sur l'ensemble des campagnes de la base. On y trouve l'azote Kjeldhal, l'azote ammoniacal, les nitrates, le phosphore, les orthophosphates, les MES, la DCO et la DBO5 après décantation de 2h, et le carbone organique total. Mais les MES, la DCO et la DBO5 sont les 3 polluants qui figurent sur toutes les campagnes. D'autre part, la pollution peut s'exprimer en terme de concentration, c'est d'ailleurs ce qui est mesuré, mais également en terme de masse. En effet, les critères d'impact sur les milieux récepteurs font très souvent référence aux masses qu'ils reçoivent en provenance d'un bassin. Pour passer de la concentration à la masse, le volume est nécessaire. Par conséquent, en même temps que les concentrations, les débits doivent être mesurés pour obtenir les volumes par intégration des mesures. De plus, la caractérisation de la pollution nécessite la connaissance de la pluie. Il faut donc ajouter les mesures de hauteur de pluie.

Combien de temps ? Afin de caractériser la pollution de temps de pluie nous voulons évaluer les masses rejetées tant sur de longues périodes comme l'année, que sur des périodes courtes comme la durée de l'événement pluvieux, pour connaître la répartition de la charge dans l'écoulement. Ces deux échelles de temps nous sont dictées par la connaissance que nous avons actuellement sur les impacts négatifs subis par les milieux récepteurs. Ceux-ci sont sensibles non seulement à une pollution importante de courte durée, on parle d'effet de choc, mais ils sont également sensibles à une pollution qui se répète et additionne ses effets, on parle alors d'effet cumulatif et d'effet de stress. Pour appréhender la pollution apportée sur l'année, la méthode la plus précise consisterait à échantillonner tous les événements pluvieux d'une année, puis à additionner les masses calculées pour chacun d'eux afin d'obtenir une masse annuelle. Hélas le coût trop élevé des campagnes de mesure réduit très souvent la durée des mesures à quelques mois, ou à quelques analyses sur l'année. Pour intégrer une campagne de mesures nous avons fixé la durée minimale à 6 mois. Cette période doit comporter le moins de trous possibles. Si cette durée minimale n'est pas respectée, le nombre minimal d'événements successifs échantillonnés a été fixé à 10. Ces valeurs minimales doivent permettre d'extrapoler par des méthodes statistiques, pour les événements manquants les charges rejetées. Car il faut que le nombre de mesures soit suffisamment représentatif pour établir des relations statistiques fiables.

Quelle précision ? D'autre part, l'une des questions importantes aujourd'hui dans le cadre du traitement des effluents concerne la répartition de la pollution à l'intérieur de l'événement. En effet, si la pollution est concentrée au début de l'écoulement, de petits ouvrages suffiront à intercepter la plus grande part de la pollution. Sinon, les ouvrages seront quasiment inefficaces, et il faudra en concevoir de plus grands beaucoup plus chers. Pour pouvoir connaître cette répartition fine de la pollution, il faut des mesures de concentrations au cours des écoulements. Mais là aussi, le coût des analyses a souvent limité le nombre des pollutogrammes à moins de 10 par campagne.

En résumé, nous retiendrons qu'une campagne pour être choisie, doit respecter les points suivants :

- * mesures à l'exutoire d'un bassin urbain;
- * au minimum, 6 mois de mesure en continu (concentration moyenne par événement ou pollutogramme), ou 10 événements pluvieux successifs échantillonnés complètement (hyétogrammes, hydrogrammes et pollutogrammes);
- * mesures simultanées des pluies, des écoulements dans le réseau et de la qualité de ces rejets.

3.2.1.2. Caractéristiques générales

Les campagnes de mesures sur la qualité par temps de pluie dans des réseaux en France sont assez nombreuses. Hélas, toutes ne répondent pas aux objectifs fixés. La description de ce paragraphe porte uniquement sur les sites qui répondent à nos objectifs et que nous avons utilisés par la suite. Pour en avoir une description complète, ainsi que des sites non retenus, il faut consulter le document (Saget et al. 1993c).

Les sites que nous utilisons sont au nombre de 17. Le panel qu'ils représentent pour effectuer des comparaisons d'un site à un autre est donc tout à fait conséquent, même s'il est exclu d'en tirer des lois statistiques.

Le tableau 3.4 donne une description globale de chacun des sites retenus. La répartition par type de réseau donne un peu plus de sites séparatifs qu'unitaires. Pour les sites séparatifs, on dispose des surfaces de tous, alors que pour les sites unitaires, on ne dispose d'information complète que sur le site de Mantes. Pour chacun des groupes, la surface des sites est variable, de quelques dizaines d'hectares à quelques milliers. Les taux d'imperméabilisation sont aussi très représentatifs, ils varient entre 20% et plus de 50%. Cela représente des surfaces imperméables variant entre 16 ha et environ 100 ha.

Les sites retenus se situent en région parisienne, exception faite de Aix Zup et Aix Nord. Les particularités les plus importantes que signalent les rapports de chaque campagne sont les suivantes:

- * sur Aix Nord, l'analyse des mesures hydrauliques a montré quelques anomalies qui n'ont pu être élucidées (pertes sur le bassin ou mauvais appareillage);
- * sur Ulis Sud, une zone agricole avoisinante apporte pour certaines pluies des volumes non négligeables;
- * le site des Ulis Nord était initialement qualifié de séparatif strict, mais les mesures d'écoulement ont montré la présence de quelques eaux usées par temps sec, c'est pourquoi il a été classé parmi les sites séparatifs pollués;
- * le site de Baudile a été qualifié de mixte, car sur une partie du bassin le réseau est unitaire et séparatif sur l'autre;
- * les sites de la Briche sont des sites dont les réseaux sont mal connus, maillés et sur lesquels sont installés des ouvrages de régulation dont les périodes de fonctionnement sont mal connues, les surfaces actives moyennes calculées au chapitre 4 varient pour ces sites entre 470 ha et 4600 ha.

Les remarques principales sur les caractéristiques des sites sont les suivantes:

- * il y a une prédominance des petits bassins;
- * il n'y a pas de petits sites unitaires, ni de grands sites séparatifs.

L'avantage des petits sites est que leur taille permet une meilleure connaissance du réseau et de ce qui se passe à la surface. Ces remarques devront toujours être présentes à l'esprit dans toutes les comparaisons qui tenteront de trouver des facteurs explicatifs aux variabilités parmi les caractéristiques des sites.

Site	Durée mois	Date de début	Surface ha	Temps de concentr. mn	Imperm. %	Densité de pop. hab/ha	Pente moy ‰
Sites séparatifs							
Aix Zup	16	01/10/80	25,6	20	78	100	29
Aix Nord	16	01/10/80	92	45	35	40	65
Maurepas	16	01/09/80	26,7	30	60	100	5
Vélizy	12	01/09/74	53,2	20	54	94	
Centre Urbain	13	11/04/81	226	40	24		
Ulis Sud	12	01/01/78	69,1	35	41		57
Malnoue	13	16/03/81	185	40	35	58	7
Sites séparatifs pollués							
Ulis Nord	12	01/12/81	43,1	45	42	350	5,5
Grammont	11	17/03/81	144	20	25	74	15
Chesnay	11	16/04/81	560	70	19	96	30
Site mixte							
Baudile	11	16/03/81	1145	60	30	44	4
Sites unitaires							
Mantes	11	26/07/78	72	15	39	67	32
La Briche DD11	14	01/04/83					
La Briche D11	14	01/04/83					
La Briche PHI	14	01/04/83					
La Briche Enghien	14	01/04/83					
La Briche PLB	14	01/04/83					

Tableau 3.4: Caractéristiques générales des sites de mesures

3.2.2. Description des appareils de mesure

En annexe, on trouvera la description détaillée des appareils de mesure.

3.2.2.1. Mesure de la pluie

En général pendant ces campagnes de mesures, les données sur les pluies proviennent d'un pluviomètre installé sur le site d'étude. Pour des bassins versants de taille restreinte (100 ha), un seul appareil fournit des informations jugées suffisamment représentatives des précipitations qui s'y déroulent. Par contre, sur des bassins de taille plus importante, la représentativité d'un appareil est plus difficile à assurer, c'est pourquoi sur les sites de Baudile, Chesnay et la Briche PLB, les données de plusieurs appareils ont été récupérées afin de les comparer, et de retenir celles qui donnent le plus d'informations.

3.2.2.2. Mesure du débit

Les chaînes de mesure installées dans les collecteurs pour obtenir les débits écoulés par temps de pluie sont variables d'un site à un autre. Mais les sites de mesure, c'est-à-dire les réseaux d'assainissement, n'autorisent que deux types de méthode:

- * mesurer la hauteur de l'écoulement, puis utiliser une section de contrôle étalonnée ou obtenir une courbe de tarage sur la section de mesure par l'utilisation d'une formule;
- * mesurer simultanément la hauteur de l'écoulement et sa vitesse, puis en déduire le débit grâce à la vitesse moyenne et à la section mouillée.

3.2.2.3. Mesure de la qualité

L'échantillonnage des effluents est différent d'un site à un autre mais suit tout de même quelques règles générales. En début de chaîne, il y a un module d'asservissement au débitmètre ainsi qu'un temporisateur. Les échantillonneurs sont asservis au débitmètre pour déclencher les prélèvements à partir d'un seuil de hauteur, et pour repérer les temps sur les échantillons. De plus, certains prélèvements se font à pas de temps constant, même si ensuite les échantillons sont parfois reconstitués par pondération par le volume écoulé. Les autres prélèvements sont faits à pas de volume constant. Les préleveurs sont en général au nombre de deux. Le premier sert à constituer des échantillons moyens sur l'ensemble d'un événement. Le second permet d'échantillonner plus finement afin d'obtenir plusieurs flacons pour étudier les variations de la concentration pendant l'événement.

3.2.3. Description des événements échantillonnés pendant les campagnes

3.2.3.1. Les données disponibles

Les données principales recueillies pendant les événements peuvent être séparées en 6 catégories:

- * les caractéristiques globales des pluies: hauteur totale précipitée, durée, intensités moyennes sur plusieurs durées;
- * les variations en cours de pluie de l'intensité instantanée: les hyétoigrammes;
- * les caractéristiques globales des écoulements: volume total écoulé, durée, débit de pointe;
- * les variations en cours d'événement du débit: les hydrogrammes;
- * les caractéristiques globales de qualité: concentration moyenne par événement, flux moyen, masse totale rejetée pendant l'événement. Les polluants analysés varient, mais on retrouve toujours au minimum les MES, la DCO et la DBO5;
- * les variations pendant l'événement des concentrations de polluants, les pollutoigrammes; les polluants concernés sont uniquement les MES, la DCO et la DBO5.

Les campagnes de mesure peuvent se classer en 4 groupes suivant la disponibilité des données de chacune des catégories précédentes: les données ont été mesurées sur quelques événements sélectionnés ou au contraire de manière systématique sur tous les événements de la campagne.

Les 4 groupes sont les suivants:

1. pour tous les événements, les caractéristiques globales (pluie, écoulement et qualité) ainsi que les hyétoigrammes et les hydrogrammes, sont disponibles, mais seulement quelques pollutoigrammes ont été mesurés;
2. pour tous les événements, les caractéristiques globales des pluies et des écoulements, ainsi que tous les hyétoigrammes sont disponibles, mais pour quelques événements seulement les mesures de qualité, les hydrogrammes et les pollutoigrammes ont été mesurés;
3. pour tous les événements, les caractéristiques globales des pluies et les hyétoigrammes sont disponibles, pour les autres données seulement quelques événements les possèdent;
4. seules les caractéristiques globales des pluies sont disponibles pour tous les événements, les autres données ont été mesurées pour quelques événements.

"tous les événements" signifie que l'objectif de la campagne était de faire des mesures sur tous les événements enregistrés, mais en définitive le nombre de mesures, indiqués dans les tableaux 3.6 et 3.7, ne correspond pas toujours au nombre d'événements à cause de contre-temps comme des pannes ou des crues. De plus, dire que les caractéristiques globales sont disponibles signifient qu'au minimum a été mesuré la hauteur totale pour les pluies, le volume total pour les écoulements et la concentration moyenne pour la qualité.

Groupe de sites	Pluies	Hyéto grammes	Ecoule ments	Hydro grammes	Qualité	Polluto grammes
Groupe 1: Aix-Zup, Aix-Nord, Maurepas, Ulis-Nord	tous	tous	tous	tous	tous	quelques
Groupe 2: Centre-urbain, Malnoue, Grammont, Chesnay, Baudile	tous	tous	tous	quelques	quelques	quelques
Groupe 3: la Briche DD11, D11, PHI, Enghien, PLB	tous	tous	quelques	quelques	quelques	quelques
Groupe 4: Vélizy, Ulis-Sud, Mantes	tous	quelques	quelques	quelques	quelques	quelques

Tableau 3.5: Regroupement des sites suivant les types de données disponibles sur tous les événements, ou sur quelques uns.

Site	Evénements recensés	Mesure de pluies	Mesures d'écoulements	Mesures de qualité (polluant MES)
Groupe 1				
Aix Zup	75	73	73	54
Aix Nord	74	72	66	52
Maurepas	174	156	172	130
Ulis Nord	97	92	93	81
Groupe 2				
Centre Urbain	144	130	72	25
Malnoue	178	110	100	26
Grammont	162	120	96	27
Chesnay	186	155-160	50	22
Baudile	209	151-185	78	27
Groupe 3				
la Briche DD11	118	89	16	16
la Briche D11	118	89	17	17
la Briche PHI1400	118	89	18	18
la Briche Enghien	118	89	17	17
la Briche PLB	118	43-105	18	18
Groupe 4				
Ulis Sud	130	130	74	31
Vélizy	141	141	23	27
Mantes	234	234	25	25

Tableau 3.6: Nombre de mesures faites sur chaque site en terme de caractéristiques globales de pluie, d'écoulement et de qualité

Site	Evénements recensés	Hyétogrammes	Hydrogrammes	Pollutogrammes (polluant MES)
Groupe 1				
Aix Zup	75	70	73	20
Aix Nord	74	69	66	12
Maurepas	174	143	171	24
Ulis Nord	97	88	91	14
Groupe 2				
Centre Urbain	144	100	5	5
Malnoue	178	88	9	9
Grammont	162	92	7	7
Chesnay	186	155-160	5	5
Baudile	209	151-185	5	5
Groupe 3				
la Briche DD11	118	90	16	16
la Briche D11	118	90	17	17
la Briche PHI1400	118	90	18	18
la Briche Enghien	118	90	17	17
la Briche PLB	118	90	18	18
Groupe 4				
Vélizy	141	19	19	19
Ulis Sud	130	10	10	10
Mantes	234	9	9	10

Tableau 3.7: Nombre de mesures faites sur chaque site en terme de hyétogrammes, hydrogrammes et pollutogrammes

3.2.3.2. Domaines de variation

Le tableau 3.8 présente les domaines de variation des hauteurs de pluie et des volumes écoulés par événement pendant les campagnes de mesures. Pour les hauteurs de pluie, lorsque plusieurs appareils sont disponibles sur un site, il s'agit des mesures qui correspondent au pluviomètre que l'étude du chapitre 4 aura permis de sélectionner.

En ce qui concerne les *hauteurs de pluie*:

- * | les valeurs minimales varient peu, elles correspondent à la hauteur minimale engendrant un écoulement;

- * les hauteurs maximales sont en général comprises entre 30 et 50 mm, sauf:
 - * sur Ulis Sud et Mantes: 15 mm;
 - * sur Ulis Nord: 79 mm.

En ce qui concerne les *volumes écoulés*, les disparités sont importantes aussi bien sur les valeurs minimales que sur les valeurs maximales. Les volumes maximaux semblent être liés à la taille du bassin. C'est un résultat évident si on compare une même pluie précipitée sur des surfaces différentes. Mais il faut penser que les événements disposant d'une mesure de volume ne sont qu'un échantillon des événements de l'année, et par conséquent ne sont pas nécessairement comparables. D'ailleurs, lorsqu'on ramène les valeurs maximales à la surface active moyenne calculée dans le chapitre 4, on constate également de grandes disparités.

Les volumes maximaux représentent entre 60 et 830 m³ / ha act:

- * 60 m³/ha act sur la Briche PHI de 700 ha act;
- * 830 m³/ha act sur Maurepas de 15 ha act.

Les différences sur les volumes sont plus certainement liées à la différence sur les caractéristiques des événements mesurés. En effet, sur Maurepas, tous les volumes sont disponibles pendant l'année de mesure, alors que sur les sites de la Briche, seulement une vingtaine d'écoulements ont été mesurés. De plus, Maurepas est un site séparatif dont la structure du réseau est bien connue, alors que les sites de la Briche ont des structures maillées, avec des ouvrages de régulation dont les périodes de fonctionnement sont mal connues.

Les tableaux 3.9, 3.10 et 3.11 présentent les domaines de variation des *concentrations moyennes par événement* en MES, DCO et DBO5 des sites étudiés. Ces paramètres correspondent à ceux qui sont mesurés sur l'ensemble des sites. Les remarques qu'on peut faire sur les valeurs des tableaux sont les mêmes que précédemment: disparités des résultats, pour certains sites peut-être mauvaise représentativité des mesures.

Site	Hauteur de pluie mm				Volume écoulé m ³			
	Minimum	Moyenne	Maximum	Ecart type	Minimum	Moyenne	Maximum	Ecart type
Groupe 1								
Aix Zup	0,4	8,0	43,6	8,7	27	892	6746	1234
Aix Nord	0,8	8,4	49,6	9,1	69	1040	6689	1462
Maurepas	0,4	6,0	47,4	7,1	28	922	12495	1511
Ulis Nord	0,8	7,2	79,6	9,4	28	1013	7927	1357
Groupe 2								
Centre Urbain	0,5	5,9	37,9	6,9	122	1589	11788	2030
Malnoue	0,5	5,5	37,5	7,1	8	1391	13897	2354
Grammont	0,5	5,3	32,6	6,4	92	1294	12517	1994
Chesnay	0,5	5,1	32,6	6,4	240	4644	32188	5427
Baudile	0,5	4,7	32,6	6,2	696	12294	79732	15838
Groupe 3								
DD11	0,2	5,4	28,9	4,8	10161	37586	87849	18004
D11	0,2	5,4	28,9	4,8	7073	58276	108198	23304
PHI	0,2	5,4	28,9	4,8	16849	27073	40218	7333
Enghien	0,2	5,4	28,9	4,8	31529	64739	133784	26414
PLB	0,2	5,4	28,9	4,8	111443	213246	439021	77147
Groupe 4								
Vélizy	1,2	4,8	46,6	5,7	144	1247	4283	1030
Ulis Sud	1	4,4	15	3,2	43	2478	17650	3046
Mantes	0,4	1,9	15,8	2,3	48	309	1040	259

Tableau 3.8: Domaine de variation des hauteurs de pluie et des volumes écoulés sur les sites étudiés

Site	Minimum	Moyenne	Maximum	Ecart type
Groupe 1				
Aix Zup	22,4	322	2010	339
Aix Nord	29	379	3784	543
Maurepas	14	166	894	168
Ulis Nord	40	463	2475	434
Groupe 2				
Centre Urbain	41	271	645	172
Malnoue	20,6	287	1298	253
Grammont	34,6	305	836	202
Chesnay	118	523	2065	432
Baudile	65,3	338	784	187
Groupe 3				
DD11	174	497	953	225
D11	171	347	692	144
PHI	222	427	757	152
Enghien	60	267	741	194
PLB	147	417	904	169
Groupe 4				
Vélizy	44	331	1150	284
Ulis Sud	81	546	1477	392
Mantes	99	570	1760	362

Tableau 3.9: Domaine de variation des concentrations moyennes par événement en MES (mg/l)

Site	Minimum	Moyenne	Maximum	Ecart type
Groupe 1				
Aix Zup	41	271	1220	239
Aix Nord	48	298	1260	261
Maurepas	18	97	590	79
Ulis Nord	36	295	2715	373
Groupe 2				
Centre Urbain	32	208	882	220
Malnoue	34	298	1498	325
Grammont	42	399	2408	451
Chesnay	137	661	2664	603
Baudile	109	366	933	214
Groupe 3				
DD11	209	522	923	208
D11	179	413	840	195
PHI	437	632	1119	191
Enghien	116	381	918	229
PLB	212	501	936	187
Groupe 4				
Vélizy	28	168	652	141
Ulis Sud	26	174	501	115
Mantes	153	445	1032	202

Tableau 3 10: Domaine de variation des concentrations moyennes par événement en DCO (mg/l)

Site	Minimum	Moyenne	Maximum	Ecart type
Groupe 1				
Aix Zup	3	87	745	157
Aix Nord	4	68	300	80
Maurepas	1	16	110	17
Ulis Nord	6	63	666	90
Groupe 2				
Centre Urbain	5	17	48	11
Malnoue	9	42	171	36
Grammont	15	66	250	50
Chesnay	28	139	819	165
Baudile	29	120	624	123
Groupe 3				
DD11	84	191	395	83
D11	49	128	254	60
PHI	146	231	483	83
Enghien	29	126	314	82
PLB	74	159	262	50
Groupe 4				
Vélizy	6	36	159	39
Ulis Sud	8	25	87	19
Mantes	28	116	292	61

Tableau 3.11: Domaine de variation des concentrations moyennes par événement en DBO5 (mg/l)

