

- la pointe de charge n'est pas prononcée, c'est-à-dire que soit la pente du réseau est forte et on observe peu de dépôts dans les canalisations (donc peu de matières polluantes susceptibles d'être remises en suspension par un orage), soit la pente du réseau est faible et les dépôts seront très nombreux mais la remise en suspension se fera assez lentement.

- le temps de rinçage est long (supérieur à 30 mn). Il sera difficile de dimensionner le bassin pour tout le premier flot d'orage et le bassin déversera des eaux encore relativement polluées. Néanmoins, ces eaux auront transitées dans le bassin et y auront subi un minimum de décantation.

6.3. Bassin à connexion directe ou latérale
(voir les définitions au chapitre 1, paragraphe paragraphe 3)

- La connexion directe est avantageuse :
 - dans les réseaux ne présentant plus de branchements d'eaux pluviales à l'aval du bassin, ce qui permet d'acheminer à la station d'épuration toute la charge polluante stockée sans crainte de dilution incontrôlée,

- pour sa simplicité de mise en oeuvre. Aucun ouvrage d'alimentation particulier n'est nécessaire et elle permet le plus souvent la mise en place d'une vidange gravitaire. Tout dépend alors de la perte de pente autorisée par le réseau.

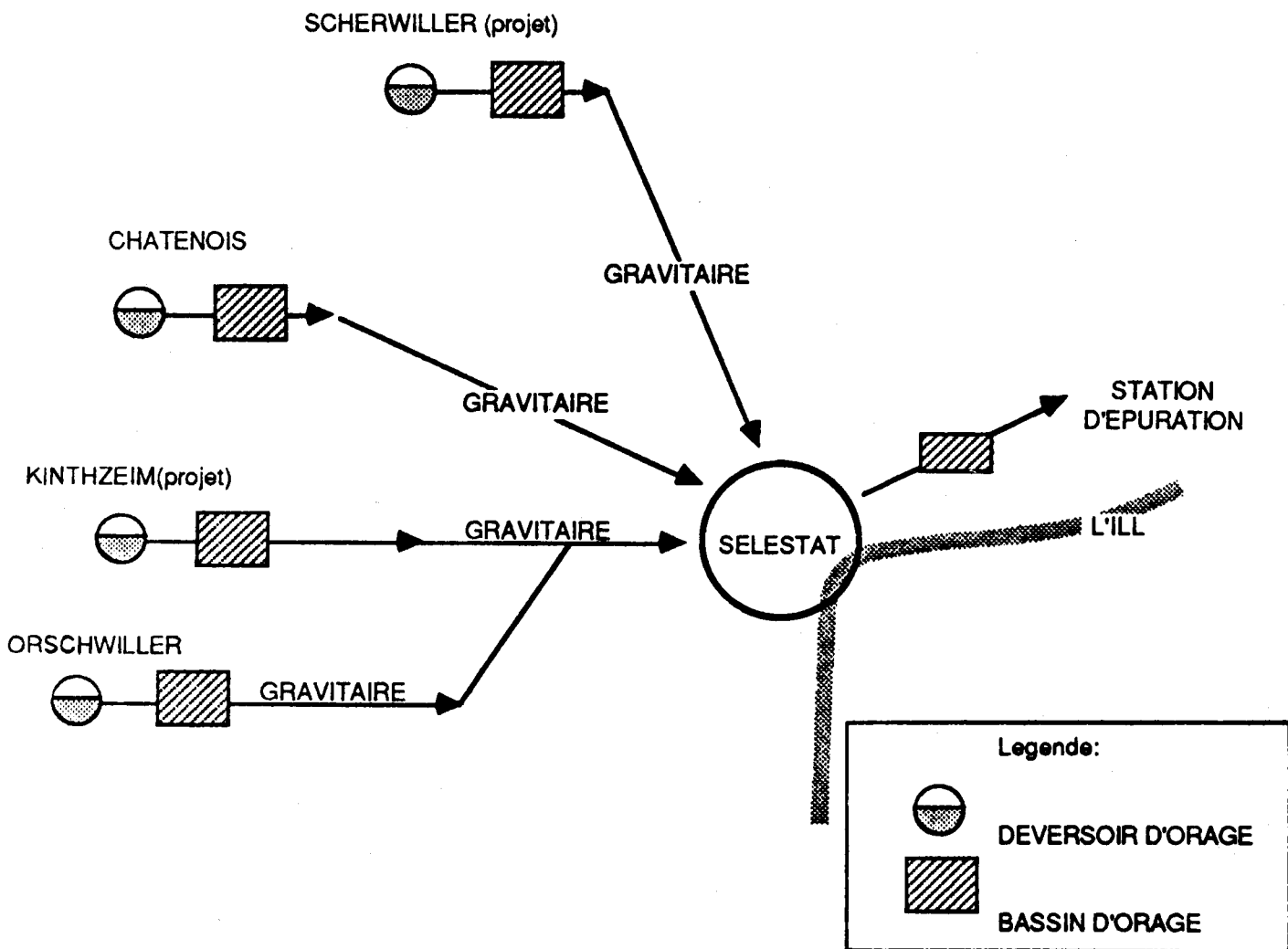
- La connexion latérale

- doit être envisagée lorsque des entrées d'eaux pluviales se produisent à l'aval du bassin (le début de la vidange devra être asservi à la fin de la pluie),
- est conseillée lorsque l'on veut éviter la traversée du bassin par les eaux de temps sec et que l'on veut privilégier l'alimentation en continu de la station d'épuration, par tous les temps.

6.4. Autres considérations

La complexité des ouvrages annexes à prévoir et la facilité d'exploitation sont des facteurs intervenant aussi dans le choix. Vus sous cet angle, les avantages et les inconvénients de ces différents types de bassins sont répertoriés dans le tableau ci-dessous (13) (18) :

Figure 6 : EXEMPLE D'UN SCHEMA DE COLLECTE AVEC BASSINS D'ORAGE : LE S.I.V.O.M. DE SELESTAT (BAS RHIN) - 30 000 EQUIVALENT HABITANTS



Type de bassin	Avantages	Inconvénients
Piège à connexion directe	<ul style="list-style-type: none"> - un seul déversoir - pas de canalisations accessoires - vidange gravitaire possible - grande liberté de conception en plan 	<ul style="list-style-type: none"> - débit sortant vers la station fortement variable ou équipement de régulation nécessaire - alimentation du bassin plus fréquente qu'en connexion latérale - perte de niveau éventuelle - limitation éventuelle de la hauteur d'eau dans le bassin.
Piège à connexion latérale	<ul style="list-style-type: none"> - pas de perte de pente du collecteur - en temps sec et pour les pluies faibles, le bassin n'est pas traversé - débit sortant vers la station moins variable qu'avec un bassin à connexion directe sans équipement de régulation - grande liberté de conception en plan 	<ul style="list-style-type: none"> - davantage de canalisations de liaison que dans l'agencement à connexion directe - pompe de vidange à commande automatique nécessaire la plupart du temps
Transit à connexion directe	<ul style="list-style-type: none"> - peu de canalisations accessoires - rétention poussée des matières en suspension - vidange gravitaire possible 	<ul style="list-style-type: none"> - aménagements pour diminuer la turbulence et les courants préférentiels - aménagement de deux déversoirs - débit de sortie vers la station fortement variable ou nécessité d'équipements de régulation - alimentation du bassin plus fréquente qu'en connexion latérale
Transit à connexion latérale	<ul style="list-style-type: none"> - pas de perte de pente du collecteur - débit de sortie vers la station plus constant qu'en connexion directe sans équipement de régulation - rétention poussée des matières en suspension - par temps sec et faibles pluies, le bassin n'est pas traversé. 	<ul style="list-style-type: none"> - plus de canalisations accessoires que dans l'agencement à connexion directe - pompe de vidange à commande automatique nécessaire la plupart du temps - conception hydraulique plus complexe.

DIMENSIONNEMENT DU BASSIN D'ORAGE

On rencontre essentiellement deux méthodes de calcul, liées pour l'instant aux deux types essentiels d'implantation du bassin d'orage :

- la méthode dite de la pluie critique, associée à une démarche d'implantation sur réseau
- la méthode dite des débits, utilisée lors de l'implantation en tête de station, qui est la pratique actuellement la plus courante.

La méthode de la pluie critique trouve son origine scientifique dans des études et expérimentations développées en Allemagne, et en partie vérifiées dans l'Est de la France. La démarche rigoureuse adoptée semble prometteuse, même si des investigations complémentaires importantes sont encore nécessaires pour répondre aux contextes particuliers et variés de la France.

Aussi, il a paru utile de décrire en détail les principaux résultats des travaux allemands et la méthode de dimensionnement. Les hypothèses encore contestables sont mises en relief.

La méthode des débits est abordée ensuite, et analysée avec toutes ses incertitudes et même contradictions de raisonnement.

Une expérience très récente est enfin présentée : il s'agit d'une caractérisation quantifiée des phénomènes hydrauliques et de pollution, par temps de pluie, sur un bassin versant de l'Île de France.

Ces diverses méthodes, fort différentes les unes des autres, tant dans leur démarche que par leurs résultats, restent encore largement perfectibles dans leurs applications et dans leur fiabilité. Il reste donc une marge très importante de manoeuvres et d'innovations pour les concepteurs futurs.

1. METHODE DE LA PLUIE CRITIQUE

1.1. Origine de la méthode (18)

A la suite d'une longue réflexion et collaboration internationale autour de la sauvegarde du lac de Constance (entre la Suisse, l'Autriche et la République Fédérale Allemande), de multiples recherches se sont orientées vers les bassins d'orage dans les divers pays.

La méthode de la pluie critique a été développée, consécutivement aux travaux du Dr KRAUTH, de l'Université de STUTTGART. Celui-ci a étudié pendant deux ans le fonctionnement du réseau unitaire de la commune de BUSNAU (commune d'ortoir de 4000 habitants, s'étendant sur 32 ha, dont les pentes du réseau varient entre 5 ‰ et 6 ‰).

Les principales constatations et conclusions de cette étude (historiquement importante) sont les suivantes :

A. Sur le réseau :

Toutes les matières décantables résultant des rejets nocturnes restent dans le réseau et ne sont remises en suspension que par des débits plus importants.

Des dépôts se produisent également pendant une bonne partie de la journée.

Des pluies d'intensité supérieure à 10 l/s. ha (qui

ont lieu environ 100 fois par an pendant 10 mn) produisent le rinçage total du réseau.

B. En ce qui concerne la pluviométrie :

Durée moyenne annuelle de pluie (en 1967 et 1968) : 596 heures.

Les pluies d'intensité

- < 1,7 l/s. ha correspondent à 49,4 % de la durée
- < 7,5 l/s. ha correspondent à 89,9 % de la durée
- < 15 l/s. ha correspondent à 98,32 % de la durée
- < 35 l/s. ha correspondent à 99,35 % de la durée

< 7 l/s. ha correspondent à 45 % de la précipitation totale annuelle

< 15 l/s. ha correspondent à 70 % de la précipitation totale annuelle

< 35 l/s. ha correspondent à 83 % de la précipitation totale annuelle

On a noté que dans le cas de STUTTGART-BUSNAU une pluie de 1,7 l/sec/ha de 30 mn de durée a produit moins de 20 l/sec à l'extrémité aval du réseau.

C. Dépôts dans les canalisations

Les mesures effectuées ont permis de trouver qu'en moyenne les dépôts dans les canalisations sont de 14,4 grammes de matières solides par mètre linéaire et par jour.

D. Observations concernant les matières polluantes

Comparaison entre les charges en DBO5 lors des écoulements de temps sec et par temps de pluie.

Temps (1)	Charge de temps sec en Kg (2)	Charge de temps de pluie avec rinçage en Kg (3)	% de (3) par rapport à (2) (4)
0 - 6 mn	1,15	10,78	939
6 - 12 mn	1,15	6,02	523
12 - 18 mn	1,15	4,64	404
18 - 33 mn	2,88	5,56	193
33 - 48 mn	2,88	2,87	100

Comparaison entre les charges en MES lors des écoulements de temps sec et par temps de pluie.

Temps (1)	Charge de temps par sec en Kg (2)	Charge de temps de pluie avec rinçage en Kg (3)	% (de (3) rapport à (2)) (4)
0 - 6 mn	0,65	18,18	2800
6 - 12 mn	0,65	14,22	2190
12 - 18 mn	0,65	7,43	1140
18 - 33 mn	1,63	11,57	710
33 - 48 mn	1,65	2,50	153

Une analyse poussée des matières en suspension permet de penser que pour ce qui concerne les matières organiques 78 proviennent de la canalisation et 22 de la zone d'apport.

En conclusion cette étude a permis de quantifier l'effet de rinçage dans un réseau unitaire et de mettre en évidence l'intérêt d'installer un bassin d'orage. La suite de l'étude, ainsi que de nombreux autres travaux en Allemagne et en Suisse ont conduit à proposer une méthode essentiellement basée sur des abaques et des hypothèses propres aux régions allemandes.

1.2. Description de la méthode

1.2.1. DEFINITION DES DEBITS

On appelle **pluie critique** la pluie au-deçà de laquelle aucun déversoir du réseau ne doit déborder vers le milieu naturel. C'est un élément fondamental de départ pour le dimensionnement des réseaux et des déversoirs.

Le **débit critique** en réseau unitaire Q_{cr} est la somme des débits de temps sec (Q_{ts}), de pluie critique (Q_{pc}) et éventuellement de débits conservés en provenance de bassins d'orage amont (Q'_{cr}).

$$Q_{cr} = Q_{ts} + Q_{pc} + Q'_{cr}$$

Le **débit de temps sec** se compose des eaux domestiques, artisanales industrielles, ainsi que des eaux de drainage.

Le **débit de pluie critique** Q_{pc} correspondant à une zone desservie se détermine, en simplifiant, comme suit :

$$Q_{pc} = I_c \times C \times S$$

avec C = coefficient d'impermabilisation

S = surface de la zone aboutissant au déversoir ou au bassin d'orage (en principe sans prise en compte des bassins versants extérieurs).

I_c = Intensité de la pluie critique.

Elle pourrait être fixée dans chaque région après concertation entre les différents organismes concernés.

Cette mesure doit être fondée sur une analyse très détaillée des différents paramètres : fréquence, intensité, durée des pluies, objectifs de qualité en cours d'eau, débit d'étiage du cours d'eau, pouvoir auto-épurateur, charge de l'effluent, capacité des réseaux.

Une telle mesure n'a de sens que lorsqu'elle s'accompagne d'une cohérence entre le réseau (fonctionnement des déversoirs d'orage seulement à partir des débits critiques) et la station d'épuration (stockage du flot de rinçage puis traitement par la station). Elle impliquera probablement certaines modifications des réseaux existants.

Ainsi depuis 1973, en pays de Bade-Wurtemberg, l'intensité critique I_c est fixée à 15 l/sec/ha indépendamment de la qualité et du débit des cours d'eau émissaires.

De même des études de la pluviométrie dans le Bas-Rhin ont amené la DDA à recommander une valeur de 10 à 15 l/s. ha pour l'intensité de pluie critique (23).

On calcule alors, en fonction de l'intensité critique et du débit de pluie critique en résultant, les déversoirs et les bassins.

1.2.3. DIMENSIONNEMENT DES BASSINS (16) (18)

Le volume du bassin est déterminé à l'aide du diagramme de la figure 7 en fonction de l'intensité critique retenue.

La formule de calcul est de la forme suivante :

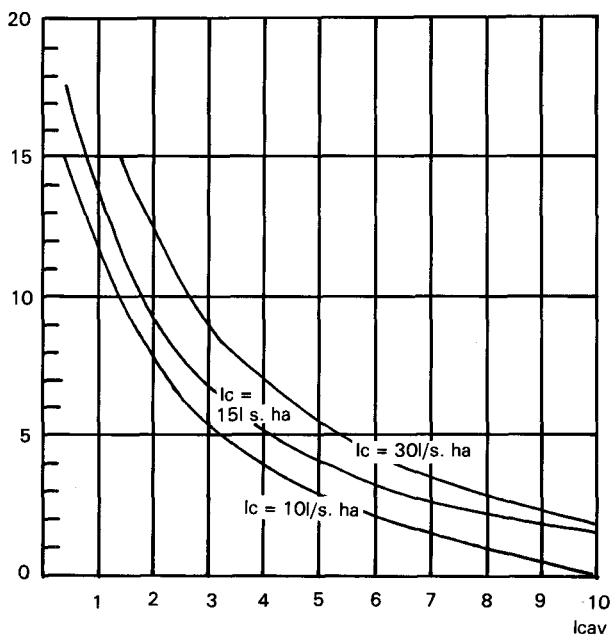
$$V = V_r \times C \times S \times aT$$

- V est le volume du bassin d'orage que l'on dimensionne ; il est exprimé en m^3 .
 - V_r est le volume relatif du bassin, exprimé en m^3/ha red, il est tiré d'un abaque en fonction du débit dérivé vers la station d'épuration pour différentes intensités critiques de la pluie. Cet abaque est déterminé à partir des observations menées dans des réseaux types, le plus souvent en Allemagne. Le volume relatif peut être aussi déterminé par un abaque dérivé du précédent, en fonction du taux de DBO5 dirigé vers la station d'épuration (figure 8).
 - C est le coefficient de ruissellement moyen
 - S est la surface, en ha, de la zone d'apport.
 - aT est un facteur, sans dimension, lié au temps de concentration T .
- aT est donné par la table qui suit.

Temps de concentration (en minutes)	Facteur aT
10	1,25
15	1,48
20	1,63
25	1,74
30	1,82
35	1,88
40	1,93
50	2,02
60	2,06
80	2,12
100	2,17
120	2,20
180	2,25

Figure 7 DIAGRAMME POUR LA DETERMINATION DES VOLUMES DES BASSINS D'ORAGE

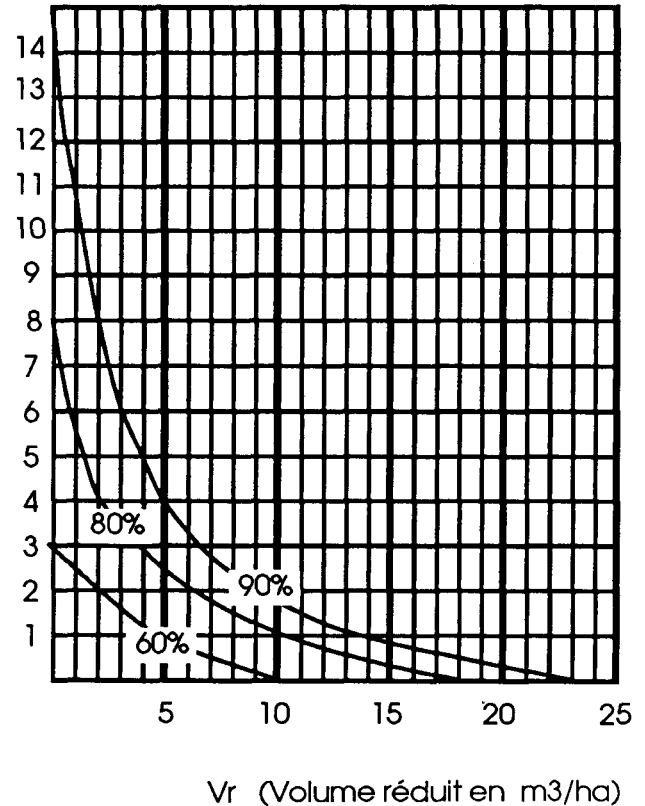
V_r (Volume du bassin en m^3/ha red.)



I_{cav} en l/s. ha : Part de l'intensité critique contenue dans le débit dirigé vers la station d'épuration (voir les explications en annexe)

Figure 8 DIAGRAMME DE DIMENSIONNEMENT DU VOLUME D'UN BASSIN D'ORAGE POUR UN TRAITEMENT DE 90,80 OU 60 % DE LA CHARGE ANNUELLE EN DBO 5

Intensité de
Pluie de référence
l/s.ha



Les deux graphiques ont été établis pour la région du Bade-Wurtemberg, au Sud de l'Allemagne.

Dans la directive allemande, sont indiquées les limites qu'il faut respecter pour maintenir une bonne efficacité de l'installation.

Pour les bassins de transit, les principales contraintes hydrauliques à respecter sont :

- une charge hydraulique (débit ramené à la surface du bassin) inférieure à $10 m^3/h.m^2$,
- un temps de séjour minimum, fonction de l'intensité de pluie critique retenue, et donné par le tableau qui suit,

Intensité critique en l/s. ha	Temps de séjour minimum, en mn
30	10
15	15
10	20

- un temps de séjour supérieur à 20 mn n'apporte aucun soulagement notable à l'émissaire,
- la vitesse horizontale d'écoulement ne doit pas dépasser 5 cm/s.

Un exemple complet de ce type de calcul est présenté en annexe.

1.3. Incertitudes actuelles

La méthode décrite ci-dessus s'est donc développée en Allemagne, à travers une longue étude de terrain et la mise en place d'une réglementation. L'extension de cette méthode et de ses abaques à des régions allemandes éloignées du Bad Wurtemberg demande encore des recherches complémentaires.

La région qui est à l'origine de ces idées, étant proche de la frontière française, une certaine osmose a joué en direction de départements de l'Est. Osmose d'autant favorisée que le contexte climatique est semblable, comme le montrent les chiffres signalés dans la référence (23). Aussi un certain nombre de ratios hydrologiques ont pu être réutilisés sans grand risque dans la région alsacienne.

Néanmoins, de même qu'en Allemagne, l'extension de la méthode à d'autres régions françaises doit se faire avec précaution, et notamment il est nécessaire d'en vérifier d'abord certaines hypothèses. L'idée directrice des théories Outre-Rhin est la collecte supplémentaire de 90 % du flux polluant annuel contenu dans les eaux n'arrivant pas directement aux stations d'épuration.

La première hypothèse réside dans le fait de penser que l'on retient ces 90 % lorsque l'on dimensionne un bassin d'orage pour retenir 98 % des pluies (diagramme des durées de pluie sur 15 ans). L'application de ce principe aux pluies relevées à l'aéroport de Strasbourg donne une pluie critique de 15 l/s. ha. réd.

La deuxième hypothèse est l'interprétation du temps de concentration comme temps de rinçage du réseau. Certaines mesures sur le terrain montrent que le rapport entre les temps de rinçage et temps de concentration peut varier d'un réseau à un autre et largement dépasser l'unité.

La troisième hypothèse tient à l'extension de ce chiffre de 15 l / s.ha. réd. en dehors de la zone de validité certaine.

Enfin, tous les abaques de calcul utilisés en Allemagne seraient à confirmer ou ajuster aux diverses situations françaises.

Signalons cependant deux faits intéressants :

- une grande partie de la méthode a été vérifiée sur le site d'Entzheim. Outre l'intérêt théorique d'une étude de cas très poussée, ce site est représentatif de la Communauté Urbaine de Strasbourg. Cette expérience est à suivre dans la mesure où les bassins d'orage seront peut-être un moyen efficace de limitation des rejets polluants, complémentaire à la station d'épuration en construction.
- on constate dans la région alsacienne que le seuil de 15 l/ha. réd. pris pour le dimensionnement des déversoirs d'orage amène ceux-ci à ne déverser qu'exceptionnellement en hiver et régulièrement en été, et que tout le reste du temps "l'hydrologie urbaine est pratiquement isolée de l'hydrologie naturelle".

2. METHODE DES DEBITS

La méthode précédemment décrite suppose l'existence puis l'analyse de séries pluviométriques longues relatives à un site proche du bassin d'orage

projeté. Ceci est rarement à la portée d'une petite collectivité.

Par ailleurs, cette méthode appliquée à un bassin d'orage situé en tête de station amène souvent à des volumes énormes, surtout à cause du temps de rinçage qui peut être important s'il concerne l'ensemble d'un grand bassin versant aboutissant à la station.

Une autre méthode de dimensionnement, particulièrement simplifiée, s'est alors développée et répandue dans de nombreux départements français.

Le principe de base de cette méthode dite des débits, ou encore des volumes, consiste en la rétention d'un multiple du débit de temps sec (souvent pris égal à 6) pendant un temps assez court considéré comme temps de rinçage (souvent pris égal à 20 mn). D'où le dimensionnement particulièrement répandu du "6 Qts pendant 20 mn".

2.1. Justification du débit retenu

En admettant qu'un habitant produise environ 40 g de DBO 5 dans 150 litres par jour, la dilution par les eaux pluviales à un débit de 6 Qts abaisse la concentration de pollution à une valeur de l'ordre de 40 mg/l de DBO 5, ce qui rend ce rejet comparable avec le rejet d'une station d'épuration classique bien exploitée.

Un tel raisonnement ignore l'effet de rinçage du réseau pluvial par le premier flot d'orage. En effet, ce rinçage peut multiplier par dix la charge polluante véhiculée par le premier flot d'orage, et donc de rejet à l'émissaire.

2.2. Justification du temps retenu

Pour limiter la durée pendant laquelle le bassin absorbe un excédent de débit, le raisonnement s'appuie sur les observations selon lesquelles la charge en matières polluantes des eaux d'orage n'est pas constante mais largement concentrée dans le premier flot.

Certains articles étrangers évoquent la valeur de 20-30 mn pour le rinçage de certains réseaux, et cette valeur a été reprise de façon assez systématique en France. Cette pratique se défend à travers des arguments plus financiers que techniques, et aboutit sur le terrain à la construction de bassins de faible volume.

2.3. Incertitudes actuelles

Cette méthode a le mérite de la simplicité.

Au-delà d'un intérêt financier indéniable, on peut s'interroger sur l'efficacité de tels ouvrages, dont la mise en oeuvre s'appuie sur un raisonnement peu fiable. Il y a en effet une certaine contradiction entre :

- le choix du débit retenu, qui ne tient pas compte de l'effet de rinçage des premières eaux pluviales, c'est-à-dire leur concentration importante en matières polluantes,
- le choix du temps de rétention, que l'on estime être un temps de rinçage et qui est largement sous-estimé.

Aucune étude rigoureuse ne soutient ces pratiques de dimensionnement, ni a priori, à postériori. Bien que fort répandue, sa validité est fortement mise

en doute, même par certains de ceux qui l'utilisent.

Etant donné les débits mis en jeu dans le cas de communes rurales ou périurbaines, cette méthode ne peut s'appliquer qu'à un bassin situé à l'amont immédiat d'une station d'épuration. En effet, les déversoirs d'orage sur réseau ne sont pas toujours facilement réglables à 6 Qts. Le bassin d'orage apparaît alors comme un super décanteur primaire installé à l'amont de la station.

3. CAS D'UNE REPRISE DE STATION D'ÉPURATION

Quand une ancienne station a été transformée en bassin d'orage, on constate que des calculs de vérification sont donnés. Néanmoins, lorsque ces calculs ne correspondent pas aux dimensions actuelles de la station, les reprises de travaux ne sont jamais proposées, dans la mesure où aucune théorie fiable ne les justifie. On préfère attendre de voir l'efficacité du bassin ainsi obtenu, efficacité qui finalement n'est jamais remise en cause ni mesurée.

4. METHODE EXPERIMENTALE

La Direction Départementale de l'Équipement des Yvelines vient de développer une méthode différente de caractérisation des eaux unitaires et de mise en œuvre des bassins d'orage. Cette méthode tout à fait originale pourrait être appelée "Méthode Expérimentale" (25).

4.1. Cadre de l'expérience

L'agglomération de Rambouillet (25 000 habitants) est assainie en quasi totalité par un réseau unitaire dont l'unique exutoire est un petit cours d'eau : la Guéville

La station d'épuration constitue pratiquement la source de la rivière et avec les surverses périodiques d'eau non traitée et l'absence de dilution, celle-ci reste en permanence en qualité hors classe, malgré la bonne marche des installations actuelles qui respectent les normes d'épuration eNK1.

Dans le but de restaurer la qualité de la Guéville, une étude a été menée pour recueillir les informations nécessaires à la gestion future des ouvrages complémentaires à mettre en place. Cette recherche a par ailleurs enrichi la connaissance générale des réseaux unitaires en quantifiant les problèmes causés par les matières polluantes.

Durant 8 mois (janvier à septembre 86) le bassin versant a été suivi avec deux pluviographes à enregistrement électronique, deux débitmètres également à enregistrement électronique et un préleveur programmable d'échantillons.

Définissant l'évènement pluvieux à prendre en compte comme la durée pendant laquelle un bypass est observé sur le site de la station d'épuration, et exigeant une durée minimum de 4 heures entre deux évènements pour bien les distinguer les uns des autres (sachant que le temps de concentration du réseau est de 40 minutes), 23 évènements pluvieux ont été repérés et analysés. Ils correspondaient à des fréquences de retour allant de 1 à 24 mois.

Les paramètres de pollution suivis ont été les matières en suspension MES, les matières volatiles MV, l'azote NTK, les demandes en oxygène DCO et DBO.

4.2. Résultats

Des relations statistiques simples ont été recherchées entre la pluviométrie et l'hydraulique des surverses. Ainsi entre :

- le volume d'eau total bypassé et la hauteur de la précipitation,
- le même volume et l'intensité maximale de la pluie,

des corrélations linéaires ont pu être établies avec de bons coefficients de corrélation (supérieur à 0,9).

La caractérisation de la qualité des eaux de surverse du réseau a mis en évidence que :

- les eaux de surverse sont en moyenne presque aussi chargées en matières polluantes que des eaux usées au maximum de leur charge (en journée par temps sec),
- après 15 minutes seulement de décantation, les abattements en pollution sont :

MES	DBO	DCO	MV	NTK
80 %	50 %	40 %	40 %	20 %

- l'augmentation de la concentration en MES avec le débit est la règle générale, la concentration maximale étant toujours observée lors d'un maximum de débit,
- NTK, DCO et DBO suivent le comportement des MV (et donc des MES tant que le pourcentage de MV reste constant).
- il existe véritablement un flot plus chargé qui pour 30 % du volume, représente de 35 à 59 % du flux en MES et qui coïncide toujours avec une pointe de débit.
- des corrélations linéaires simples lient les MES à l'intensité maximum de la pluie d'une part, et au débit maximum d'eau brute d'autre part.

Une excellente relation a été établie (avec un coefficient de corrélation de 0,99) entre les MES et, à la fois le débit maximum et la durée de temps sec entre évènements pluvieux.

4.3. Extrapolation sur une année

Le dépouillement des données pluviométriques de 1986 à Rambouillet fait apparaître que :

- 15 % des précipitations n'entraînent pas de by pass
- les eaux surversées totalisent un volume de 500 000 m³
- les eaux traitées à la station sont de 2 millions de m³ pendant l'année.

Les moyennes des mesures de concentration trouvées permettent de présenter les valeurs comparées suivantes :

		MES	DBO	DCO	NTK
Concentrations (en mg/l)	Au by pass	341	68	251	18
	Rejet station	30	30	90	40
	Qualité exigée par le rejet dans la Guéville	70	25	80	8
Flux annuels (en tonnes)	Au by pass	170	34	125	9
	Rejet station	60	60	180	80

Ces résultats soulignent l'importance de la pollution apportée à la rivière par les eaux de surverse non épurées. Les dernières apportent près de 3 fois plus de MES que les rejets de la station. Seul le rejet en NTK apparaît mineur par rapport aux eaux usées épurées.

Les concentrations ci-dessus montrent que la qualité exigée est presque atteinte par temps sec (excepté l'azote) avec le rejet d'eau épurée respectant la norme eNK1.

Dès la moindre pluie (140 by pass provoqués en 86) la qualité se dégrade fortement et brutalement.

Cette quantification met en évidence la priorité à épurer les eaux par temps de pluie à un niveau cohérent avec le niveau de traitement des eaux usées.

4.4. Actions d'aménagement et de gestion des ouvrages d'épuration

Les volumes by passés lors des 23 événements pluvieux observés s'échelonnent entre 270 et 15 000 m³, pour un bassin versant dont la surface réduite est estimée à une centaine d'hectares. Les ouvrages complémentaires réalisés ont été :

- un système de vannage à commande automatique, permettant un stockage dans les réseaux, allant jusqu'à 4 000 m³.
- un bassin d'orage de 6 000 m³, en parallèle à la station d'épuration.

L'originalité de cette étude consiste essentiellement en l'établissement de principes de gestion ménageant à la fois les risques d'inondation sur Rambouillet et les risques de pollution brutale de la rivière.

Les principes sont évoqués pour les deux types de gestion : manuelle en présence d'un exploitant ou automatique avec un système de pilotage.

Les règles sont détaillées selon la nature des événements pluvieux : événement isolé, succession d'événements. Les relations simples établies entre la pluviométrie d'une part, et l'hydrologie des rejets et leur concentration en MES d'autre part, sont les aides précieuses pour prévoir l'ampleur des difficultés à venir dès lors que le pluviomètre en amont du bassin signale une pluie, et pour délester immédiatement le bassin en conséquence.

4.5. Intérêt de la méthode

Cette méthode utilise des résultats expérimentaux non pas pour dimensionner un bassin d'orage, mais pour tirer des règles de gestion optimale pour ce bassin.

Les dimensions de celui-ci ont été évaluées à partir d'une simulation hydrologique du réseau et de l'analyse des pluies.

Le maintien sur site d'un pluviomètre, d'un débitmètre et d'un turbidimètre, pendant les premières saisons de fonctionnement du bassin, permettra de cerner l'efficacité des règles de gestion proposés et de les ajuster.

Cette étude met donc l'accent non pas sur la seule mise en place d'ouvrages de protection de l'environnement par temps de pluie, mais aussi sur l'optimisation de leur utilisation et de leur gestion à partir d'une connaissance en temps réel de la pluviométrie et de la charge des réseaux en matières polluantes.

LES OUVRAGES COMPLEMENTAIRES

Une fois retenus,

- le principe d'insertion d'un bassin d'orage dans le système global d'assainissement
- l'implantation du bassin et son dimensionnement
- le type de fonctionnement général,

Il est temps d'aborder la conception des ouvrages complémentaires. Ces ouvrages sont particulièrement importants dans la mesure où ils conditionnent complètement la concordance entre le fonctionnement théorique attendu du bassin et son fonctionnement réel en exploitation.

Le calcul et l'implantation de ces ouvrages sont particulièrement difficiles car tellement dépendants du site et des données locales d'environnement.

Après une présentation générale des déversoirs d'orage, l'alimentation puis la vidange du bassin seront discutés de façon pragmatique à partir des enseignements relevés lors des visites.

Puis on traitera des déversoirs de traitement et trop plein, pour finir sur les équipements de prétraitement.

1. LES DEVERSOIRS D'ORAGE

Selon le schéma de fonctionnement retenu pour le bassin d'orage, l'alimentation est contrôlée ou non par des ouvrages de déversement.

Un déversoir doit assurer trois fonctions principales (19) :

- laisser transiter sans surverse et sans remous le débit d'eaux usées de temps sec ;
- laisser transiter sans surverse le débit critique, c'est-à-dire le débit maximal admis à l'aval ;
- déverser le débit excédentaire de pluie sans mise en remous nuisible à l'amont et sans surcharge excessive du réseau aval.

Les déversoirs peuvent être classés de la façon suivante (20) :

- les déversoirs d'orage classiques,
- les déversoirs semi-automatiques et automatiques,
- les autres types de déversoirs (à titre expérimental).

Le déversoir utilisé dans le cadre des bassins d'orage peut avoir deux fonctions hydrauliques distinctes :

- soit il est placé à l'amont d'un bassin à connexion directe. Il définit le débit critique du réseau et joue le rôle du déversoir d'orage pour évacuer les eaux excédentaires vers le milieu récepteur,
- soit il est placé sur le collecteur unitaire pour alimenter le bassin à connexion latérale. C'est un déversoir d'alimentation qui est calé pour conserver un débit admissible par le réseau aval.



01

Le déversoir de traitement du bassin de transit est comparable aux systèmes de surverse employés dans les décanteurs.

Après avoir évalué les paramètres de calcul (débit critique, débit maximum à l'amont...), ainsi que la fraction du débit et du flux polluant à déverser, il faut dimensionner le déversoir d'orage capable de satisfaire à ces conditions.

Divers calculs hydrauliques sont proposés dans la littérature, pour les déversoirs d'orage de type classique (13) (19) (21) (22). Les déversoirs latéraux présentent cependant des difficultés de calcul et on ne connaît pas précisément le domaine de validité des formules, ni leur précision.

Les calculs appliqués sont donc ici répertoriés sans être présentés sous l'angle mathématique ; cette

présentation sera restreinte aux déversoirs les plus courants.

1.1. Les déversoirs d'orage classiques

Latéral à seuil bas

Le seuil est disposé latéralement et comporte, soit des lames métalliques, soit des batardeaux pour le réglage de la hauteur. Ce réglage de la crête, souvent calé au niveau le plus bas, constitue un facteur de sécurité en supprimant tous risques de saturation dans le réseau amont.

En période de hautes eaux, le déversoir risque d'être alimenté par l'émissaire et il faut pour cela mettre en place un dispositif anti-retour sur cette conduite.

Il n'y a pas de directive appliquée au réglage de ces déversoirs et c'est l'expérience du personnel exploitant qui permet, cas par cas, le meilleur réglage (1) (20).

Bien que ce type de déversoir soit très utilisé, ces constatations amènent à en déconseiller l'emploi toutes les fois que c'est possible, et à préférer le seuil élevé ou le leaping weir, qui sont présentés ci-après.

La difficulté à dimensionner le déversoir à seuil bas réside dans le fait qu'il se situe à la limite de l'écoulement en régime critique. Deux cas d'écoulement sont retenus (21) :

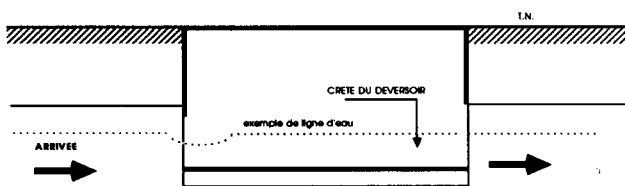
- un écoulement critique à l'entrée, avec un régime torrentiel au droit du seuil
- un écoulement où à l'entrée, la hauteur d'eau est supérieure à la hauteur critique.

Les différentes formules sont basées sur les paramètres suivants :

- débit à évacuer
- charge à l'amont du déversoir
- hauteur d'eau amont et aval le long du déversoir
- hauteur de pelle,

et elles donnent le calcul de la longueur de seuil.

Figure 9 DEVERSOIR LATERAL A SEUIL BAS



Latéral à seuil élevé

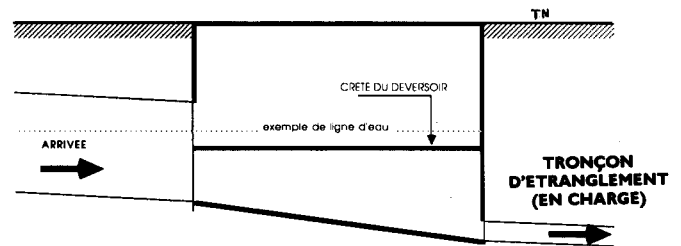
Le déversement se fait latéralement au niveau d'une chambre de pente supérieure au radier de la conduite.

Ce déversoir est de préférence utilisé lorsque le régime amont est fluvial. Le comportement hydraulique de ce déversoir est connu et actuellement le dimensionnement est accessible avec une bonne marge de sécurité et de fonctionnement.

Dans la plupart des cas, le seuil élevé évitera le retour des eaux de l'émissaire dans le réseau.

Le calcul du déversoir latéral à seuil élevé doit s'effectuer en tenant compte des conditions aval d'écoulement. La conduite aval peut être en charge ou à écoulement libre lors du déversement maximal. La longueur du seuil est calculée de façon à avoir une faible hauteur de lame déversante à l'aval du déversoir, ce qui favorise la régulation du débit évacué vers la station d'épuration (13) (19) (21).

Figure 10 DEVERSOIR LATERAL A SEUIL ELEVE



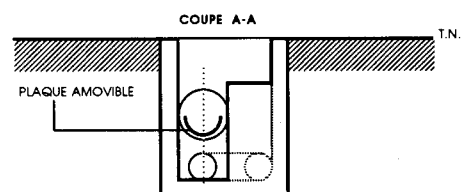
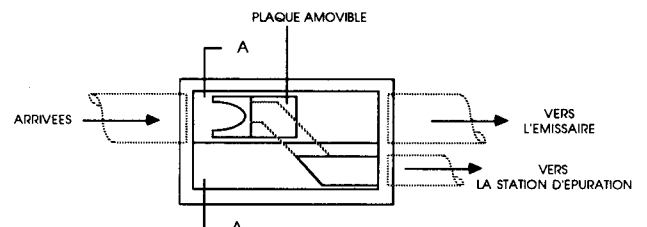
A ouverture de radier : leaping weir

Les eaux usées de temps sec chutent dans une ouverture pratiquée dans le radier de la canalisation. Les débits excédentaires de temps de pluie sont évacués en franchissant l'ouverture pour continuer dans l'alignement de la conduite amont.

L'ouverture dans le radier est réglable à l'aide d'une plaque métallique plane ou mise en forme, rectangulaire ou avec une découpe parabolique.

Ce type d'ouvrage est installé lorsque l'écoulement est torrentiel et dans une forte pente (quelquefois plus de 20 %) (13) (19) (21).

Figure 11 DEVERSOIR A OUVERTURE DE RADIER





02

L'A.T.V. (Abwasser Technische Vereinigung - Association des Techniciens de l'Assainissement en République Fédérale Allemande) et le S.T.U. (Service Technique de l'Urbanisme en France) préconisent deux formules selon que la pente est inférieure ou supérieure à 20 %. Pour la Direction Départementale de l'Agriculture et des Forêts du Bas-Rhin, les formules utilisées sont appliquées à des pentes inférieures ou supérieures à 10 %. Le calcul du partage des débits est effectué avec une bonne exactitude, sauf pour les débits élevés.

Avec une rigole de tarage

Le débit aval s'écoule dans la rigole et la surverse est dirigée vers l'émissaire ou un bassin d'orage.

Ce système particulièrement simple est le plus couramment employé en zone rurale.

Il est tout à fait acceptable à condition d'être calculé correctement (avec une charge aval nulle). Il comporte généralement de très grandes longueurs.

1.2. Les déversoirs semi-automatiques et automatiques

Parmi les déversoirs semi-automatiques, on peut citer (20) :

- les déversoirs à vanne classique
- les vannes cylindriques
- les vannes à clapet.

Ces trois modèles sont équipés d'un flotteur qui commande l'ouverture dès qu'un niveau prédéterminé est atteint à l'amont ou à l'aval.

Les ouvrages automatiques sont les vannes motorisées et les barrages gonflables ; ils le manoeuvrent, soit à distance dans le cadre d'une gestion automatisée du réseau, soit sur le site à l'aide de capteurs et d'une unité de calcul pour l'asservissement.

Ces déversoirs demandent un entretien régulier et les risques de détérioration sont supérieurs à cause des pièces mécaniques mobiles. Certains ouvrages sont employés pour les eaux superficielles, pour l'irrigation.

1.3. Procédures de calcul

Quel que soit le type de déversoir que l'on dimensionne, la démarche de calcul habituellement respectée est la suivante (19) :

- pour les déversoirs à seuil élevé :
 - définition des données de base : débit, diamètre, amont, pente du radier amont
 - fixation du diamètre et de la pente aval
 - calcul des conditions aval et amont
 - vérification du régime d'écoulement amont
 - fixation de la hauteur de crête
 - fixation de la hauteur de charge amont admissible
 - calcul de la longueur de la crête
 - calcul de la longueur de conduite étranglée et des caractéristiques hydrauliques en cas d'orage, lorsqu'on a un tronçon aval d'étranglement
 - canalisation de décharge.
- Pour les déversoirs à ouverture de radier (leaping weir) :
 - définition des données de base
 - calcul des caractéristiques hydrauliques en écoulement normal en amont de la chute
 - vérification de la chute d'écoulement amont
 - calcul du nombre de Boussinesq
 - calcul des caractéristiques hydrauliques de l'écoulement au droit de la chute
 - définition des caractéristiques de l'ouverture
 - calcul du partage des débits.

Lorsque les calculs ne satisfont pas aux conditions imposées, il faut changer un paramètre (par exemple la longueur du déversoir) et recommencer. Pour cela, la D.D.A.F. du Bas-Rhin a mis au point un programme de calcul des déversoirs à seuil élevé et à leaping weir.

Soulignons que seuls les déversoirs ayant des fonctions de tarage vis à vis de l'aval sont à calculer avec précaution. Les autres déversoirs, qui n'interviennent qu'en complément (trop plein) de bassins d'orage, sortent de cette catégorie.

2. L'ALIMENTATION

2.1. Alimentation gravitaire

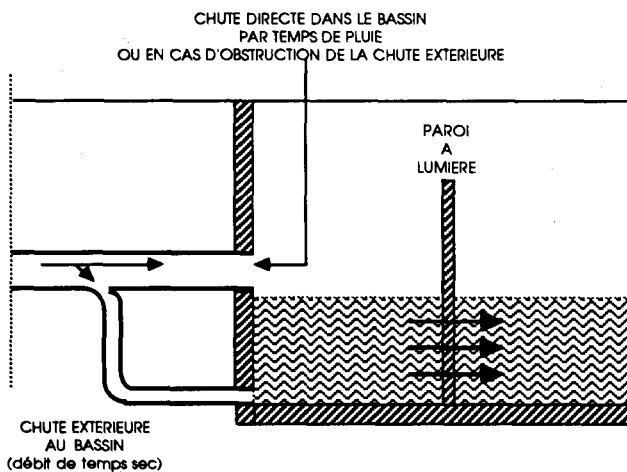
Elle peut être directe, c'est-à-dire sans ouvrage particulier, ou latérale avec un ouvrage tel que déversoir, rigole de tarage...

Les systèmes d'alimentation sont prévus pour ne jamais limiter le débit maximal d'entrée dans le bassin. L'alimentation du bassin doit toujours se faire de façon à éviter la mise en charge du réseau.

Dans les cas de connexion latérale, ceci est toujours vérifié ; pour la connexion directe, un système de chute doit être envisagé ; par temps sec et petite pluie, l'alimentation du bassin se fait par la chute extérieure ; par forte pluie ou dans le cas d'une obstruction de la chute extérieure, la chute directe dans le bassin est sollicitée (voir schéma ci-dessous).

La turbulence se produisant en entrée de bassin et nuisant à la décantation dans le bassin sera atténuée grâce à des ouvrages tels que les parois à lumière..., qui se justifie essentiellement dans le cas des bassins de transit, afin d'éviter la formation de courants préférentiels.

Figure 12 PAROI A LUMIERE



Les déversoirs d'orage à lame mobile sont plus évolutifs et à ce titre mieux adaptés à un ouvrage tel que le bassin d'orage dans la mesure où les calculs théoriques sont toujours difficiles à mener. Néanmoins, il reste toujours le risque que l'exploitant laisse la lame en permanence au niveau le plus bas.

Les rigoles de tarage doivent être assez étroites (15 cm au maximum de large) de façon à éviter les dépôts qui pourraient s'y former et engendrer des sources de déversement inopportuns.

2.2. Alimentation non gravitaire

Les équipements mis en oeuvre sont pratiquement toujours des pompes et parfois des vis de relèvement (type Archimède).

En règle générale, ces équipements sont prévus lorsque la faisabilité d'une solution gravitaire n'a pu être établie.

On remarquera qu'une alimentation non gravitaire limite en général le débit d'admission et qu'elle est desservie par le risque de panne associé aux vis et aux pompes.

Il faut cependant signaler qu'une conception non gravitaire de l'alimentation permet d'affranchir la position du bassin, de celle du réseau. On pourra en particulier l'isoler du réseau si nécessaire (travaux...).

Le choix fait entre pompe et vis est fonction du service attendu, des possibilités financières.

Les vis d'Archimède présentent un certain nombre d'avantages par rapport aux pompes (débit pratiquement indépendant de la charge amont, relèvement de tous les débits inférieurs à leur débit maximal sans automatisation compliquée, usure et entretien réduits, obstructions exceptionnelles, bon rendement), mais leur mise en oeuvre coûte cher. La limite de la hauteur de relèvement peut être un facteur important du choix.

Les pompes à utiliser préférentiellement sont des pompes centrifuges monocanal dont le diamètre de passage est suffisant. Si la plage de débits que doit restituer la pompe est large, on préférera les pompes à vitesse variable, mais ce choix est fonction des conditions locales.

2.3. Pratiques actuelles de l'alimentation

Lors des visites de terrain, un certain nombre de maladresses ont été relevés. Il est utile de les signaler, et d'en décrire les conséquences.

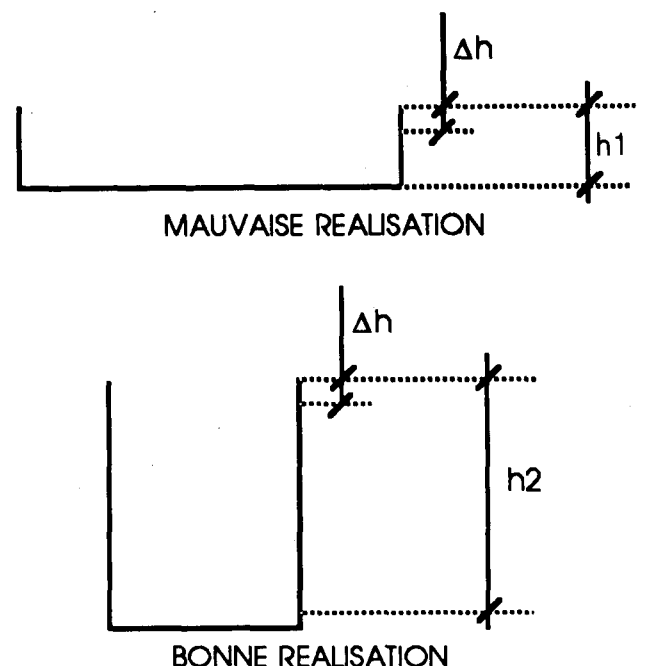
Le système d'alimentation gravitaire a été mal dimensionné

Le débit arrivant sur la station d'épuration est trop important ou insuffisant (déversoirs d'orage réglés trop haut ou trop bas). L'alimentation du bassin est irrégulière, trop ou pas assez fréquente. Dans ce cas où le déversoir d'orage est réglé trop haut, la station à l'aval reçoit un débit trop important et très pollué, ce qui perturbe son fonctionnement (lessivage possible). Dans le cas où le déversoir est réglé trop bas, elle ne fonctionne pas à sa capacité optimale et on peut observer, par le trop plein du bassin de pollution, des déversements d'eaux très chargées qui auraient pu être traitées par la station.

Les rigoles de tarage sont des systèmes plus fiables, que de simples déversoirs, mais si elles sont trop larges, elles sont difficiles à régler et permettent le dépôt de sables, déchets...

La majorité des déversoirs rencontrés au cours des visites sont de type "à seuil", haut ou bas. Leur plus ou moins bon fonctionnement est lié au réglage de leur hauteur, laissé à l'appréciation de l'exploitant. Par exemple, on a rencontré des déversoirs qui débordaient même par temps sec. Lorsque le déversoir n'est pas réglable, le dimensionnement doit être particulièrement soigné lors de la conception. On a vu un déversoir en limite de débordement en heures creuses, lorsque le poste de relèvement se mettait en marche.

Figure 13 COUPE SCHÉMATIQUE DE RIGOLE DE TARAGE



Une erreur de réglage Δh est plus sensible sur h_1 que sur h_2 . Les dépôts sont plus importants et perturbent plus l'écoulement en 1 qu'en 2.

Le système d'alimentation gravitaire a été mal positionné

Une mauvaise position relative des différents éléments d'un bassin perturbe son fonctionnement. Un système d'alimentation placé à proximité du trop plein va limiter le volume du bassin qui joue le rôle de décanteur ; les eaux alimentant le bassin sont presque tout de suite déversées par le trop plein du bassin, lorsque ce dernier est plein.

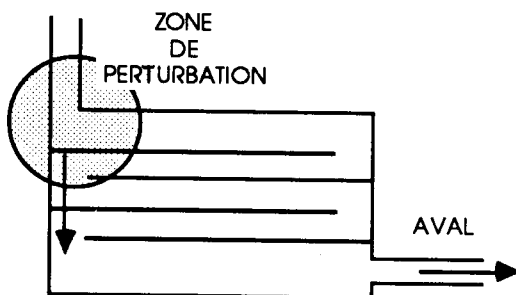
Quand le système d'alimentation est situé juste à l'aval d'un point d'arrivée d'eaux refoulées, le fonctionnement hydraulique de ces rigoles ou déversoirs est perturbé.

Dans le cadre d'une alimentation directe du bassin, la canalisation d'arrivée doit être dans l'axe du bassin afin d'éviter des dépôts dans le coude d'arrivée.

Figure 14 RACCORDEMENT SUR BASSIN A SERPENTIN



MAUVAISE REALISATION



BONNE REALISATION

L'alimentation gravitaire ne fonctionne jamais

Elle est parfois impossible à cause du fonctionnement du réseau amont. Si celui-ci possède des déversoirs d'orage réglés trop bas, le débit arrivant à la station sera inférieur à celui permettant l'alimentation du bassin et celui-ci ne sera jamais rempli !

Le système d'alimentation non gravitaire a été mal dimensionné

De même que les déversoirs et les rigoles de tarage peuvent être mal réglés, les pompes et les vis peuvent présenter un mauvais fonctionnement : le débit théorique de fonctionnement peut être largement différent du débit réel. On retrouve les conséquences décrites précédemment.

La pompe a pu être changée par une autre n'ayant par les mêmes caractéristiques. Le résultat est semblable : sous-emploi de la station (car le débit

aval maximal n'est pas atteint : trop d'eaux pompées vers le bassin) ou surcharges hydrauliques et organiques (pompe pas assez puissante).

Le fonctionnement de l'alimentation non gravitaire est anormal

Pour la même raison qu'en alimentation gravitaire, les pompes alimentant le bassin ne pourront jamais être mises en route si le débit d'arrivée est insuffisant.

Ces systèmes permettent de bien contrôler le débit admis dans le bassin et de positionner le bassin indépendamment du réseau et de la station ; cependant ces systèmes provoquent des consommations énergétiques supplémentaires et présentent des risques de mauvais fonctionnement.

Ainsi certains réseaux drainants, provoquent une utilisation trop fréquente des pompes, alors que dans d'autres cas les pompes ne peuvent fonctionner car le débit requis n'est jamais atteint !

L'alimentation par vis est rare mais présente l'avantage d'un moindre risque d'obstruction (par rapport aux pompes). Elle est mise en place, lorsque la station est déjà alimentée par une vis, elle sert alors de vis de secours.

En conclusion

Ces problèmes d'alimentation mettent en évidence la nécessité de parfaitement connaître le réseau amont (et son fonctionnement), les arrivées d'eau, et les possibilités du réseau et de la station en aval.

Pour assurer une bonne alimentation du bassin, il faut maîtriser le fonctionnement des déversoirs d'orage amont, savoir ce que peut accepter la station et connaître assez précisément les débits arrivant à la station (ce qui souligne l'importance néfaste des eaux parasites dans le réseau).

Le calcul des déversoirs, rigoles, pompes, vis, etc... doit être fait avec précision, en s'appuyant sur les données propres à chaque site. La réalisation des travaux devra se faire conformément aux indications données et être contrôlée avec sérieux.

3. VIDANGE DU BASSIN

C'est le point le plus délicat de la conception. Si l'on ne peut pas remplir un bassin, une fois qu'il est plein, il est nécessaire de le vider !

Que la vidange soit gravitaire ou non, les problèmes liés à la charge des eaux sont les mêmes : encrassement, obstruction, devenir des produits déposés, etc.

3.1. Vidange gravitaire

3.1.1. Les bassins à connexion directe

La vidange du bassin se fait presque toujours grâce à une conduite étranglée. Elle permet de limiter le débit évacué vers l'aval en fonction des données aval existantes ou projetées lorsque le bassin est en activité ; par temps sec, elle sert à transiter le débit arrivant.

Lorsque le débit maximal à évacuer par temps de pluie est réduit, le diamètre calculé de la conduite étranglée, risque d'être trop faible (inférieur à 200 mm). Dans ce cas là, on prévoit un diamètre supérieur (au minimum 200 mm) sur lequel on place