

## Chapitre 9: Lagunes aérées et bassins de stabilisation

- ☞ procédés extensifs avec des temps de séjour variant de 2 à 250 jours.
- ☞ procédé de mise en oeuvre simple: l'effluent traverse une succession de bassins ( au moins 2 en série) d'une profondeur de 1 à 5 m.
- ☞ pas de recirculation de biomasse
- ☞ requiert de la surface au sol (10 à 15 m<sup>2</sup>/Eq Hab.

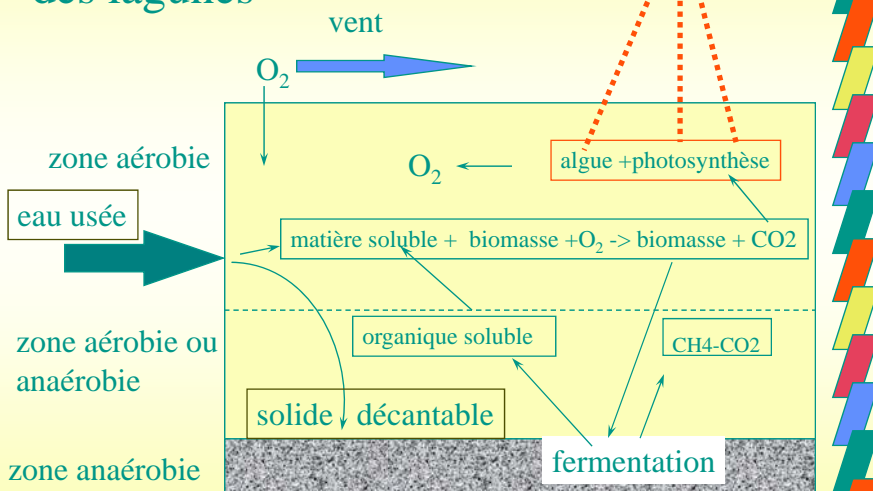
## Mécanismes d'abattement de la pollution et peuplement

- ☞ mécanismes physico-chimiques (sorption, décantation) et biologiques (décomposition aérobie et anaérobie).
- ☞ organismes variés: bactéries, végétaux microscopiques (algues et microphytes), zooplancton (protozoaires, rotifères et cladocères)

## La biomasse dans les lagunes

- ☞ Bactéries
- ☞ Algues
- ☞ Zooplancton (ex: daphnies: crustacés qui se nourrissent de bactéries et d'algues)
- ☞ Plantes aquatiques: macrophytes (enracinées ou flottantes)

## Processus d'épuration des lagunes



## Apport d'oxygène dans une lagune naturelle

- ☞ par aération naturelle (vent)
- ☞ durant le jour, par photosynthèse:  
 $\text{algues} + \text{CO}_2 + \text{lumière} \Rightarrow \text{algues} + \text{O}_2$   
(l'effluent doit être transparent)

## Différents types de lagunes:

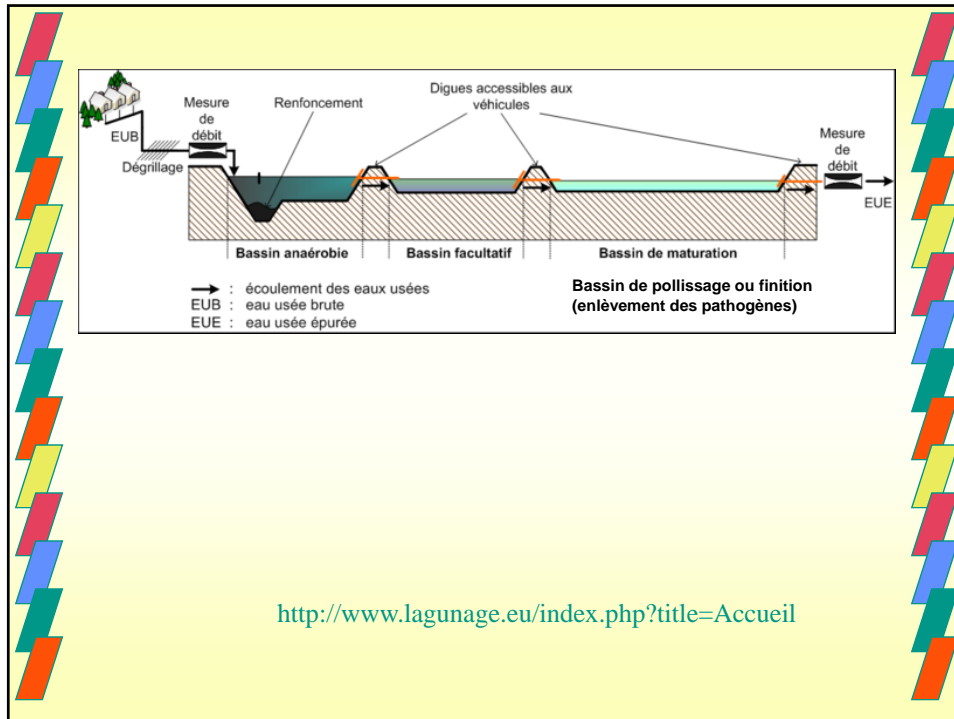
- ☞ lagune naturelle: en l'absence de dispositifs d'aération  
(profondeur de 0.5 à 1.5 m, si aérobie)
- ☞ lagune aérée (aération mécanique de surface ou par insufflation d'air).  
(profondeur jusqu'à 5 m):
  - aérobie (nécessite une étape de décantation de la biomasse en sortie)
  - étang aéré facultatif

## Lagune naturelle:



## Lagunes naturelles

- ☞ Selon la présence ou non d'oxygène dissous dans la lagune, on distingue:
  - les étangs anaérobies (pas d' $O_2$ )
  - les étangs aérobies (présence d' $O_2$ )
  - les étangs facultatifs ( $O_2$  uniquement dans la zone supérieure) voir fig. p 9.1.1
- ☞ bassin de stabilisation ou lagune de finition ou étang de polissage, une lagune naturelle installée après un traitement secondaire ou dernière lagune d'une série.



## Lagune naturelle: modèle simple

☞ si réacteur parfaitement mélangé et cinétique du pseudo 1er ordre:

$$S_{eff} / S_{aff} = \frac{1}{K t_s + 1}$$

☞ avec  $S_{aff}$  et  $S_{eff}$  concentration à l'entrée et à la sortie (ex: mg de  $DBO_5/L$ )  
 ☞  $t_s$  temps de séjour (j) [=V/Q]  
 ☞  $K$  constante de vitesse ( $j^{-1}$ ) par exemple pour la France: 0.11 en hiver et 0.20 en été

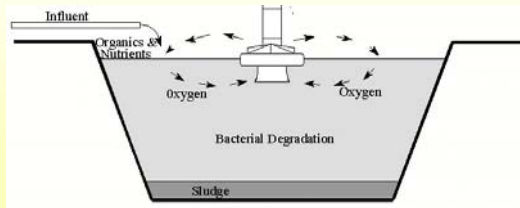
## Performances des lagune naturelles

Température	Concentration à l'entrée (mg DBO <sub>5</sub> /L)						
	50	100	150	200	250	300	350
5	20	54	87	120	154	188	221
10	13	35	58	81	103	125	148
15	9	24	39	54	69	84	99
20	6	16	26	36	46	56	66
35	4	11	17	24	31	37	44
30	3	7	12	19	21	25	29
Temps de séjour requis pour avoir en sortie une DBO <sub>5</sub> de 20 mg/L							

## Lagunes aérées:

- ☞ profondeur: 2.5 à 5 m
- ☞ aération de surface ou par insufflation d'air:
  - 2.8 W/m<sup>3</sup> (pâtes et papier)
  - 3.9 W/m<sup>3</sup> (eaux domestiques)
  - 0.8 W/m<sup>3</sup> (si lagune facultative)
- ☞ installation en série: ex 3 bassins
  - lagune bien agitée et aérée (aérobie)
  - lagune moyennement agitée (facultatif)
  - lagune naturelle (décantation)

## Lagune aérée



## Effet de la température:

$$K_T = K_{20} \theta^{(T-20)}$$

- ☞ au Québec pour les eaux domestiques:  
 $K_{20} = 0.37$  ( $j^{-1}$ )     $\theta = 1.07$   
(T: été 16; hiver 0.5; automne/printemps 4°C)

<http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/eaux-usees/domestique/Chap6.pdf>

- ☞ si n lagunes en série:

$$S_{eff, n} / S_{aff} = \left( \frac{1}{K t_s + 1} \right)^n$$

## Performances des étangs aérés facultatifs

K20	0.37		teta	1.07
S <sub>effluent</sub>	20			

S <sub>affluent</sub> (DBO <sub>5</sub> mg/L)	50	100	150	200	250	300	350
Température (°C)							
0.5	15	40	66	91	116	142	167
5	11	30	48	67	86	104	123
10	8	21	35	48	61	74	88
15	6	15	25	34	44	53	63
20	4	11	18	24	31	38	45
25	3	8	13	17	22	27	32
30	2	5	9	12	16	19	23

Temps en jour pour avoir une DBO<sub>5</sub> de 20 mg/L en sortie

## Calcul de la température d'une lagune aérée:

$$T_{\text{affluent}} - T_{\text{lagune}} = \frac{f t_s}{D} (T_{\text{lagune}} - T_{\text{air}}) = \frac{fA}{Q} (T_{\text{lagune}} - T_{\text{air}})$$

- ☞ Q: débit en m<sup>3</sup>/j
- ☞ f: facteur = aux USA 0.486 pour l'est et le centre et 0.815 pour les états du Sud. [f dans la gamme 0.5 à 1.2]
- ☞ A: surface de la lagune (m<sup>2</sup>)
- ☞ T<sub>affluent</sub> température de l'affluent, T<sub>air</sub> température de l'air (moyenne hebdomadaire, °C)
- ☞ t<sub>s</sub>, temps de rétention dans la lagune (j)
- ☞ D, profondeur de la lagune (m)





### Curage des lagunes

- ☞ enlèvement des dépôts de biomasse et des MES au fond des étangs
- ☞ tous les 1- 2 - 3 ... (?) ans, selon nature de l'affluent. (moyenne de 13 ans en France pour les eaux domestiques)
- ☞ pour une lagune naturelle traitant des eaux domestiques: accumulation de 0.1 m<sup>3</sup> de boues par an et par équivalent habitant.
- ☞ Dans la conception, majorer le volume du bassin de 15% pour permettre l'accumulation des boues

Comparaison des avantages et inconvénients des lagunes aérées et des lagunes naturelles  
(<http://cartel.oieau.fr/faq/q166.htm>)

Filière	Avantages	Inconvénients
Lagunage naturel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Un apport d'énergie n'est pas nécessaire si le dénivelé est favorable</li> <li>- Exploitation légère</li> <li>- Élimination d'une grande partie des nutriments : phosphore et azote (en été)</li> <li>- Bonne élimination des germes pathogènes en été</li> <li>- Bonne adaptation aux fortes variations de charge hydraulique</li> <li>- Pas de construction " en dur ", génie civil simple</li> <li>- Bonne intégration paysagère</li> <li>- Absence de nuisance sonore</li> <li>- Boues de curages bien stabilisées sauf celles présentes en tête du premier bassin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Forte emprise au sol (10 m<sup>2</sup>/EH)</li> <li>- Coût d'investissement très dépendant de la nature du sous-sol. Dans un terrain sableux ou instable, il est préférable de ne pas se tourner vers ce type de lagune.</li> <li>- Performances moindres que les procédés intensifs sur la matière organique. Cependant, le rejet de matière organique s'effectue sous forme d'algues, ce qui, pour l'oxygénation du milieu en aval, est moins néfaste qu'une matière organique dissoute</li> <li>- Qualité du rejet variable selon les saisons</li> <li>- Maîtrise limitée de l'équilibre biologique et des processus épuratoires</li> <li>- Baisse très sensible des performances si le curage global n'est pas réalisé à temps</li> </ul>
Lagunage aéré	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tolérant aux variations de charges hydrauliques et/ou organiques importantes</li> <li>- Tolérant aux effluents très concentrés</li> <li>- Tolérant aux effluents déséquilibrés en nutriments</li> <li>- Traitement conjoint d'effluents domestiques et industriels biodégradables</li> <li>- Bonne intégration paysagère</li> <li>- Boues stabilisées</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rejet d'une qualité moyenne sur tous les paramètres</li> <li>- Nécessité de matériels électromécaniques requérant l'entretien par un agent spécialisé</li> <li>- Nuisances sonores liées à la présence de système d'aération</li> <li>- Forte consommation énergétique</li> </ul>

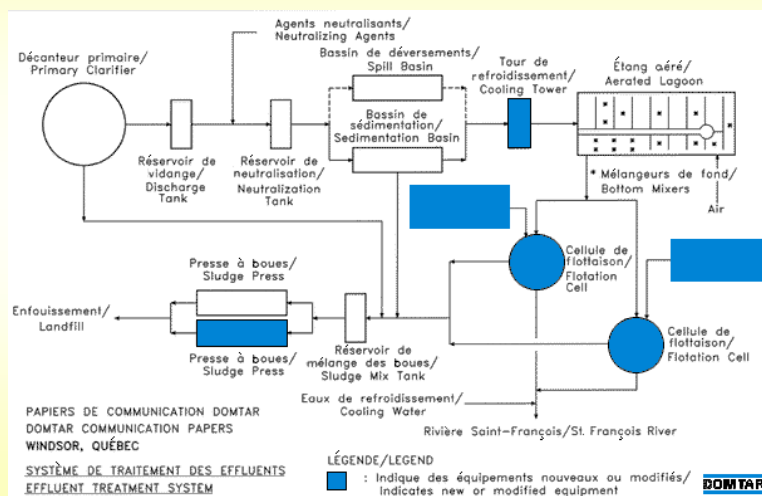
		Usage possible au Québec
Lagunes naturelles	Étang anaérobie	Non (dégagement d'odeur au printemps)
	Étang facultatif	Oui Profondeur 1.5 à 2.1 m Temps de rétention de 150 à 240 jours
	Étang strictement aérobie	Non
	Étang de polissage	Oui Profondeur 2 à 2.4 m 3 étangs en série Temps de rétention de 5 jours par bassin
Lagunes aérées	Étang aéré aérobie	Oui Décantation des MES en sortie nécessaire
	Étang aéré facultatif	Oui (recommandé par le ministère) -équipement d'aération réduit : -surveillance réduite

(source : Cahier technique de conception pour les lagunes, Jacques Boudreau, Ministère de l'environnement et de la Faune Québec, novembre 1995)

## Exemple d'application aux traitements d'effluents industriels

- ☞ voir tableaux p 9.2.1 et 9.2.2
- ☞ conserveries, ind. chimiques, papeteries, sucreries, équarissage, textiles laiteries etc ...
- ☞ lagune utilisée pour la désinfection (l'abattement en germes pathogènes)

## Exemple usine de pâtes et papiers Domtar à Windsor





☞ Station d'épuration de petite envergure de la région de St-Joseph-de-Beauce:

☞ en moyenne, 5 500 m<sup>3</sup>/j pour une population de 5 000 personnes.

☞ Les charges à traiter quotidiennement sont de 650 kg de DBO<sub>5</sub>, 300 kg de MES et 12,3 kg de phosphore.

☞ Prétraitement: Dégrillage et dessablage;

☞ Quatre étangs aérés en série, équipés de 260 tubes d'aération statiques alimentés par trois soufflantes centrifuges de 125 HP chacune;

☞ Deux pompes doseuses de 157 litres/h fournissent l'alun liquide pour la déphosphatation;

☞ Le temps moyen de rétention est de 20 jours.

☞ Cette station, construite au coût de 1,6 millions de dollars CAN, opère depuis 1988.

An aerial photograph showing four rectangular aeration tanks arranged in a 2x2 grid. The tanks are filled with water and have a grid of aeration tubes visible on the surface. The surrounding area is green grass and some trees.

**Station d'épuration de moyenne envergure**

- ☞ bassin de population de 42 000 habitants et est située au confluent de deux cours d'eau majeurs, soit: le fleuve Saint-Laurent et la rivière Richelieu. (Sorel)
- ☞ Les eaux usées de cette région, fortement industrialisée, sont acheminées à la station au moyen de trois postes de pompage.
- ☞ Débit moyen: 41 500 m<sup>3</sup>/j Charges journalières à traiter: 3 127 kg de DBO<sub>5</sub>/d et 108 kg de phosphore.
- ☞ Prétraitement Dégrillage à espacement de 19 mm et dessablage à Vortex.
- ☞ Traitement : Deux séries parallèles de trois étangs aérés comprenant 1 584 tubes d'aération statiques alimentés par quatre soufflantes centrifuges de 350 HP (262 KW);
- ☞ Ajout d'alun pour la déphosphatation;
- ☞ Volume total des étangs: 793 200 m<sup>3</sup>; Temps moyen de rétention: 19 jours.
- ☞ un investissement de 10 millions de dollars
- ☞ station opérationnelle depuis 1990.



**Station d'épuration de grande envergure**

- ☞ Population de 112 000 habitants répartis dans quatre municipalités de la région tri-fluvienne.
- ☞ Son émissaire se jette dans le fleuve Saint-Laurent.
  - Débit moyen: 97 000 m<sup>3</sup>/j.
  - Charges journalières à traiter: 8 343 kg de DBO<sub>5</sub>/d et 306 kg de phosphore.
- ☞ Prétraitement Dégrillage mécanique au poste principal et dessablage à Vortex au bâtiment de services situé sur le site de traitement.
- ☞ Traitement Deux séries parallèles de quatre étangs aérés comprenant 2 636 tubes d'aération statiques alimentés par six soufflantes centrifuge de 700 HP (522.2 KW);
- ☞ Volume total des étangs: 2 043 888 m<sup>3</sup>; Temps moyen de rétention de l'eau: 21 jours; Milieu récepteur: fleuve Saint-Laurent; Affluent: les eaux usées proviennent des secteurs domestique, industriel et institutionnel.
- ☞ La construction de cette station d'épuration a nécessité un investissement de 40 millions de dollars CAN.
- ☞ Elle fut mise en service en 1991.



Ouvrages de surverse et stations d'épuration

## Évaluation de performance des ouvrages municipaux d'assainissement des eaux pour l'année 2009

[http://www.mamrot.gouv.qc.ca/pub/infrastructures/suivi\\_ouvrages\\_assainissement\\_eaux/eval\\_perform\\_rapport\\_2009.pdf](http://www.mamrot.gouv.qc.ca/pub/infrastructures/suivi_ouvrages_assainissement_eaux/eval_perform_rapport_2009.pdf)

### Âge des stations évaluées (au 1<sup>er</sup> janvier 2009)

Type de station		N <sup>bre</sup>	Âge de la station		
			Max.	Min.	Moy.
Boues activées	BA	47	47,0	2,0	21,4
Disques biologiques	BD	19	26,1	3,0	14,8
Biofiltration	BF	8	17,9	13,8	16,6
Dégrillage fin	DEG	26	15,3	4,8	9,5
Étangs aérés	EA	502	35,0	0,0	14,7
Étangs à rétention réduite	ERR	48	15,4	0,5	5,4
Étangs non aérés	ENA	38	36,0	2,3	17,5
Divers	Divers	39	28,3	0,0	10,8
Physico-chimique	PC	13	22,2	9,3	12,5
<b>Total :</b>		<b>740</b>	<b>47,0</b>	<b>0,0</b>	<b>14,3</b>

## Affluent (in)

Le tableau suivant présente un sommaire des données mesurées à l'affluent des stations d'épuration. Les données détaillées peuvent être consultées à l'Annexe 3. Les données de conception font référence à celles qui ont été utilisées pour le calcul des exigences de rejet.

Type de station	Nombre de stations	Débit		DBO5		MES		Ptot	
		(m <sup>3</sup> /d)	%conc.	(Kg/d)	(mg/l)	(Kg/d)	(mg/l)	(Kg/d)	(mg/l)
BA	47	729 044	97,0 %	100 629	138	126 345	174	2 253,3	3,7
BD	19	7 908	83,0 %	571	72	729	92	15,2	3,1
BF	8	611 861	95,4 %	80 418	131	121 197	198	2 027,4	3,4
DEG	26	23 074	75,6 %						
EA	502	1 342 742	89,5 %	142 907	106	194 693	145	2 467,2	2,7
ERR	48	30 361	85,0 %	2 719	90	3 639	120	21,5	3,7
ENA	38	14 689	31,0 %	1 102	76	1 196	82	17,4	1,7
Divers	39	2 473	69,3 %	329	135	298	123	4,4	4,0
PC	13	3 315 159	91,5 %	254 153	77	353 214	107	5 688,6	1,7
<b>Total</b>	740	6 077 311	92,0 %	582 827	96	801 311	132	12 494,9	2,3
<b>% p/r aux charges de conception</b>				<b>88,4 %</b>		<b>104,0 %</b>		<b>70,8 %</b>	
<b>Total</b> <sup>(1)</sup>	701	2 739 079	92,8 %	328 674	120	448 097	164	6 806,3	3,2

(1) : sauf les DEG et les PC

## Effluent (out) DBO<sub>5</sub>

Le tableau qui suit regroupe les stations soumises à une exigence de rejet sur la DBO<sub>5</sub> ou pour lesquelles des données sont disponibles.

Type de station	Nombre de stations	Débit (m <sup>3</sup> /d)	DBO <sub>5</sub> à l'effluent		
			(mg/l)	(kg/d)	(R %)
BA	45	727 879	8,5	6 220,5	93,8 %
BD	19	7 908	11,2	88,4	84,5 %
BF	8	592 872	18,9	11 224,3	86,0 %
EA	501	1 342 805	10,7	14 344,9	90,0 %
ERR	48	30 361	13,6	412,8	84,8 %
ENA	33	10 022	9,2	92,3	90,2 %
Divers	27	1 900	8,1	15,3	93,7 %
PC	13	3 315 159	37,9	125 515,3	50,6 %
<b>Total</b>	694	6 028 906	26,2	157 914	72,9 %
<b>Total</b> <sup>(1)</sup>	681	2 713 747	11,9	32 399	90,1 %

(1) : sauf les PC

Les stations de type « physico-chimiques » (PC) n'étant pas conçues pour l'enlèvement de la DBO<sub>5</sub>, nous présentons les résultats pour l'ensemble des stations, excluant les stations de type PC.

## Effluent (out) MES

Le tableau qui suit regroupe les stations soumises à une exigence de rejet sur les MES ou pour lesquelles des données sont disponibles.

Type de station	Nombre de stations	Débit (m <sup>3</sup> /d)	MES à l'effluent		
			(mg/l)	(kg/d)	(R %)
BA	45	727 879	10,1	7 382,7	94,2 %
BD	19	7 908	15,2	119,9	83,5 %
BF	8	592 872	16,9	10 000,4	91,7 %
EA	500	1 342 805	13,0	17 491,3	91,0 %
ERR	48	30 353	15,4	466,7	87,4 %
ENA	33	10 022	16,7	167,3	83,5 %
Divers	27	1 828	11,2	20,4	90,7 %
PC	13	3 315 159	17,9	59 314,7	83,2 %
<b>Total</b>	<b>693</b>	<b>6 028 825</b>	<b>15,8</b>	<b>94 963</b>	<b>88,1 %</b>

<http://www.mddep.gouv.qc.ca/eau/eaux-usees/strat-pancan/index.htm>

### Position sur les normes de performance de la Stratégie pancanadienne pour la gestion des effluents d'eaux usées municipales

Stratégie pancanadienne pour la gestion des effluents d'eaux usées municipales du Conseil canadien des ministres de l'Environnement – Application des normes de performance

#### Mise en contexte

Le 17 février 2009, le Conseil canadien des ministres de l'Environnement (CCME) a adopté la Stratégie pancanadienne pour la gestion des effluents d'eaux usées municipales (Stratégie). Bien que le Québec n'ait pas encore adhéré officiellement à la Stratégie, il est important de s'assurer que les critères retenus pour les nouveaux projets de traitement des eaux usées d'origine domestique intègrent minimalement les normes de performance pancanadiennes établies par cette Stratégie de manière à ne pas autoriser des projets qui, dans un proche avenir, pourraient être remis en cause.

#### Position du Ministère

Les projets de traitement des eaux usées d'origine domestique<sup>1</sup> doivent pouvoir respecter minimalement les normes de performance pancanadiennes suivantes<sup>2</sup> :

- 25 mg/l pour la demande biochimique en oxygène après cinq jours, partie carbonée (DBO<sub>5</sub>C);
- 25 mg/l pour les matières en suspension (MES).

Il s'agit ici de normes **minimales**. Lorsque justifiées par l'établissement d'objectifs environnementaux de rejets (OER) plus restrictifs, en tenant compte de la capacité de support du milieu récepteur, des exigences de rejet plus sévères peuvent être établies par le Ministère, en tenant compte des technologies disponibles et économiquement réalisables.