

Acceptabilité environnementale d'un système recirculé en aquaculture



Jean-Marc COCHET

Les rencontres de l'eau en Loire-Bretagne – Pleyben – 30 juin 2017

Acceptabilité environnementale d'un système recirculé en aquaculture

SOMMAIRE :

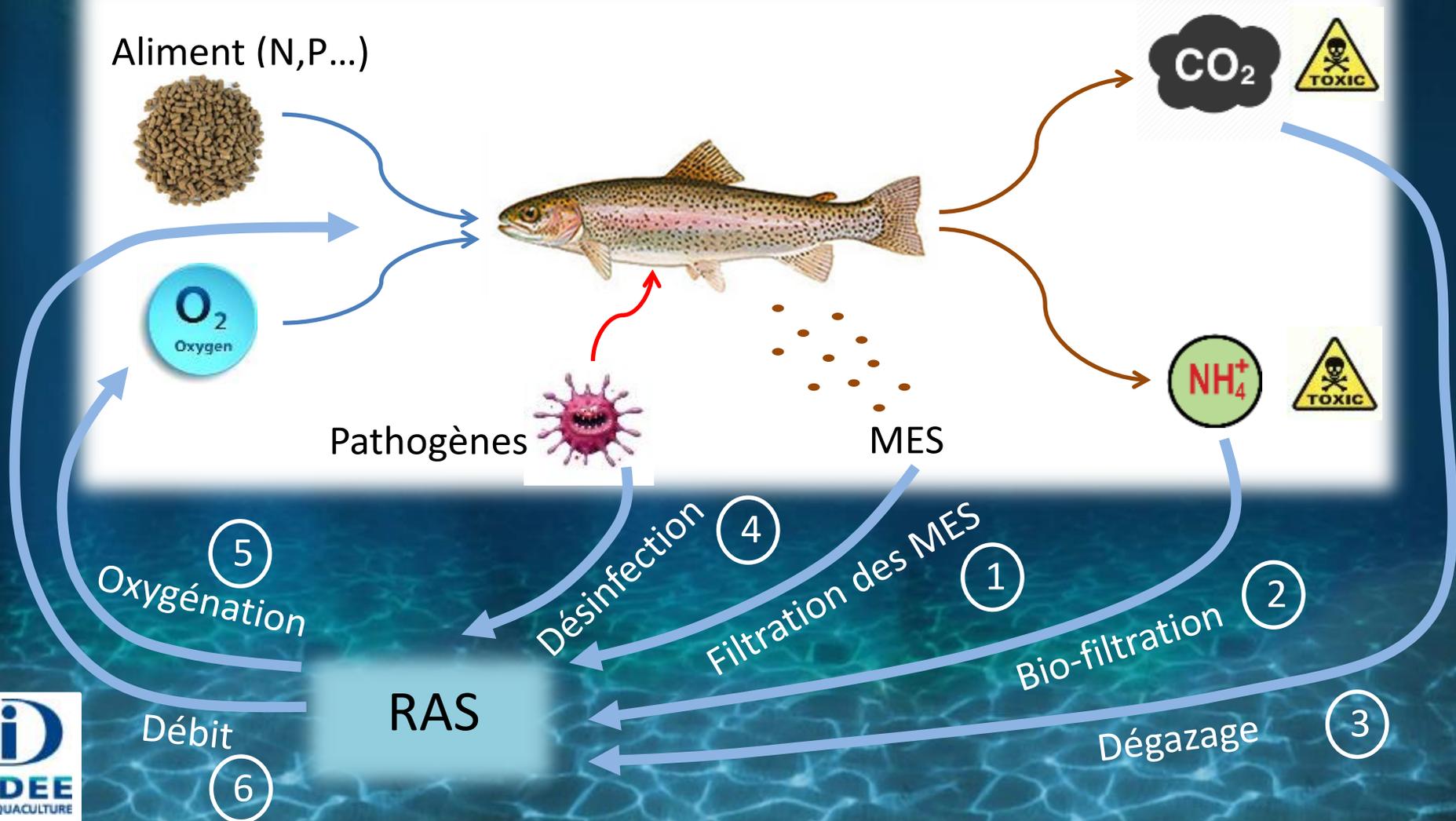
Etude sur la réhabilitation du site de Poullaouen

1- Evaluation des ressources en eau

2- Evaluation des flux maximums acceptables en termes de rejet au regard de la préservation du bon état des eaux

3- Traduction des flux maximums acceptables en quantité maximale d'aliment pouvant être distribuée

Acceptabilité environnementale d'un système recirculé en aquaculture



Acceptabilité environnementale

d'un système recirculé en aquaculture

Méthodologie de dimensionnement basée sur le modèle nutritionnel de l'INRA

① Evaluation des ressources en eau :

Objectifs de la recirculation :

- S'affranchir du respect du débit réservé (1/10 module) de la rivière en période d'étiage (juillet-septembre) - loi sur l'eau (article L214-18 du code de l'env.)
 - Suppression de la notion de Tronçon Court-Circuité, ce qui nécessite de rejeter au même niveau que la prise d'eau
 - Réduction des débits d'eau neuve
- Meilleur contrôle de la qualité d'eau (NH_4^+ , MES, PO_4^{3-})
- Meilleur contrôle du traitement des eaux de rejet (concentration des MES et du PO_4^{3-})

Evaluation de la ressource en eau :

- Considérer le QMN5 (débit mensuel minimum – fréquence 5 ans) durant la période d'étiage pour évaluer les flux
 - et non pas le débit moyen interannuel – module (arrêté du 1^{er} avril 2008 dans le 29)

Acceptabilité environnementale

d'un système recirculé en aquaculture

Méthodologie de dimensionnement basée sur le modèle nutritionnel de l'INRA

① Evaluation des ressources en eau :

Objectifs

- S'aff

d'ét

→ Su

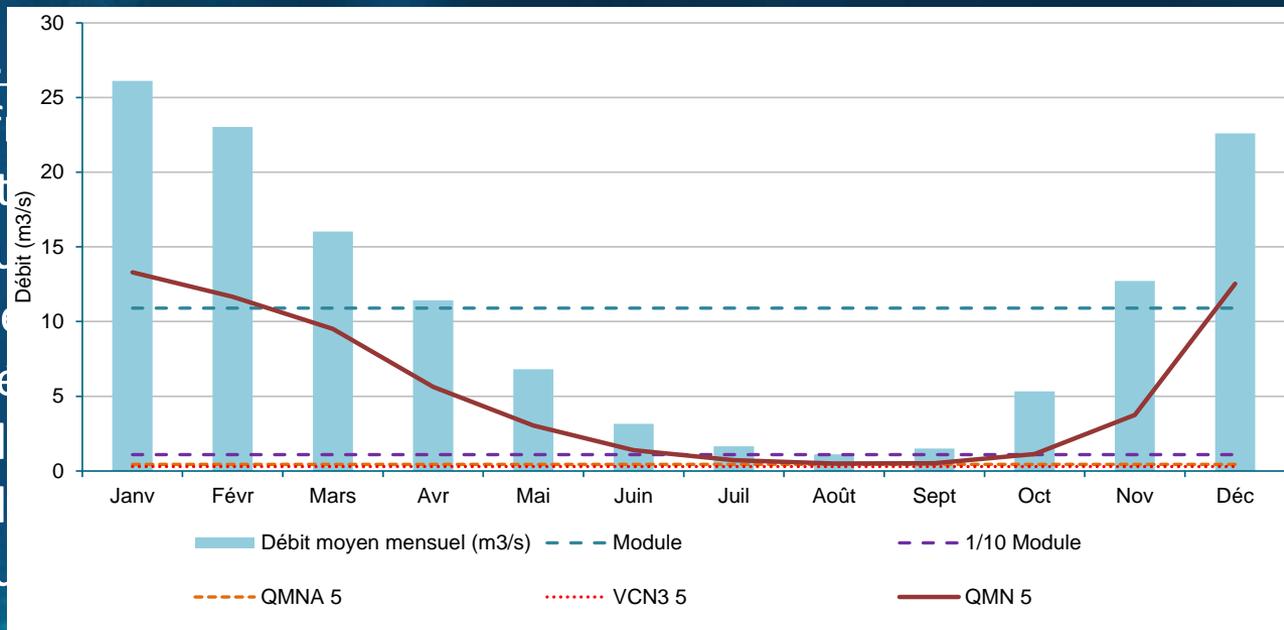
reje

→ Re

- Meil

- Meil

et du



ère en période
de de l'env.)

cessite de

en des MES

Evaluation de la ressource en eau :

- Considérer le QMN5 (débit mensuel minimum – fréquence 5 ans) durant la période d'étiage pour évaluer les flux

→ et non pas le débit moyen interannuel – module (arrêté du 1^{er} avril 2008 dans le 29)

Acceptabilité environnementale

d'un système recirculé en aquaculture

Méthodologie de dimensionnement basée sur le modèle nutritionnel de l'INRA

② Evaluation des flux maximums acceptables en termes de rejet au regard de la préservation du bon état des eaux :

Objectifs de qualité d'eau à respecter (bon état) :
(arrêté du 1^{er} avril 2008 + DCE)

Paramètre arrêté avril 2008 et DCE	Concentration limite arrêté 2008 et DCE (mg/l)
MES	15
NH ₄ ⁺	0,5
NO ₂ ⁻	0,3
PO ₄ ³⁻	0,5
DBO5	5
NO ₃ ⁻	50

Evaluation des flux max :

- Récupération pour chacun des paramètres des concentrations max. mensuelles en période d'étiage en entrée de pisciculture

$$\rightarrow \text{FLUX MAX} = ([]_{\text{DCE rejet}} - []_{\text{max entrée}}) \times \text{QMN5}$$

Acceptabilité environnementale d'un système recirculé en aquaculture

Méthodologie de dimensionnement basée sur le modèle nutritionnel de l'INRA

Paramètre arrêté avril 2008 et DCE	Concentration limite arrêté 2008 et DCE (mg/l)	Concentration moyenne dans l'Aulne sur août (2011-2016) (mg/l)	Concentration maximale dans l'Aulne sur août (2011-2016) (mg/l)
MES	15	2,6	5
NH ₄ ⁺	0,5	0,03	0,07
NO ₂ ⁻	0,3	0,01	0,02
PO ₄ ³⁻	0,5	0,03	0,1
DBO5	5	1,6	2,7
NO ₃ ⁻	50	7,3	12,1

	Avec QMN5 août (0,50 m ³ /s)		
Paramètre arrêté avril 2008 et DCE	Flux limite arrêté 2008 et DCE (kg/j)	Flux maximum dans l'Aulne sur août (2011-2016) (kg/j)	Flux moyen dans l'Aulne sur août (2011-2016) (kg/j)
MES	648	216,0	112,3
NH ₄ ⁺	22	3,0	1,3
NO ₂ ⁻	13	0,9	0,4
PO ₄ ³⁻	22	4,3	1,3
DBO5	216	116,6	69,1
NO ₃ ⁻	2160	522,7	315,4

Acceptabilité environnementale

d'un système recirculé en aquaculture

Méthodologie de dimensionnement basée sur le modèle nutritionnel de l'INRA

② Evaluation des flux maximums acceptables en termes de rejet au regard de la préservation du bon état des eaux :

Evaluation des flux max :

	(QMNS août et flux maximums août)
Paramètre arrêté avril 2008 et DCE	Flux maximum dans le rejet (kg/j)
MES	432,0
NH_4^+	18,6
NO_2^-	12,1
PO_4^{3-}	17,3
DBO5	99,4
NO_3^- final	1625,7

Acceptabilité environnementale

d'un système recirculé en aquaculture

Méthodologie de dimensionnement basée sur le modèle nutritionnel de l'INRA

③ Traduction des flux maximums acceptables en quantité maximale d'aliment pouvant être distribuée :

Paramètre MES :

Modèle nutritionnel INRA
appliqué à la TAC :

→ 268kg MES / T alim.

<i>Feed distribution :</i>	
Feed distributed FD (kg) :	1 000,0 kg
Feed consumed FC (%) :	90%

<i>Feed nutrient content :</i>	
Protein Cpr (%) :	40,0%
Lipids Cl (%) :	27,0%
Ash Ca (%) :	7,0%
Fiber Cf (%) :	2,5%
Carbohydrates Cc (%) :	18,0%
Phosphorus Cp (%) :	1,5%
Moisture Cm (%) :	4,0%

<i>Apparent digestibility :</i>	
Protein ADCpr (%) :	90%
Lipids ADCl (%) :	95%
Ash ADCa (%) :	50%
Fiber ADCf (%) :	0%
Carbohydrates ADCc (%) :	60%
Phosphorus ADCp (%) :	65%

$$SS = (FD \times FC \times \sum(C_i \times (1 - ADC_i)) + (FD \times (100 - FC) \times (100 - Cm))$$

Acceptabilité environnementale

d'un système recirculé en aquaculture

Méthodologie de dimensionnement basée sur le modèle nutritionnel de l'INRA

③ Traduction des flux maximums acceptables en quantité maximale d'aliment pouvant être distribuée :

Paramètre MES :

Système recirculé :

<i>Evaluation des MES rejetées par jour :</i>	
Quantité d'aliment distribuée par jour (kg/jour) :	1 000,0 kg / jour
MES produites par jour (kg/jour) :	267,7 kg / jour
Taux d'abattement par filtration mécanique sur la boucle de recirculation (%) :	95%
MES rejetées par jour (kg/jour) :	13,4 kg

- Abattement de 15% à chaque passage sur filtre tambour
→ 95% d'abattement par jour (80% si décanteur + lit fixe)

→ 13,4kg MES / T alim.

→ 32,3 T alim. / jour (paramètre non limitant)

Acceptabilité environnementale

d'un système recirculé en aquaculture

Méthodologie de dimensionnement basée sur le modèle nutritionnel de l'INRA

③ Traduction des flux maximums acceptables en quantité maximale d'aliment pouvant être distribuée :

Paramètre NH_4^+ :

Modèle nutritionnel INRA appliqué à la TAC :

→ 33,5kg NH_4^+ / T alim.

<i>Feed distribution :</i>	
Feed distributed FD (kg) :	1 000,0 kg
Feed consumed FC (%) :	90%
<i>Feed nutrient content :</i>	
Protein Cpr (%) :	40,0%
<i>Apparent digestibility :</i>	
Protein ADCpr (%) :	90%
<i>Whole body nutrient content :</i>	
Nitrogen Bn (kg/kg) :	0,02720 kg/kg
<i>Other data :</i>	
Protein nitrogen content PRn (%) :	16%
Feed gain ratio FGR (kg/kg) :	1,0 kg/kg
Proportion of ammonia-N in total dissolved N excretion Nnh4 (%) :	95%
Ammonia to ammonia-N ratio A :	1,29

$$\text{NH}_4^+ = \text{FD} \times \text{FC} \times ((\text{Cpr} \times \text{ADCpr} \times \text{PRn}) - (\text{Bn} / \text{FGR})) \times \text{Nnh4} \times \text{A}$$

Acceptabilité environnementale

d'un système recirculé en aquaculture

Méthodologie de dimensionnement basée sur le modèle nutritionnel de l'INRA

③ Traduction des flux maximums acceptables en quantité maximale d'aliment pouvant être distribuée :

Paramètre NH_4^+ :

Bio-filtration :

- Taux de conversion de l'azote ammoniacal (TAN) : 250 à 500g / m³ d'anneaux pour des valeurs de TAN comprises entre 0,5 et 1mg/L
- Ratio de 1m³ d'anneau de biofiltration pour 4-5 kg d'aliment / jour

→ Pour 1T d'aliment distribué /jour, volume de biofiltration de 20m³ mini pour la truite

→ Soit une capacité de conversion de 50 à 100kg de NH_4^+ / jour

→ Maintien de la concentration en NH_4^+ dans le système à une valeur **maximale** de 1,0 mg/L.

Acceptabilité environnementale

d'un système recirculé en aquaculture

Méthodologie de dimensionnement basée sur le modèle nutritionnel de l'INRA

③ Traduction des flux maximums acceptables en quantité maximale d'aliment pouvant être distribuée :

Paramètre NH_4^+ :

<i>Evaluation de la quantité max. d'aliment distribué par jour - SCENARIO N°1 :</i>	
Flux max. de NH_4^+ par jour en rejet de pisciculture (kg/j) :	18,6 kg / jour
Concentration max. en NH_4^+ dans l'élevage en système recirculé (mg/L) :	1,0 mg/L
Débit d'eau max. pouvant être rejeté à cette concentration (m ³ /s) :	0,22 m ³ /s
Ratio m ³ d'eau neuve / kg aliment / jour pour un système recirculé :	1 m ³ /kg aliment
Quantité max. d'aliment distribué par jour (kg) :	18 600,0 kg / jour

Evaluation de la quantité max d'aliment pouvant être distribuée en considérant une eau de rejet à 1mg/L de NH_4^+ et un ratio de 1m³ d'eau / kg d'aliment distribué :

→ 18T alim. / jour (paramètre non limitant)

Acceptabilité environnementale

d'un système recirculé en aquaculture

Méthodologie de dimensionnement basée sur le modèle nutritionnel de l'INRA

③ Traduction des flux maximums acceptables en quantité maximale d'aliment pouvant être distribuée :

Paramètre NO₂⁻ : Bio-filtration en 2 étapes :

- 2 NH₄⁺ + 3 O₂ → 2 NO₂⁻ + 4 H⁺ + 2 H₂O (Nitrosomonas)
- 2 NO₂⁻ + O₂ → 2 NO₃⁻ (Nitrobacter)

Si oxygénation correcte du bio-filtre, alors la totalité du NO₂⁻ doit être transformé en NO₃⁻

→ Maintien à une concentration max de 0,2mg/L en NO₂⁻

<i>Evaluation de la quantité max. d'aliment distribué par jour - SCENARIO N°1 :</i>	
Flux max. de NO2- par jour en rejet de pisciculture (kg/j) :	12,1 kg / jour
Concentration max. en NO2- dans l'élevage en système recirculé (mg/L) :	0,2 mg/L
Débit d'eau max. pouvant être rejeté à cette concentration (m3/s) :	0,70 m3/s
Ratio m3 d'eau neuve / kg aliment / jour pour un système recirculé :	1 m3/kg aliment
Quantité max. d'aliment distribué par jour (kg) :	60 500,0 kg / jour

→ 60,5T alim. / jour (paramètre non limitant)

Acceptabilité environnementale

d'un système recirculé en aquaculture

Méthodologie de dimensionnement basée sur le modèle nutritionnel de l'INRA

③ Traduction des flux maximums acceptables en quantité maximale d'aliment pouvant être distribuée :

Paramètre NO_3^- :

Modèle nutritionnel INRA appliqué à la TAC :

→ 219kg NO_3^- dissout / T alim. (80%)

→ 54kg NO_3^- partic. / T alim. (20%)

<i>Feed distribution :</i>	
Feed distributed FD (kg) :	1 000,0 kg
Feed consumed FC (%) :	90%
<i>Feed nutrient content :</i>	
Protein Cpr (%) :	40,0%
<i>Apparent digestibility :</i>	
Protein ADCpr (%) :	90%
<i>Whole body nutrient content :</i>	
Nitrogen Bn (kg/kg) :	0,00272 kg/kg
<i>Other data :</i>	
Protein nitrogen content PRn (%) :	16%
Feed gain ratio FGR (kg/kg) :	1,0 kg/kg
Proportion of nitrate-N in total dissolved N excretion Nno3- (%) :	100%
Nitrate to Nitrate-N ratio C :	4,43

$$\text{NO}_3^- \text{ soluble} = \text{FD} \times \text{FC} \times ((\text{Cpr} \times \text{ADCpr} \times \text{PRn}) - (\text{Bn} / \text{FGR})) \times \text{C}$$

$$\text{NO}_3^- \text{ solid} = ((\text{FD} \times \text{FC} \times ((\text{Cpr} \times (100 - \text{ADPpr}) \times \text{PRn})) + (\text{FD} \times (100 - \text{FC}) \times \text{Cpr} \times \text{PRn})) \times \text{C}$$

Acceptabilité environnementale

d'un système recirculé en aquaculture

Méthodologie de dimensionnement basée sur le modèle nutritionnel de l'INRA

③ Traduction des flux maximums acceptables en quantité maximale d'aliment pouvant être distribuée :

Paramètre NO_3^- :

Système recirculé :

<i>Evaluation du NO_3^- rejeté par jour :</i>	
Quantité d'aliment distribuée par jour (kg/jour) :	1 000,0 kg / jour
NO_3^- soluble produit par jour (kg/jour) :	218,8 kg/jour
NO_3^- solide produit par jour (kg/jour) :	53,9 kg/jour
Taux d'abattement du NO_3^- solide par filt. méc. sur la boucle de recirculation (%) :	80%
NO_3^- rejeté par jour (kg/jour) :	229,6 kg

- Abattement de 15% à chaque passage sur filtre tambour

→ 95% d'abattement par jour, mais seulement 80% pour le NO_3^- particulaire (relargage partiel sous forme dissoute)

→ 230kg NO_3^- / T alim.

→ 7,1 T alim. / jour (paramètre non limitant)

Acceptabilité environnementale

d'un système recirculé en aquaculture

Méthodologie de dimensionnement basée sur le modèle nutritionnel de l'INRA

③ Traduction des flux maximums acceptables en quantité maximale d'aliment pouvant être distribuée :

Paramètre PO_4^{3-} :

Modèle nutritionnel INRA appliqué à la TAC :

→ 7kg PO_4^{3-} dissout / T alim. (35%)

→ 12,7kg PO_4^{3-} partic. / T alim. (65%)

<i>Feed distribution :</i>	
Feed distributed FD (kg) :	1 000,0 kg
Feed consumed FC (%) :	90%
<i>Feed nutrient content :</i>	
Phosphorus Cp (%) :	1,0%
<i>Apparent digestibility :</i>	
Phosphorus ADCp (%) :	65%
<i>Whole body nutrient content :</i>	
Phosphore Bp (kg/kg) :	0,00400 kg/kg
<i>Other data :</i>	
Feed gain ratio FGR (kg/kg) :	1,0 kg/kg
Phosphate to phosphate-P ratio B :	3,06

$$PO_4^{3-} \text{ soluble} = FD \times FC \times ((Cp \times ADCp) - (Bp / FGR)) \times B$$

$$PO_4^{3-} \text{ solid} = ((FD \times FC \times ((Cp \times (100 - ADPp)))) + (FD \times (100 - FC) \times Cp)) \times B$$

Acceptabilité environnementale

d'un système recirculé en aquaculture

Méthodologie de dimensionnement basée sur le modèle nutritionnel de l'INRA

③ Traduction des flux maximums acceptables en quantité maximale d'aliment pouvant être distribuée :

Paramètre PO_4^{3-} :

Système recirculé :

<i>Evaluation du PO42- rejeté par jour :</i>	
Quantité d'aliment distribuée par jour (kg/jour) :	1 000,0 kg / jour
PO43- soluble produit par jour (kg/jour) :	6,9 kg/jour
PO43- solide produit par jour (kg/jour) :	12,7 kg/jour
Taux d'abattement du PO43- solide par filt. méc. sur la boucle de recirculation (%) :	80%
PO43- rejeté par jour (kg/jour) :	9,4 kg

- Abattement de 15% à chaque passage sur filtre tambour

→ 95% d'abattement par jour, mais seulement 80% pour le PO_4^{3-} particulaire (relargage partiel sous forme dissoute)

→ 9,4kg PO_4^{3-} / T alim.

→ 1,8 T alim. / jour (paramètre limitant)

Acceptabilité environnementale

d'un système recirculé en aquaculture

Méthodologie de dimensionnement basée sur le modèle nutritionnel de l'INRA

③ Traduction des flux maximums acceptables en quantité maximale d'aliment pouvant être distribuée :

Paramètre DBO5 :

- Formule approximative du CEMAGREF : $DBO5 = 0,15 \times Q_{\text{aliment}}$
- DBO5 directement liée aux MES rejetées dans les eaux de rejet
- Même taux d'abattement que pour les MES (95%) :

<i>Evaluation de la quantité max. d'aliment distribué par jour - SCENARIO N°1 :</i>	
Flux max. de DBO5 par jour en rejet de pisciculture (kg/j) :	99,4 kg / jour
Ratio de production DBO5 par kg d'aliment distribué :	0,15 kg/kg d'aliment
Taux d'abattement des MES par filt. méc. sur la boucle de recirculation (%) :	95%
Quantité max. d'aliment distribué par jour (kg) :	13 253,3 kg / jour

→ 13,2T alim. / jour (paramètre non limitant)

Acceptabilité environnementale

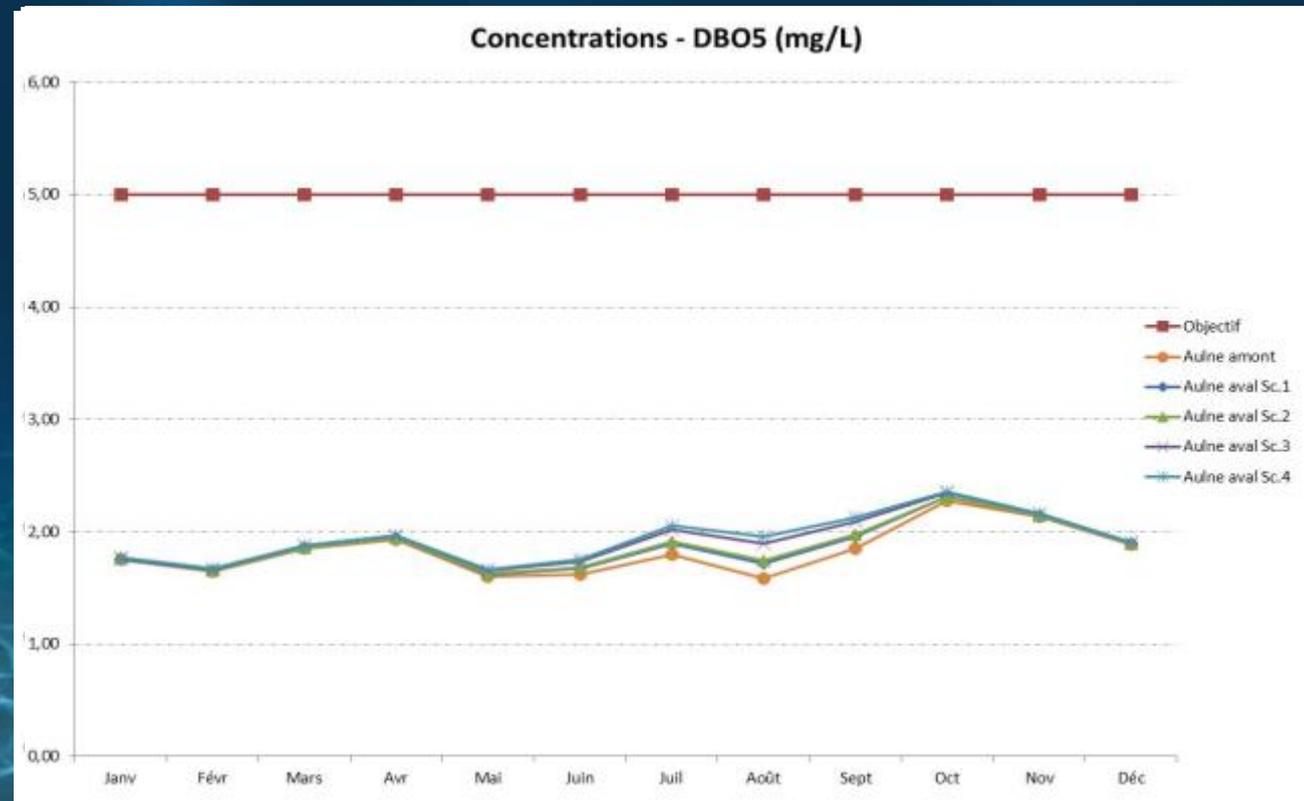
d'un système recirculé en aquaculture

Méthodologie de dimensionnement basée sur le modèle nutritionnel de l'INRA

③ Traduction des flux maximums acceptables en quantité maximale d'aliment pouvant être distribuée :

Synthèse :

Paramètres	Qté alim. / j
MES	32,3 T/jour
NH_4^+	18,6 T/jour
NO_2^-	60,5 T/jour
NO_3^-	7,1 T/jour
PO_4^{3-}	1,8 T/jour
DBO5	13,2 T/jour



Acceptabilité environnementale d'un système recirculé en aquaculture

Méthodologie de dimensionnement basée sur le modèle nutritionnel de l'INRA

CONCLUSION :

- Nouvelle approche basée sur la quantité d'aliment distribuée et non plus sur une capacité de production
 - plus logique et précis car selon le cycle de production le rapport biomasse produite / biomasse stockée varie fortement : 4 à 5 pour la truite portion et 2 à 2,5 pour la grosse truite
- Approche validée par l'Agence de l'eau et les différents services de l'Etat
- Les prochaines autorisations de production devraient tenir compte de cette nouvelle approche
 - Autorisation considérant une capacité d'aliment max à ne pas dépasser par jour (possibilité de différencier par mois) ou flux mensuels à ne pas dépasser pour chacun des paramètres de suivi de qualité d'eau

Merci pour votre attention

