



Note Technique

Présentation des formules d'évaluation des rejets en salmoniculture continentale :

La présente note explicite les formules évoquées dans la "Fiche méthodologique relative à la compatibilité du flux de polluants rejetés par une pisciculture avec le milieu récepteur" dite « Fiche Flux ». (Septembre 2017 - Ministère de la transition écologique et solidaire, Ministère de l'agriculture et de l'alimentation, ITAVI, CIPA).

La méthodologie présentée dans la « Fiche Flux » précise la possibilité d'utiliser si nécessaire des formules d'estimation des rejets (p.10) dans les situations où les calculs de flux aboutissent à une situation non compatible avec les exigences d'état de la masse d'eau afin de mener une analyse plus fine. **Les simulations peuvent être fournies au cas par cas dans le cadre de la méthode « Plan de Progrès »** (sur la base de l'outil disponible auprès de l'ITAVI (cf. « fiche flux » p.10)) selon les formules de calcul présentées ci-après. Un appui de l'ITAVI (Service Aquaculture) à l'utilisation de cet outil et à l'interprétation des résultats peut être sollicité en cas de besoin.

La présente note synthétise les formules d'estimation des rejets issues des publications de référence les plus récentes :

- (1) PAPATRYPHON E., PETIT J., VAN DER WERF H., SADASIVAM K., CLAVER K., (2005). Nutrient-Balance Modeling as a Tool for Environmental Management in Aquaculture : The Case of Trout Farming in France. Environmental Management Vol. 35, No. 2, pp. 161-174.
- (2) AUBIN J., TOCQUEVILLE A., KAUSHIK S., (2011). Characterisation of waste output from flow-through trout farms in France : comparison of nutrient mass-balance modelling and hydrological methods. Aquatic Living Resources. 24, 63-70.



Préambule et précautions d'utilisation :

Le modèle utilisé dans ce document fait référence aux travaux de recherches publiés respectivement par *Papatryphon et al. (dit modèle "INRAE" formules de 2005)* en 2005 et *Aubin et al. (dit modèle "INRAE corrigé" formules correctives de 2011)* en 2011.

Le modèle "INRAE" prend en compte seulement les transformations qui ont lieu au niveau du poisson pour aboutir aux éléments solubles et éléments solides excrétés par ce dernier après ingestion de l'aliment. Le modèle "INRAE corrigé" corrige le modèle précédent avec la prise en compte des transformations biologique et chimique des éléments solides et solubles post-excrétion par le poisson.

Ces travaux ont abouti à un modèle initial d'estimation des rejets dit "nutritionnel" qui a ensuite été éprouvé en conditions réelles sur la base de confrontations avec des résultats issus de suivis terrains sur des piscicultures. Il s'agit donc d'un modèle à la fois "nutritionnel" et "environnemental", aussi fiable que possible en l'état des connaissances ; mais qui ne se substitue pas aux données récoltées et mesurées en conditions réelles in situ par des analyses physico-chimiques.

Les paramètres modélisables de façon fiables concernent :

- l'ammonium (NH_4^+),
- les orthophosphates (PO_4^{3-}) et
- les matières en suspension (MES).

Les résultats des suivis environnementaux menés dans différents programmes par l'INRAE et l'ITAVI ont permis d'affiner les formules de calcul initiales et de limiter - fiabiliser l'écart "théorique / mesuré". Ces travaux ont permis de mieux quantifier les transformations biologiques et chimiques subies par les éléments solides et dissous excrétés par le poisson.

Ainsi, la publication d'*Aubin et al.* de 2011 propose deux équations "correctrices" de type : « $aX + b$ » sur les paramètres azote (N) et phosphore (P).

Le modèle exprime les résultats en **une estimation des valeurs de paramètres directement au point "aval 100m"** c'est-à-dire après la zone de mélange entre le débit dérivé restitué en sortie de pisciculture et le débit réservé, selon les prescriptions des arrêtés 2008. Dans ces conditions, les valeurs de débits (*total rivière, dérivé et réservé*) ainsi que les choix de répartitions entre débit dérivé et réservé, peuvent impacter nettement les résultats des simulations. **La fiabilité importante des données de débit** est donc primordiale pour la solidité des résultats. Comme tout modèle se voulant prédictif, la qualité et la pertinence des résultats obtenus par les formules est directement dépendant de la qualité et de la pertinence des données servant à le paramétrer.

REJETS AZOTÉS ^{(1) (2)}

(1) Formules de 2005

(2) Formules correctives de 2011

(1) Production d'azote dissous = Azote alimentaire digestible - Azote exporté dans la biomasse piscicole

$$(1) \quad N_{\text{totpre}} = F_D \times F_C \times ((C_{\text{PR}} \times \text{ADC}_{\text{PR}} \times \text{PR}_N) - \left(\frac{B_N}{\text{FGR}}\right))$$

$$(2) \quad [\text{NH}_4^+]_{\text{obs}} = 0.51 \times [N_{\text{totpre}}] + 0.08$$

Formule pour le calcul de la concentration en NH_4^+ en aval à 100 m :

$$[\text{NH}_4^+]_{\text{Aval100m}} = \frac{([\text{NH}_4^+]_{\text{Amont}} \times Q_r) + ([\text{NH}_4^+]_{\text{obs}} \times Q_d) + ([\text{NH}_4^+]_{\text{Amont}} \times Q_d)}{Q_{\text{tot}}}$$

Avec :

N_{totpre} = Quantité d'azote total dissous libéré par la biomasse piscicole (en kg)

$[\text{NH}_4^+]_{\text{obs}}$ = différentiel corrigé de concentration entre rejet site et amont (en mg/L), cf (2)
= NH_4^+ dissous corrigé libéré par la biomasse piscicole

$[N_{\text{totpre}}]$ = Concentration d'azote total dissous émis, issu du calcul des digestibilités (mg/L)

$[\text{NH}_4^+]_{\text{Aval100m}}$ = Concentration en NH_4^+ dans le cours d'eau en aval à 100m (en mg/l),

$[\text{NH}_4^+]_{\text{Amont}}$ = Concentration en NH_4^+ dans le cours d'eau en amont de la prise d'eau (en mg/l)

F_D = Quantité d'aliment distribuée (en kg)

F_C = Quantité d'aliment consommée (en % de l'aliment distribué), *recommandé : 95-99 %*

C_{PR} = Taux de protéines dans l'aliment (en %)

ADC_{PR} = Taux de digestibilité apparent des protéines de l'aliment (en %), *recommandé : 90 %*

PR_N = Proportion d'azote des protéines (en %), *recommandé : 16 %*

B_N = Quantité d'azote dans le poisson entier (en kg/kg), *recommandé : 0,0272 kg/kg*

FGR = Indice de conversion de l'aliment (IC)

Q_r = Débit réservé (l/s)

Q_d = Débit dérivé (l/s)

Q_{tot} = Débit total cours d'eau (l/s)

Références bibliographiques :

(1) PAPATRYPHON E., PETIT J., VAN DER WERF H., SADASIVAM K., CLAVER K., (2005). Nutrient-Balance Modeling as a Tool for Environmental Management in Aquaculture : The Case of Trout Farming in France. Environmental Management Vol. 35, No. 2, pp. 161-174.

(2) AUBIN J., TOCQUEVILLE A., KAUSHIK S., (2011). Characterisation of waste output from flow-through trout farms in France : comparison of nutrient mass-balance modelling and hydrological methods. Aquatic Living Resources. 24, 63-70.

REJETS PHOSPHORÉS ⁽¹⁾ ⁽²⁾

(1) Formules de 2005 **(2)** Formules correctives de 2011

(1) Production de phosphore dissous = phosphore alimentaire digestible - phosphore exporté dans la biomasse piscicole

$$(1) \quad P_{totpre} = (F_D \times F_C \times ((C_P \times ADC_P) - (\frac{B_P}{FGR})))$$

$$(2) \quad [PO_4^{3-}]_{obs} = 1.78 \times [P_{totpre}]$$

Formule pour le calcul de la concentration en PO_4^{3-} en aval à 100 m :

$$[PO_4^{3-}]_{Aval100m} = \frac{([PO_4^{3-}]_{Amont} \times Q_r) + ([PO_4^{3-}]_{obs} \times Q_d) + ([PO_4^{3-}]_{amont} \times Q_d)}{Q_{tot}}$$

Avec :

P_{totpre} = Quantité de phosphore total dissous libéré par la biomasse piscicole (en kg)

$[PO_4^{3-}]_{obs}$ = différentiel corrigé de concentration entre rejet site et amont (en mg/L), cf (2)
= PO_4^{3-} dissous corrigé libéré par la biomasse piscicole

$[P_{totalpre}]$ = Concentration de phosphore total dissous émis, issu du calcul des digestibilités (mg/L)

$[PO_4^{3-}]_{Aval100m}$ = Concentration en PO_4^{3-} dans le cours d'eau en aval à 100m (en mg/l),

$[PO_4^{3-}]_{Amont}$ = Concentration en PO_4^{3-} dans le cours d'eau en amont de la prise d'eau (en mg/l)

F_D = Quantité d'aliment distribuée (en kg),

F_C = Quantité d'aliment consommée (en % de l'aliment distribué), *recommandé* : 95-99 %,

C_P = Taux de phosphore dans l'aliment (en %),

B_P = Quantité de phosphore dans le poisson entier (en kg/kg), *recommandé* : 0,004 kg/kg,

ADC_{PR} = Taux de digestibilité apparent du phosphore de l'aliment (en %), *recommandé* : 65%,

FGR = Indice de conversion de l'aliment,

Q_r = Débit réservé (l/s) Q_d = Débit dérivé (l/s) Q_{tot} = Débit total cours d'eau (l/s)

Références bibliographiques :

(1) PAPATRYPHON E., PETIT J., VAN DER WERF H., SADASIVAM K., CLAVER K., (2005). Nutrient-Balance Modeling as a Tool for Environmental Management in Aquaculture : The Case of Trout Farming in France. Environmental Management Vol. 35, No. 2, pp. 161-174.

(2) AUBIN J., TOCQUEVILLE A., KAUSHIK S., (2011). Characterisation of waste output from flow-through trout farms in France : comparison of nutrient mass-balance modelling and hydrological methods. Aquatic Living Resources. 24, 63-70.

REJETS EN MATIERES EN SUSPENSION (MES) ⁽¹⁾

(1) MES produites = Aliment non consommé + Aliment non digéré

(1) Aliment non digéré = protéines non digérées + lipides non digérés + glucides non digérés + cendres non digérées + fibres non digérées

$$(1) \quad \text{MES}_{\text{exc}} = (((F_D \times F_C \times \sum (C_i \times (1 - \text{ADC}_i))) + (F_D \times (100 - F_C) \times (100 - C_M))))$$

Formule pour le calcul de la concentration en MES en aval à 100 m :

$$[\text{MES}]_{\text{Aval 100m}} = \frac{([\text{MES}]_{\text{Amont}} \times Q_r) + ([\text{MES}]_{\text{exc}} \times Q_d) \times E_{\text{SR}} + ([\text{MES}]_{\text{Amont}} \times Q_d)}{Q_{\text{tot}}}$$

Avec :

MES_{exc} = Quantité de Matières En Suspension (MES) excrétées par la biomasse piscicole (en kg)

F_D = Quantité d'aliment distribuée (en kg), *recommandé : 95-99 %*,

F_C = Quantité d'aliment consommée (% de l'aliment distribué),

C_M = Taux d'humidité de l'aliment (en %),

E_{SR} = Taux de rétention des MES de la pisciculture (si système de traitement) (en %, sauf 0%).

[MES]_{exc} = MES libéré par la biomasse piscicole (en mg/l),

[MES]_{Amont} = Concentration en MES dans le cours d'eau en amont de la prise d'eau (en mg/l)

$\sum (C_i \times (1 - \text{ADC}_i)) = (C_{\text{PR}} \times (1 - \text{ADC}_{\text{PR}}) + C_{\text{L}} \times (1 - \text{ADC}_{\text{L}}) + C_{\text{A}} \times (1 - \text{ADC}_{\text{A}}) + C_{\text{F}} \times (1 - \text{ADC}_{\text{F}}) + C_{\text{C}} \times (1 - \text{ADC}_{\text{C}}) + C_{\text{P}} \times (1 - \text{ADC}_{\text{P}})$

Q_r = Débit réservé (l/s)

Q_d = Débit dérivé (l/s)

Q_{tot} = Débit total cours d'eau (l/s)

avec :

C_{PR} = Taux de protéines dans l'aliment (en %),

C_L = Taux de lipide dans l'aliment (en %),

C_A = Taux de cendre dans l'aliment (en %),

C_F = Taux de fibre dans l'aliment (en %),

C_C = Taux de glucides dans l'aliment (en %),

C_P = Taux de phosphore dans l'aliment (en %),

ADC_{PR} = Taux de digestibilité apparent des protéines de l'aliment (en %), *recommandé : 90 %*,

ADC_L = Taux de digestibilité apparent des lipides de l'aliment (en %), *recommandé : 95 %*,

ADC_A = Taux de digestibilité apparent des cendres de l'aliment (en %), *recommandé : 50 %*,

ADC_F = Taux de digestibilité apparent des fibres de l'aliment (en %), *recommandé : 0 %*,

ADC_C = Taux de digestibilité apparent des glucides de l'aliment (en %), *recommandé : 65 %*,

ADC_P = Taux de digestibilité apparent du phosphore de l'aliment (en %), *recommandé : 60 %*.

Références bibliographiques :

(1) PAPATRYPHON E., PETIT J., VAN DER WERF H., SADASIVAM K., CLAVER K., (2005). Nutrient-Balance Modeling as a Tool for Environmental Management in Aquaculture : The Case of Trout Farming in France. Environmental Management Vol. 35, No. 2, pp. 161-174.