

Annexe 8

Bilan hydrique pour le site des opérations de Mine Arnaud

NOTE TECHNIQUE

DESTINATAIRE : Madame Marie-France Therrien, Mine Arnaud

COPIE CONFORME À : Monsieur Hugo Latulippe, Mine Arnaud
Monsieur Bernard Massicotte, GENIVAR inc.

EXPÉDITEURS : Simon Latulippe, ing., GENIVAR inc.
Mélanie Plourde, ing., GENIVAR inc.

DATE : 15 novembre 2012

OBJET : **Bilan hydrique pour le site des opérations de Mine Arnaud**
N/Réf. : 121-17926-00

Mine Arnaud inc. a déposé une étude d'impact sur l'environnement du projet minier Arnaud en mars 2012. Des demandes d'information ont été émises en avril 2012 par le comité fédéral, à la suite de l'analyse préliminaire de cette étude d'impact. Des questions ont également été soulevées par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP)¹ en juillet 2012.

GENIVAR inc. a été mandatée par Mine Arnaud inc. à l'été 2012 afin de l'assister dans les réponses aux commentaires et questions permettant de compléter l'étude d'impact du projet minier Arnaud déposée par Roche ltée en mars 2012. Parmi les commentaires des autorités gouvernementales, la mise à jour du bilan d'eau était requise.

Ce bilan sera utilisé dans le cadre de l'étude d'impact afin d'évaluer le rejet à l'effluent minier et d'identifier les impacts potentiels de la gestion de l'eau du site sur l'environnement.

Cette note technique présente la démarche utilisée et les hypothèses formulées lors de la réalisation du bilan en eau.

Le bilan présenté en annexe montre les différentes étapes de l'évolution du projet, et ce, pour des conditions moyennes, sèches et humides.

1 Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP) depuis septembre 2012.

1. MODÈLE DU BILAN EN EAU

Le bilan en eau a été développé de manière à permettre l'évaluation des volumes d'eau à gérer annuellement pendant les phases de construction et d'exploitation du projet minier Arnaud. Le modèle a été développé en utilisant des conditions moyennes en ce qui a trait aux précipitations et à l'évapotranspiration. Par ailleurs, les caractéristiques physiques du minerai et des résidus ont été tirées de l'étude d'impact sur l'environnement préparée par Roche Itée, Groupe conseil, et de l'étude d'ingénierie de faisabilité réalisée par le consortium Roche-Ausenco déposée en février 2012. L'évaluation des volumes d'infiltration d'eau dans la fosse provient, quant à elle, de l'étude hydrogéologique préparée par Ausenco Vector.

Il est à noter que le modèle développé présente, de par sa nature, des sources d'incertitude. Un suivi des volumes d'eau en période de construction et d'exploitation est donc recommandé de manière à valider les données obtenues et à calibrer le modèle utilisé, s'il y a lieu.

Par ailleurs, des variations saisonnières ou journalières sont à prévoir lors de la construction et de l'exploitation du projet. Le présent bilan permet d'identifier les années critiques où les volumes d'eau seront plus faibles ou plus importants, mais il est primordial de garder en tête qu'à l'intérieur de ces années, des variations sont à prévoir.

Dans le contexte actuel, il est à noter qu'un bilan d'eau est un exercice dont les résultats doivent être utilisés avec prudence, considérant l'incertitude reliée aux données de base (notamment le débit d'eau d'exhaure et l'écoulement de l'eau dans le parc à résidus). De plus, il s'agit d'un exercice qui représente le bilan entre les intrants et des extrants du site minier, lequel site est variable dans le temps quant à sa superficie, dû à l'évolution du projet (agrandissement de la fosse et superficie des parcs à résidus). Quoique ces éléments aient été considérés au mieux de l'information disponible, ce bilan d'eau demeure préliminaire et son niveau de précision est équivalent à celui des données d'entrée.

Ce bilan doit donc être considéré comme un outil de prévision vivant qui sera révisé au fur et à mesure de l'évolution du projet, que ce soit dans les phases de construction, d'exploitation ou de fermeture.

De plus, le développement d'un bilan d'eau spécifique aux parcs à résidus est une tâche comprenant plusieurs processus dynamiques qui influencent l'écoulement des eaux, par exemple :

- l'évaluation de la superficie du lac (*ponding*), lequel modifie les pertes par évaporation par rapport aux superficies de plages;

- l'estimation de l'eau entraînée dans les pores, laquelle dépend de la granulométrie des résidus qui, à son tour, varie dans sa distribution entre le point de rejet et l'épanchement (de grossier à fin);
- les pertes variant en fonction du plan de déposition des résidus lors des opérations;
- les étapes de consolidation des résidus et de désaturation;
- la restauration progressive consistant en la revégétalisation et, par le fait même, en l'augmentation du ruissellement, ainsi qu'au rejet de l'effluent à l'extérieur du système.

À cette étape conceptuelle, des données génériques doivent être utilisées pour évaluer le bilan d'eau. Toutefois, lors de la mise en exploitation des parcs à résidus, les paramètres spécifiques au site devront être déterminés et validés pendant les périodes de suivi.

Nonobstant ces limitations, le bilan d'eau a été développé avec le meilleur jugement, l'information disponible, et en référant à des projets comparables ainsi qu'à certains ouvrages de référence listés à la fin de ce document.

La période d'exploitation de 0 à 7 ans permettra de valider le modèle avec des données réelles, et ce, dès l'an 1.

Ce bilan d'eau considère que l'ensemble de l'eau du site doit être gérée. Advenant le cas où les eaux de drainage des cellules du parc à résidus qui seront collectées dans les fossés de drainage étaient conformes aux normes de rejets, celles-ci pourront être rejetées directement au milieu récepteur. Pour l'instant, il est prévu que ces eaux seront repompées dans les cellules et dirigées vers le bassin d'accumulation. L'utilisation d'eau comme abat-poussière n'a pas été incluse à ce modèle pour l'instant.

1.1 Objectifs

Les objectifs de la stratégie de gestion de l'eau pour le projet minier Arnaud sont les suivants :

1. Favoriser l'utilisation d'une boucle d'approvisionnement fermée pour les besoins en eau de procédé du concentrateur.
2. Minimiser les impacts sur le réseau hydrique environnant.

2. CONFIGURATION DU MODÈLE

2.1 Éléments considérés

La liste suivante présente les éléments considérés dans le cadre du bilan en eau. Chacun de ces éléments peut être à l'origine d'un ajout ou d'une perte d'eau.

- Fosse
 - Précipitations (ajout)
 - Infiltration (ajout)
 - Évapotranspiration (perte)
 - Zone de stockage de mort-terrain
 - Précipitations (ajout)
 - Infiltration (perte)
 - Évapotranspiration (perte)
 - Entreposage du minerai avant traitement
 - Précipitations (ajout)
 - Infiltration (perte)
 - Évapotranspiration (perte)
 - Halde à stériles
 - Précipitations (ajout)
 - Infiltration (perte)
 - Évapotranspiration (perte)
 - Concentrateur
 - Eau consommée dans le procédé (perte)
 - Usine de traitement d'eau
 - Précipitations sur le bassin versant du site de traitement (ajout)
 - Infiltration (perte)
 - Évapotranspiration (perte)
- Le bassin versant identifié « usine de traitement d'eau » consiste au secteur drainé de l'usine de traitement d'eau, à l'extérieur du bâtiment proprement dit.
- Bassin d'accumulation
 - Précipitations (ajout)
 - Infiltration (perte)
 - Évapotranspiration (perte)

- Parc à résidus de flottation
 - Partie liquide de la pulpe (59 % solide / 41 % liquide) (ajout)
 - Précipitations (ajout)
 - Exfiltration en pied de digue (eau transitant à travers les résidus et provenant de la partie liquide de la pulpe et les précipitations)
 - Évapotranspiration (perte)
 - Stockage de l'eau à l'intérieur des résidus (perte)
 - Ruissellement sur les zones recouvertes (perte)
 - Eau infiltrée dans le socle rocheux (perte)
- Parc à résidus magnétiques
 - Partie liquide de la pulpe (eau transitant à travers les résidus et provenant de la partie liquide de la pulpe et les précipitations) (ajout)
 - Précipitations (ajout)
 - Exfiltration en pied de digue (ajout)
 - Évapotranspiration (perte)
 - Stockage de l'eau à l'intérieur des résidus (perte)
 - Ruissellement sur les zones recouvertes (perte)
 - Eau infiltrée dans le socle rocheux (perte)

De plus, le bassin d'accumulation et l'usine de traitement alimentent le concentrateur afin de combler ses besoins en eau de procédé selon le principe de boucle fermée. Aucune eau extérieure (prise d'eau de surface ou souterraine ou branchement au réseau de distribution de l'eau potable de la Ville de Sept-Îles) n'est utilisée dans le bilan en eau présenté ici.

Les pertes par infiltration varient quant à elles dans le temps et sont fonction, entre autres, des caractéristiques de la pluie considérée, de la porosité et de la perméabilité du matériel, des conditions antécédentes d'humidité du matériel et de la présence de végétation.

2.3 Éléments de base

2.3.1 Données météorologiques

Le volume de précipitations annuelles moyen provient des données historiques rassemblées par Environnement Canada pour la station météorologique de Sept-Îles (numéro de station : 747910). Les précipitations utilisées sont de 1 156 mm/an.

Les pertes par évapotranspiration en provenance des différents secteurs du projet minier Arnaud ont été évaluées à l'aide de la planche 25 « Bilan hydrique » de l'Atlas hydrologique du Canada. Le taux évapotranspiration utilisé est de 350 mm/an.

2.3.2 Données d'infiltration d'eau dans la fosse

L'exploitation de la fosse entrainera un apport d'eau souterraine qui devra être acheminé au bassin d'accumulation. L'évaluation du volume d'eau infiltré annuellement dans la fosse est très complexe et doit tenir compte de propriétés hydrogéologiques des aquifères qui seront touchés et de la séquence d'exploitation.

Une étude hydrogéologique émise en juillet 2011 par Ausenco Vector indique un apport en eau souterraine moyen de 55 l/s pendant toute la durée d'exploitation de la mine (de l'an -1 à l'an 23). Il s'agit d'une valeur moyenne issue d'une modélisation de la fosse. Cette étude considère un ancien concept de fosse situé au même endroit, mais n'ayant pas les mêmes proportions ni la même durée de vie. Par conséquent, GENIVAR réalise actuellement une nouvelle modélisation hydrogéologique considérant la nouvelle configuration de la fosse et l'ajout d'informations récentes issues d'une étude hydrogéologique complémentaire réalisée à l'été 2012. Les résultats de cette modélisation ne sont pas disponibles actuellement et seront intégrés au modèle dès leur émission.

2.4 **Éléments miniers**

2.4.1 Comportement des parcs à résidus de flottation et magnétiques

Le transit de l'eau à travers les parcs à résidus est un processus complexe qui est influencé par les volumes d'eau impliqués, par la nature des résidus et par la méthode de mise en place des résidus. Dans le cas du projet minier Arnaud, l'eau entrant dans les parcs à résidus provient des précipitations ainsi que de l'eau contenue dans les résidus (59 % solide et 41 % liquide pour les résidus de flottation; 62 % solide et 38 % liquide pour les résidus magnétiques). Pour l'eau transitant sur les résidus, trois processus ont été considérés :

- Perte par évaporation.
- Ruissellement jusqu'à l'étang d'accumulation qui se forme généralement à la surface de ce type de parcs de résidus. Un taux de ruissellement de 50 % a été utilisé. Il est entendu que ce taux peut varier de 30 % à 80 % compte tenu de la variation de la granulométrie entre le point de rejet et le centre de la cellule, la consolidation des résidus dans le temps et de la séquence de rejet lors des opérations.
- Infiltration dans les résidus.

L'eau infiltrée, pour sa part, sera retenue en partie dans les résidus, s'infiltrera dans le sol sous-jacent au parc à résidus ou fera résurgence dans les fossés périphériques ceinturant le parc. Un taux de ruissellement dans le socle rocheux représentatif d'une surface relativement imperméable, a été utilisé. Soulignons toutefois que ce taux sera contrôlé par les fractures du roc et peut donc être variable selon les zones. Les forages réalisés en 2012 dans le cadre de l'étude hydrogéologique complémentaire ont présenté des conditions du roc relativement homogènes et peu fracturées. Le taux de percolation évalué par Roche (annexe 7.6.2 de l'étude d'impact) pour les deux modèles réalisés sont de 0,25 et 0,28 l/m²/jr.

De manière à évaluer la répartition des volumes d'eau à l'intérieur du parc à résidus, un modèle théorique a été développé, lequel est basé sur des données empiriques (Wels, C and Robertson, MacG., *Conceptual Model for Estimating Water Recovery in Tailings Impoundments*). Les portions de ce modèle conceptuel applicables au site de Mine Arnaud ont été utilisées.

Le volume d'eau contenu dans les résidus a, quant à lui, été évalué à partir des données présentées dans l'étude d'impact sur l'environnement préparée par Roche Itée.

Restauration progressive

Les cellules des parcs à résidus feront l'objet d'une restauration progressive. Environ un an après le remplissage d'une cellule, celle-ci sera recouverte de matériaux organiques et ensemencée. L'ensemencement des surfaces diminuera l'infiltration de l'eau dans les résidus et augmentera le ruissellement de surface vers les fossés collecteurs. Le taux de ruissellement utilisé est de 30 %. Ce taux est considéré conservateur et devrait augmenter dans le temps avec la compaction à des valeurs près de 50 % à 70 %.

2.4.2 Concentrateur

Le procédé de concentration du minerai exige un apport d'eau important. Selon les données déterminées dans le cadre de l'étude d'impact sur l'environnement préparée par Roche Itée, un total de 17 552 m³/j d'eau doit être fourni au concentrateur en conditions normales d'exploitation, soit pour traiter une masse moyenne de minerai de 11 263 kt/an. De manière à respecter l'objectif visant à favoriser la réutilisation de l'eau en circuit fermé, l'eau nécessaire au fonctionnement du concentrateur provient de celle accumulée au bassin d'accumulation et couvre l'ensemble des surplus d'eau recueillis lors des activités de construction et d'exploitation du projet minier Arnaud. Pour des critères techniques propres au procédé de traitement, une partie de l'eau doit être traitée avant d'être acheminée vers le concentrateur (11 900 m³/jr). De manière préliminaire, selon les hypothèses posées lors de la réalisation de l'étude de faisabilité préparée par le consortium Roche Ausenco, une proportion de 68 % de l'eau acheminée vers le concentrateur doit être traitée afin de respecter les exigences minimales de qualité de l'eau.

De plus, le concentrateur possède un réservoir interne d'eau permettant de conserver une partie de l'eau nécessaire au traitement du minerai. En période de démarrage du concentrateur et après tout entretien nécessitant la vidange de ce réservoir, il faut donc prévoir un apport ponctuel initial de 91 944 m³ d'eau au concentrateur, en plus des besoins journaliers.

2.4.3 Usine de traitement des eaux

L'usine de traitement de l'eau permet, dans un premier temps, d'assurer l'approvisionnement en eau de procédé du concentrateur. Par la suite, elle permet d'assurer le respect des exigences de rejet à l'exutoire se déversant dans le ruisseau Clet. La capacité de traitement de l'usine sera évaluée en phase d'ingénierie de détail et à l'issue du présent bilan d'eau. Mine Arnaud s'est toutefois déjà engagée à traiter l'ensemble de l'effluent minier et l'usine requise sera conçue de façon à avoir la capacité suffisante au traitement de l'effluent.

Comme indiqué à la section précédente, l'eau fraîche nécessaire au concentrateur requiert un traitement spécifique. L'usine de traitement considère ainsi deux procédés de traitement d'eau, soit un procédé physico-chimique primaire et un procédé de nanofiltration secondaire. Le volume passant par la nanofiltration est destiné à alimenter des parties du procédé qui exigent une qualité d'eau supérieure (préparation des réactifs et remplacement des pertes au niveau des joints des pompes).

2.4.4 Bassin d'accumulation

Le bassin d'accumulation recueille toutes les eaux ayant été en contact avec le minerai ou les résidus et pouvant potentiellement être contaminées. Il permet de répondre aux besoins d'approvisionnement en eau de procédé du concentrateur. De plus, il permet l'accumulation de l'eau qui sera rejetée au ruisseau Clet après traitement.

Selon les hypothèses de l'étude de faisabilité réalisée par le consortium Roche Ausenco, la capacité totale du bassin de rétention est d'environ 250 000 m³. La capacité du bassin d'accumulation devra être réévaluée en phase d'ingénierie de détail et à l'issue du présent bilan d'eau.

3 RÉSULTATS

Le bilan en eau permet de constater que la quantité d'eau recueillie à chacun des éléments est amplement suffisante pour répondre aux besoins en eau du concentrateur. Aucune source d'eau externe (eau de surface, eau souterraine ou eau potable en provenance du réseau de distribution de la Ville de Sept-Îles) n'est nécessaire. Les schémas de procédé pour les débits moyens annuels sont présentés en annexe pour les années -1, 2, 8 et 15.

Le rejet au ruisseau Clet est évalué à environ 14 000 m³/d, 21 000 m³/d et 24 000 m³/d pour les années 2, 8 et 15 respectivement. Le pire cas étant celui de l'année 15 qui correspond à 7,7 % du débit de crue de récurrence 2 ans, tel qu'évalué par GENIVAR inc. en 2012 à la suite de mesures de débits effectuées.

La capacité du bassin d'accumulation devra être revue en fonction du présent bilan d'eau. Toutefois, les parcs à résidus représentent en soi des bassins ayant une certaine capacité d'accumulation d'eau, laquelle est contrôlée par des considérations géotechniques des digues de retenue.

3.1.1 Année -1

L'an -1 correspond à la période de construction du projet minier Arnaud. Pendant cette phase, le concentrateur n'est pas encore en fonction et les parcs à résidus ne sont pas encore utilisés. Cependant, l'eau en provenance de la fosse, de la halde à stériles, de la zone d'entreposage du minerai et des zones d'accumulation de mort-terrain excède la capacité de stockage du bassin d'accumulation. Une attention particulière devra donc être portée à la qualité de l'eau en période de construction de manière à permettre son rejet à l'environnement. Au besoin, un traitement temporaire devra être mis en place afin de s'assurer de respecter les normes de rejet en période de construction.

Éléments miniers	Superficie (m²)
Fosse	434 078
Cellules de flottation	-
Cellules magnétiques	-
Halde à stériles	1 750 000
Halde à minerai basse teneur	591 000
Secteur industriel	646 683
Bassin d'accumulation	164 781
Total	3 586 542

Le schéma du bilan d'eau à l'année -1 est présenté en annexe.

3.1.2 Année 2

L'an 2 correspond au début de la phase d'exploitation du projet minier Arnaud. Il présente le bilan en eau lorsque le concentrateur, l'usine de traitement et les parcs à résidus entrent en fonction. Les superficies des cellules de résidus de flottation 1, 2 et 3 ainsi que la cellule de résidus magnétiques nord, des haldes à stériles et de minerais faible teneur, sont inclus dans le bilan. La superficie de la fosse à cette année précise est également considérée.

Éléments miniers	Superficie (m²)
Fosse	705 470
Cellules de flottation	1 826 320
Cellules magnétiques	648 220
Halde à stériles	1 750 000
Halde à minerais basse teneur	591 000
Secteur industriel	646 683
Bassin d'accumulation	164 781
Total	6 332 474

3.1.3 Année 8

L'an 8 correspond à l'année de l'ouverture de la cellule 5 du parc à résidus de flottation et à l'ouverture de la cellule 2 du parc à résidus magnétiques (sud). Cela entraîne une augmentation des volumes d'eau à traiter considérant les nouvelles superficies drainées, comparativement aux années précédentes.

Éléments miniers	Superficie (m²)
Fosse	1 187 684
Cellules de flottation ouvertes	3 353 459
Cellules flottation restaurées	1 826 320
Cellules magnétiques	1 676 815
Cellules magnétiques restaurées	-
Halde à stériles	1 750 000
Halde à minerais basse teneur	591 000
Secteur industriel	646 683
Bassin d'accumulation	164 781
Total	11 196 742

3.1.4 Année 15

L'an 15 correspond à l'année où l'exploitation de la mine atteindra sa superficie maximale. Le volume d'eau à gérer sera alors à son maximum. En effet, le volume d'eau diminuera au cours des années subséquentes en raison du recouvrement final progressif des parcs à résidus. Ce recouvrement commencera dès l'année 4 et sera réalisé dès qu'une superficie suffisante des parcs à résidus le requerra.

Éléments miniers	Superficie (m²)
Fosse	2 123 305
Cellules de flottation ouvertes	4 049 925
Cellules flottation restaurées	3 183 679
Cellules magnétiques	1 028 595
Cellules magnétiques restaurées	648 220
Halde à stériles	1 750 000
Halde à minerais basse teneur	591 000
Secteur industriel	646 683
Bassin d'accumulation	164 781
Total	14 186 188

3.1.5 Fermeture

Pour les cellules ayant fait l'objet d'une restauration progressive, le facteur de ruissellement utilisé est alors de 30 % et l'eau de ruissellement est considérée propre puisqu'elle n'entre plus en contact avec les résidus. Cette eau sera récupérée dans les fossés collecteurs et rejetée à l'environnement après contrôle (analyse chimique).

Pour la phase de fermeture, les eaux de la halde de minerais basse teneur et de la portion nord de la fosse seront dirigées vers celle-ci afin d'accélérer son remplissage.

Le déversoir de la fosse sera situé à l'extrémité sud-est de cette dernière, entre l'élévation 20 et 30 m, soit le point le plus bas. Les eaux seront dirigées vers la baie des Sept Îles. Un traitement préliminaire sera mis en place si requis, et ce, jusqu'à ce que la qualité de l'eau de la fosse permette son rejet directement à l'environnement.

3.2 Conditions humides et sèches

Le bilan d'eau a également été réalisé pour chaque année en utilisant des données de conditions humides et sèches.

Afin d'évaluer les années sèches et humides, les données d'Environnement Canada pour les années de 1945 à 2001 ont été consultées. L'année la plus sèche de cette période est l'an 1962 où les précipitations annuelles ont été de 861 mm. En contrepartie, l'année la plus humide de cette même période s'est avérée être l'année 1969 où des précipitations totalisant 1446 mm ont été enregistrées.

Des bilans d'eau pour les années -1, 2, 8 et 15 du projet minier Arnaud sont présentés aux annexes 2 et 3, et permettent d'évaluer les débits en conditions humides et sèches.

Précisons toutefois qu'il ne s'agit pas de débits de conception des ouvrages.

4 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Le présent bilan en eau utilise les données hydrologiques moyennes afin d'évaluer les débits annuels disponibles durant les phases de construction et d'exploitation du projet minier Arnaud. Des variations saisonnières ou journalières pourraient survenir et devront être prises en compte lors de la conception détaillée des équipements, notamment du bassin d'accumulation.

Lors de conditions hydrologiques moyennes, la stratégie de gestion de l'eau développée pour le projet minier Arnaud n'exige pas de recourir à une source d'eau extérieure pendant l'ensemble de la durée de vie de la mine. Cette situation ne survient toujours pas pour une année considérée sèche.

La capacité de l'usine de traitement devra être adaptée afin de pouvoir gérer le débit d'effluent prévu au ruisseau Clet. La capacité du bassin d'accumulation doit également être révisée en phase d'ingénierie de détail. Les débits de conception des ouvrages devront être déterminés.

Une évaluation de la qualité de l'eau de la fosse à la fin des opérations est suggérée.

Le bilan d'eau devra être revu dès que des données révisées seront disponibles, principalement quant à l'apport d'eau d'exhaure de la fosse, issu de la révision de la modélisation hydrogéologique en cour (automne 2012).

Un suivi des volumes d'eau devra être réalisé dès la phase de construction afin de valider et de vérifier les prévisions du présent bilan.

Comme spécifié initialement, ce bilan doit être considéré comme un outil de prévision vivant qui sera révisé au fur et à mesure de l'évolution du projet ou d'intrants de nouvelles données, que ce soit dans les phases de construction, d'exploitation ou de fermeture.

5 RÉFÉRENCES

ANCOLD. 2011. *Guidelines on Tailings Dams. Design-Water Management*. Consulté le 12 octobre 2012 au <http://www.ancold.org.au/file/Tailings%20Guidelinesb%20v3%20-%20Draft.pdf>

C.WELS & A. MACG. ROBERTSON. 2003. *Conceptual model for estimating water recovery in tailings impoundments*. In proceedings of the 10th International Conference on Tailings and Mine Waste, Vail, Colorado, USA, 12-15 October 2003, pp. 87-94.

GEOFFREY BLIGHT. 2010. *Geotechnical Engineering for Mine Waste Storage Facilities*. Taylor & Francis Group, London, UK.

MICHEL AUBERTIN. 1998. *Formation sur la gestion des rejets miniers, la stabilité et le suivi des digues*. Entreposage et ouvrages de retenue pour rejets miniers. École Polytechnique de Montréal.

MINE ARNAUD & ROCHE. 2012. *Projet Minier Arnaud, Étude d'impact sur l'environnement*. Volume 1, Rapport principal.

MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS ET MINISTÈRE DES AFFAIRES MUNICIPALES, DES RÉGIONS ET DE L'OCCUPATION DU TERRITOIRE. 2012. *Guide de gestion des eaux pluviales*. Document PDF consulté en ligne, automne 2012.

ROCHE & AUSENCO. 2012. *Mine Arnaud-Feasibility Study, Final Report*. Mine Arnaud Apatite Project, Sept-Îles, Québec.

STEVEN G. VICK. 1990. *Planning, Design, and Analysis of Tailings Dams*. BiTech Publishers Ltd.

Préparée par :

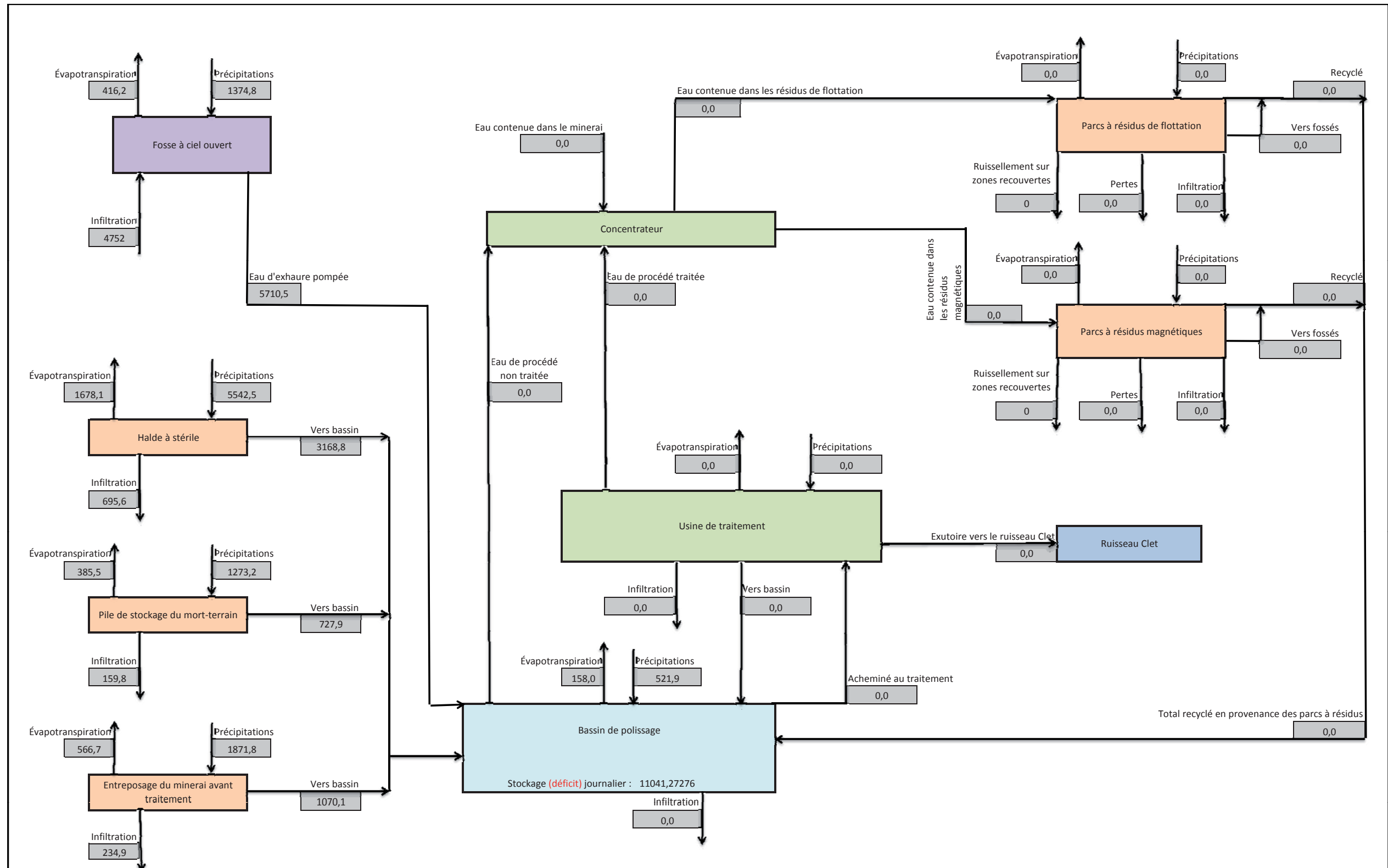

Mélanie Plourde, ing.

Approuvée par :


Simon Latulippe, ing.
Directeur de projet

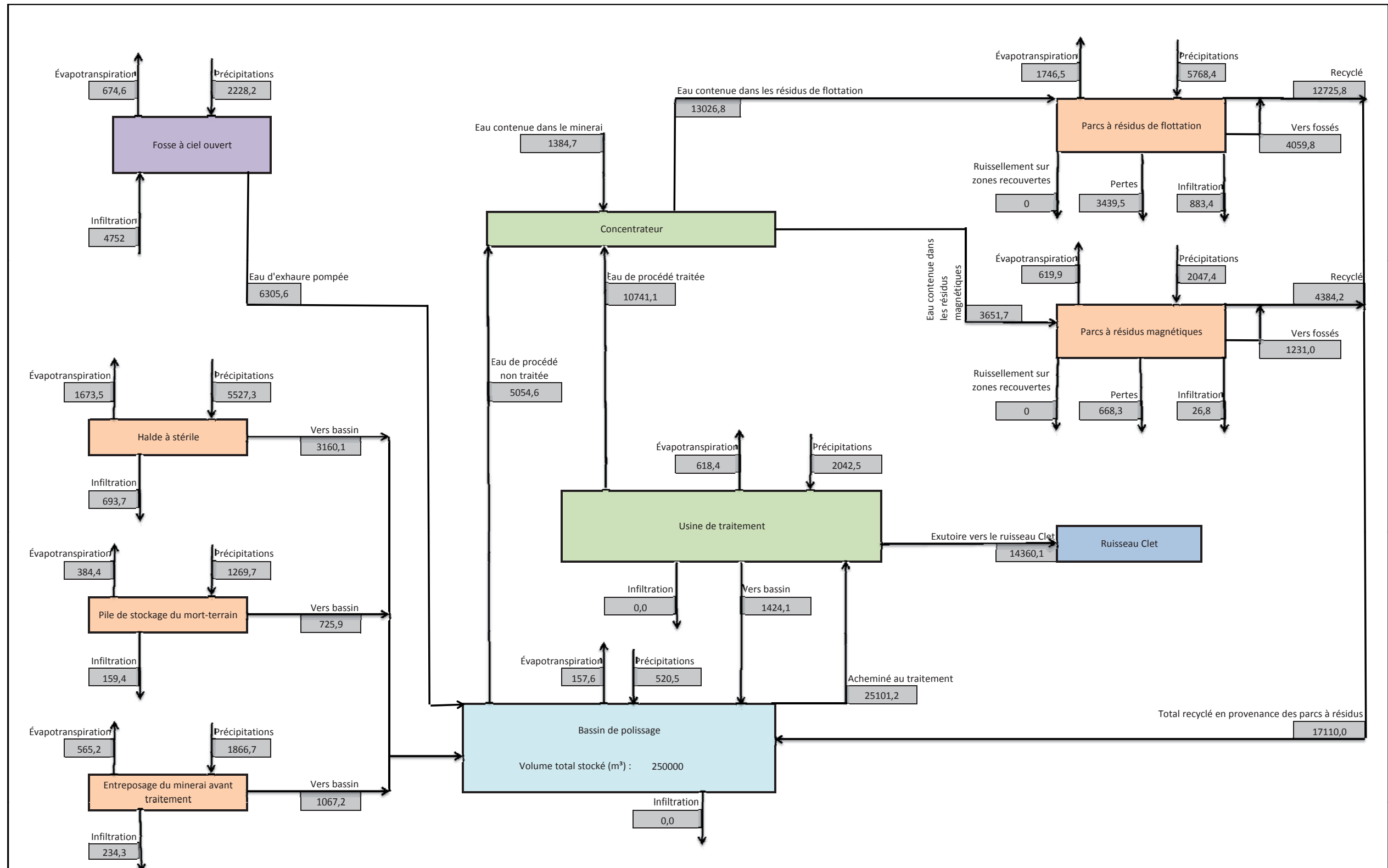
ANNEXE 1

Bilan en eau
Conditions hydrogéologiques moyennes



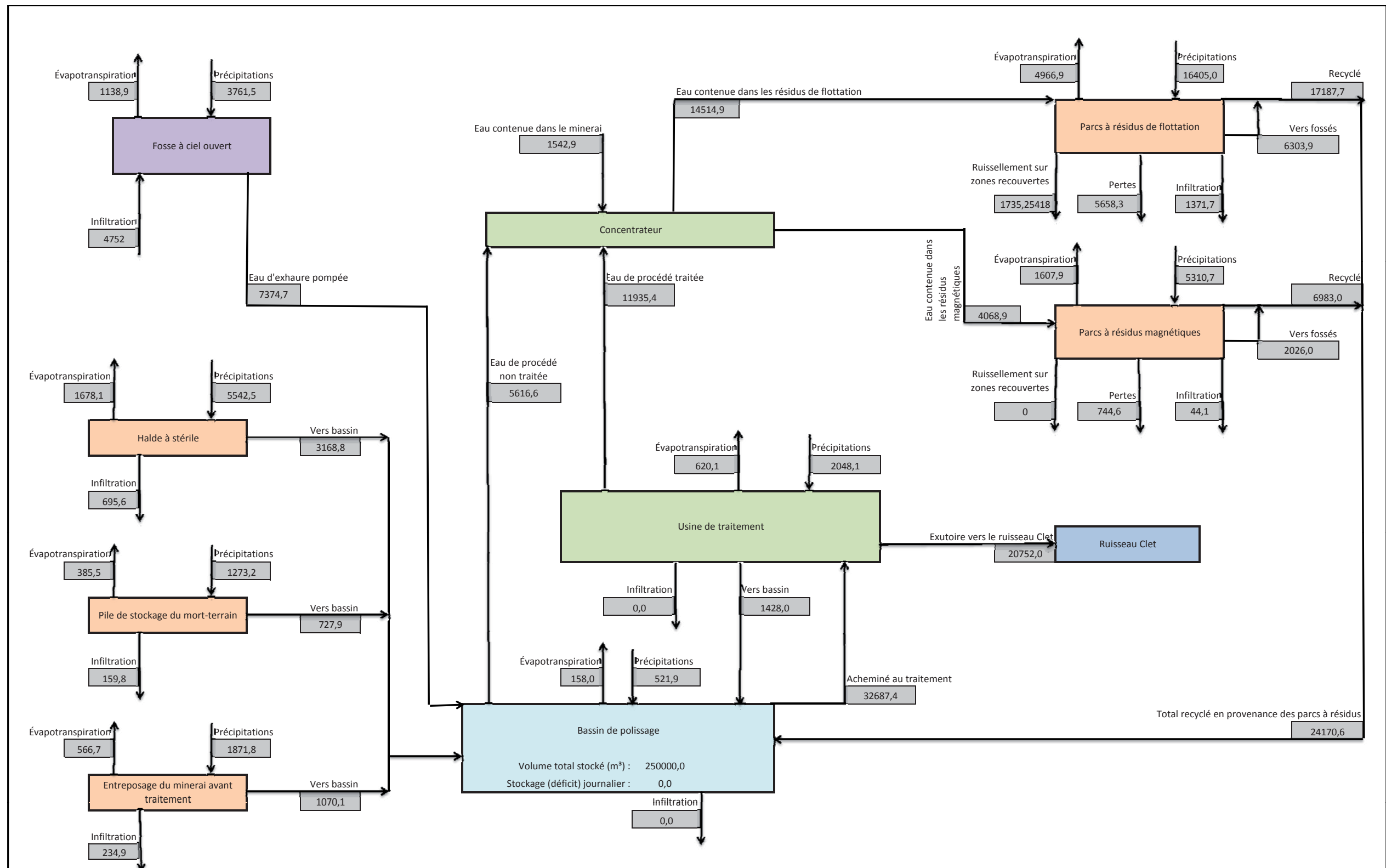
Note: 1) Toutes les données sont présentées en m³/d sauf si indiqué autrement.

	Mine Arnaud	Bilan en eau		
		Conditions hydrologiques moyennes An -1 (2014)		
N° projet: 121-17926-00 (phase 201) Fichier: bilan en eau_3 octobre 2012.xlsx	Étude d'impact sur l'environnement	Date: 3 octobre 2012	Réalisé par: Mélanie Plourde	Figure: 1



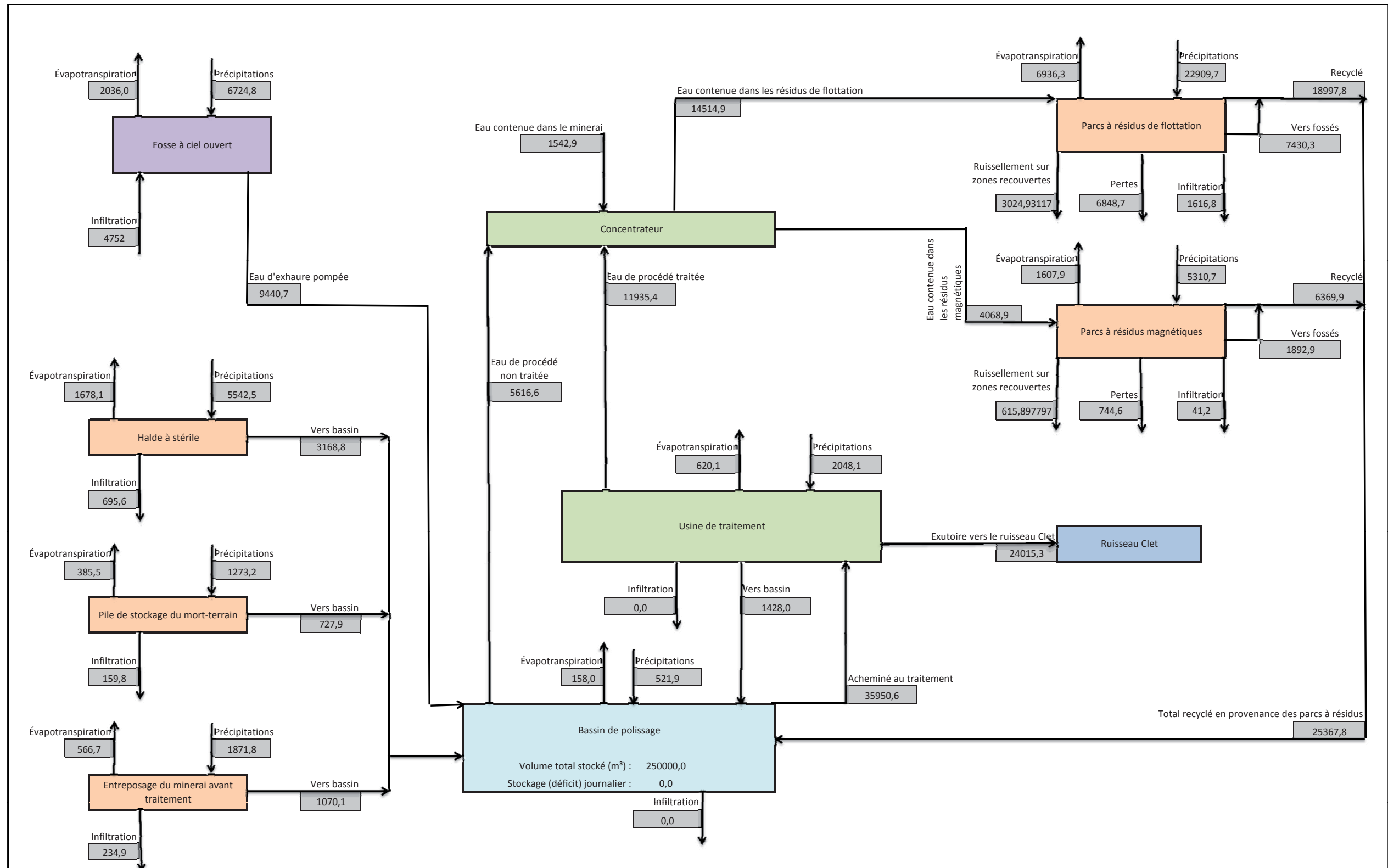
Note: 1) Toutes les données sont présentées en m³/d.

	Mine Arnaud	Bilan en eau		
		Conditions hydrologiques moyennes An 2 (2016) représentatif des ans 1 à 7		
N° projet: 121-17926-00 (phase 201) Fichier: bilan en eau_3 octobre 2012.xlsx	Étude d'impact sur l'environnement	Date: 3 octobre 2012	Révisé par: Mélanie Plourde	Figure: 2



Note: 1) Toutes les données sont présentées en m³/d.

	Mine Arnaud	Bilan en eau	
		Conditions hydrologiques moyennes An 8 (2022)	
N° projet: 121-17926-00 (phase 201) Fichier: bilan en eau_3 octobre 2012.xlsx	Étude d'impact sur l'environnement	Date: 3 octobre 2012	Révisé par: Mélanie Plourde Figure: 3

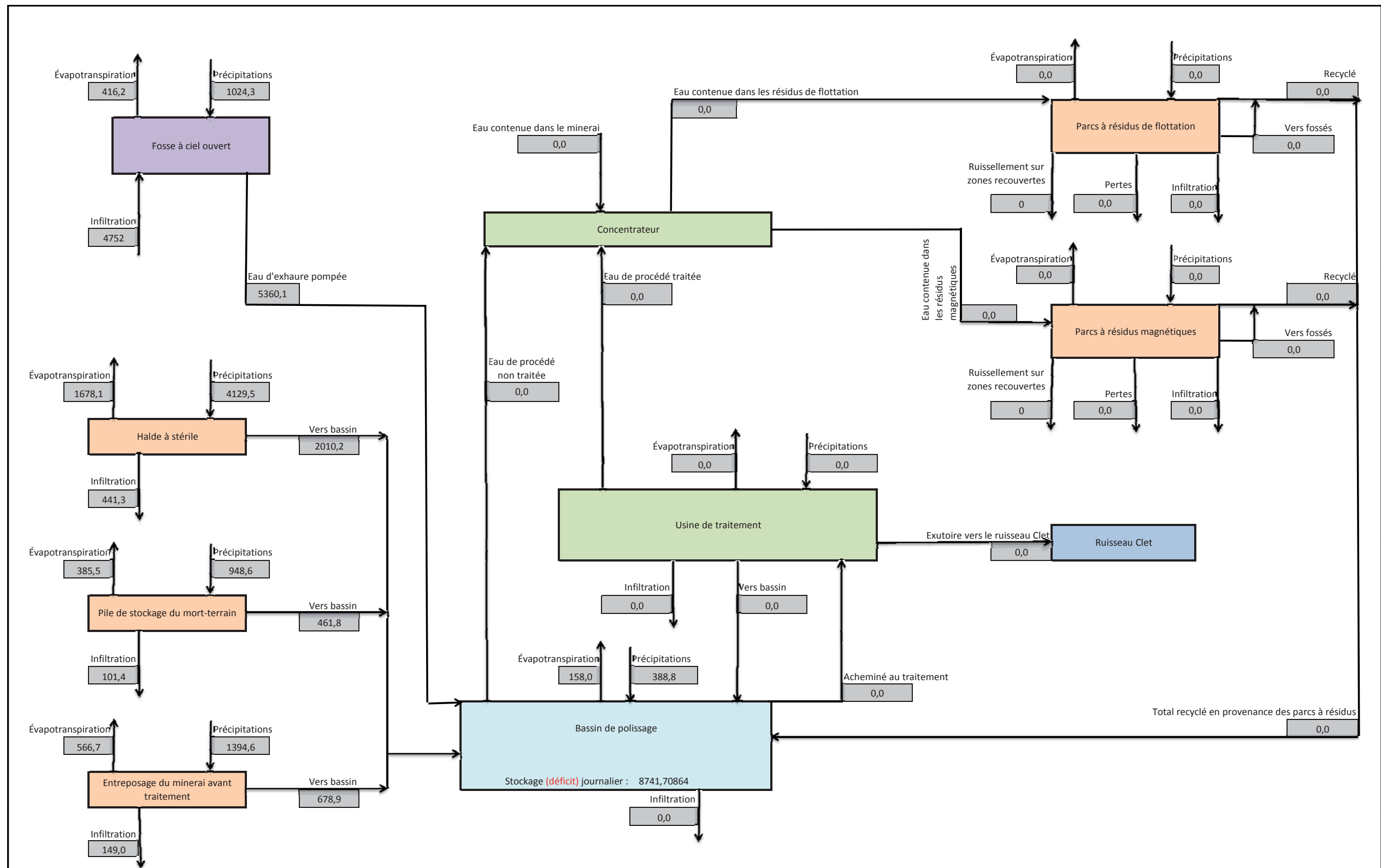


Note: 1) Toutes les données sont présentées en m³/d.

	Mine Arnaud	Bilan en eau	
		Conditions hydrologiques moyennes An 15 (2029)	
N° projet: 121-17926-00 (phase 201) Fichier: bilan en eau_3 octobre 2012.xlsx	Étude d'impact sur l'environnement	Date: 3 octobre 2012	Révisé par: Mélanie Plourde
		Figure:	4

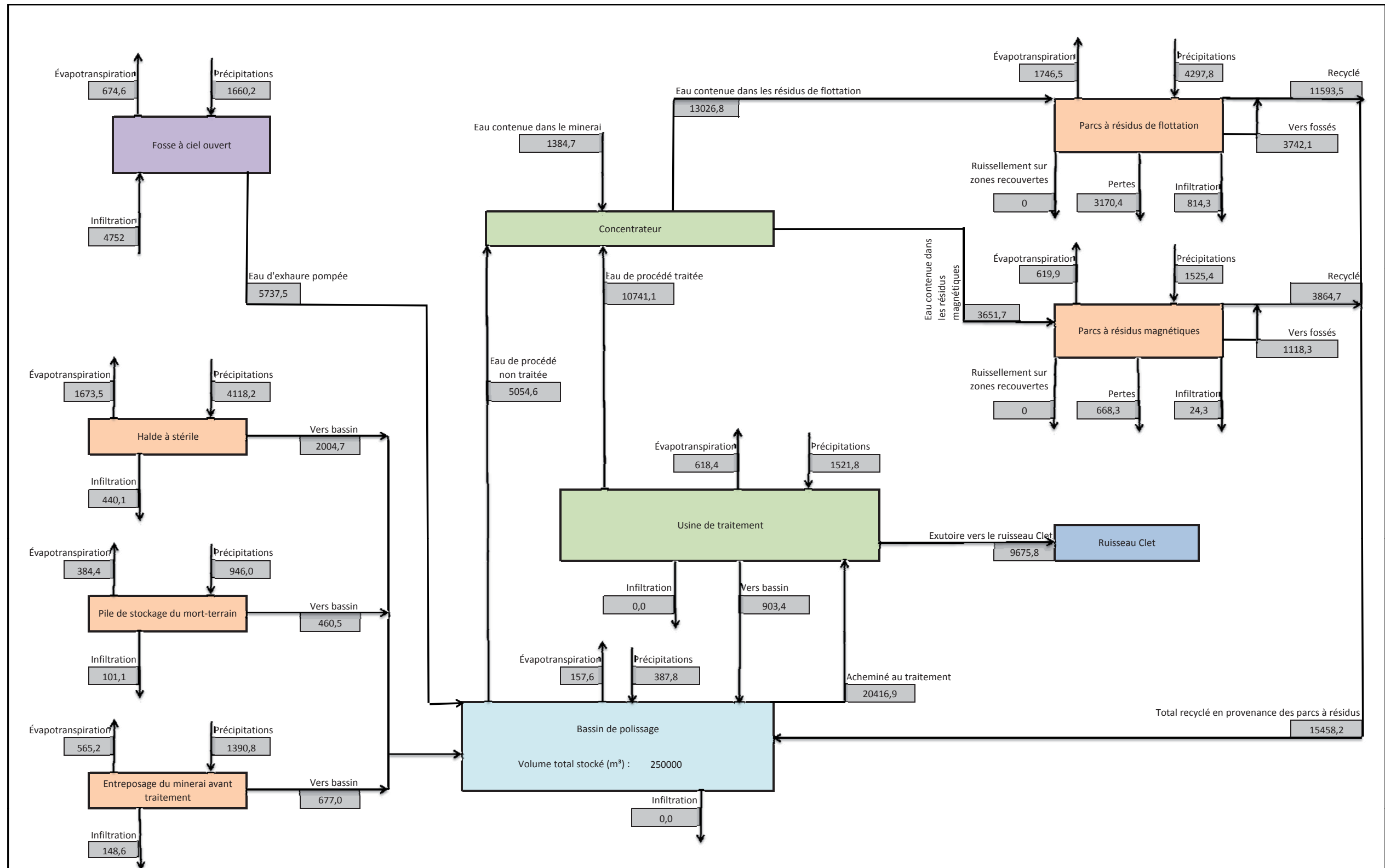
ANNEXE 2

Bilan en eau
Conditions hydrogéologiques sèches



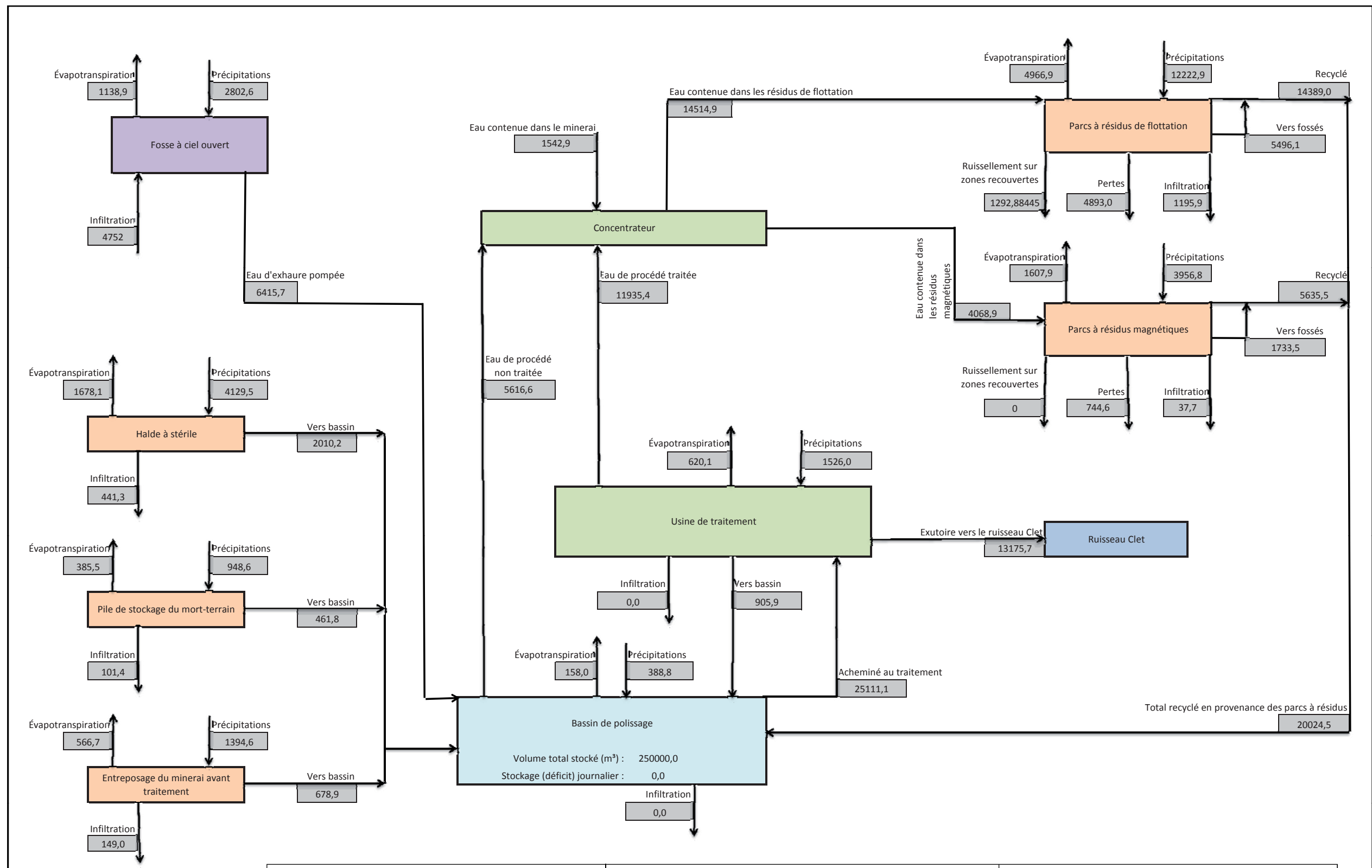
Note: 1) Toutes les données sont présentées en m³/d sauf si indiqué autrement.

	Mine Arnaud	Bilan en eau		
		Conditions hydrologiques lors de faibles précipitations annuelles An -1 (2014)		
N° projet: 121-17926-00 (phase 201) Fichier: bilan en eau_10 octobre 2012_pluie minimale.xlsx	Étude d'impact sur l'environnement	Date: 3 octobre 2012	Réalisé par: Mélanie Plourde	Figure: 9



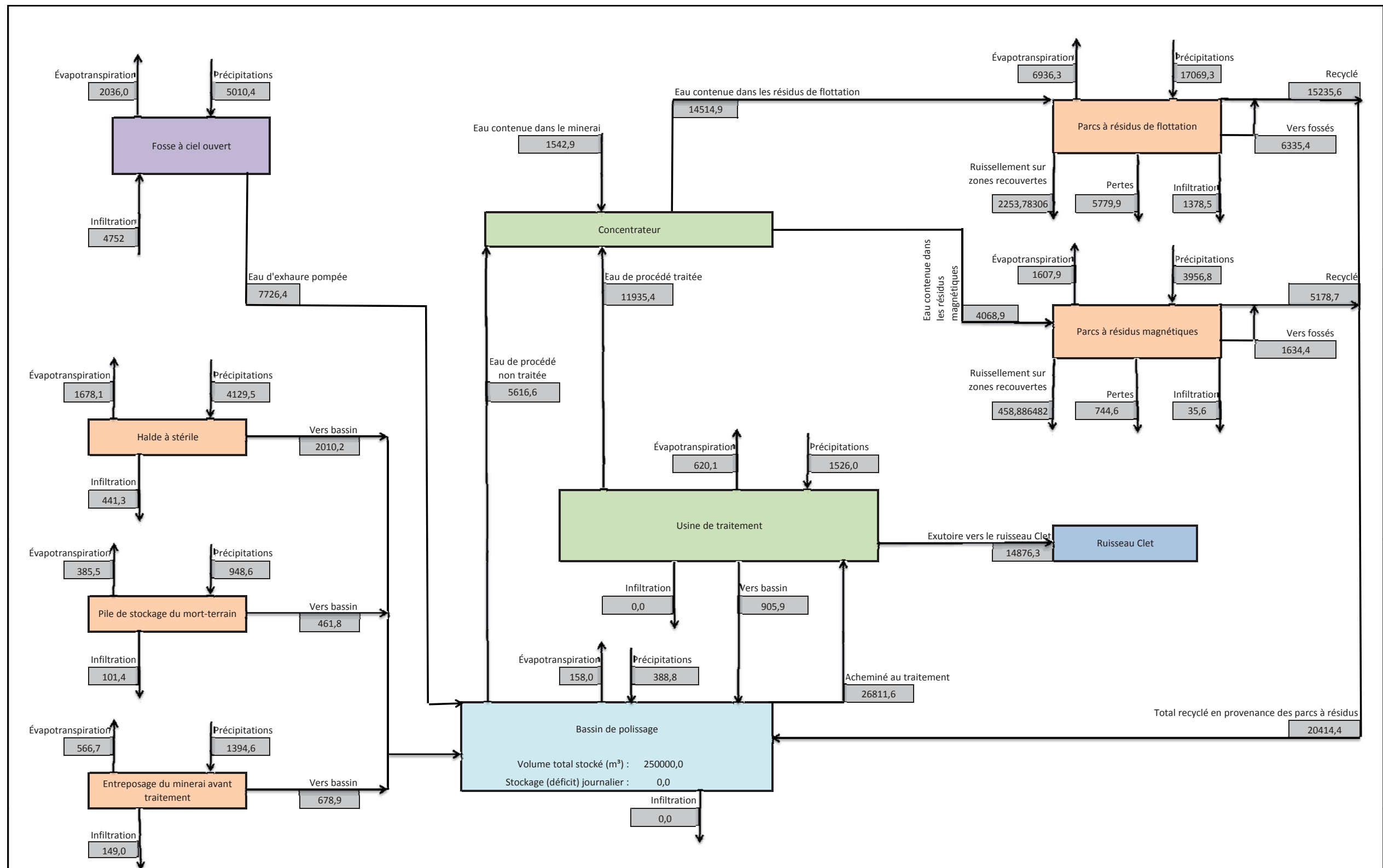
Note: 1) Toutes les données sont présentées en m³/d.

	Mine Arnaud	Bilan en eau	
		Conditions hydrologiques lors de faibles précipitations annuelles An 2 (2016) représentatif des ans 1 à 7	
N° projet: 121-17926-00 (phase 201) Fichier: bilan en eau_10 octobre 2012_pluie minimale.xlsx	Étude d'impact sur l'environnement	Date: 3 octobre 2012	Réalisé par: Mélanie Plourde Figure: 10



Note: 1) Toutes les données sont présentées en m³/d.

	Mine Arnaud	Bilan en eau	
		Conditions hydrologiques lors de faibles précipitations annuelles An 8 (2022)	
N° projet: 121-17926-00 (phase 201) Fichier: bilan en eau_10 octobre 2012_pluie minimale.xlsx	Étude d'impact sur l'environnement	Date: 3 octobre 2012	Révisé par: Mélanie Plourde
		Figure:	11

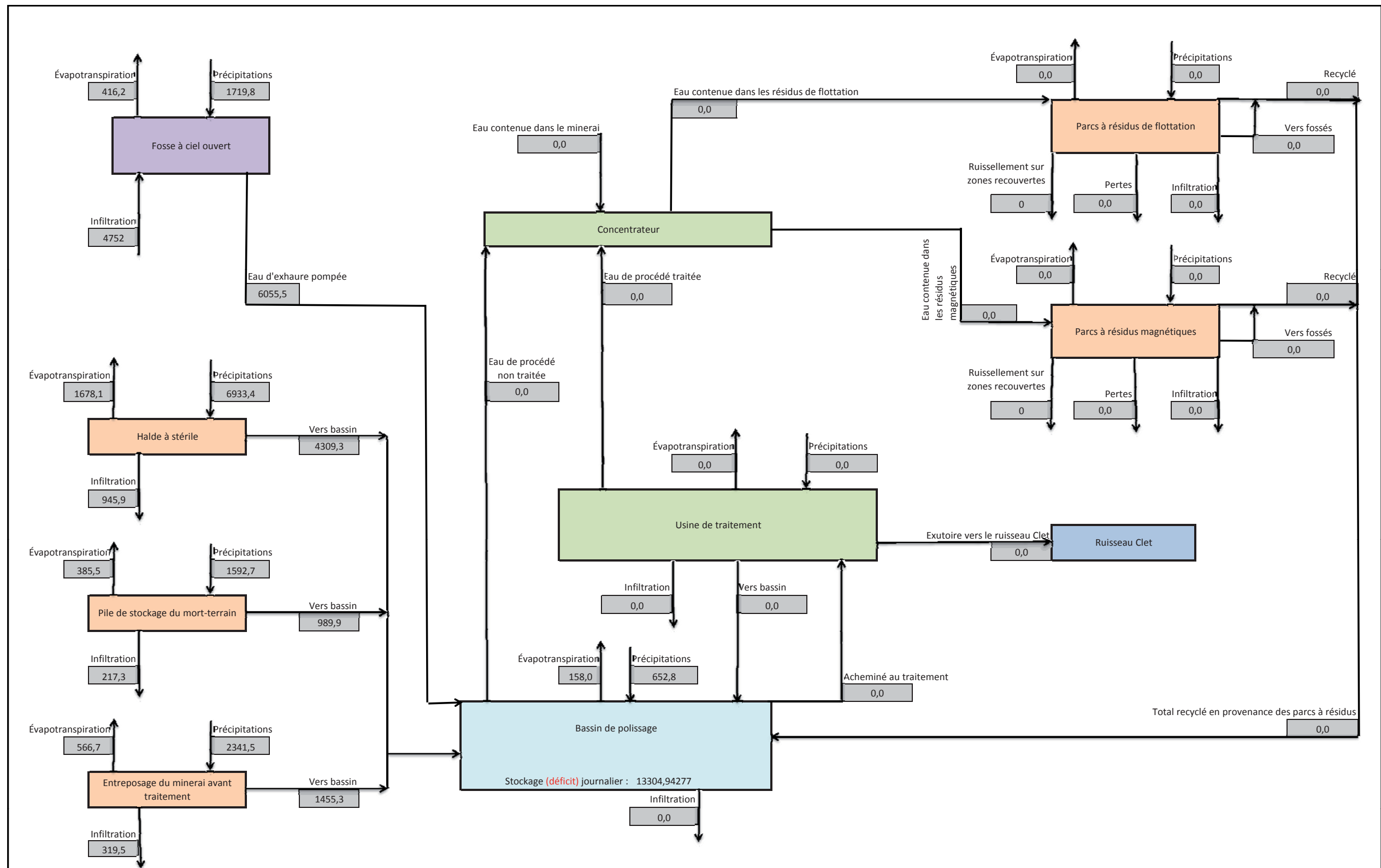


Note: 1) Toutes les données sont présentées en m³/d.

	Mine Arnaud	Bilan en eau		
		Conditions hydrologiques lors de faibles précipitations annuelles An 15 (2029)		
N° projet: 121-17926-00 (phase 201) Fichier: bilan en eau_10 octobre 2012_pluie minimale.xlsx	Étude d'impact sur l'environnement	Date: 3 octobre 2012	Réalisée par: Mélanie Plourde	Figure: 12

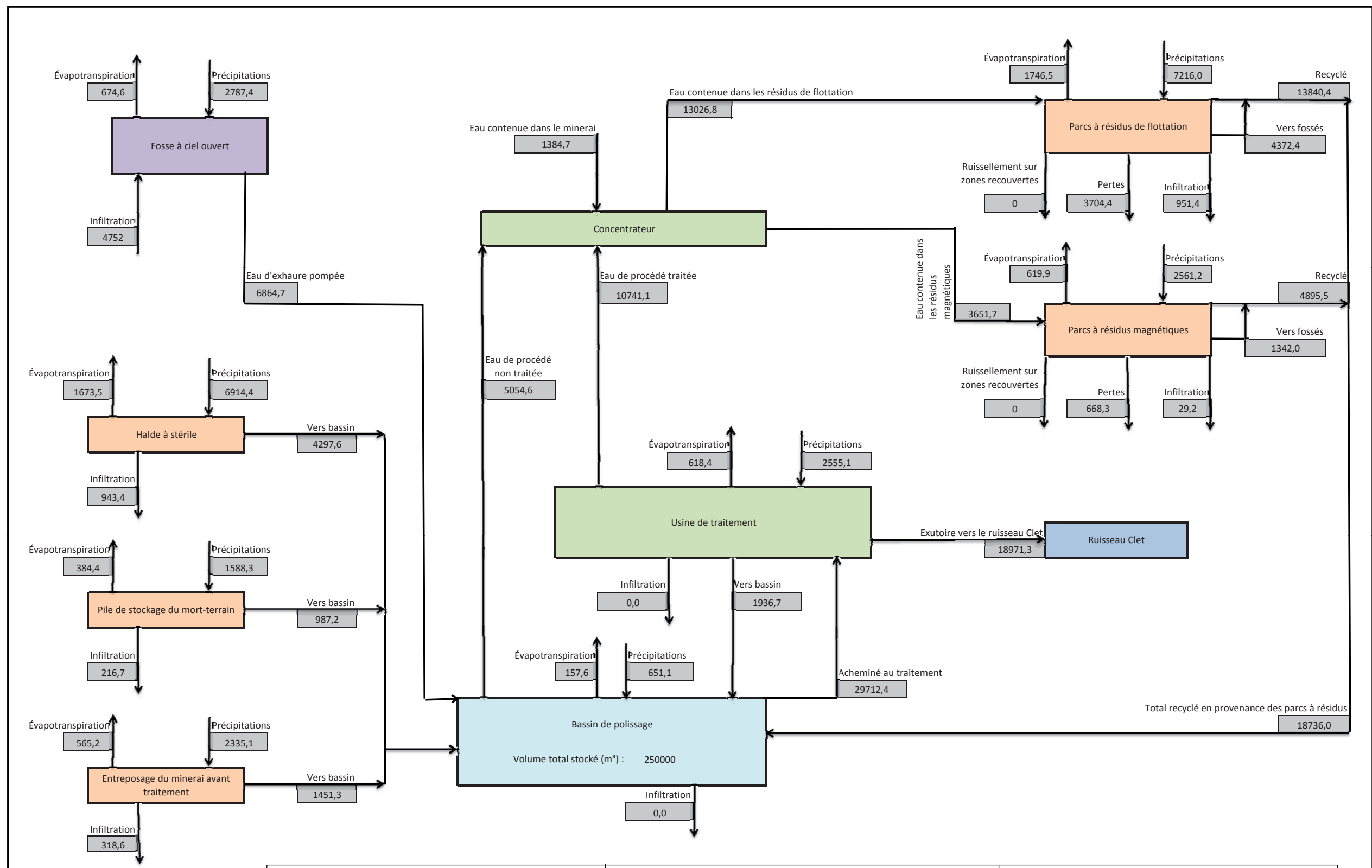
ANNEXE 3

Bilan en eau
Conditions hydrogéologiques humides



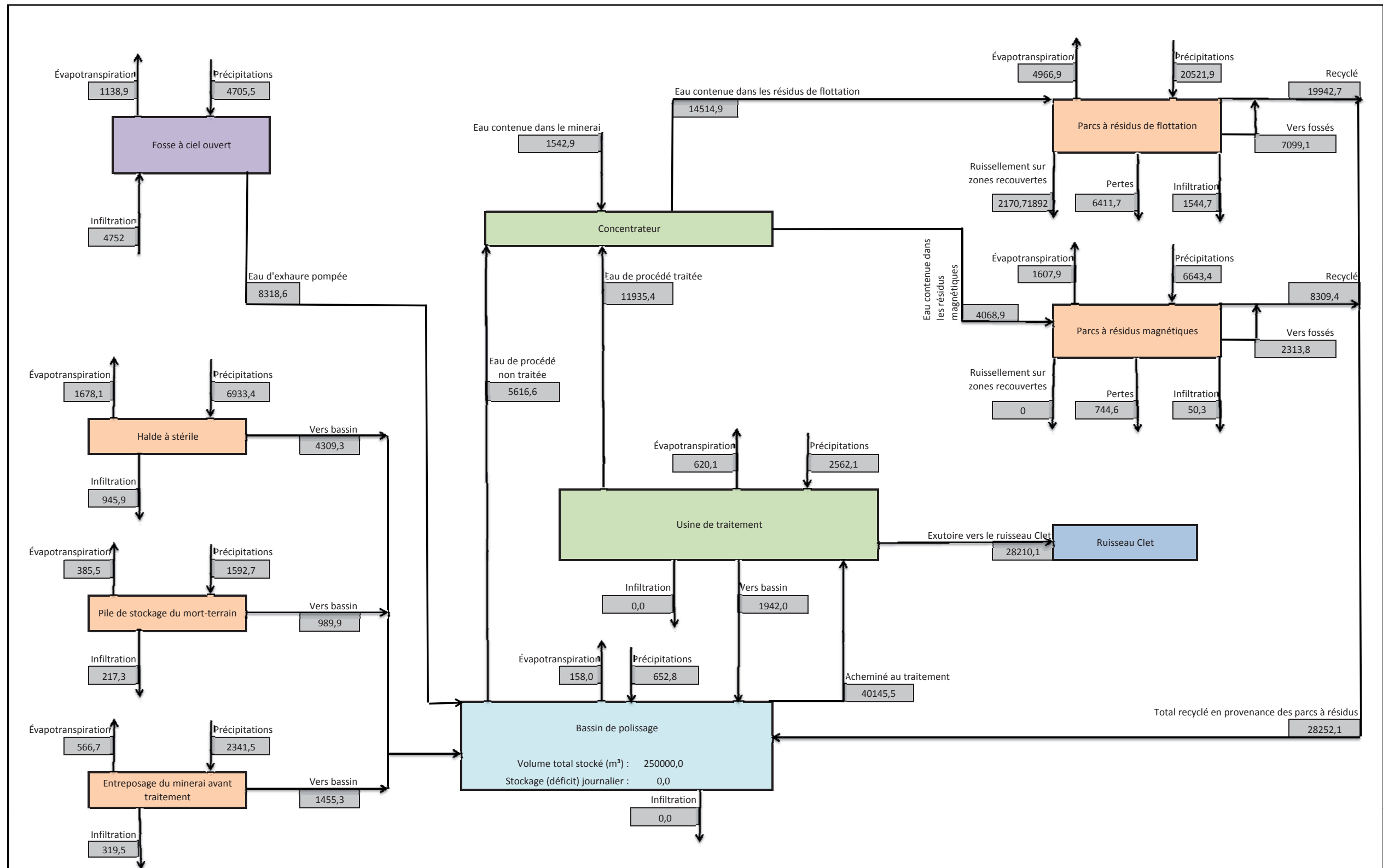
Note: 1) Toutes les données sont présentées en m³/d sauf si indiqué autrement.

	Mine Arnaud	Bilan en eau		
		Conditions hydrologiques lors de fortes précipitations annuelles An -1 (2014)		
N° projet: 121-17926-00 (phase 201) Fichier: bilan en eau_10 octobre 2012.xlsx	Étude d'impact sur l'environnement	Date: 3 octobre 2012	Réalisé par: Mélanie Plourde	Figure: 5



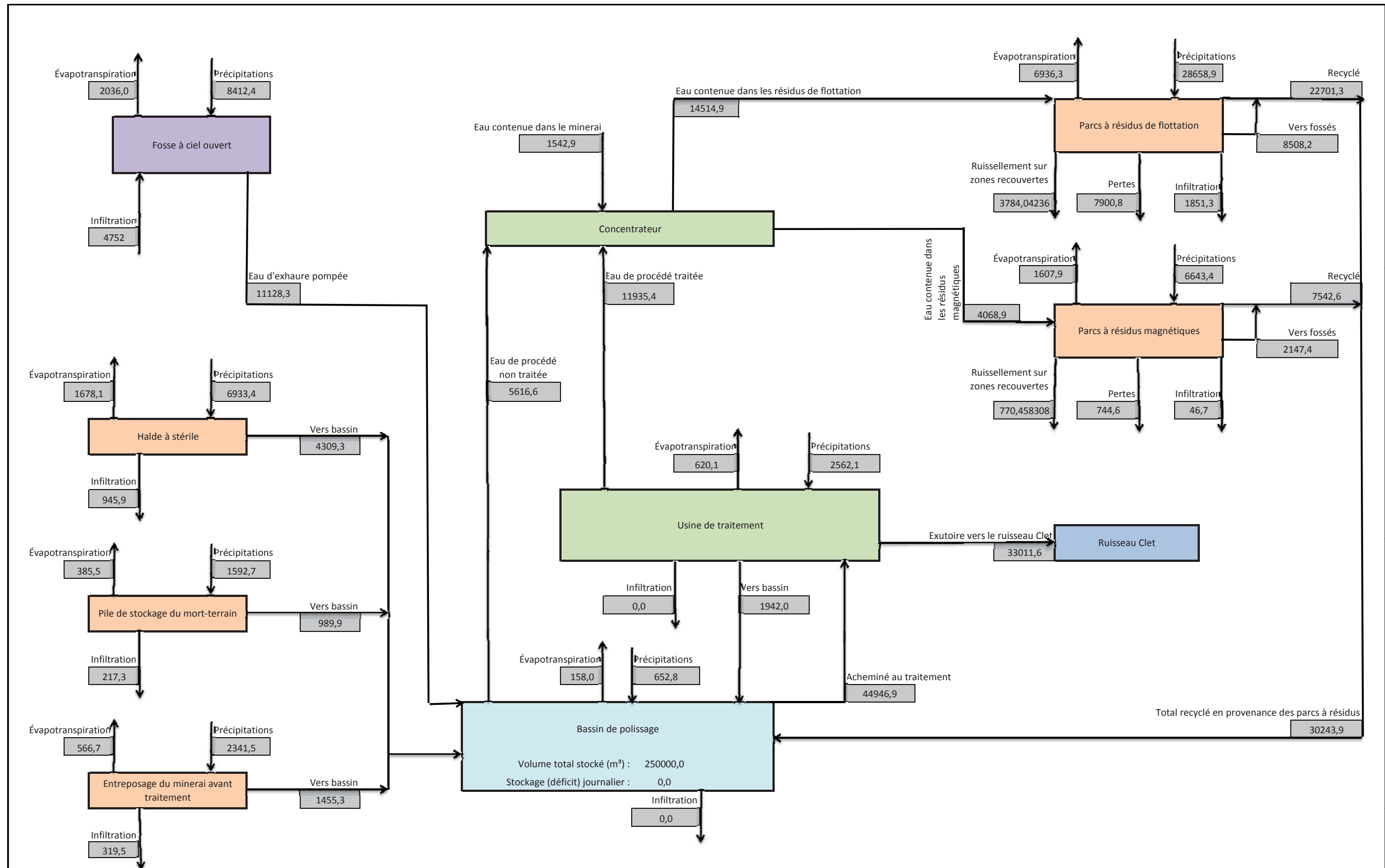
Note: 1) Toutes les données sont présentées en m³/d.

	Mine Arnaud	Bilan en eau	
		Conditions hydrologiques lors de fortes précipitations annuelles An 2 (2016) représentatif des ans 1 à 7	
N° projet: 121-17926-00 (phase 201) Fichier: bilan en eau_10 octobre 2012.xlsx	Étude d'impact sur l'environnement	Date: 3 octobre 2012 Réalisée par: Mélanie Plourde	Figure: 6



Note: 1) Toutes les données sont présentées en m³/d.

	Mine Arnaud	Bilan en eau		
		Conditions hydrologiques lors de fortes précipitations annuelles An 8 (2022)		
N° projet: 121-17926-00 (phase 201) Fichier: bilan en eau_10 octobre 2012.xlsx	Étude d'impact sur l'environnement	Date: 3 octobre 2012	Réalisé par: Mélanie Plourde	Figure: 7



Note: 1) Toutes les données sont présentées en m³/d.

	Mine Arnaud	Bilan en eau	
		Conditions hydrologiques lors de fortes précipitations annuelles An 15 (2029)	
N° projet: 121-17926-00 (phase 201) Fichier: bilan en eau_10 octobre 2012.xlsx	Étude d'impact sur l'environnement	Date: 3 octobre 2012	Réalisée par: Mélanie Plourde
		Figure:	8

