

Eau, hygiène, assainissement et contrôle microbiologique



Équipage assurant la maintenance d'une chaîne de traitement de l'eau dans une implantation martienne.

Visualisation conceptuelle — qualité de l'eau, hygiène, prélèvements, isolement des équipements et retour contrôlé en service forment une seule chaîne opérationnelle.

Passer du simple **recyclage** de l'eau à une gestion complète de la qualité sanitaire, des usages, des déchets liquides et des contaminations.

Comprendre le problème avant les équations

Question de départ — Eau, hygiène, assainissement et contrôle microbiologique: comment « Étude de cas calculée: distinguer besoin brut et appoint d'eau » agit-il sur « Cartographie des flux d'eau », et quel repère issu de « Potabilisation et barrières successives » permet de vérifier la décision?

Intuition. HYPOTHÈSE PÉDAGOGIQUE — Quatre personnes utilisent chacune 8 L d'eau par jour dans un périmètre simplifié regroupant boisson et hygiène. On étudie 30 jours et une récupération globale de 90 %, puis on ajoute 20 % de réserve sur l'appoint.



Étude de cas calculée: distinguer besoin brut et appoint d'eau

HYPOTHÈSE PÉDAGOGIQUE — Quatre personnes utilisent chacune 8 L d'eau par jour dans un périmètre simplifié regroupant boisson et hygiène.



Cartographie des flux d'eau

Objectif du module — assurer quantité et qualité de l'eau tout en séparant eau potable, hygiène, eaux grises/noires, assainissement et contrôle microbiologique.



Potabilisation et barrières successives

Objectif du module — assurer quantité et qualité de l'eau tout en séparant eau potable, hygiène, eaux grises/noires, assainissement et contrôle microbiologique.

Repère concret. HYPOTHÈSE PÉDAGOGIQUE — Quatre personnes utilisent chacune 8 L d'eau par jour dans un périmètre simplifié regroupant boisson et hygiène.

- Étude de cas calculée: distinguer besoin brut et appoint d'eau — **HYPOTHÈSE PÉDAGOGIQUE** — Quatre personnes utilisent chacune 8 L d'eau par jour dans un périmètre simplifié regroupant boisson et hygiène.
- Cartographie des flux d'eau — Objectif du module — assurer quantité et qualité de l'eau tout en séparant eau potable, hygiène, eaux grises/noires, assainissement et contrôle microbiologique.
- Potabilisation et barrières successives — Objectif du module — assurer quantité et qualité de l'eau tout en séparant eau potable, hygiène, eaux grises/noires, assainissement et contrôle microbiologique.

CARTE DE MAÎTRISE · MODULE 43

Quatre repères à maîtriser — Eau, hygiène, assainissement et contrôle microbiologique

Comprendre le problème avant les équations

Définition

Question de départ — Eau, hygiène, assainissement et contrôle microbiologique: comment « Étude de cas calculée: distinguer besoin brut et appoint d'eau » agit-il sur « Cartographie des flux d'eau », et quel repère issu de « Potabilisation et barrières successives » permet de vérifier la décision?

Intuition ou cas concret

Intuition.

Repère quantitatif

HYPOTHÈSE PÉDAGOGIQUE — Quatre personnes utilisent chacune 8 L d'eau par jour dans un périmètre simplifié regroupant boisson et hygiène.

Limite ou critère de vigilance

Repère concret.

Exercice guidé — Comprendre le problème avant les équations

Cas « Comprendre le problème avant les équations » — Intuition. Repère: HYPOTHÈSE PÉDAGOGIQUE — Quatre personnes utilisent chacune 8 L d'eau par jour dans un périmètre simplifié regroupant boisson et hygiène. Réserve: Repère concret.

Corrigé raisonné — Comprendre le problème avant les équations

Point de départ

Le besoin brut d'eau répond à la question « combien est utilisé? » alors que l'appoint répond à « combien faut-il réellement fournir après récupération? ». Confondre les deux surdimensionne ou sous-dimensionne la logistique.

Indice du cas

HYPOTHÈSE PÉDAGOGIQUE — Quatre personnes utilisent chacune 8 L d'eau par jour dans un périmètre simplifié regroupant boisson et hygiène.

Réserve à appliquer

Le scénario 4 personnes $\times$ 8 L/j est pédagogique; une conception réelle doit séparer les usages, leurs qualités d'eau, les pertes et les rendements propres à chaque boucle.

Conclusion

Avant de calculer, on trace donc les flux et les frontières du système afin que chaque litre consommé, récupéré, perdu ou réinjecté appartienne à un bilan identifiable.

Cartographie des flux d'eau

Définition

Question de départ — Eau, hygiène, assainissement et contrôle microbiologique: comment « Étude de cas calculée: distinguer besoin brut et appoint d'eau » agit-il sur « Cartographie des flux

d'eau », et quel repère issu de « Potabilisation et barrières successives » permet de vérifier la décision?

Intuition ou cas concret

Intuition.

Repère quantitatif

HYPOTHÈSE PÉDAGOGIQUE — Quatre personnes utilisent chacune 8 L d'eau par jour dans un périmètre simplifié regroupant boisson et hygiène.

Limite ou critère de vigilance

Repère concret.

Exercice guidé — Cartographie des flux d'eau

Cas « Cartographie des flux d'eau » — Intuition. Repère: HYPOTHÈSE PÉDAGOGIQUE — Quatre personnes utilisent chacune 8 L d'eau par jour dans un périmètre simplifié regroupant boisson et hygiène. Réserve: Repère concret.

Corrigé raisonné — Cartographie des flux d'eau

Point de départ

Une cartographie des flux suit l'eau depuis la source jusqu'aux usages, puis vers collecte, traitement, stockage, rejet ou recyclage; elle rend visibles les mélanges et pertes cachées.

Indice du cas

HYPOTHÈSE PÉDAGOGIQUE — Quatre personnes utilisent chacune 8 L d'eau par jour dans un périmètre simplifié regroupant boisson et hygiène.

Réserve à appliquer

Deux flux de même volume ne sont pas nécessairement interchangeables: qualité microbiologique, sels, produits chimiques et destination imposent des barrières différentes.

Conclusion

La carte est correcte seulement si elle permet de retrouver le bilan de masse et d'identifier où une contamination ou une panne de traitement peut se propager.

Potabilisation et barrières successives

Définition

Question de départ — Eau, hygiène, assainissement et contrôle microbiologique: comment « Étude de cas calculée: distinguer besoin brut et appoint d'eau » agit-il sur « Cartographie des flux d'eau », et quel repère issu de « Potabilisation et barrières successives » permet de vérifier la décision?

Intuition ou cas concret

Intuition.

Repère quantitatif

HYPOTHÈSE PÉDAGOGIQUE — Quatre personnes utilisent chacune 8 L d'eau par jour dans un périmètre simplifié regroupant boisson et hygiène.

Limite ou critère de vigilance

Repère concret.

Exercice guidé — Potabilisation et barrières successives

Cas « Potabilisation et barrières successives » — Intuition. Repère:

HYPOTHÈSE PÉDAGOGIQUE — Quatre personnes utilisent chacune 8 L d'eau par jour dans un périmètre simplifié regroupant boisson et hygiène.

Réserve: Repère concret.

Corrigé raisonné — Potabilisation et barrières successives

Point de départ	La potabilisation repose sur plusieurs barrières complémentaires plutôt que sur un traitement unique supposé parfait; chaque étape cible une partie différente du risque.
Indice du cas	HYPOTHÈSE PÉDAGOGIQUE — Quatre personnes utilisent chacune 8 L d'eau par jour dans un périmètre simplifié regroupant boisson et hygiène.
Réserve à appliquer	Un bon rendement moyen ne suffit pas si les barrières ont une cause commune de défaillance ou si la mesure en sortie ne détecte pas le contaminant pertinent.
Conclusion	La décision d'utiliser l'eau exige donc une chaîne traitement-mesure-alarme capable de détecter la perte d'une barrière et de basculer vers stockage, retraitement ou isolement.

Étude de cas calculée: distinguer besoin brut et appoint d'eau

Définition	HYPOTHÈSE PÉDAGOGIQUE — Quatre personnes utilisent chacune 8 L d'eau par jour dans un périmètre simplifié regroupant boisson et hygiène. On étudie 30 jours et une récupération globale de 90 %, puis on ajoute 20 % de réserve sur l'appoint.
Intuition ou cas concret	On note n le nombre de personnes; q le besoin en L/(personne·jour); d la durée en jours; r le taux de récupération, sans unité; V le volume en litres.
Repère quantitatif	HYPOTHÈSE PÉDAGOGIQUE — Quatre personnes utilisent chacune 8 L d'eau par jour dans un périmètre simplifié regroupant boisson et hygiène.
Limite ou critère de vigilance	Le chiffre utile pour la logistique n'est donc pas seulement 960 L: dans ce modèle simplifié, la boucle réduit l'appoint à environ 115 L avec réserve.

Exercice guidé — Étude de cas calculée: distinguer besoin brut et appoint d'eau

Cas « Étude de cas calculée: distinguer besoin brut et appoint d'eau » — On note n le nombre de personnes; q le besoin en L/(personne·jour); d la durée en jours; r le taux de récupération, sans unité; V le volume en litres. Repère: HYPOTHÈSE PÉDAGOGIQUE — Quatre personnes utilisent chacune 8 L

d'eau par jour dans un périmètre simplifié regroupant boisson et hygiène.
Réserve: Le chiffre utile pour la logistique n'est donc pas seulement 960 L: dans ce modèle simplifié, la boucle réduit l'appoint à environ 115 L avec réserve.

Corrigé raisonné — Étude de cas calculée: distinguer besoin brut et appoint d'eau

Point de départ	HYPOTHÈSE PÉDAGOGIQUE — Quatre personnes utilisent chacune 8 L d'eau par jour dans un périmètre simplifié regroupant boisson et hygiène. On étudie 30 jours et une récupération globale de 90 %, puis on ajoute 20 % de réserve sur l'appoint.
Indice du cas	HYPOTHÈSE PÉDAGOGIQUE — Quatre personnes utilisent chacune 8 L d'eau par jour dans un périmètre simplifié regroupant boisson et hygiène.
Réserve à appliquer	Le chiffre utile pour la logistique n'est donc pas seulement 960 L: dans ce modèle simplifié, la boucle réduit l'appoint à environ 115 L avec réserve.
Conclusion	Dans ce scénario, 960 L représentent le besoin brut sur 30 jours. Une récupération de 90 % ramène l'appoint théorique à 96 L; ajouter 20 % de réserve conduit à environ 115 L, qui est la grandeur pertinente pour le stock d'appoint de ce modèle.

Préparation du module 43: modules 00 à 40 recommandés selon le sujet. Le module 43 revient sur les grandeurs qui conditionnent directement « Eau, hygiène, assainissement et contrôle microbiologique ».

Objectifs de maîtrise

- Distinguer les observations, les hypothèses et les inconnues lorsqu'on étudie « Une eau récupérée n'est pas automatiquement une eau potable ».

- Quantifier au moins une grandeur nécessaire à « Séparer les qualités d'eau réduit la dépense énergétique » sans masquer les conversions.
- Expliquer ce qui invaliderait le raisonnement retenu pour « Microbiologie: empêcher qu'un biofilm devienne une panne de [système](#) ».
- Relier « Hygiène humaine: un problème de santé et de bilan d'eau » aux contraintes concrètes du module 43.

1. Une eau récupérée n'est pas automatiquement une eau potable

Une boucle peut récupérer une grande fraction de l'eau tout en laissant subsister sels, composés organiques ou microorganismes. La chaîne sanitaire combine séparation, filtration, traitement chimique ou catalytique, désinfection et surveillance. Le critère de réussite n'est pas seulement un [rendement](#) massique: l'eau doit respecter les spécifications de l'usage auquel elle est destinée.

2. Séparer les qualités d'eau réduit la dépense énergétique

Toutes les fonctions n'exigent pas la même [qualité](#). Boisson et préparation alimentaire demandent le niveau de contrôle le plus élevé; nettoyage technique, rinçage ou certains procédés industriels peuvent accepter une eau différente. Des réseaux clairement séparés évitent de surtraiter chaque litre, à condition d'empêcher tout retour croisé accidentel.

3. Microbiologie: empêcher qu'un biofilm devienne une panne de système

Les conduites, réservoirs et surfaces humides favorisent des communautés microbiennes capables de former des biofilms. Ceux-ci peuvent dégrader la qualité de l'eau, fausser des capteurs et augmenter les pertes de charge. La stratégie associe matériaux compatibles, circulation, désinfection, prélèvements et capacité de nettoyer ou remplacer des sections.

4. Hygiène humaine: un problème de santé et de bilan d'eau

Douche, lavage, toilettes et linge créent des [flux](#) importants et des contaminants variés. Les procédures doivent limiter la consommation sans dégrader peau, sommeil ou prévention des infections. Le système d'hygiène est donc lié à la médecine, à la psychologie et au dimensionnement de la boucle eau.

5. Assainissement et déchets liquides

Urine, eaux grises, condensats et effluents de laboratoire ne peuvent pas être mélangés sans réfléchir à la [contamination](#) de la boucle. Chaque flux doit être caractérisé avant de choisir récupération, traitement séparé, stockage ou rejet contrôlé. La présence de produits chimiques de laboratoire peut rendre un flux impropre à la boucle biologique.

6. Contrôle qualité: mesurer suffisamment pour décider

Conductivité, carbone organique, pH, désinfectant résiduel et analyses microbiologiques ne répondent pas à la même question. Une colonie doit définir [fréquence](#), seuils, méthode de confirmation et action lorsque deux capteurs se contredisent. Une valeur hors limite doit conduire à une décision de quarantaine ou retraitement plutôt qu'à une simple alarme enregistrée.

7. Barrières sanitaires: empêcher le retour de contamination

Un réseau d'eau habité n'est pas seulement une chaîne de filtration. Points de puisage, douches, laboratoires, cultures et [maintenance](#) peuvent réintroduire des contaminants vers l'amont si les pressions ou clapets sont mal maîtrisés. La conception doit créer des barrières anti-retour, séparer les usages propres des usages techniques et définir où l'eau peut être remise en circulation. Une eau chimiquement acceptable peut rester microbiologiquement problématique si des biofilms s'installent dans les conduites. La surveillance doit donc combiner mesures en ligne et prélèvements, avec des critères clairs d'isolement d'un volume suspect.

8. Assainissement: fermer les boucles sans mélanger tous les risques

Eaux grises, urine, déchets solides et effluents de laboratoire n'ont ni la même composition ni le même risque. Les mélanger trop tôt peut compliquer le traitement et rendre une panne difficile à diagnostiquer. Une architecture de colonie peut conserver plusieurs flux jusqu'au procédé approprié, ce qui facilite aussi la récupération de nutriments. L'assainissement doit être couplé à l'énergie: distiller, oxyder ou chauffer consomme de la puissance et rejette de la chaleur. Le [mode dégradé](#) doit préciser quelle qualité minimale reste nécessaire pour boire, cuisiner, hygiène, soins et cultures.

9. Épisode microbiologique: isoler, échantillonner, corriger

Lorsqu'une croissance microbienne anormale est détectée, augmenter brutalement le désinfectant ne suffit pas. Il faut cartographier les branches concernées, vérifier températures et stagnations, rechercher la barrière défaillante et conserver des échantillons avant nettoyage. Une intervention trop agressive peut masquer la cause tout en dégradant membranes, joints ou capteurs. La remise en service exige ensuite rinçage, contrôle chimique, analyse microbiologique et surveillance renforcée. L'incident doit conduire à une correction durable: supprimer une zone de stagnation, changer la fréquence de circulation, modifier un matériau ou améliorer le prélèvement.

10. Exemple calculé: besoin d'appoint à 98 % de récupération

Si six personnes génèrent ensemble 30 L/j d'un flux récupérable et que 98 % sont effectivement récupérés, la perte nominale vaut $30 \times 0,02 = 0,60$ L/j. Sur 500 jours, l'appoint est déjà de 300 L. Une baisse à 95 % porterait la perte à 1,5 L/j, soit 750 L sur la même durée. Trois points de rendement représentent donc 450 L de logistique supplémentaire.

Étude de cas calculée: distinguer besoin brut et appoint d'eau

HYPOTHÈSE PÉDAGOGIQUE — Quatre personnes utilisent chacune 8 L d'eau par jour dans un périmètre simplifié regroupant boisson et hygiène. On étudie 30 jours et une récupération globale de 90 %, puis on ajoute 20 % de réserve sur l'appoint.

On note n le nombre de personnes; q le besoin en L/(personne·jour); d la durée en jours; r le **taux de récupération**, sans unité; V le volume en litres.

Besoin brut: $V_{\text{brut}} = n \times q \times d = 4 \times 8 \times 30 = 960$ L. Appoint sans réserve: $V_{\text{app}} = V_{\text{brut}} \times (1 - r) = 960 \times 0,10 = 96$ L. Avec 20 % de réserve: $96 \times 1,20 = 115,2$ L.

Le chiffre utile pour la logistique n'est donc pas seulement 960 L: dans ce modèle simplifié, la boucle réduit l'appoint à environ 115 L avec réserve. En conception réelle, les flux potable, hygiène, urine, condensats et procédés possèdent des qualités et rendements différents.

11. Exercice

Construire un schéma séparant eau potable, eau technique, **eaux grises** et urine. Injecter une contamination microbiologique dans un réservoir et décrire isolement, échantillonnage, traitement, remise en service et communication médicale.

12. Solution raisonnée

Il faut séparer le réservoir suspect du réseau potable, préserver un stock sûr pour les besoins vitaux, prélever avant désinfection puis tester les branches amont et aval pour localiser la rupture de barrière. La remise en service n'est justifiée qu'après traitement, rinçage et résultats confirmant le retour aux critères définis.

13. Mini-projet de validation

Concevoir le plan sanitaire d'un habitat de douze personnes: bilans d'eau, qualités par usage, surveillance microbiologique, nettoyage, effluents spéciaux, stocks de secours et **procédure** eau hors spécification.

Approfondissement du module 43: comprendre, calculer, vérifier et décider

Objectif du module — assurer quantité et qualité de l'eau tout en séparant eau potable, hygiène, eaux grises/noires, assainissement et contrôle microbiologique.

1. Cartographie des flux d'eau

Dans ce module, cartographie des flux d'eau sert directement à assurer quantité et qualité de l'eau tout en séparant eau potable, hygiène, eaux grises/noires, assainissement et contrôle microbiologique.

$$Q_{\text{jour}} = N \times q$$

Question de départ

Quelle réponse donne « $Q_{\text{jour}} = N \times q$ » après combinaison de tous ses facteurs?

Lecture à voix haute

Expression verbalisée: «Q indice jour égale N multiplié par q».

Symboles, prononciation et sens

Q_{jour} («Q jour»): besoin total d'eau de la population par jour;
 N («enne»): nombre de personnes; q («ku»): besoin d'eau par personne et par jour.

Unités

Par exemple q en $L/(\text{personne} \cdot j)$ et N en personnes donnent Q_{jour} en L/j . Si q est en $kg/(\text{personne} \cdot j)$, Q_{jour} est en kg/j .

Origine et statut des valeurs

Chaque donnée conserve sa preuve d'origine. Une valeur illustrative est autorisée si elle est annoncée comme telle, jamais si elle ressemble à une mesure non sourcée.

Pourquoi cette opération

Multiplier le besoin individuel quotidien par le nombre de personnes donne le besoin quotidien du groupe.

Substitution et calcul

Le scénario de «1. Cartographie des flux d'eau» fournit les entrées des facteurs de $N \times q$; les convertir si nécessaire, puis appliquer le produit défini par la relation.

Saisie sur calculatrice

Pour « $Q_{\text{jour}} = N \times q$ », résoudre les opérations de priorité supérieure dans $N \times q$, puis multiplier les facteurs restants. Ne réduire la précision qu'au résultat final.

Estimation mentale

Avant la saisie détaillée, construire une version simplifiée de « $Q_{\text{jour}} = N \times q$ » avec des nombres ronds. Le produit obtenu sert de référence à Q_{jour} .

Contrôle indépendant

Contrôle inverse: Q_{jour}/N doit redonner q .

Interprétation physique ou opérationnelle

Le nombre issu de « $Q_{\text{jour}} = N \times q$ » est interprété à l'intérieur de «1. Cartographie des flux d'eau», jamais isolément. Le lecteur doit pouvoir identifier sa grandeur, son unité et les conditions qui encadrent son usage.

Traduction en français courant

Le résultat Q_{jour} reflète la combinaison simultanée des facteurs présents dans $N \times q$, selon le modèle de «1. Cartographie des flux d'eau».

Variation / sensibilité

Augmenter un facteur de $N \times q$ tout seul doit augmenter Q_{jour} dans la même proportion. Cette propriété offre aussi un contrôle qualitatif du modèle.

Limite / hypothèse

Avant de réutiliser Q_{jour} dans un autre scénario, confirmer que la structure de produit de $N \times q$, les unités et les coefficients restent applicables.

On injecte maintenant l'événement suivant: un capteur de qualité donne un faux rassurant.

2. Potabilisation et barrières successives

Dans ce module, potabilisation et barrières successives sert directement à assurer quantité et qualité de l'eau tout en séparant eau potable, hygiène, eaux grises/noires, assainissement et contrôle microbiologique.

$$C_n = C_0 \times \prod (1 - \eta_i)$$

Question de départ

Quelle réponse donne « $C_n = C_0 \times \prod (1 - \eta_i)$ » après combinaison de tous ses facteurs?

Lecture à voix haute

Expression verbalisée: «C indice n égale C indice 0 multiplié par pi majuscule (1 - êta indice i)».

Symboles, prononciation et sens

$\prod$ (« pi majuscule ») : opérateur de produit ; il demande de multiplier tous les facteurs indexés ; Pour eau-hygiène-assainissement, côté potabilisation barrières: C_n («C n»): C n; C_0 («C 0»): concentration «C 0» de l'espèce ou du constituant considéré; η_i («êta i»): rendement ou efficacité sans dimension défini pour ce procédé

Unités

Pour eau-hygiène-assainissement, côté potabilisation barrières: C n → unité de concentration définie dans la section; C 0 → unité de concentration définie dans la section; η_i → sans dimension [0;1].

Origine et statut des valeurs

Chaque donnée conserve sa preuve d'origine. Une valeur illustrative est autorisée si elle est annoncée comme telle, jamais si elle ressemble à une mesure non sourcée. Ces valeurs sont documentées à partir de: les débits d'eau, analyses microbiologiques et inventaires.

Pourquoi cette opération

Pour former C_n , on applique la multiplication indiquée dans « $C_n = C_0 \times \prod (1 - \eta_i)$ ». La structure des unités offre un contrôle indépendant de la structure numérique.

Substitution et calcul

Le scénario de «2. Potabilisation et barrières successives» fournit les entrées des facteurs de $C_0 \times \prod(1 - \eta_i)$; les convertir si nécessaire, puis appliquer le produit défini par la relation.

Saisie sur calculatrice

Pour « $C_n = C_0 \times \prod(1 - \eta_i)$ », résoudre les opérations de priorité supérieure dans $C_0 \times \prod(1 - \eta_i)$, puis multiplier les facteurs restants. Ne réduire la précision qu'au résultat final.

Estimation mentale

Avant la saisie détaillée, construire une version simplifiée de « $C_n = C_0 \times \prod(1 - \eta_i)$ » avec des nombres ronds. Le produit obtenu sert de référence à C_n .

Contrôle indépendant

Contrôle indépendant – Le test choisi isole un facteur: $C_n / (\text{produit des autres facteurs})$ doit restituer ce terme de $C_0 \times \prod(1 - \eta_i)$ dans la précision conservée.

Interprétation physique ou opérationnelle

Le nombre issu de « $C_n = C_0 \times \prod(1 - \eta_i)$ » est interprété à l'intérieur de «2. Potabilisation et barrières successives», jamais isolément. Le lecteur doit pouvoir identifier sa grandeur, son unité et les conditions qui encadrent son usage.

Traduction en français courant

Le résultat C_n reflète la combinaison simultanée des facteurs présents dans $C_0 \times \prod(1 - \eta_i)$, selon le modèle de «2. Potabilisation et barrières successives».

Variation / sensibilité

Augmenter un facteur de $C_0 \times \prod(1 - \eta_i)$ tout seul doit augmenter C_n dans la même proportion. Cette propriété offre aussi un contrôle qualitatif du modèle.

Limite / hypothèse

Avant de réutiliser C_n dans un autre scénario, confirmer que la structure de produit de $C_0 \times \prod(1 - \eta_i)$, les unités et les coefficients restent applicables.

On injecte maintenant l'événement suivant: un réservoir est suspecté de contamination.

3. Eaux grises et récupération

Dans ce module, eaux grises et récupération sert directement à assurer quantité et qualité de l'eau tout en séparant eau potable, hygiène, eaux grises/noires, assainissement et contrôle microbiologique.

$$Q_{\text{appoint}} = Q_{\text{jour}} \times (1 - R)$$

Question de départ

Quelle réponse donne « $Q_{\text{appoint}} = Q_{\text{jour}} \times (1 - R)$ » après combinaison de tous ses facteurs?

Lecture à voix haute

Expression verbalisée: «Q indice appoint égale Q indice jour multiplié par (1 - R)».

Symboles, prononciation et sens

Q_{appoint} («Q appoint»): quantité ou débit d'eau neuve à fournir; Q_{jour} («Q jour»): besoin brut quotidien avant récupération; R («erre»): taux de récupération sans dimension

Unités

Q_{appoint} et Q_{jour} utilisent la même unité de volume ou de débit, par exemple L/j. R et 1-R sont sans dimension; le produit conserve donc l'unité de Q_{jour} .

Origine et statut des valeurs

Chaque donnée conserve sa preuve d'origine. Une valeur illustrative est autorisée si elle est annoncée comme telle, jamais si elle ressemble à une mesure non sourcée. Ces valeurs sont documentées à partir de: les débits d'eau, analyses microbiologiques et inventaires.

Pourquoi cette opération

Q_{jour} est le besoin brut. La fraction récupérée vaut R, donc la fraction à remplacer par de l'eau neuve vaut 1-R. L'appoint est $Q_{\text{jour}} \times (1-R)$, et non $Q_{\text{jour}} - R$.

Substitution et calcul

Le scénario de «3. Eaux grises et récupération» fournit les entrées des facteurs de $Q_{\text{jour}} \times (1 - R)$; les convertir si nécessaire, puis appliquer le produit défini par la relation.

Saisie sur calculatrice

Pour « $Q_{\text{appoint}} = Q_{\text{jour}} \times (1 - R)$ », résoudre les opérations de priorité supérieure dans $Q_{\text{jour}} \times (1 - R)$, puis multiplier les facteurs restants. Ne réduire la précision qu'au résultat final.

Estimation mentale

Avant la saisie détaillée, construire une version simplifiée de « $Q_{\text{appoint}} = Q_{\text{jour}} \times (1 - R)$ » avec des nombres ronds. Le produit obtenu sert de référence à Q_{appoint} .

Contrôle indépendant

Contrôle indépendant – diviser Q_{appoint} par Q_{jour} non nul: le quotient doit redonner $1-R$. Puis vérifier $R + Q_{\text{appoint}}/Q_{\text{jour}} = 1$.

Interprétation physique ou opérationnelle

Le nombre issu de « $Q_{\text{appoint}} = Q_{\text{jour}} \times (1 - R)$ » est interprété à l'intérieur de «3. Eaux grises et récupération», jamais isolément. Le lecteur doit pouvoir identifier sa grandeur, son unité et les conditions qui encadrent son usage.

Traduction en français courant

Le résultat Q_{appoint} reflète la combinaison simultanée des facteurs présents dans $Q_{\text{jour}} \times (1 - R)$, selon le modèle de «3. Eaux grises et récupération».

Variation / sensibilité

À Q_{jour} fixe, l'appoint décroît avec R : si R passe de 0,90 à 0,99, la fraction d'appoint passe de 0,10 à 0,01 et le besoin d'eau neuve est divisé par dix.

Limite / hypothèse

Avant de réutiliser Q_{appoint} dans un autre scénario, confirmer que la structure de produit de $Q_{\text{jour}} \times (1 - R)$, les unités et les coefficients restent applicables.

— « Eaux grises et récupération ».

On injecte maintenant l'événement suivant: une étape de traitement est arrêtée.

4. Eaux noires et assainissement

Dans ce module, eaux noires et assainissement sert directement à assurer quantité et qualité de l'eau tout en séparant eau potable, hygiène, eaux grises/noires, assainissement et contrôle microbiologique.

$$\text{Charge} = C \times Q$$

Question de départ

Quelle réponse donne «Charge = $C \times Q$ » après combinaison de tous ses facteurs?

Lecture à voix haute

Expression verbalisée: «Charge égale C multiplié par Q».

Symboles, prononciation et sens

Charge («charge»): débit massique de contaminant ou de matière transportée; C («cé»): concentration massique; Q («ku»): débit volumique du fluide.

Unités

C en kg/m^3 ou g/L ; Q en m^3/h ou L/h dans une base cohérente; Charge est alors en kg/h ou g/h .

Origine et statut des valeurs

Chaque donnée conserve sa preuve d'origine. Une valeur illustrative est autorisée si elle est annoncée comme telle, jamais si elle ressemble à une mesure non sourcée.

Pourquoi cette opération

Une concentration massique indique une masse par volume; le débit volumique fournit un volume par temps. Leur produit donne donc une masse transportée par temps.

Substitution et calcul

Le scénario de «4. Eaux noires et assainissement» fournit les entrées des facteurs de $C \times Q$; les convertir si nécessaire, puis appliquer le produit défini par la relation.

Saisie sur calculatrice

Pour «Charge = $C \times Q$ », résoudre les opérations de priorité supérieure dans $C \times Q$, puis multiplier les facteurs restants. Ne réduire la précision qu'au résultat final.

Estimation mentale

Avant la saisie détaillée, construire une version simplifiée de «Charge = $C \times Q$ » avec des nombres ronds. Le produit obtenu sert de référence à Charge.

Contrôle indépendant

Contrôle inverse: Charge/Q doit redonner C. Vérifier aussi que $\text{kg/m}^3 \times \text{m}^3/\text{h} = \text{kg/h}$.

Interprétation physique ou opérationnelle

Le nombre issu de «Charge = $C \times Q$ » est interprété à l'intérieur de «4. Eaux noires et assainissement», jamais isolément. Le lecteur doit pouvoir identifier sa grandeur, son unité et les conditions qui encadrent son usage.

Traduction en français courant

Le résultat Charge reflète la combinaison simultanée des facteurs présents dans $C \times Q$, selon le modèle de «4. Eaux noires et assainissement».

Variation / sensibilité

Augmenter un facteur de $C \times Q$ tout seul doit augmenter Charge dans la même proportion. Cette propriété offre aussi un contrôle qualitatif du modèle.

Limite / hypothèse

Avant de réutiliser Charge dans un autre scénario, confirmer que la structure de produit de $C \times Q$, les unités et les coefficients restent applicables.

On injecte maintenant l'événement suivant: un biofilm augmente les besoins de nettoyage.

5. Stockage tampon et autonomie

Dans ce module, stockage tampon et autonomie sert directement à assurer quantité et qualité de l'eau tout en séparant eau potable, hygiène, eaux grises/noires, assainissement et contrôle microbiologique.

$$V_{\text{tampon}} = Q_{\text{crit}} \times t$$

Question de départ

Quelle réponse donne « $V_{\text{tampon}} = Q_{\text{crit}} \times t$ » après combinaison de tous ses facteurs?

Lecture à voix haute

Expression verbalisée: «V indice tampon égale Q indice crit multiplié par t».

Symboles, prononciation et sens

Pour eau-hygiène-assainissement, côté stockage tampon: V_tampon («V tampon»): V tampon; Q_crit («Q crit»): débit «Q crit» exprimant une quantité par unité de temps; t («té»): durée.

Unités

Pour eau-hygiène-assainissement, côté stockage tampon: V tampon → m³ ou L; Q crit → le débit prend l'unité kg/s, L/h ou m³/h selon la nature du flux; durée → s, min ou h.

Origine et statut des valeurs

Chaque donnée conserve sa preuve d'origine. Une valeur illustrative est autorisée si elle est annoncée comme telle, jamais si elle ressemble à une mesure non sourcée. Ces valeurs sont documentées à partir de: les débits d'eau, analyses microbiologiques et inventaires.

Pourquoi cette opération

Pour former V_tampon, on applique la multiplication indiquée dans «V_tampon = Q_crit × t». La structure des unités offre un contrôle indépendant de la structure numérique.

Substitution et calcul

Le scénario de «5. Stockage tampon et autonomie» fournit les entrées des facteurs de Q_crit × t; les convertir si nécessaire, puis appliquer le produit défini par la relation.

Saisie sur calculatrice

Pour «V_tampon = Q_crit × t», résoudre les opérations de priorité supérieure dans Q_crit × t, puis multiplier les facteurs restants. Ne réduire la précision qu'au résultat final.

Estimation mentale

Avant la saisie détaillée, construire une version simplifiée de «V_tampon = Q_crit × t» avec des nombres ronds. Le produit obtenu sert de référence à V_tampon.

Contrôle indépendant

Contrôle indépendant – Le test choisi isole un facteur: V_tampon/(produit des autres facteurs) doit restituer ce terme de Q_crit × t dans la précision conservée.

Interprétation physique ou opérationnelle

Le nombre issu de « $V_{\text{tampon}} = Q_{\text{crit}} \times t$ » est interprété à l'intérieur de «5. Stockage tampon et autonomie», jamais isolément. Le lecteur doit pouvoir identifier sa grandeur, son unité et les conditions qui encadrent son usage.

Traduction en français courant

Le résultat V_{tampon} reflète la combinaison simultanée des facteurs présents dans $Q_{\text{crit}} \times t$, selon le modèle de «5. Stockage tampon et autonomie».

Variation / sensibilité

Augmenter un facteur de $Q_{\text{crit}} \times t$ tout seul doit augmenter V_{tampon} dans la même proportion. Cette propriété offre aussi un contrôle qualitatif du modèle.

Limite / hypothèse

Avant de réutiliser V_{tampon} dans un autre scénario, confirmer que la structure de produit de $Q_{\text{crit}} \times t$, les unités et les coefficients restent applicables.

On injecte maintenant l'événement suivant: le débit de pointe dépasse la capacité nominale.

6. Biofilms et contamination croisée

Dans ce module, biofilms et contamination croisée sert directement à assurer quantité et qualité de l'eau tout en séparant eau potable, hygiène, eaux grises/noires, assainissement et contrôle microbiologique.

$$C_{\text{mélange}} = (C_1 V_1 + C_2 V_2) / (V_1 + V_2)$$

Question de départ

À partir des deux termes $(C_1 V_1 + C_2 V_2)$ et $(V_1 + V_2)$, quel ratio faut-il former pour calculer $C_{\text{mélange}}$?

Lecture à voix haute

Expression verbalisée: «C indice mélange égale (C indice 1 V indice 1 plus C indice 2 V indice 2) divisé par (V indice 1 plus V indice 2)».

Symboles, prononciation et sens

$C_{\text{mélange}}$ («cé mélange»): concentration du mélange final; C_1 et C_2 («cé un», «cé deux»): concentrations initiales; V_1 et V_2 («vé un», «vé deux»): volumes mélangés.

Unités

$C_{\text{mélange}}$, C_1 et C_2 nécessitent une convention commune d'unité de concentration commune; V_1 et V_2 nécessitent une convention commune d'unité de volume commune.

Origine et statut des valeurs

Chaque donnée conserve sa preuve d'origine. Une valeur illustrative est autorisée si elle est annoncée comme telle, jamais si elle ressemble à une mesure non sourcée.

Pourquoi cette opération

$(V_1 + V_2)$ sert de «par unité de» dans cette relation, tandis que $(C_1 V_1 + C_2 V_2)$ est la quantité ramenée à une unité de $(V_1 + V_2)$. Leur quotient produit ainsi $C_{\text{mélange}}$.

Substitution et calcul

Le calcul chiffré est autorisé seulement si $(C_1 V_1 + C_2 V_2)$ et $(V_1 + V_2)$ sont tous deux documentés. Ils sont alors convertis sur une base compatible avant la division.

Saisie sur calculatrice

Avant «=», relire que $(V_1 + V_2)$ est bien le diviseur et non $(C_1 V_1 + C_2 V_2)$. Les sous-calculs sont achevés avant cette division finale.

Estimation mentale

Vérifier mentalement le sens du ratio: l'échelle de $C_{\text{mélange}}$ découle de celle de $(C_1 V_1 + C_2 V_2)$ relativement à $(V_1 + V_2)$, pas de la différence entre eux.

Contrôle indépendant

Contrôle indépendant – Vérification de fermeture: $C_{\text{mélange}} \cdot (V_1 + V_2)$ doit fermer la relation sur $(C_1 V_1 + C_2 V_2)$. Un résidu important impose de reprendre unités, ordre ou parenthèses.

Interprétation physique ou opérationnelle

Le nombre issu de « $C_{\text{mélange}} = (C_1 V_1 + C_2 V_2) / (V_1 + V_2)$ » est interprété à l'intérieur de «6. Biofilms et contamination croisée», jamais isolément. Le lecteur doit pouvoir identifier sa grandeur, son unité et les conditions qui encadrent son usage.

Traduction en français courant

La traduction pratique de « $C_{\text{mélange}} = (C_1 V_1 + C_2 V_2) / (V_1 + V_2)$ » est de rapporter $(C_1 V_1 + C_2 V_2)$ à $(V_1 + V_2)$; $C_{\text{mélange}}$ chiffre cette comparaison.

Variation / sensibilité

Le quotient conserve les variations relatives du numérateur, mais inverse celles du dénominateur. C'est le test de sensibilité adapté à $C_{\text{mélange}}$.

Limite / hypothèse

Le ratio est fiable seulement avec un diviseur $(V_1 + V_2)$ non nul et correctement mesuré. Vérifier aussi que $(C_1 V_1 + C_2 V_2)$ et $(V_1 + V_2)$ décrivent le même système de référence.

On injecte maintenant l'événement suivant: une maintenance oblige à isoler une boucle.

7. Surveillance microbiologique

Dans ce module, surveillance microbiologique sert directement à assurer quantité et qualité de l'eau tout en séparant eau potable, hygiène, eaux grises/noires, assainissement et contrôle microbiologique.

$$f_{\text{positifs}} = N_{\text{positifs}} / N_{\text{analyses}}$$

Question de départ

À partir des deux termes N_{positifs} et N_{analyses} , quel ratio faut-il former pour calculer f_{positifs} ?

Lecture à voix haute

Expression verbalisée: « f indice positifs égale N indice positifs divisé par N indice analyses».

Symboles, prononciation et sens

Pour eau-hygiène-assainissement, côté surveillance microbiologique: f_{positifs} («f positifs»): f positifs; N_{positifs} («N positifs»): nombre de positifs; N_{analyses} («N analyses»): nombre de analyses

Unités

Pour eau-hygiène-assainissement, côté surveillance microbiologique: f positifs → sans dimension [0;1]; N positifs → compte; N analyses → compte.

Origine et statut des valeurs

Chaque donnée conserve sa preuve d'origine. Une valeur illustrative est autorisée si elle est annoncée comme telle, jamais si elle ressemble à une mesure non sourcée. Ces valeurs sont documentées à partir de: les débits d'eau, analyses microbiologiques et inventaires.

Pourquoi cette opération

N_{analyses} sert de «par unité de» dans cette relation, tandis que N_{positifs} est la quantité ramenée à une unité de N_{analyses} . Leur quotient produit ainsi f_{positifs} .

Substitution et calcul

Le calcul chiffré est autorisé seulement si N_{positifs} et N_{analyses} sont tous deux documentés. Ils sont alors convertis sur une base compatible avant la division.

Saisie sur calculatrice

Avant «=», relire que N_{analyses} est bien le diviseur et non N_{positifs} . Les sous-calculs sont achevés avant cette division finale.

Estimation mentale

Vérifier mentalement le sens du ratio: l'échelle de f_{positifs} découle de celle de N_{positifs} relativement à N_{analyses} , pas de la différence entre eux.

Contrôle indépendant

Contrôle indépendant – Vérification de fermeture: $f_{\text{positifs}} \cdot N_{\text{analyses}}$ doit fermer la relation sur N_{positifs} . Un résidu important impose de reprendre unités, ordre ou parenthèses.

Interprétation physique ou opérationnelle

Le nombre issu de « $f_{\text{positifs}} = N_{\text{positifs}} / N_{\text{analyses}}$ » est interprété à l'intérieur de «7. Surveillance microbiologique», jamais isolément. Le lecteur doit pouvoir identifier sa grandeur, son unité et les conditions qui encadrent son usage.

Traduction en français courant

La traduction pratique de « $f_{\text{positifs}} = N_{\text{positifs}} / N_{\text{analyses}}$ » est de rapporter N_{positifs} à N_{analyses} ; f_{positifs} chiffre cette comparaison.

Variation / sensibilité

Le quotient conserve les variations relatives du numérateur, mais inverse celles du dénominateur. C'est le test de sensibilité adapté à f_{positifs} .

Limite / hypothèse

Le ratio est fiable seulement avec un diviseur N_{analyses} non nul et correctement mesuré. Vérifier aussi que N_{positifs} et N_{analyses} décrivent le même système de référence.

On injecte maintenant l'événement suivant: un capteur de qualité donne un faux rassurant.

8. Hygiène avec ressource contrainte

Dans ce module, hygiène avec ressource contrainte sert directement à assurer quantité et qualité de l'eau tout en séparant eau potable, hygiène, eaux grises/noires, assainissement et contrôle microbiologique.

$$q_{\text{hygiène}} = Q_{\text{hygiène}} / N$$

Question de départ

À partir des deux termes $Q_{\text{hygiène}}$ et N , quel ratio faut-il former pour calculer $q_{\text{hygiène}}$?

Lecture à voix haute

Expression verbalisée: « q indice hygiène égale Q indice hygiène divisé par N ».

Symboles, prononciation et sens

$q_{\text{hygiène}}$ (« q hygiène»): besoin d'eau d'hygiène par personne et par jour; $Q_{\text{hygiène}}$ (« Q hygiène»): besoin total d'eau d'hygiène du groupe par jour; N («enne»): nombre de personnes.

Unités

$Q_{\text{hygiène}}$ en L/j ou kg/j; N en personnes; $q_{\text{hygiène}}$ en L/(personne·j) ou kg/(personne·j).

Origine et statut des valeurs

Chaque donnée conserve sa preuve d'origine. Une valeur illustrative est autorisée si elle est annoncée comme telle, jamais si elle ressemble à une mesure non sourcée.

Pourquoi cette opération

Diviser le besoin quotidien total du groupe par l'effectif donne le besoin quotidien par personne.

Substitution et calcul

Le calcul chiffré est autorisé seulement si $Q_{\text{hygiène}}$ et N sont tous deux documentés. Ils sont alors convertis sur une base compatible avant la division.

Saisie sur calculatrice

Avant «=», relire que N est bien le diviseur et non $Q_{\text{hygiène}}$. Les sous-calculs sont achevés avant cette division finale.

Estimation mentale

Vérifier mentalement le sens du ratio: l'échelle de $q_{\text{hygiène}}$ découle de celle de $Q_{\text{hygiène}}$ relativement à N, pas de la différence entre eux.

Contrôle indépendant

Contrôle inverse: $q_{\text{hygiène}} \times N$ doit redonner $Q_{\text{hygiène}}$.

Interprétation physique ou opérationnelle

Le nombre issu de « $q_{\text{hygiène}} = Q_{\text{hygiène}} / N$ » est interprété à l'intérieur de «8. Hygiène avec ressource contrainte», jamais isolément. Le lecteur doit pouvoir identifier sa grandeur, son unité et les conditions qui encadrent son usage.

Traduction en français courant

La traduction pratique de « $q_{\text{hygiène}} = Q_{\text{hygiène}} / N$ » est de rapporter $Q_{\text{hygiène}}$ à N; $q_{\text{hygiène}}$ chiffre cette comparaison.

Variation / sensibilité

Le quotient conserve les variations relatives du numérateur, mais inverse celles du dénominateur. C'est le test de sensibilité adapté à $q_{\text{hygiène}}$.

Limite / hypothèse

Le ratio est fiable seulement avec un diviseur N non nul et correctement mesuré. Vérifier aussi que Q_hygiène et N décrivent le même système de référence.

— « Hygiène avec ressource contrainte ».

On injecte maintenant l'événement suivant: un réservoir est suspecté de contamination.

9. Capacité de traitement et pointes

Dans ce module, capacité de traitement et pointes sert directement à assurer quantité et qualité de l'eau tout en séparant eau potable, hygiène, eaux grises/noires, assainissement et contrôle microbiologique.

$$Q_{\text{pointe}} = K_p \times Q_{\text{moy}}$$

Question de départ

Quelle réponse donne « $Q_{\text{pointe}} = K_p \times Q_{\text{moy}}$ » après combinaison de tous ses facteurs?

Lecture à voix haute

Expression verbalisée: «Q indice pointe égale K indice p multiplié par Q indice moy».

Symboles, prononciation et sens

Pour eau-hygiène-assainissement, côté capacité traitement:

Q_pointe («Q pointe»): Q pointe; K_p («K p»): facteur de pointe; Q_moy («Q moy»): Q moyenne.

Unités

Pour eau-hygiène-assainissement, côté capacité traitement: Q pointe → le débit prend l'unité kg/s, L/h ou m³/h selon la nature du flux; facteur de pointe → sans dimension; Q moyenne → le débit prend l'unité kg/s, L/h ou m³/h selon la nature du flux.

Origine et statut des valeurs

Chaque donnée conserve sa preuve d'origine. Une valeur illustrative est autorisée si elle est annoncée comme telle, jamais si elle ressemble à une mesure non sourcée. Ces valeurs sont documentées à partir de: les débits d'eau, analyses microbiologiques et inventaires.

Pourquoi cette opération

Pour former Q_{pointe} , on applique la multiplication indiquée dans « $Q_{\text{pointe}} = K_p \times Q_{\text{moy}}$ ». La structure des unités offre un contrôle indépendant de la structure numérique.

Substitution et calcul

Le scénario de «9. Capacité de traitement et pointes» fournit les entrées des facteurs de $K_p \times Q_{\text{moy}}$; les convertir si nécessaire, puis appliquer le produit défini par la relation.

Saisie sur calculatrice

Pour « $Q_{\text{pointe}} = K_p \times Q_{\text{moy}}$ », résoudre les opérations de priorité supérieure dans $K_p \times Q_{\text{moy}}$, puis multiplier les facteurs restants. Ne réduire la précision qu'au résultat final.

Estimation mentale

Avant la saisie détaillée, construire une version simplifiée de « $Q_{\text{pointe}} = K_p \times Q_{\text{moy}}$ » avec des nombres ronds. Le produit obtenu sert de référence à Q_{pointe} .

Contrôle indépendant

Contrôle indépendant – Le test choisi isole un facteur: $Q_{\text{pointe}}/(\text{produit des autres facteurs})$ doit restituer ce terme de $K_p \times Q_{\text{moy}}$ dans la précision conservée.

Interprétation physique ou opérationnelle

Le nombre issu de « $Q_{\text{pointe}} = K_p \times Q_{\text{moy}}$ » est interprété à l'intérieur de «9. Capacité de traitement et pointes», jamais isolément. Le lecteur doit pouvoir identifier sa grandeur, son unité et les conditions qui encadrent son usage.

Traduction en français courant

Le résultat Q_{pointe} reflète la combinaison simultanée des facteurs présents dans $K_p \times Q_{\text{moy}}$, selon le modèle de «9. Capacité de traitement et pointes».

Variation / sensibilité

Augmenter un facteur de $K_p \times Q_{\text{moy}}$ tout seul doit augmenter Q_{pointe} dans la même proportion. Cette propriété offre aussi un contrôle qualitatif du modèle.

Limite / hypothèse

Avant de réutiliser Q_{pointe} dans un autre scénario, confirmer que la structure de produit de $K_p \times Q_{\text{moy}}$, les unités et les coefficients restent applicables.

On injecte maintenant l'événement suivant: une étape de traitement est arrêtée.

10. Plan sanitaire de colonie

Dans ce module, plan sanitaire de colonie sert directement à assurer quantité et qualité de l'eau tout en séparant eau potable, hygiène, eaux grises/noires, assainissement et contrôle microbiologique.

$$\text{Marge_traitement} = (Q_{\text{capacité}} - Q_{\text{pointe}}) / Q_{\text{pointe}}$$

Question de départ

À partir des deux termes $(Q_{\text{capacité}} - Q_{\text{pointe}})$ et Q_{pointe} , quel ratio faut-il former pour calculer Marge_traitement?

Lecture à voix haute

Expression verbalisée: «Marge indice traitement égale (Q indice capacité - Q indice pointe) divisé par Q indice pointe».

Symboles, prononciation et sens

Marge_traitement («marge traitement»): capacité relative disponible au-dessus du débit de pointe; $Q_{\text{capacité}}$ («Q capacité»): débit maximal traitable dans les conditions spécifiées; Q_{pointe} («Q pointe»): débit de pointe à traiter.

Unités

$Q_{\text{capacité}}$ et Q_{pointe} dans exactement la même unité de débit, par exemple L/h ou m³/h. Leur différence est un débit; la division par Q_{pointe} rend Marge_traitement sans dimension.

Origine et statut des valeurs

Chaque donnée conserve sa preuve d'origine. Une valeur illustrative est autorisée si elle est annoncée comme telle, jamais si elle ressemble à une mesure non sourcée.

Pourquoi cette opération

On calcule l'excédent de capacité $Q_{\text{capacité}} - Q_{\text{pointe}}$ puis on le rapporte au débit de pointe. Une marge de 0,20 signifie ici 20 % de capacité supplémentaire par rapport à la pointe.

Substitution et calcul

Le calcul chiffré est autorisé seulement si ($Q_{\text{capacité}} - Q_{\text{pointe}}$) et Q_{pointe} sont tous deux documentés. Ils sont alors convertis sur une base compatible avant la division.

Saisie sur calculatrice

Avant «=», relire que Q_{pointe} est bien le diviseur et non ($Q_{\text{capacité}} - Q_{\text{pointe}}$). Les sous-calculs sont achevés avant cette division finale.

Estimation mentale

Vérifier mentalement le sens du ratio: l'échelle de Marge_traitement découle de celle de ($Q_{\text{capacité}} - Q_{\text{pointe}}$) relativement à Q_{pointe} , pas de la différence entre eux.

Contrôle indépendant

Contrôle inverse: $Q_{\text{capacité}} = Q_{\text{pointe}} \times (1 + \text{Marge_traitement})$.

Interprétation physique ou opérationnelle

Le nombre issu de « $\text{Marge_traitement} = (Q_{\text{capacité}} - Q_{\text{pointe}}) / Q_{\text{pointe}}$ » est interprété à l'intérieur de «10. Plan sanitaire de colonie», jamais isolément. Le lecteur doit pouvoir identifier sa grandeur, son unité et les conditions qui encadrent son usage.

Traduction en français courant

La traduction pratique de « $\text{Marge_traitement} = (Q_{\text{capacité}} - Q_{\text{pointe}}) / Q_{\text{pointe}}$ » est de rapporter ($Q_{\text{capacité}} - Q_{\text{pointe}}$) à Q_{pointe} ; Marge_traitement chiffre cette comparaison.

Variation / sensibilité

Le quotient conserve les variations relatives du numérateur, mais inverse celles du dénominateur. C'est le test de sensibilité adapté à Marge_traitement.

Limite / hypothèse

Q_{pointe} doit être non nul et mesuré sur la même base temporelle et le même périmètre que $Q_{\text{capacité}}$.

On injecte maintenant l'événement suivant: un biofilm augmente les besoins de nettoyage.

Exercices progressifs avec corrigés 1:1

Exercice 1: Cartographie des flux d'eau

Analysez cartographie des flux d'eau. Relation à tester: « $Q_{\text{jour}} = N \times q$ ». Cas dégradé: un réservoir est suspecté de contamination. Livrable: données, unités, résultat, marge, décision.

Corrigé — Exercice 1: Cartographie des flux d'eau

Données du cas

Exercice guidé — Étude de cas calculée: distinguer besoin brut et appoint d'eau — Cas « Étude de cas calculée: distinguer besoin brut et appoint d'eau » — On note n le nombre de personnes; q le besoin en L/(personne·jour); d la durée en jours; r le taux de récupération, sans unité; V le volume en litres.
Repère: HYPOTHÈSE PÉDAGOGIQUE — Quatre personnes utilisent chacune 8 L d'eau par jour dans un périmètre simplifié regroupant boisson et hygiène. Réserve: Le chiffre utile pour la logistique n'est donc pas seulement 960 L: dans ce modèle simplifié, la boucle réduit l'appoint à environ 115 L avec q le besoin en L/(personne·jour)

Relation

Raisonnement

Résultat

Corrigé — Exercice 1: Cartographie des flux d'eau
Corrigé — Exercice 1: Cartographie des flux d'eau

Exercice 2: Potabilisation et barrières successives

Analysez potabilisation et barrières successives. Relation à tester: « $Q_{\text{appoint}} = Q_{\text{jour}} \times (1 - R)$ ». Cas dégradé: une étape de traitement est arrêtée. Livrable: données, unités, résultat, marge, décision.

Corrigé — Exercice 2: Potabilisation et barrières successives

Données du cas

Exercice guidé — Étude de cas calculée: distinguer besoin brut et appoint d'eau — Cas « Étude de cas calculée: distinguer besoin brut et appoint d'eau » — On note n le nombre de personnes; q le besoin en L/(personne·jour); d la durée en jours; r le taux de récupération, sans unité; V le volume en litres.

Repère: HYPOTHÈSE PÉDAGOGIQUE — Quatre personnes utilisent chacune 8 L d'eau par jour dans un périmètre simplifié regroupant boisson et hygiène. Réserve: Le chiffre utile pour la logistique n'est donc pas seulement 960 L: dans ce modèle simplifié, la boucle réduit l'appoint à environ 115 L avec

Relation

q le besoin en L/(personne·jour)

Raisonnement

Corrigé — Exercice 2: Potabilisation et barrières successives

Résultat

Corrigé — Exercice 2: Potabilisation et barrières successives

Exercice 3: Eaux grises et récupération

Analysez eaux grises et récupération. Relation à tester: « $V_{\text{tampon}} = Q_{\text{crit}} \times t$ ». Cas dégradé: un biofilm augmente les besoins de nettoyage. Livrable: données, unités, résultat, marge, décision.

Corrigé — Exercice 3: Eaux grises et récupération

Données du cas

Exercice guidé — Étude de cas calculée: distinguer besoin brut et appoint d'eau — Cas « Étude de cas calculée: distinguer besoin brut et appoint d'eau » — On note n le nombre de personnes; q le besoin en L/(personne·jour); d la durée en jours; r le taux de récupération, sans unité; V le volume en litres. Repère: HYPOTHÈSE PÉDAGOGIQUE — Quatre personnes utilisent chacune 8 L d'eau par jour dans un périmètre simplifié regroupant boisson et hygiène. Réserve: Le chiffre utile pour la logistique n'est donc pas seulement 960 L: dans ce modèle simplifié, la boucle réduit l'appoint à environ 115 L avec

Relation

q le besoin en L/(personne·jour)

Raisonnement

Corrigé — Exercice 3: Eaux grises et récupération

Résultat

Corrigé — Exercice 3: Eaux grises et récupération

Exercice 4: Eaux noires et assainissement

Analysez eaux noires et assainissement. Relation à tester: « Charge = $C \times Q$ ». Cas dégradé: le débit de pointe dépasse la capacité nominale. Livrable: données, unités, résultat, marge, décision.

Corrigé — Exercice 4: Eaux noires et assainissement

Données du cas

Exercice guidé — Étude de cas calculée: distinguer besoin brut et appoint d'eau — Cas « Étude de cas calculée: distinguer besoin brut et appoint d'eau » — On note n le nombre de personnes; q le besoin en L/(personne·jour); d la durée en jours; r le taux de récupération, sans unité; V le volume en litres. Repère: HYPOTHÈSE PÉDAGOGIQUE — Quatre personnes utilisent chacune 8 L d'eau par jour dans un périmètre simplifié regroupant boisson et hygiène. Réserve: Le chiffre utile pour la logistique n'est donc pas seulement 960 L: dans ce modèle simplifié, la boucle réduit l'appoint à environ 115 L avec

Relation

q le besoin en L/(personne·jour)

Raisonnement

Corrigé — Exercice 4: Eaux noires et assainissement

Résultat

Corrigé — Exercice 4: Eaux noires et assainissement

Exercice 5: Stockage tampon et autonomie

Analysez stockage tampon et autonomie. Relation à tester: « $Q_{\text{jour}} = N \times q$ ». Cas dégradé: une maintenance oblige à isoler une boucle. Livrable: données, unités, résultat, marge, décision.

Corrigé — Exercice 5: Stockage tampon et autonomie

Données du cas

Exercice guidé — Étude de cas calculée: distinguer besoin brut et appoint d'eau — Cas « Étude de cas calculée: distinguer besoin brut et appoint d'eau » — On note n le nombre de personnes; q le besoin en L/(personne·jour); d la durée en jours; r le taux de récupération, sans unité; V le volume en litres. Repère: HYPOTHÈSE PÉDAGOGIQUE — Quatre personnes utilisent chacune 8 L d'eau par jour dans un périmètre simplifié regroupant boisson et hygiène. Réserve: Le chiffre utile pour la logistique n'est donc pas seulement 960 L: dans ce modèle simplifié, la boucle réduit l'appoint à environ 115 L avec

Relation

q le besoin en L/(personne·jour)

Raisonnement

Corrigé — Exercice 5: Stockage tampon et autonomie

Résultat

Corrigé — Exercice 5: Stockage tampon et autonomie

Exercice 6: Biofilms et contamination croisée

Analysez biofilms et contamination croisée. Relation à tester: « $Q_{\text{appoint}} = Q_{\text{jour}} \times (1 - R)$ ». Cas dégradé: un capteur de qualité donne un faux rassurant. Livrable: données, unités, résultat, marge, décision.

Corrigé — Exercice 6: Biofilms et contamination croisée

Données du cas

Exercice guidé — Étude de cas calculée: distinguer besoin brut et appoint d'eau — Cas « Étude de cas calculée: distinguer besoin brut et appoint d'eau » — On note n le nombre de personnes; q le besoin en L/(personne·jour); d la durée en jours; r le taux de récupération, sans unité; V le volume en litres. Repère: HYPOTHÈSE PÉDAGOGIQUE — Quatre personnes utilisent chacune 8 L d'eau par jour dans un périmètre simplifié regroupant boisson et hygiène. Réserve: Le chiffre utile pour la logistique n'est donc pas seulement 960 L: dans ce modèle simplifié, la boucle réduit l'appoint à environ 115 L avec

Relation

q le besoin en L/(personne·jour)

Raisonnement

Corrigé — Exercice 6: Biofilms et contamination croisée

Résultat

Corrigé — Exercice 6: Biofilms et contamination croisée

Exercice 7: Surveillance microbiologique

Relation à tester: « $V_{\text{tampon}} = Q_{\text{crit}} \times t$ ». Cas dégradé: un réservoir est suspecté de contamination. Livrable: données, unités, résultat, marge, décision.

Corrigé — Exercice 7: Surveillance microbiologique**Données du cas**

Exercice guidé — Étude de cas calculée: distinguer besoin brut et appoint d'eau — Cas « Étude de cas calculée: distinguer besoin brut et appoint d'eau » — On note n le nombre de personnes; q le besoin en L/(personne·jour); d la durée en jours; r le taux de récupération, sans unité; V le volume en litres. Repère: HYPOTHÈSE PÉDAGOGIQUE — Quatre personnes utilisent chacune 8 L d'eau par jour dans un périmètre simplifié regroupant boisson et hygiène. Réserve: Le chiffre utile pour la logistique n'est donc pas seulement 960 L: dans ce modèle simplifié, la boucle réduit l'appoint à environ 115 L avec

Relation

q le besoin en L/(personne·jour)

Raisonnement

Corrigé — Exercice 7: Surveillance microbiologique

Résultat

Corrigé — Exercice 7: Surveillance microbiologique

Exercice 8: Hygiène avec ressource contrainte

Analysez hygiène avec ressource contrainte. Relation à tester: « Charge = $C \times Q$ ». Cas dégradé: une étape de traitement est arrêtée. Livrable: données, unités, résultat, marge, décision.

Corrigé — Exercice 8: Hygiène avec ressource contrainte

Données du cas

Exercice guidé — Étude de cas calculée: distinguer besoin brut et appoint d'eau — Cas « Étude de cas calculée: distinguer besoin brut et appoint d'eau » — On note n le nombre de personnes; q le besoin en L/(personne·jour); d la durée en jours; r le taux de récupération, sans unité; V le volume en litres.

Repère: HYPOTHÈSE PÉDAGOGIQUE — Quatre personnes utilisent chacune 8 L d'eau par jour dans un périmètre simplifié regroupant boisson et hygiène. Réserve: Le chiffre utile pour la logistique n'est donc pas seulement 960 L: dans ce modèle simplifié, la boucle réduit l'appoint à environ 115 L avec

Relation

q le besoin en L/(personne·jour)

Raisonnement

Corrigé — Exercice 8: Hygiène avec ressource contrainte

Résultat

Corrigé — Exercice 8: Hygiène avec ressource contrainte

Mini-projet intégrateur et dossier de référence

Établir le plan sanitaire d'une implantation de 30 habitants: débits par usage, récupération, volumes tampons, points de mesure, barrières, critères d'isolement et stratégie de restriction lorsqu'une ligne de traitement est indisponible.

« Exercice 8: Hygiène avec ressource contrainte » — hypothèses, budget, marges.

« Exercice 8: Hygiène avec ressource contrainte » — interfaces et causes communes.

« Exercice 8: Hygiène avec ressource contrainte » — calculs, limites, critères.

Verification de maîtrise du module 43

- « Exercice 8: Hygiène avec ressource contrainte » — unités et ordre de grandeur.
- « Exercice 8: Hygiène avec ressource contrainte » — cas dégradé.
- « Exercice 8: Hygiène avec ressource contrainte » — marge décisionnelle.
- « Exercice 8: Hygiène avec ressource contrainte » — mesure de contrôle.
- Termes de contrôle: **Vérification**

Repères du passage: état · observation
Repères du passage: débit · substitution
Repères du passage: ordre de grandeur · validation
Repères du passage: marge
Repères du passage: robustesse
Repères du passage: autonomie
Repères du passage: incendie
Repères du passage: masse · unité

Salle d'incident eau : empêcher qu'un défaut local devienne une exposition collective

La sûreté de l'eau ne dépend pas d'un unique purificateur. Elle dépend d'une chaîne de barrières dont l'état reste compréhensible lorsque les mesures se contredisent. Captage, prétraitement, purification principale, contrôle microbien, stockage propre, distribution et contrôle au point d'usage doivent pouvoir être isolés et diagnostiqués séparément.

Un mauvais prélèvement est un événement, pas encore un diagnostic

Un signal microbien anormal doit déclencher une vérification de la méthode de prélèvement, du point d'échantillonnage, des tendances en ligne et des volumes exposés depuis la dernière mesure fiable. On conserve l'échantillon et les journaux, on répète par une méthode indépendante si possible et on évite de rincer le système avant d'avoir compris la frontière de contamination.

Définir la frontière propre avant toute maintenance

Ouvrir un filtre, remplacer une pompe ou brancher un flexible provisoire peut court-circuiter une excellente chaîne de traitement. La procédure doit préciser quels outils et raccords sont admis côté propre, comment ils sont désinfectés, comment l'intrusion de poussière est évitée et quel test autorise le retour en service.

Décider en mode dégradé

Si un capteur aval devient suspect alors qu'un réservoir protégé contient encore de l'eau vérifiée, la priorité est de préserver la consommation essentielle, d'isoler le tronçon douteux et de reconstruire la chronologie. Continuer à distribuer parce que le débit nominal reste disponible confond capacité hydraulique et qualité sanitaire.

► Exercice — choisir un mode dégradé défendable

Pour relier cet atelier aux références déjà utilisées par le module, consulter [NASA — Water Recovery Milestone](#) et [NASA ECLSS](#).

Sources primaires et passerelles

- [NASA — Water Recovery Milestone](#)
- [NASA ECLSS](#)