

Chaîne alimentaire, stockage, nutrition et sécurité sanitaire



Équipage travaillant dans des boucles de culture, alimentation et support-vie sur Mars.

Visualisation conceptuelle — la chaîne alimentaire relie production, stockage, nutrition, sécurité microbiologique, eau, énergie et réserves de contingence.

Relier cultures, aliments importés, transformation, stocks et nutrition pour éviter qu'une serre performante masque une chaîne alimentaire fragile.

Comprendre le problème avant les équations

Question de départ — Chaîne alimentaire, stockage, nutrition et sécurité sanitaire: comment « Comprendre avant de calculer » agit-il sur « ration », et quel repère issu de « durée de conservation » permet de vérifier la décision?

Intuition. L'équipage doit traverser une période de ravitaillement retardé sans sacrifier santé, hygiène alimentaire ou réserves destinées aux urgences.



Comprendre avant de calculer

L'équipage doit traverser une période de ravitaillement retardé sans sacrifier santé, hygiène alimentaire ou réserves destinées aux urgences.



ration

Définition sans prérequis.



durée de conservation

Définition sans prérequis.

Repère concret. L'équipage doit traverser une période de ravitaillement retardé sans sacrifier santé, hygiène alimentaire ou réserves destinées aux urgences.

- Comprendre avant de calculer — L'équipage doit traverser une période de ravitaillement retardé sans sacrifier santé, hygiène alimentaire ou réserves destinées aux urgences.
- ration — Définition sans prérequis.
- durée de conservation — Définition sans prérequis.

Ce module s'appuie sur modules 00 à 46 selon le sujet, mais il reste lisible isolément: les symboles déterminants pour chaîne alimentaire, stockage, nutrition et sécurité sanitaire sont explicités au premier calcul.

RAMPE ZÉRO PRÉREQUIS · MODULE 51

Comprendre avant de calculer

L'équipage doit traverser une période de ravitaillement retardé sans sacrifier santé, hygiène alimentaire ou réserves destinées aux urgences.

Progression du module — ration; durée de conservation; chaîne du froid; sécurité sanitaire.

ration

Définition sans prérequis. Une **ration** est une quantité planifiée d'aliments destinée à couvrir des besoins définis sur une durée, avec énergie, macro- et micronutriments.

Scène concrète. Deux rations ayant le même nombre de calories peuvent différer fortement en protéines, vitamines, fibres et acceptabilité.

Contrôle mental. Multipliez la **ration** quotidienne par l'effectif et la durée, puis ajoutez pertes et réserve; un stock alimentaire doit être exprimé en jours-personnes, pas seulement en kilogrammes.

Piège à éviter. Réduire simplement les calories sans analyse nutritionnelle peut créer des déficits et dégrader la performance.

Pourquoi cela compte en mission. Dans ce module, une erreur sur « **ration** » peut créer pénurie, ration déséquilibrée ou risque sanitaire plusieurs mois après l'erreur initiale de stockage.

Exercice guidé — ration

Situation à reconnaître. Deux rations ayant le même nombre de calories peuvent différer fortement en protéines, vitamines, fibres et acceptabilité.

Vérification demandée. Multipliez la ration quotidienne par l'effectif et la durée, puis ajoutez pertes et réserve; un stock alimentaire doit être exprimé en jours-personnes, pas seulement en kilogrammes.

Erreur à écarter. Réduire simplement les calories sans analyse nutritionnelle peut créer des déficits et dégrader la performance.

Corrigé raisonné

Sens précis

Une ration est une quantité planifiée d'aliments destinée à couvrir des besoins définis sur une durée, avec énergie, macro- et micronutriments.

Test du cas

Multipliez la ration quotidienne par l'effectif et la durée, puis ajoutez pertes et réserve; un stock alimentaire doit être exprimé en jours-personnes, pas seulement en kilogrammes.

Piège exclu

Réduire simplement les calories sans analyse nutritionnelle peut créer des déficits et dégrader la performance.

Conséquence opérationnelle

Dans ce module, une erreur sur « ration » peut créer pénurie, ration déséquilibrée ou risque sanitaire plusieurs mois après l'erreur initiale de stockage.

durée de conservation

Définition sans prérequis. La **durée de conservation** est la période pendant laquelle un aliment reste acceptable selon sécurité, qualité nutritionnelle et conditions de stockage définies.

Scène concrète. **Température, oxygène, humidité et radiation** peuvent accélérer certaines dégradations.

Contrôle mental. La date limite doit rester postérieure à la date réelle de consommation prévue avec **marge**; un stock présent mais périmé avant usage ne constitue pas une capacité.

Piège à éviter. Une date n'est pas une propriété absolue: elle dépend du **produit**, de l'emballage et des conditions réellement subies.

Pourquoi cela compte en mission. Dans ce module, une erreur sur « [durée de conservation](#) » peut créer pénurie, ration déséquilibrée ou risque sanitaire plusieurs mois après l'erreur initiale de stockage.

Exercice guidé — durée de conservation

Situation à reconnaître. Température, oxygène, humidité et radiation peuvent accélérer certaines dégradations.

Vérification demandée. La date limite doit rester postérieure à la date réelle de consommation prévue avec marge; un stock présent mais périmé avant usage ne constitue pas une capacité.

Erreur à écarter. Une date n'est pas une propriété absolue: elle dépend du produit, de l'emballage et des conditions réellement subies.

Corrigé raisonné

Sens précis	La durée de conservation est la période pendant laquelle un aliment reste acceptable selon sécurité, qualité nutritionnelle et conditions de stockage définies.
Test du cas	La date limite doit rester postérieure à la date réelle de consommation prévue avec marge; un stock présent mais périmé avant usage ne constitue pas une capacité.
Piège exclu	Une date n'est pas une propriété absolue: elle dépend du produit, de l'emballage et des conditions réellement subies.
Conséquence opérationnelle	Dans ce module, une erreur sur « durée de conservation » peut créer pénurie, ration déséquilibrée ou risque sanitaire plusieurs mois après l'erreur initiale de stockage.

Termes du corrigé. [observation](#)

Quantification

durée de conservation: relation qualitative ici; aucune unité intrinsèque.

Vérification

chaîne du froid

Définition sans prérequis. La **chaîne du froid** maintient des produits dans une plage de température contrôlée depuis la préparation jusqu'à l'usage.

Scène concrète. Une panne électrique peut imposer de transférer rapidement des produits vers un stockage prioritaire.

Contrôle mental. Une rupture de température se juge par durée et température atteinte, pas par le simple fait que l'équipement ait redémarré ensuite.

Piège à éviter. Réfrigérer plus froid n'est pas toujours sans conséquence: congélation et cycles peuvent altérer certains aliments ou médicaments.

Pourquoi cela compte en mission. Dans ce module, une erreur sur « **chaîne du froid** » peut créer pénurie, ration déséquilibrée ou risque sanitaire plusieurs mois après l'erreur initiale de stockage.

Exercice guidé — chaîne du froid

Situation à reconnaître. Une panne électrique peut imposer de transférer rapidement des produits vers un stockage prioritaire.

Vérification demandée. Une rupture de température se juge par durée et température atteinte, pas par le simple fait que l'équipement ait redémarré ensuite.

Erreur à écarter. Réfrigérer plus froid n'est pas toujours sans conséquence: congélation et cycles peuvent altérer certains aliments ou médicaments.

Corrigé raisonné

Sens précis

La chaîne du froid maintient des produits dans une plage de température contrôlée depuis la préparation jusqu'à l'usage.

Test du cas

Une rupture de température se juge par durée et température atteinte, pas par le simple fait que l'équipement ait redémarré ensuite.

Piège exclu

Réfrigérer plus froid n'est pas toujours sans conséquence: congélation et cycles peuvent altérer certains aliments ou médicaments.

Conséquence opérationnelle

Dans ce module, une erreur sur « chaîne du froid » peut créer pénurie, ration déséquilibrée ou risque sanitaire plusieurs mois après l'erreur initiale de stockage.

Quantification

chaîne du froid: relation qualitative ici; aucune unité intrinsèque.

Vérification

chaîne du froid: confronter conclusion, contrôle et piège de la carte.

sécurité sanitaire

Définition sans prérequis. La **sécurité sanitaire** vise à prévenir dangers biologiques, chimiques et physiques des aliments à travers hygiène, températures, procédés, **traçabilité** et surveillance.

Scène concrète. Un lot suspect peut être isolé grâce aux numéros de lot et à l'historique de stockage.

Contrôle mental. Un lot sûr exige maîtrise des dangers biologiques, chimiques et physiques; l'absence de symptôme immédiat ne suffit pas à valider la chaîne alimentaire.

Piège à éviter. L'absence d'odeur ou d'apparence anormale ne prouve pas

l'absence de danger microbiologique.

Pourquoi cela compte en mission. Dans ce module, une erreur sur « [sécurité sanitaire](#) » peut créer pénurie, ration déséquilibrée ou risque sanitaire plusieurs mois après l'erreur initiale de stockage.

Exercice guidé — sécurité sanitaire

Situation à reconnaître. Un lot suspect peut être isolé grâce aux numéros de lot et à l'historique de stockage.

Vérification demandée. Un lot sûr exige maîtrise des dangers biologiques, chimiques et physiques; l'absence de symptôme immédiat ne suffit pas à valider la chaîne alimentaire.

Erreur à écarter. L'absence d'odeur ou d'apparence anormale ne prouve pas l'absence de danger microbiologique.

Corrigé raisonné

Sens précis	La sécurité sanitaire vise à prévenir dangers biologiques, chimiques et physiques des aliments à travers hygiène, températures, procédés, traçabilité et surveillance.
Test du cas	Un lot sûr exige maîtrise des dangers biologiques, chimiques et physiques; l'absence de symptôme immédiat ne suffit pas à valider la chaîne alimentaire.
Piège exclu	L'absence d'odeur ou d'apparence anormale ne prouve pas l'absence de danger microbiologique.
Conséquence opérationnelle	Dans ce module, une erreur sur « sécurité sanitaire » peut créer pénurie, ration déséquilibrée ou risque sanitaire plusieurs mois après l'erreur initiale de stockage.

Termes du corrigé. [vérification](#)

Quantification

sécurité sanitaire: relation qualitative ici; aucune unité intrinsèque.

Vérification

sécurité sanitaire: confronter conclusion, contrôle et piège de la carte.

Étude intégrée — Chaîne alimentaire, stockage, nutrition et sécurité sanitaire

Situation à analyser. L'équipage doit traverser une période de ravitaillement retardé sans sacrifier santé, hygiène alimentaire ou réserves destinées aux urgences.

- **ration:** Deux rations ayant le même nombre de calories peuvent différer fortement en protéines, vitamines, fibres et acceptabilité. Contrôle attendu: Multipliez la ration quotidienne par l'effectif et la durée, puis ajoutez pertes et réserve; un stock alimentaire doit être exprimé en jours-personnes, pas seulement en kilogrammes.
- **durée de conservation:** Température, oxygène, humidité et radiation peuvent accélérer certaines dégradations. Contrôle attendu: La date limite doit rester postérieure à la date réelle de consommation prévue avec marge; un stock présent mais périmé avant usage ne constitue pas une capacité.
- **chaîne du froid:** Une panne électrique peut imposer de transférer rapidement des produits vers un stockage prioritaire. Contrôle attendu: Une rupture de température se juge par durée et température atteinte, pas par le simple fait que l'équipement ait redémarré ensuite.
- **sécurité sanitaire:** Un lot suspect peut être isolé grâce aux numéros de lot et à l'historique de stockage. Contrôle attendu: Un lot sûr exige maîtrise des dangers biologiques, chimiques et physiques; l'absence de symptôme immédiat ne suffit pas à valider la chaîne alimentaire.

Le diagnostic ne doit pas confondre « ration » et « durée de conservation ». Le premier se reconnaît ici par le cas suivant: Deux rations ayant le même nombre de calories peuvent différer fortement en protéines, vitamines, fibres et acceptabilité.

Le second doit être contrôlé autrement: La date limite doit rester postérieure à la date réelle de consommation prévue avec marge; un stock présent mais périmé avant usage ne constitue pas une capacité.

Une seconde vérification croise « chaîne du froid » et « sécurité sanitaire ». Gardez comme alerte « Réfrigérer plus froid n'est pas toujours sans conséquence: congélation et cycles peuvent altérer certains aliments ou médicaments. »; pour « sécurité sanitaire », utilisez plutôt ce test: Un lot sûr exige maîtrise des dangers biologiques, chimiques et physiques; l'absence de symptôme immédiat ne suffit pas à valider la chaîne alimentaire.

Exercice de synthèse

Dans la situation de « Chaîne alimentaire, stockage, nutrition et sécurité sanitaire », classez les indices selon « ration » (Multipliez la ration quotidienne par l'effectif et la durée, puis ajoutez pertes et réserve; un stock alimentaire doit être exprimé en jours-personnes, pas seulement en kilogrammes.), « durée de conservation » (La date limite doit rester postérieure à la date réelle de consommation prévue avec marge; un stock présent mais périmé avant usage ne constitue pas une capacité.), « chaîne du froid » (Une rupture de température se juge par durée et température atteinte, pas par le simple fait que l'équipement ait redémarré ensuite.), « sécurité sanitaire » (Un lot sûr exige maîtrise des dangers biologiques, chimiques et physiques; l'absence de symptôme immédiat ne suffit pas à valider la chaîne alimentaire.) Décision suspendue si un contrôle échoue.

Corrigé de synthèse

Pour ration, Dans ce module, une erreur sur « ration » peut créer pénurie, ration déséquilibrée ou risque sanitaire plusieurs mois après l'erreur initiale de stockage. Le garde-fou principal est: Réduire simplement les calories sans analyse nutritionnelle peut créer des déficits et dégrader la performance. Pour durée de conservation, Dans ce module, une erreur sur « durée de

conservation » peut créer pénurie, ration déséquilibrée ou risque sanitaire plusieurs mois après l'erreur initiale de stockage. Le garde-fou principal est: Une date n'est pas une propriété absolue: elle dépend du produit, de l'emballage et des conditions réellement subies. Pour chaîne du froid, Dans ce module, une erreur sur « chaîne du froid » peut créer pénurie, ration déséquilibrée ou risque sanitaire plusieurs mois après l'erreur initiale de stockage. Le garde-fou principal est: Réfrigérer plus froid n'est pas toujours sans conséquence: congélation et cycles peuvent altérer certains aliments ou médicaments. Pour sécurité sanitaire, Dans ce module, une erreur sur « sécurité sanitaire » peut créer pénurie, ration déséquilibrée ou risque sanitaire plusieurs mois après l'erreur initiale de stockage. Le garde-fou principal est: L'absence d'odeur ou d'apparence anormale ne prouve pas l'absence de danger microbiologique.

stock alimentaire utile = stock physique – stock impropre – réserve non consommable en routine

Question de départ

À partir de «stock alimentaire utile = stock physique – stock impropre – réserve non consommable en routine», quel écart stock alimentaire utile faut-il retenir pour «Corrigé de synthèse»?

Lecture à voix haute

Lecture des symboles: «stock alimentaire utile égale stock physique moins stock impropre moins réserve non consommable en routine».

Symboles, prononciation et sens

stock alimentaire utile: masse réellement disponible pour la consommation courante; stock physique: masse totale présente; stock impropre: masse devenue non consommable; réserve non consommable en routine: masse volontairement protégée pour l'urgence.

Unités

les quatre termes sont des masses alimentaires sur le même inventaire, par exemple kg. Ils doivent être exprimés dans la même unité avant soustraction.

Origine et statut des valeurs

Avant calcul, identifier l'origine de chaque entrée numérique et séparer données observées, constantes, valeurs de scénario et hypothèses d'apprentissage. Pour cette application, les données citées viennent de: les stocks alimentaires, pertes, masses et consommations prévues.

Pourquoi cette opération

On part du stock physiquement présent puis on retire ce qui ne peut pas être consommé et ce qui doit rester réservé. Le résultat est la masse disponible en routine.

Substitution et calcul

Préparer les deux entrées à partir des données sourcées, vérifier leur compatibilité dimensionnelle et calculer ensuite leur différence.

Saisie sur calculatrice

Saisir chaque terme complet, conserver les signes internes, puis appliquer la soustraction extérieure; arrondir seulement à la fin.

Estimation mentale

L'estimation consiste à regarder la distance approximative entre les deux valeurs. Un résultat beaucoup plus grand que les deux entrées est suspect.

Contrôle indépendant

Contrôle de fermeture: stock alimentaire utile + stock impropre + réserve non consommable en routine doit redonner stock physique.

Interprétation physique ou opérationnelle

La relation «stock alimentaire utile = stock physique – stock impropre – réserve non consommable en routine» sert ici le raisonnement de «Corrigé de synthèse»: une valeur numérique n'est exploitable qu'en précisant unité, domaine d'application et hypothèses physiques ou opérationnelles.

Traduction en français courant

Le résultat stock alimentaire utile exprime l'écart orienté entre deux quantités comparables dans la frontière définie par «Corrigé de synthèse».

Variation / sensibilité

La sensibilité est additive: une modification Δ de l'une des entrées se retrouve dans stock alimentaire utile avec un signe déterminé par sa position dans la soustraction.

Limite / hypothèse

Ne pas interpréter un petit stock alimentaire utile sans comparer les incertitudes des deux termes; conserver aussi le même périmètre de mesure pour chacun.

Progression de maîtrise

1. ration: appliquez le contrôle concret de sa fiche.
2. durée de conservation: appliquez le contrôle concret de sa fiche.
3. chaîne du froid: appliquez le contrôle concret de sa fiche.
4. sécurité sanitaire: appliquez le contrôle concret de sa fiche.
5. Synthèse de « Chaîne alimentaire, stockage, nutrition et sécurité sanitaire »:
confrontez « ration » à « durée de conservation »; choisissez le contrôle prioritaire.

Vérification de maîtrise

Validation 51 — ration, durée de conservation, chaîne du froid, sécurité sanitaire.

Pour chaque notion: un indice et un contrôle.

Objectifs de maîtrise

- Savoir reconnaître un cas réel de « Comprendre avant de calculer » à partir d'indices observables.
- Présenter les données et unités nécessaires à l'analyse de « ration ».
- Tester la sensibilité du résultat à une hypothèse de « durée de conservation ».
- Formuler le critère qui autorise, retarde ou interdit la décision liée à « chaîne du froid ».

1. Produire des plantes n'est pas nourrir une colonie

Une culture fournit une [masse](#) fraîche, mais une alimentation doit aussi apporter énergie, protéines, lipides, micronutriments et variété. Les rendements agricoles doivent donc être convertis en valeur nutritionnelle et en [disponibilité](#) réelle après pertes, préparation et stockage. Une serre produisant beaucoup de salade améliore fraîcheur et moral sans couvrir les besoins énergétiques principaux.

Les recherches [NASA](#) sur les cultures spatiales, dont Advanced Plant Habitat, montrent pourquoi rendement, nutrition et [robustesse](#) doivent être étudiés ensemble. [NASA Science — Advanced Plant Habitat](#)

2. Stocks importés et production locale

Les premières implantations dépendront d'aliments importés. La production locale réduit progressivement cette dépendance mais introduit une variabilité biologique. Le plan alimentaire combine donc un [stock tampon](#) stable et une production fraîche variable. Le stock doit couvrir une mauvaise récolte, une panne de serre ou un retard logistique sans conduire immédiatement à une ration insuffisante.

3. Calories, protéines et qualité nutritionnelle

Une ration est évaluée par énergie totale mais aussi par protéines, acides gras essentiels, vitamines et minéraux. Certaines cultures offrent beaucoup de masse avec peu de calories; d'autres sont denses mais exigent plus de traitement. Le choix des espèces doit donc répondre à

un portefeuille nutritionnel, à la productivité, au temps équipage et à la facilité de conservation.

4. Transformation alimentaire

Broyer, cuire, fermenter, sécher ou pasteuriser transforme conservation, digestibilité et sécurité. Chaque procédé consomme de l'énergie et du matériel. La fermentation peut créer variété et conserver des aliments, mais impose contrôle microbiologique et procédures. La cuisine devient une fonction technique de la chaîne de vie, pas seulement un confort.

5. Conservation et vieillissement

Les aliments secs, congelés ou stérilisés ne vieillissent pas de la même façon. Température, oxygène, humidité et rayonnement peuvent réduire qualité et teneur en vitamines. Le [système](#) de stocks utilise dates, lots et rotation FIFO/FEFO afin que des palettes entières ne deviennent pas inutilisables simultanément. Les analyses de durée de conservation doivent être reliées à la [cadence](#) des ravitaillements.

6. Sécurité microbiologique et allergènes

Un incident alimentaire peut toucher plusieurs membres d'équipage à la fois. La séparation cru/cuit, les températures, l'hygiène, les prélèvements et la traçabilité sont donc essentiels. Dans un habitat fermé, une [contamination](#) n'est pas seulement un problème de cuisine: elle peut impliquer eau, surfaces, déchets et microbiome de serre.

7. Réserves d'urgence

Une réserve d'urgence doit être consommable sans infrastructure complexe. Si elle exige un four, beaucoup d'eau ou une chaîne froide qui vient justement de tomber en panne, elle n'est pas réellement indépendante. Les scénarios définissent une ration de survie, sa durée, son eau nécessaire et les restrictions d'activité associées.

8. Facteurs humains et monotonie

La variété alimentaire influence appétit, moral et comportement. Une ration théoriquement complète mais monotone peut conduire à une consommation insuffisante. Les menus, textures et possibilités de préparation ont donc une valeur opérationnelle. Le système doit intégrer préférences, allergies et adaptation culturelle sans multiplier de façon incontrôlée les références de stock.

Approfondissement: rétablir une serre après incident

Après contamination ou maladie végétale, la priorité n'est pas de relancer immédiatement le [rendement](#) maximal. Il faut isoler la cause, nettoyer ou remplacer les éléments touchés, vérifier eau et nutriments puis redémarrer par étapes. Le stock alimentaire tampon donne le temps de réaliser cette remise en service sans accepter des produits douteux. La résilience de la chaîne alimentaire dépend donc directement de la durée de réserve importée ou conservée.

Approfondissement: emballage comme barrière sanitaire

L'emballage protège contre humidité, oxygène, contamination et dommages mécaniques. Sur Mars, il devient aussi une matière à gérer après usage. Le choix d'un emballage est donc un compromis entre durée de conservation, masse, facilité d'ouverture, risque de débris et recyclabilité. Une solution très légère mais impossible à refermer peut augmenter les pertes alimentaires après ouverture. Les formats doivent être adaptés à la taille des groupes et à la [fréquence](#) réelle de consommation.

Approfondissement: stocks par nutriment et non par menu

Une réserve alimentaire ne doit pas être évaluée uniquement en nombre de repas. Les stocks critiques suivent aussi protéines, lipides, certains micronutriments et aliments adaptés à des situations médicales. Une perte de serre peut avoir peu d'effet sur les calories mais beaucoup sur certaines vitamines. Le tableau de bord alimentaire doit donc traduire les lots disponibles en jours de couverture nutritionnelle, avec des marges spécifiques pour les éléments les plus difficiles à remplacer.

9. Exemple calculé: autonomie calorique

Vingt personnes à 2 600 kcal par jour nécessitent 52 000 kcal/j. Pour un stock de trente jours, la réserve correcte est $52\,000 \times 30 = 1\,560\,000$ kcal. Elle couvre donc $1\,560\,000 \div 52\,000 = 30$ jours pour le groupe entier. Si la production locale fournit durablement 35 % des calories, les réserves n'en fournissent plus que $52\,000 \times 0,65 = 33\,800$ kcal/j; la même réserve couvre alors $1\,560\,000 \div 33\,800 \approx 46,2$ jours. Le dénominateur représente déjà la consommation du groupe entier: il ne faut pas rediviser le résultat par vingt.

Étude de cas calculée: stock alimentaire pour 30 personnes et 45 jours

HYPOTHÈSE PÉDAGOGIQUE — La masse alimentaire moyenne planifiée est de 0,75 kg par personne et par jour. L'équipage compte 30 personnes, le stock doit couvrir 45 jours et inclure 15 % de réserve.

On note N le nombre de personnes; q la masse journalière, en kg/personne/jour; d la durée, en jours; M la masse sans réserve, en kg; r la réserve, sans unité.

$M_{\text{jour}} = N \times q = 30 \times 0,75 = 22,5$ kg/jour. $M = 22,5 \times 45 = 1\,012,5$ kg. Avec la réserve:
 $M_{\text{plan}} = 1\,012,5 \times 1,15 = 1\,164,375$ kg, soit environ 1 164 kg.

Le calcul porte sur une masse logistique moyenne et ne remplace pas un plan nutritionnel. Il montre comment durée et réserve transforment un besoin quotidien modeste en plus d'une tonne de stock.

10. Exercice

Une serre fournit 25 % des calories mais 60 % de la vitamine C. Une panne divise sa production par deux pendant 40 jours. Calculer le nouveau taux de couverture calorique et proposer une stratégie de stock qui protège aussi les micronutriments.

11. Solution raisonnée

La couverture calorique locale tombe de 25 % à 12,5 %. Les stocks doivent donc fournir 87,5 % du besoin pendant la panne, mais la question vitaminique ne se résout pas par les calories seules. Il faut prévoir aliments stockés ou compléments dont la stabilité couvre la période de crise.

12. Mini-projet de validation

Concevoir une chaîne alimentaire de 30 personnes pendant 500 jours: rations importées, cultures, transformation, stockage, rotation, nutrition, sécurité, réserves d'urgence et scénario de perte partielle de serre.

Chaîne alimentaire : raisonner en jours réellement consommables, pas en tonnes entreposées

Une réserve alimentaire peut sembler abondante tout en étant fragile si une partie expire, exige une chaîne froide, manque de diversité ou ne couvre pas l'énergie et les micronutriments. La capacité utile doit donc intégrer la fraction réellement consommable et les besoins de la population.

La disponibilité alimentaire est une chaîne de fonctions

Production, récolte, transformation, stockage, cuisine, eau, énergie, hygiène et contrôle sanitaire sont liés. Une panne de froid ou de préparation peut rendre inutilisable une masse d'aliments pourtant présente physiquement.

La rotation réduit simultanément pertes et risque

FEFO, suivi des lots, températures et dates permettent de consommer d'abord ce qui devient le plus vulnérable. L'objectif n'est pas seulement de minimiser le gaspillage mais d'éviter qu'une même erreur de stockage affecte toute une catégorie.

La nutrition devient une contrainte système

Le calcul doit couvrir énergie, protéines et nutriments essentiels, tout en tenant compte des pertes, de la culture locale et des limitations médicales. Une colonie ne peut pas déclarer une autonomie alimentaire sur la seule masse sèche.

Autonomie alimentaire simplifiée

$$D_food = E_stockée \times f_utilisable / (N \times e_jour)$$

E_stockée est l'énergie alimentaire totale disponible, f_utilisable la fraction réellement consommable, N le nombre de personnes et e_jour le besoin énergétique moyen retenu dans le scénario. Tous ces termes doivent être explicités.

► Exercice — une panne de froid change l'autonomie

Pour relier cet atelier aux références déjà utilisées par le module, consulter [NASA Science — Advanced Plant Habitat](#) et [NASA — Growing Plants in Space](#).

Sources primaires et passerelles

- [NASA Science — Advanced Plant Habitat](#)
- [NASA — Growing Plants in Space](#)
- [NASA NTRS — Space Crop Production](#)