Cette annexe reproduit, sans réécriture, l'introduction générale et le chapitre 2 « La digestion » de la version du cours qui fait foi (version doctorale de juin 2026, dans sa transcription du 8 octobre 2026), en présente les chapitres 1 et 3 sous forme résumée, et reproduit les fiches ASIN des deux cours types de la plateforme, auxquels renvoie le chapitre 13. Seules des normalisations de forme ont été appliquées au texte reproduit (typographie, casse des intertitres, énumérations mises en listes, appels auteur-date) ; la bibliographie d'origine est retirée, les références citées figurant dans la bibliographie générale.

Table des matières

Le cours de 3AC : « La fonction de nutrition et l'éducation nutritionnelle », chapitres 1, 2 et 3 (version doctorale, juin 2026)..... 193
- Introduction générale à l'unité..... 194
  - Présentation de l'unité didactique..... 194
  - Cadre théorique : l'approche ASIN..... 195
  - Architecture pédagogique des chapitres..... 198
- Chapitre 1 : les aliments (présentation résumée)..... 199
  - Objet et organisation..... 199
  - Activités par phase du modèle ASIN..... 200
  - Obstacles visés..... 201
- Chapitre 2 : la digestion..... 201
  - 2.2. Situation-problème déclencheuse..... 201
  - 2.3. Questionnement et hypothèses..... 202
  - 2.4. Activités d'investigation..... 204
  - 2.5. Mise en commun et institutionnalisation..... 212
  - 2.6. Cours structuré..... 213
  - 2.7. Schémas et figures..... 221
  - 2.8. Évaluation différenciée..... 222
  - 2.9. Prolongements et ressources complémentaires..... 224
- Chapitre 3 : l'éducation nutritionnelle (présentation résumée)..... 224
  - Objet et organisation..... 224
  - Activités par phase du modèle ASIN..... 225
  - Obstacles visés..... 225

Les fiches ASIN des cours types..... 227
- J1. Fiche ASIN : alimentation et digestion (cours type)..... 227
- J2. Fiche ASIN : la respiration (cours type)..... 238

Les fiches pédagogiques qui accompagnaient le cours rédigé et les fiches ordinaires des cours types ne sont pas reproduites ; seules les fiches ASIN des deux cours types le sont, en niveaux de gris. Les fiches ordinaires sont disponibles auprès de l'auteur. Les parties reproduites le sont telles qu'elles ont été utilisées, sans correction. Les erreurs et les imprécisions qu'elles

comportent sont relevées au chapitre 13 (section 13.2), qui les retient comme corrections pour la version suivante du cours.

Le cours de 3AC : « La fonction de nutrition et l'éducation nutritionnelle », chapitres 1, 2 et 3 (version doctorale, juin 2026)

Les chapitres 1 et 3 du cours sont présentés sous forme résumée ; le texte complet du cours et ses fiches pédagogiques sont disponibles auprès de l'auteur.

Manuel numérique SVT 3AC, unité : la fonction de nutrition et l'éducation nutritionnelle

Chapitres 1, 2 et 3, approche ASIN (approche hybride socioconstructiviste par investigation numérique)

Niveau : 3ème année du cycle collégial (3AC)

Discipline : sciences de la vie et de la Terre (SVT)

Cadre référentiel : ministère de l'Éducation nationale (MEN)-Royaume du Maroc

Approche pédagogique : ASIN (approche hybride socioconstructiviste par investigation numérique)

Introduction générale à l'unité

Présentation de l'unité didactique

L'unité didactique « La fonction de nutrition et l'éducation nutritionnelle » constitue un pilier fondamental du curriculum de sciences de la vie et de la Terre (SVT) au niveau de la 3ème année du cycle collégial (3AC) dans le système éducatif marocain. Cette unité s'inscrit dans une progression curriculaire cohérente qui vise à développer chez les apprenants une compréhension scientifique rigoureuse des mécanismes biologiques fondamentaux tout en les sensibilisant aux enjeux de santé publique et d'éducation nutritionnelle dans le contexte marocain contemporain (Boulal, 2020, 2022).

Le choix de cette unité répond à plusieurs impératifs didactiques et sociétaux. D'une part, la nutrition représente une fonction vitale dont la compréhension nécessite la mobilisation de concepts biologiques, chimiques et physiologiques complexes, permettant ainsi le développement de compétences scientifiques transversales (El Mahmouhi et al., 2021). D'autre part, le Maroc fait face à une transition nutritionnelle caractérisée par la coexistence de problèmes de malnutrition (carences) et de surnutrition (obésité, maladies chroniques), particulièrement chez les adolescents, ce qui confère à l'éducation nutritionnelle une dimension de santé publique prioritaire.

L’analyse des dysfonctionnements curriculaires identifiés dans le système éducatif marocain révèle plusieurs obstacles à l’efficacité didactique de l’enseignement de la nutrition (Mouaheb et al., 2024 ; Seghir et al., 2021). Parmi ces dysfonctionnements, on note :

1. *Une transposition didactique inadéquate des pratiques expérimentales* : Les manuels scolaires traditionnels présentent souvent les expériences de reconnaissance des nutriments et de digestion de manière décontextualisée, sans lien explicite avec les situations de vie réelle des apprenants (Aidoun et al., 2016 ; Boulal, 2020).
2. *Un déséquilibre dans les modes didactiques des expériences scientifiques* : La recherche montre une focalisation excessive sur le mode de construction conceptuelle au détriment de la familiarisation pratique et de l’investigation empirique (Bouzit et al., 2020).
3. *Des difficultés d’apprentissage liées aux conceptions erronées* : Les élèves marocains manifestent des conceptions alternatives persistantes concernant les échanges nutritifs, la transformation des aliments et le rôle des organes digestifs.
4. *Un écart significatif entre les prescriptions curriculaires et les pratiques enseignantes réelles* : Les enseignants, confrontés à des contraintes de temps, de matériel et de formation, tendent à privilégier une approche transmissive au détriment de la démarche d’investigation préconisée par les orientations pédagogiques officielles (Ait El Mokhtar et al., 2026 ; Boulal, 2022).
5. *Une exploitation insuffisante des technologies numériques* : Malgré les investissements dans le programme GENIE (généralisation des technologies de l’information et de la communication dans l’enseignement), l’intégration effective des ressources numériques interactives dans l’enseignement des SVT reste limitée (Ettazarini, 2017 ; Maouni et al., 2014).

Pour répondre à ces dysfonctionnements, le présent manuel numérique adopte l’approche hybride socioconstructiviste par investigation numérique (ASIN), une approche pédagogique innovante qui intègre les principes du constructivisme piagétien, du socioconstructivisme vygotskien, de la démarche d’investigation scientifique et de l’exploitation didactique des affordances numériques.

Cadre théorique : l’approche ASIN

L’approche hybride socioconstructiviste par investigation numérique (ASIN) constitue le fondement théorique et méthodologique de ce manuel numérique. Cette approche s’appuie sur une synthèse critique des recherches en didactique des sciences, en psychologie cognitive et

en technologies éducatives, adaptée au contexte spécifique du système éducatif marocain (Conseil supérieur de l'éducation, de la formation et de la recherche scientifique [CSEFRS], 2015).

Fondements théoriques de l'ASIN

1. Le constructivisme piagétien

Le constructivisme piagétien postule que l'apprentissage résulte d'une construction active des connaissances par l'apprenant à travers des processus d'assimilation et d'accommodation (Piaget, 1970). Dans le contexte de l'enseignement de la nutrition, cela implique que les élèves doivent être placés en situation de conflit cognitif face à leurs conceptions initiales (souvent erronées) concernant les aliments, la digestion et les besoins nutritionnels. Les activités d'investigation proposées dans ce manuel visent précisément à créer ces situations de déséquilibre cognitif, permettant aux apprenants de reconstruire leurs représentations mentales sur des bases scientifiquement valides.

2. Le socioconstructivisme vygotskien

Le socioconstructivisme vygotskien complète le constructivisme piagétien en soulignant le rôle central des interactions sociales et du langage dans la construction des connaissances (Vygotski, 1934/1997). La notion de « zone proximale de développement » (ZPD) est particulièrement pertinente pour l'enseignement de concepts complexes comme les transformations enzymatiques ou l'absorption intestinale. L'approche ASIN intègre systématiquement des phases de travail collaboratif (en binômes ou en petits groupes) et de mise en commun collective, permettant aux élèves de bénéficier de l'étayage de leurs pairs et de l'enseignant. Les ressources numériques interactives jouent ici un rôle d'outil de médiation sémiotique, facilitant l'élaboration et la communication des raisonnements scientifiques (Bruner, 1996).

3. La démarche d'investigation scientifique

La démarche d'investigation scientifique, promue par les orientations pédagogiques du MEN marocain, constitue le troisième pilier de l'ASIN (Calmettes et Matheron, 2015 ; Iwzane et al., 2025). Cette démarche, inspirée des pratiques authentiques de la recherche scientifique, se structure en plusieurs phases : (1) situation déclencheuse et questionnement, (2) formulation d'hypothèses, (3) investigation (expérimentale, documentaire ou numérique), (4) structuration des connaissances, et (5) évaluation. Cependant, la recherche montre que la mise en œuvre effective de cette démarche dans les classes marocaines se heurte à de nombreux obstacles (Boulal, 2022 ; Kouchou et al., 2025). L'approche ASIN propose une opérationnalisation

concrète de la démarche d'investigation en s'appuyant sur des ressources numériques spécifiquement conçues pour guider les élèves dans chaque phase du processus investigatif.

4. L'exploitation didactique des affordances numériques

Le quatrième fondement de l'ASIN réside dans l'exploitation didactique des affordances spécifiques des technologies numériques pour l'apprentissage des sciences (R. E. Mayer, 2001 ; Sweller, 1988). Les recherches sur l'efficacité des ressources numériques en biologie identifient plusieurs affordances pédagogiques majeures :

- *La visualisation de phénomènes invisibles ou inaccessibles* : Les animations et modèles 3D permettent de rendre visibles des processus biologiques microscopiques (action des enzymes, absorption au niveau des villosités intestinales) ou inaccessibles à l'observation directe (trajet des aliments dans le tube digestif) (Bouziani et al., 2024).
- *L'interactivité et la manipulation virtuelle* : Les simulations interactives permettent aux élèves de manipuler des variables, de tester des hypothèses et d'observer les conséquences de leurs actions dans un environnement sécurisé et contrôlé.
- *La différenciation pédagogique* : Les ressources numériques offrent des possibilités de parcours personnalisés, d'étayage adaptatif et de feedback immédiat, facilitant ainsi la prise en compte de l'hétérogénéité des élèves (Perrenoud, 1997).
- *L'engagement et la motivation* : Les environnements numériques ludifiés (jeux sérieux, quiz interactifs) favorisent l'engagement cognitif et affectif des apprenants (Gee, 2003).

Cependant, l'efficacité pédagogique des ressources numériques n'est pas automatique et dépend de leur qualité de conception, de leur intégration dans une séquence didactique cohérente et de l'accompagnement pédagogique de l'enseignant (Ettazarini, 2017). L'approche ASIN accorde une attention particulière à ces conditions d'efficacité.

Architecture pédagogique en 7 phases

L'approche ASIN se concrétise dans une architecture pédagogique structurée en 7 phases complémentaires, appliquée de manière systématique à chacun des trois chapitres de cette unité :

Phase 1 : Situation-problème déclencheuse

Chaque chapitre débute par une situation-problème ancrée dans le contexte de vie réel des élèves marocains (alimentation locale, pratiques culturelles, enjeux de santé publique). Cette situation vise à susciter la curiosité, à mobiliser les conceptions initiales et à générer un questionnement authentique.

Phase 2 : Questionnement et formulation d'hypothèses

Les élèves, guidés par l'enseignant, formulent des questions scientifiques et proposent des hypothèses explicatives. Cette phase développe les compétences de problématisation et de raisonnement hypothético-déductif (Calmettes et Matheron, 2015).

Phase 3 : Investigation multimodale

Les élèves mènent des investigations combinant expérimentation réelle (tests chimiques de reconnaissance des nutriments), observation (documents scientifiques), et exploration numérique (animations, simulations, modèles 3D). Cette multimodalité permet de répondre à la diversité des profils d'apprentissage (Gardner, 1983).

Phase 4 : Mise en commun et confrontation

Les résultats des investigations sont partagés, comparés et discutés collectivement. Cette phase favorise l'argumentation scientifique et la co-construction des savoirs (Dillenbourg, 1999).

Phase 5 : Institutionnalisation et structuration

L'enseignant guide la synthèse des apprentissages et formalise les connaissances scientifiques validées. Le cours structuré est co-construit avec les élèves à partir de leurs découvertes (Astolfi, 1992).

Phase 6 : Application et transfert

Des activités d'application permettent de consolider les acquis et de les transférer à de nouveaux contextes (résolution de problèmes, études de cas) (Tardif, 1999).

Phase 7 : Évaluation différenciée

Une évaluation formative continue et une évaluation sommative différenciée permettent de vérifier l'atteinte des objectifs d'apprentissage et d'identifier les besoins de remédiation (Scallon, 2004).

Architecture pédagogique des chapitres

Les trois chapitres de cette unité s'articulent selon une progression didactique cohérente, respectant les principes de progressivité et de complexification conceptuelle :

Chapitre 1 : Les aliments, Ce chapitre introductif vise à construire les concepts fondamentaux de nutriment, de groupe alimentaire et de valeur nutritive. Les élèves apprennent à distinguer les aliments des nutriments, à identifier les principales catégories de nutriments

(glucides, lipides, protides, vitamines, minéraux, eau) et à utiliser des tests chimiques simples pour les reconnaître. Ce chapitre pose les bases nécessaires à la compréhension de la digestion et de l'éducation nutritionnelle.

Chapitre 2 : La digestion, Ce chapitre central aborde les transformations mécaniques et chimiques que subissent les aliments dans le tube digestif. Les élèves découvrent l'anatomie du système digestif, le rôle des enzymes digestives et le processus d'absorption intestinale. Ce chapitre établit le lien entre les aliments (niveau macroscopique) et les nutriments absorbés (niveau microscopique), préparant ainsi la compréhension de la nutrition cellulaire.

Chapitre 3 : L'éducation nutritionnelle, Ce chapitre applicatif mobilise les connaissances acquises dans les deux chapitres précédents pour aborder les enjeux de santé publique liés à l'alimentation. Les élèves analysent les besoins nutritionnels selon l'âge, construisent des repas équilibrés adaptés au contexte marocain, et étudient les troubles nutritionnels (obésité, dénutrition, carences) ainsi que les stratégies de prévention.

Cette progression respecte les principes didactiques de l'approche ASIN en assurant :

- Une ancrage contextuel permanent dans la réalité marocaine
- Une articulation étroite entre connaissances scientifiques et compétences transversales
- Une exploitation optimale des ressources numériques interactives
- Une différenciation pédagogique systématique
- Une évaluation formative continue

Les sections suivantes présentent le développement exhaustif de chacun des trois chapitres, avec l'ensemble des ressources pédagogiques, scientifiques et numériques nécessaires à leur mise en œuvre effective dans les classes marocaines.

Chapitre 1 : les aliments (présentation résumée)

Objet et organisation

Selon l'introduction de l'unité, ce chapitre introductif construit les notions de nutriment, de groupe alimentaire et de valeur nutritive. Les élèves y apprennent à distinguer les aliments des nutriments, à reconnaître les grandes catégories de nutriments (glucides, lipides, protides, vitamines, minéraux, eau) et à les identifier par des tests chimiques simples ; le chapitre prépare ainsi l'étude de la digestion et celle de l'éducation nutritionnelle.

Il s'ouvre sur la situation « Le mystère du petit-déjeuner de Fatima » : une élève de 3AC de Casablanca lit sur un paquet de biscuits les mots glucides, protéines et lipides, et se demande

si son petit-déjeuner traditionnel les contient aussi. La classe en tire la problématique du chapitre : « Quelle est la composition des aliments que nous consommons quotidiennement, et comment peut-on identifier les différents nutriments qu'ils contiennent ? »

Durée et séances : huit heures, en quatre séances de deux heures (séance 1 : situation-problème, questionnement et premiers tests ; séance 2 : suite des tests et exploration numérique ; séance 3 : mise en commun, cours structuré et étiquettes ; séance 4 : application, jeu sérieux et évaluation sommative).

Activités par phase du modèle ASIN

Le tableau VN-7 range les activités du chapitre selon les sept phases du modèle ASIN, avec les durées que le cours leur donne.

Tableau VN-7 : Activités du chapitre 1 du cours, par phase du modèle ASIN.

Phase du modèle ASIN	Activités prévues par le cours	Durée indiquée
1. Situation-problème	Situation « Le mystère du petit-déjeuner de Fatima » : lecture collective, photographie du petit-déjeuner, courte vidéo en darija sous-titrée en français, discussion collective	3 min (vidéo) ; 10 min (discussion)
2. Questionnement et hypothèses	Recueil des questions spontanées, classement selon trois axes (définition, méthode, fonction), formulation de la problématique ; hypothèses sur trois sous-questions, consignées dans un tableau de synthèse repris à la mise en commun	35 min
3. Investigation	Tests chimiques de reconnaissance des nutriments sur des aliments marocains, en binôme au laboratoire (eau iodée, liqueur de Fehling, Sudan III, biuret, chaleur) ; structure moléculaire des nutriments (animation) ; laboratoire virtuel des tests ; quiz adaptatif de classification des aliments ; analyse d'étiquettes alimentaires marocaines, en groupe de quatre	90 min ; 30 min ; 25 min ; 20 min ; 40 min
4. Mise en commun et institutionnalisation	Présentation des résultats expérimentaux, des découvertes numériques et de l'analyse des étiquettes, puis validation des hypothèses à partir du tableau de synthèse	60 min
5. Structuration	Cours structuré en dix parties (aliments et nutriments, glucides, lipides, protides, vitamines, minéraux, eau, tests chimiques, classification des aliments, valeur nutritive et énergétique) et huit schémas décrits	Non indiquée
6. Application et transfert	Pas de rubrique propre : jeu sérieux « Mission Nutriments », rangé parmi les activités d'investigation et placé en séance 4 ; exercice d'expertise de l'évaluation sommative ; quatre prolongements (carnet alimentaire, enquête sur les étiquettes, extraction de l'ADN d'un aliment, débat entre aliments traditionnels et industriels)	30 min (jeu sérieux)

Phase du modèle ASIN	Activités prévues par le cours	Durée indiquée
7. Évaluation différenciée	Évaluation diagnostique (dix questions, en début de séance 1) ; évaluation formative continue (observation, questionnement oral, quiz, tableaux de résultats) ; évaluation sommative en trois niveaux (10, 6 et 4 points), avec corrigé ; remédiation d'une heure sous 10 sur 20	15 min ; 60 min ; 1 h

Obstacles visés

Le cours ne nomme pas les obstacles O1 à O7 de l'étude 3. Le chapitre 1 travaille l'obstacle O3, la confusion entre aliment et nutriment : la distinction fait l'objet de la première sous-question, l'hypothèse « Il n'y a pas de différence, c'est la même chose » figure parmi les réponses attendues des élèves, et le cours structuré s'ouvre sur la définition de l'aliment et celle du nutriment. Les six autres obstacles portent sur la digestion et relèvent du chapitre 2.

Chapitre 2 : la digestion

2.2. Situation-problème déclencheuse

Contexte et accroche motivante

Titre de la situation : « Le mystère du couscous disparu »

Mise en situation :

Youssef, élève de 3AC, adore le couscous que prépare sa grand-mère chaque vendredi. Un jour, après avoir mangé une grande assiette de couscous (semoule, légumes, viande, pois chiches), il se demande : « Où va tout ce que je viens de manger ? Comment mon corps peut-il utiliser ce couscous pour me donner de l'énergie et me faire grandir ? »

Sa petite sœur Amina, qui a 6 ans, lui dit : « C'est simple ! Le couscous va directement dans ton ventre, et après il sort quand tu vas aux toilettes. » Mais Youssef n'est pas convaincu. Il sait, grâce au chapitre précédent, que les aliments contiennent des nutriments (glucides, lipides, protéines) dont le corps a besoin. Mais comment ces nutriments passent-ils des aliments dans le sang pour nourrir toutes les cellules du corps ?

En classe de SVT, Youssef partage ses questions avec ses camarades. L'enseignant propose alors de mener une investigation pour comprendre ce qui se passe entre le moment où nous mangeons un aliment et le moment où ses nutriments arrivent dans nos cellules.

Ancrage dans le contexte marocain

Cette situation-problème est ancrée dans la réalité marocaine :

1. *Aliment emblématique* : Le couscous est un plat traditionnel marocain consommé dans toutes les familles, favorisant l'identification des élèves.
2. *Questionnement authentique* : Les questions de Youssef correspondent aux interrogations réelles des adolescents sur le fonctionnement de leur corps.
3. *Conception erronée* : La réponse d'Amina reflète une conception enfantine courante (le tube digestif comme un simple tuyau) que les élèves doivent dépasser.
4. *Lien avec le chapitre précédent* : La situation établit explicitement le lien entre les nutriments identifiés au chapitre 1 et leur devenir dans l'organisme.

Objectifs de la situation-problème

1. *Susciter la curiosité* sur le fonctionnement du système digestif
2. *Mobiliser les conceptions initiales* (souvent erronées) sur la digestion
3. *Générer un questionnement scientifique* sur les transformations des aliments
4. *Créer un besoin de savoir* sur l'anatomie et la physiologie digestives
5. *Introduire la problématique centrale* : Comment les aliments sont-ils transformés en nutriments absorbables ?

Modalités de présentation

1. *Lecture collective* du récit (projection au tableau)
2. *Photographie* d'une assiette de couscous marocain traditionnel
3. *Courte vidéo d'introduction* (3 minutes) : Animation montrant Youssef mangeant du couscous, puis des points d'interrogation apparaissant sur son corps (bouche, estomac, intestins)
4. *Discussion collective* (10 minutes) : Recueil des représentations initiales des élèves sur la digestion

2.3. Questionnement et hypothèses

Phase de questionnement guidé

Temps 1 : Recueil des questions spontanées (10 minutes)

Exemples de questions spontanées attendues :

- Où vont les aliments après qu'on les a avalés ?
- Qu'est-ce qui se passe dans l'estomac ?

- Comment les nutriments passent-ils dans le sang ?
- Pourquoi faut-il mâcher les aliments ?
- Quel est le rôle de l'intestin ?
- Combien de temps dure la digestion ?
- Pourquoi certains aliments sont-ils plus difficiles à digérer ?

Temps 2 : Catégorisation des questions (15 minutes)

Axe 1 : Questions d'anatomie

- Quels sont les organes du système digestif ?
- Quel est le trajet des aliments dans le corps ?

Axe 2 : Questions de transformation

- Comment les aliments sont-ils transformés ?
- Quelle est la différence entre digestion mécanique et digestion chimique ?
- Quel est le rôle des enzymes ?

Axe 3 : Questions d'absorption

- Comment les nutriments passent-ils dans le sang ?
- Où se fait l'absorption ?
- Que deviennent les nutriments après l'absorption ?

Temps 3 : Formulation de la problématique centrale (10 minutes)

Problématique : « Comment les aliments que nous consommons sont-ils transformés en nutriments simples capables de passer dans le sang pour nourrir nos cellules ? »

Phase de formulation d'hypothèses

Sous-question 1 : Quels sont les organes du système digestif et quel est le trajet des aliments ?

Hypothèses des élèves :

- H1a : « Les aliments passent par la bouche, l'estomac, l'intestin, puis sortent »
- H1b : « Il y a beaucoup d'organes : bouche, œsophage, estomac, intestins, foie »
- H1c : « Le trajet est direct de la bouche à l'estomac, puis à l'intestin »

Sous-question 2 : Comment les aliments sont-ils transformés ?

Hypothèses des élèves :

- H2a : « Les aliments sont broyés par les dents et dissous par les sucs digestifs »
- H2b : « L'estomac mélange les aliments comme un mixeur »

- H2c : « Des produits chimiques dans l'estomac cassent les aliments en petits morceaux »
- H2d : « Les enzymes coupent les grosses molécules en petites molécules »

Sous-question 3 : Comment les nutriments passent-ils dans le sang ?

Hypothèses des élèves :

- H3a : « Les nutriments traversent la paroi de l'intestin »
- H3b : « Il y a des petits trous dans l'intestin qui laissent passer les nutriments »
- H3c : « Les nutriments sont absorbés par des petites structures dans l'intestin »
- H3d : « L'absorption se fait dans l'estomac »

Tableau de synthèse des hypothèses

Question scientifique	Hypothèses formulées	Méthode d'investigation	Résultats	Validation
Quels sont les organes du système digestif ?	H1a, H1b, H1c	Observation (schémas, visite VR)	À compléter	À compléter
Comment les aliments sont-ils transformés ?	H2a, H2b, H2c, H2d	Expérimentation (digestion in vitro), animation	À compléter	À compléter
Comment les nutriments passent-ils dans le sang ?	H3a, H3b, H3c, H3d	Observation (modèle 3D villosités), documentation	À compléter	À compléter

2.4. Activités d'investigation

Activité d'investigation 1 : Anatomie du tube digestif et visite virtuelle VR (investigation documentaire et numérique)

Objectifs spécifiques

- Identifier les organes du tube digestif et leur position anatomique
- Comprendre le trajet des aliments de la bouche à l'anus
- Visualiser l'anatomie du système digestif de manière immersive
- Construire un schéma fonctionnel du tube digestif

Organisation

- *Durée* : 60 minutes
- *Modalité* : Travail en binôme
- *Lieu* : Salle de classe avec tablettes ou casques VR

Déroulement détaillé

Étape 1 : Observation de documents anatomiques (20 minutes)

Chaque binôme reçoit un corpus documentaire comprenant :

- Schéma simplifié du tube digestif (vue d'ensemble)

- Radiographie du système digestif (avec produit de contraste)
- Photographies d'organes digestifs (modèles anatomiques)

Les élèves complètent un schéma muet en identifiant et légendant les organes suivants : 1. Bouche (cavité buccale) 2. Pharynx 3. Œsophage 4. Estomac 5. Intestin grêle (duodénum, jéjunum, iléon) 6. Gros intestin (côlon) 7. Rectum 8. Anus 9. Glandes annexes : glandes salivaires, foie, vésicule biliaire, pancréas

Étape 2 : Visite virtuelle VR « Voyage dans le tube digestif » (30 minutes)

Chaque binôme accède à la visite virtuelle VR (casque VR ou mode 360° sur tablette). Le parcours immersif comprend 8 étapes :

Étape 1 : La bouche

- Observation : Dents (incisives, canines, molaires), langue, glandes salivaires
- Information : « La digestion commence dans la bouche. Les dents broient les aliments (digestion mécanique) et la salive les humidifie et commence la digestion de l'amidon (digestion chimique). »
- Durée : 2 minutes

Étape 2 : L'œsophage

- Observation : Tube musculaire, mouvements péristaltiques (contractions)
- Information : « L'œsophage est un tube qui transporte les aliments de la bouche à l'estomac grâce à des contractions musculaires appelées péristaltisme. »
- Durée : 2 minutes

Étape 3 : L'estomac

- Observation : Poche musculeuse, paroi plissée, suc gastrique
- Information : « L'estomac est une poche qui stocke les aliments et les brasse (digestion mécanique). Il sécrète le suc gastrique contenant de l'acide chlorhydrique et de la pepsine qui digèrent les protéines (digestion chimique). »
- Durée : 4 minutes

Étape 4 : Le duodénum (début de l'intestin grêle)

- Observation : Arrivée de la bile (vésicule biliaire) et du suc pancréatique (pancréas)
- Information : « Le duodénum reçoit la bile qui émulsionne les lipides et le suc pancréatique qui contient des enzymes digestives (amylase, lipase, protéases). »

- Durée : 4 minutes

Étape 5 : Le jéjunum et l'iléon (intestin grêle)

- Observation : Paroi interne couverte de villosités intestinales, absorption des nutriments
- Information : « L'intestin grêle est le principal site d'absorption des nutriments. Sa paroi est couverte de millions de villosités qui augmentent la surface d'échange. »
- Durée : 5 minutes

Étape 6 : Le côlon (gros intestin)

- Observation : Tube plus large, absorption d'eau
- Information : « Le côlon absorbe l'eau et les minéraux. Les résidus non digérés forment les matières fécales. »
- Durée : 3 minutes

Étape 7 : Le rectum et l'anus

- Observation : Stockage et évacuation des matières fécales
- Information : « Le rectum stocke temporairement les matières fécales avant leur évacuation par l'anus. »
- Durée : 2 minutes

Étape 8 : Vue d'ensemble

- Récapitulation du trajet complet avec schéma animé
- Durée : 3 minutes

Étape 3 : Synthèse et construction d'un schéma fonctionnel (10 minutes)

À l'issue de la visite VR, chaque binôme complète un schéma fonctionnel du tube digestif en indiquant :

- Le nom de chaque organe
- Le type de digestion (mécanique/chimique)
- Les sécrétions digestives
- Les nutriments absorbés

Activité d'investigation 2 : Expérience de digestion in vitro de l'amidon (investigation expérimentale)

Objectifs spécifiques

- Mettre en évidence l'action de l'amylase salivaire sur l'amidon

- Comprendre le rôle des enzymes dans la digestion chimique
- Développer des compétences expérimentales (protocole, observation, interprétation)

Organisation

- *Durée* : 60 minutes
- *Modalité* : Travail en binôme
- *Lieu* : Laboratoire de SVT

Déroulement détaillé

Étape 1 : Présentation du protocole expérimental (10 minutes)

L'enseignant présente l'expérience :

Problème : L'amidon du pain est-il digéré dans la bouche ? Si oui, quel est le rôle de la salive ?

Hypothèse : La salive contient une enzyme (amylase) qui transforme l'amidon en sucres simples.

Protocole :

Tube 1 (témoin) : Empois d'amidon + eau distillée

Tube 2 (test) : Empois d'amidon + salive

1. Préparer 2 tubes à essai contenant chacun 5 mL d'empois d'amidon
2. Ajouter 2 mL d'eau distillée dans le tube 1
3. Ajouter 2 mL de salive dans le tube 2
4. Placer les deux tubes au bain-marie à 37 °C pendant 15 minutes
5. Prélever 1 mL de chaque tube et tester avec l'eau iodée (test de l'amidon)
6. Prélever 1 mL de chaque tube et tester avec la liqueur de Fehling (test des sucres réducteurs)
7. Observer et interpréter les résultats

Étape 2 : Réalisation de l'expérience (40 minutes)

Les élèves réalisent l'expérience en suivant le protocole. Ils consignent leurs observations dans un tableau :

Tube	**Contenu**	**Test eau iodée (amidon)**	**Test Fehling (sucres réducteurs)**	**Interprétation**
Tube 1 (témoin)	Amidon + eau			
Tube 2 (test)	Amidon + salive			

Résultats attendus :

Tube	Test eau iodée	Test Fehling	Interprétation
Tube 1	Bleu-violet (amidon présent)	Bleu (pas de sucres réducteurs)	L'amidon n'a pas été transformé
Tube 2	Jaune-brun (amidon absent ou diminué)	Rouge-brique (sucres réducteurs présents)	L'amidon a été transformé en sucres simples par la salive

Étape 3 : Analyse et conclusion (10 minutes)

Les élèves répondent aux questions : 1. Que s'est-il passé dans le tube 2 ? 2. Quel est le rôle de la salive ? 3. Pourquoi le tube 1 est-il nécessaire (témoin) ? 4. Que se passerait-il si on plaçait les tubes à 0 °C ou à 100 °C ?

Conclusion : La salive contient une enzyme appelée amylase salivaire qui transforme l'amidon (glucide complexe) en maltose et glucose (glucides simples). Cette transformation est une digestion chimique. L'enzyme fonctionne de manière optimale à 37 °C (température du corps).

Activité d'investigation 3 : Animation « Digestion de l'amidon étape par étape » (investigation numérique)

Objectifs spécifiques

- Visualiser le mécanisme d'action de l'amylase au niveau moléculaire
- Comprendre la transformation de l'amidon en glucose
- Établir le lien entre observation macroscopique (expérience) et processus moléculaire

Organisation

- *Durée* : 15 minutes
- *Modalité* : Travail en binôme
- *Lieu* : Salle informatique

Déroulement

Les élèves explorent l'animation interactive en 3 niveaux de zoom :

Niveau 1 (macroscopique) : Morceau de pain dans la bouche, mastication, mélange avec la salive

Niveau 2 (tissulaire) : Glandes salivaires sécrétant l'amylase, enzyme se mélangeant aux aliments

Niveau 3 (moléculaire) : Molécules d'amidon (longues chaînes de glucose) coupées par l'amylase en maltose (2 glucose), puis en glucose (1 glucose)

Les élèves complètent un schéma bilan montrant la transformation :

Amidon (polymère de glucose) + Amylase salivaire → Maltose (2 glucose) → Glucose (monomère)

Activité d'investigation 4 : Simulation « Action des enzymes digestives » (investigation numérique)

Objectifs spécifiques

- Comprendre la spécificité des enzymes digestives
- Étudier l'influence des conditions physico-chimiques (température, pH) sur l'activité enzymatique
- Développer le raisonnement expérimental

Organisation

- *Durée* : 25 minutes
- *Modalité* : Travail en binôme
- *Lieu* : Salle informatique

Déroulement

Les élèves utilisent la simulation interactive pour tester l'action de 3 enzymes sur 3 substrats :

Enzymes disponibles : 1. Amylase (digère l'amidon) 2. Pepsine (digère les protéines) 3. Lipase (digère les lipides)

Substrats disponibles : 1. Amidon 2. Protéines 3. Lipides

Expérience 1 : Spécificité enzymatique

Les élèves testent chaque enzyme sur chaque substrat et observent que :

- L'amylase ne digère que l'amidon
- La pepsine ne digère que les protéines
- La lipase ne digère que les lipides

Conclusion : Chaque enzyme est spécifique d'un substrat (principe clé-serrure).

Expérience 2 : Influence de la température

Les élèves testent l'amylase sur l'amidon à différentes températures (0 °C, 20 °C, 37 °C, 60 °C, 100 °C) et observent que :

- À 0 °C : activité très faible

- À 37 °C : activité maximale
- À 100 °C : activité nulle (enzyme dénaturée)

Conclusion : Les enzymes fonctionnent de manière optimale à la température du corps (37 °C).

Expérience 3 : Influence du pH

Les élèves testent la pepsine (enzyme de l'estomac) à différents pH (pH 2, pH 7, pH 9) et observent que :

- À pH 2 (acide) : activité maximale
- À pH 7 (neutre) : activité faible
- À pH 9 (basique) : activité nulle

Conclusion : Chaque enzyme fonctionne de manière optimale à un pH spécifique (pepsine → pH acide de l'estomac).

Activité d'investigation 5 : Modèle 3D « Villosités intestinales » et absorption (investigation numérique)

Objectifs spécifiques

- Comprendre la structure des villosités intestinales
- Visualiser le processus d'absorption des nutriments
- Établir le lien entre structure (grande surface d'échange) et fonction (absorption efficace)

Organisation

- *Durée* : 20 minutes
- *Modalité* : Travail en binôme
- *Lieu* : Salle informatique

Déroulement

Les élèves explorent le modèle 3D interactif d'une villosité intestinale :

Observation 1 : Structure de la villosité

- Forme : repli en doigt de gant
- Épithélium : couche de cellules absorbantes
- Capillaires sanguins : réseau dense de vaisseaux
- Vaisseau lymphatique central (chylifère)

Observation 2 : Animation de l'absorption

L’animation montre le passage des nutriments de la lumière intestinale vers le sang :

- *Glucose et acides aminés* : traversent l’épithélium → entrent dans les capillaires sanguins → transportés vers le foie par la veine porte hépatique
- *Acides gras et glycérol* : traversent l’épithélium → entrent dans le vaisseau lymphatique central → transportés vers le sang par le canal thoracique

Question de réflexion : Pourquoi l’intestin grêle est-il couvert de millions de villosités ?

Réponse : Les villosités augmentent considérablement la surface d’échange (environ 200 m² pour l’intestin grêle, soit la surface d’un terrain de tennis), permettant une absorption efficace des nutriments.

Activité d’investigation 6 : Jeu sérieux « Digestion Quest » (investigation ludique)

Objectifs spécifiques

- Consolider la compréhension du trajet des aliments et de l’absorption
- Mobiliser les connaissances dans un contexte ludique
- Corriger les conceptions erronées

Organisation

- *Durée* : 30 minutes
- *Modalité* : Travail individuel
- *Lieu* : Salle informatique

Déroulement

Les élèves jouent à « Digestion Quest », un jeu de parcours où ils incarnent un nutriment (glucose, acide aminé, ou acide gras) qui doit traverser le tube digestif pour atteindre le sang.

Niveau 1 : La bouche

- Défi : « Le glucose peut-il être absorbé dans la bouche ? » → Non, il doit attendre l’intestin grêle
- Obstacle : Dents qui broient (éviter d’être « broyé »)

Niveau 2 : L’œsophage

- Défi : « Comment le glucose traverse-t-il l’œsophage ? » → Par péristaltisme (contractions musculaires)

Niveau 3 : L'estomac

- Défi : « Le glucose peut-il être absorbé dans l'estomac ? » → Non, l'estomac n'absorbe pas les nutriments (sauf l'alcool et certains médicaments)
- Obstacle : Acide gastrique (éviter d'être « dégradé »)

Niveau 4 : L'intestin grêle

- Défi : « Comment le glucose traverse-t-il la paroi intestinale ? » → Par les villosités intestinales
- Réussite : Le glucose entre dans un capillaire sanguin

Niveau 5 : Le sang

- Défi : « Où va le glucose après l'absorption ? » → Vers le foie, puis vers toutes les cellules du corps
- Victoire : Le glucose atteint une cellule et fournit de l'énergie

2.5. Mise en commun et institutionnalisation

Déroulement de la mise en commun (60 minutes)

Étape 1 : Présentation de l'anatomie du tube digestif (15 minutes)

Des binômes volontaires présentent leur schéma fonctionnel du tube digestif au tableau. L'enseignant guide la construction collective d'un schéma de référence en intégrant les contributions des élèves.

Synthèse collective :

- Le tube digestif est un long tube (environ 9 mètres) qui va de la bouche à l'anus
- Il comprend plusieurs organes : bouche, œsophage, estomac, intestin grêle, gros intestin
- Des glandes annexes (glandes salivaires, foie, pancréas) sécrètent des sucs digestifs

Étape 2 : Présentation des résultats expérimentaux (15 minutes)

Des binômes présentent les résultats de l'expérience de digestion in vitro de l'amidon. L'enseignant anime la discussion sur le rôle des enzymes.

Synthèse collective :

- La salive contient une enzyme (amylase) qui transforme l'amidon en sucres simples
- Les enzymes sont des protéines qui accélèrent les réactions chimiques
- Chaque enzyme est spécifique d'un substrat
- Les enzymes fonctionnent de manière optimale à 37 °C et à un pH spécifique

Étape 3 : Présentation de l'absorption intestinale (15 minutes)

Des binômes présentent leurs observations du modèle 3D des villosités intestinales. L'enseignant explique le processus d'absorption.

Synthèse collective :

- L'absorption des nutriments se fait principalement dans l'intestin grêle
- Les villosités intestinales augmentent la surface d'échange
- Les nutriments traversent l'épithélium intestinal et entrent dans le sang ou la lymphe
- Le glucose et les acides aminés vont dans le sang, les acides gras dans la lymphe

Étape 4 : Validation des hypothèses (15 minutes)

L'enseignant reprend le tableau des hypothèses et guide la validation collective.

2.6. Cours structuré

Introduction

Dans le chapitre précédent, nous avons découvert que les aliments contiennent des nutriments (glucides, lipides, protéines, vitamines, minéraux, eau). Mais comment ces nutriments passent-ils des aliments dans notre sang pour nourrir toutes nos cellules ? Ce chapitre répond à cette question en explorant le processus de digestion et d'absorption.

I. Le tube digestif : anatomie et trajet des aliments

1.1. Définition

Le tube digestif (ou appareil digestif) est l'ensemble des organes qui assurent la transformation des aliments en nutriments absorbables et l'élimination des résidus non digestibles.

1.2. Les organes du tube digestif

Le tube digestif est un long tube creux d'environ 9 mètres qui traverse le corps de la bouche à l'anus. Il comprend les organes suivants, dans l'ordre du trajet des aliments :

1. La bouche (cavité buccale) :

- *Rôle* : Ingestion des aliments, mastication (digestion mécanique), insalivation (digestion chimique)
- *Structures* : Dents (incisives, canines, prémolaires, molaires), langue, glandes salivaires

2. Le pharynx :

- *Rôle* : Carrefour entre les voies digestives et respiratoires, déglutition (passage des aliments de la bouche à l'œsophage)

3. L’œsophage :

- *Rôle* : Transport des aliments de la bouche à l’estomac par péristaltisme (contractions musculaires)
- *Longueur* : Environ 25 cm

4. L’estomac :

- *Rôle* : Stockage temporaire des aliments, brassage (digestion mécanique), sécrétion de suc gastrique (digestion chimique)
- *Capacité* : Environ 1,5 litre

5. L’intestin grêle :

- *Rôle* : Digestion chimique (fin de la digestion), absorption des nutriments
- *Longueur* : Environ 6 mètres
- *Subdivisions* : Duodénum (25 cm), jéjunum (2,5 m), iléon (3,5 m)

6. Le gros intestin (côlon) :

- *Rôle* : Absorption d’eau et de minéraux, formation des matières fécales
- *Longueur* : Environ 1,5 mètre

7. Le rectum :

- *Rôle* : Stockage temporaire des matières fécales

8. L’anus :

- *Rôle* : Évacuation des matières fécales (défécation)

1.3. Les glandes annexes

En plus du tube digestif, plusieurs glandes annexes sécrètent des sucs digestifs qui sont déversés dans le tube digestif :

1. Les glandes salivaires :

- *Localisation* : Bouche (3 paires : parotides, sous-maxillaires, sublinguales)
- *Sécrétion* : Salive (contient l’amylase salivaire)
- *Rôle* : Humidification des aliments, début de la digestion de l’amidon

2. Le foie :

- *Localisation* : Abdomen, sous le diaphragme, à droite

- *Sécrétion* : Bile (stockée dans la vésicule biliaire)
- *Rôle* : Émulsification des lipides (transformation en fines gouttelettes)

3. Le pancréas :

- *Localisation* : Abdomen, derrière l'estomac
- *Sécrétion* : Suc pancréatique (contient amylase pancréatique, lipase, protéases)
- *Rôle* : Digestion des glucides, lipides et protéines

1.4. Trajet des aliments

Les aliments suivent un trajet unidirectionnel de la bouche à l'anus :

Bouche → Pharynx → Œsophage → Estomac → Intestin grêle (duodénum, jéjunum, iléon) → Gros intestin (côlon) → Rectum → Anus

La durée totale du transit digestif est d'environ 24 à 72 heures selon les individus et les aliments consommés.

II. La digestion : transformations mécaniques et chimiques

2.1. Définition

La digestion est l'ensemble des transformations que subissent les aliments dans le tube digestif pour être réduits en nutriments simples, absorbables par l'organisme.

La digestion comprend deux types de transformations complémentaires :

1. La digestion mécanique : Fragmentation physique des aliments en petits morceaux (mastication, brassage)

2. La digestion chimique : Transformation chimique des macromolécules (glucides complexes, lipides, protéines) en molécules simples (glucides simples, acides gras, acides aminés) grâce aux enzymes digestives

2.2. La digestion dans la bouche

Digestion mécanique :

- *Mastication* : Les dents broient les aliments en petits morceaux
- *Insalivation* : La langue mélange les aliments avec la salive, formant le bol alimentaire

Digestion chimique :

- *Amylase salivaire* : Enzyme contenue dans la salive qui commence la digestion de l'amidon en maltose
- *Réaction* : Amidon + Amylase salivaire → Maltose

Durée : Quelques secondes à quelques minutes (selon la mastication)

2.3. La digestion dans l'œsophage

Pas de digestion dans l'œsophage. Cet organe assure uniquement le transport des aliments de la bouche à l'estomac par péristaltisme (contractions musculaires en vagues).

Durée : Environ 10 secondes

2.4. La digestion dans l'estomac

Digestion mécanique :

- *Brassage* : Les contractions musculaires de la paroi stomacale mélangent les aliments avec le suc gastrique, formant le chyme (bouillie acide)

Digestion chimique :

- *Suc gastrique* : Liquide sécrété par les glandes gastriques, contenant :
- *Acide chlorhydrique (HCl)* : Acidifie le milieu (pH 2), tue les bactéries, dénature les protéines
- *Pepsine* : Enzyme qui digère les protéines en peptides
- *Réaction* : Protéines + Pepsine → Peptides

Durée : 2 à 4 heures (selon la composition du repas)

Remarque : La digestion de l'amidon s'arrête dans l'estomac car l'amylase salivaire est inactive en milieu acide.

2.5. La digestion dans l'intestin grêle

L'intestin grêle est le principal site de la digestion chimique. Il reçoit les sécrétions de deux glandes annexes :

A. La bile (sécrétée par le foie, stockée dans la vésicule biliaire) :

- *Rôle* : Émulsification des lipides (transformation en fines gouttelettes), facilitant l'action de la lipase
- *Remarque* : La bile ne contient pas d'enzymes, mais des sels biliaires qui agissent comme des détergents

B. Le suc pancréatique (sécrété par le pancréas) :

- *Composition* : Contient plusieurs enzymes digestives :
- *Amylase pancréatique* : Digère l'amidon en maltose
- *Lipase pancréatique* : Digère les lipides (triglycérides) en acides gras et glycérol

- *Protéases pancréatiques* (trypsine, chymotrypsine) : Digèrent les peptides en acides aminés
- *pH* : Le suc pancréatique est basique (pH 8), neutralisant l'acidité du chyme provenant de l'estomac

C. Le suc intestinal (sécrété par les glandes de la paroi intestinale) :

- *Composition* : Contient des enzymes qui achèvent la digestion :
- *Maltase* : Transforme le maltose en glucose
- *Peptidases* : Transforment les peptides en acides aminés

Réactions dans l'intestin grêle :

Nutriment initial	Enzyme	Produit final
Amidon	Amylase pancréatique	Maltose
Maltose	Maltase	Glucose
Lipides (triglycérides)	Lipase pancréatique	Acides gras + Glycérol
Protéines / Peptides	Protéases / Peptidases	Acides aminés

Durée : 3 à 5 heures

2.6. Le gros intestin (côlon)

Pas de digestion dans le gros intestin. Cet organe assure :

- *Absorption d'eau et de minéraux* : Les résidus liquides provenant de l'intestin grêle sont déshydratés
- *Formation des matières fécales* : Les résidus non digestibles (fibres, cellulose) forment les matières fécales
- *Fermentation bactérienne* : Les bactéries intestinales (flore intestinale) fermentent certaines fibres, produisant des vitamines (vitamine K, vitamine B12)

Durée : 12 à 48 heures

III. Les enzymes digestives : catalyseurs biologiques

3.1. Définition

Une enzyme est une protéine qui accélère une réaction chimique sans être elle-même transformée. Les enzymes sont des catalyseurs biologiques.

3.2. Propriétés des enzymes

1. Spécificité : Chaque enzyme est spécifique d'un substrat (principe clé-serrure)

- L'amylase ne digère que l'amidon
- La lipase ne digère que les lipides
- La pepsine ne digère que les protéines

2. Sensibilité à la température : Les enzymes fonctionnent de manière optimale à 37 °C (température du corps). À 0 °C, leur activité est très faible. À 100 °C, elles sont dénaturées (détruites).

3. Sensibilité au pH : Chaque enzyme fonctionne de manière optimale à un pH spécifique :

- Amylase salivaire : pH 7 (neutre)
- Pepsine : pH 2 (acide)
- Enzymes pancréatiques : pH 8 (basique)

3.3. Principales enzymes digestives

Enzyme	Lieu de sécrétion	Lieu d'action	Substrat	Produit	pH optimal
Amylase salivaire	Glandes salivaires	Bouche	Amidon	Maltose	7
Pepsine	Estomac	Estomac	Protéines	Peptides	2
Amylase pancréatique	Pancréas	Intestin grêle	Amidon	Maltose	8
Lipase pancréatique	Pancréas	Intestin grêle	Lipides	Acides gras + Glycérol	8
Protéases pancréatiques	Pancréas	Intestin grêle	Peptides	Acides aminés	8
Maltase	Intestin grêle	Intestin grêle	Maltose	Glucose	8
Peptidases	Intestin grêle	Intestin grêle	Peptides	Acides aminés	8

IV. L'absorption intestinale : passage des nutriments dans le sang

4.1. Définition

L'absorption est le passage des nutriments de la lumière intestinale (intérieur du tube digestif) dans le sang ou la lymphe, à travers la paroi de l'intestin grêle.

4.2. Lieu de l'absorption

L'absorption se fait principalement dans l'intestin grêle, et plus précisément au niveau des villosités intestinales.

4.3. Structure des villosités intestinales

Les villosités intestinales sont des replis en forme de doigts de gant qui tapissent la paroi interne de l'intestin grêle. Chaque villosité mesure environ 1 mm de hauteur. L'intestin grêle contient environ 4 à 5 millions de villosités, ce qui augmente considérablement la surface d'échange (environ 200 m², soit la surface d'un terrain de tennis).

Structure d'une villosité :

- *Épithélium* : Couche de cellules absorbantes (entérocytes) qui tapissent la surface de la villosité

- *Capillaires sanguins* : Réseau dense de vaisseaux sanguins qui collectent les nutriments hydrosolubles (glucose, acides aminés)
- *Vaisseau lymphatique central (chylifère)* : Vaisseau qui collecte les nutriments liposolubles (acides gras, glycérol)

4.4. Mécanisme de l'absorption

Les nutriments traversent l'épithélium intestinal et entrent dans le sang ou la lymphe selon leur nature :

A. Absorption des glucides :

- *Forme absorbée* : Glucose (et autres monosaccharides : fructose, galactose)
- *Trajet* : Lumière intestinale → Entérocytes → Capillaires sanguins → Veine porte hépatique → Foie → Circulation générale

B. Absorption des protides :

- *Forme absorbée* : Acides aminés
- *Trajet* : Lumière intestinale → Entérocytes → Capillaires sanguins → Veine porte hépatique → Foie → Circulation générale

C. Absorption des lipides :

- *Forme absorbée* : Acides gras et glycérol
- *Trajet* : Lumière intestinale → Entérocytes → Vaisseau lymphatique central → Canal thoracique → Circulation sanguine

D. Absorption de l'eau, des vitamines et des minéraux :

- *Eau* : Absorbée dans l'intestin grêle et le côlon
- *Vitamines hydrosolubles* (B, C) : Absorbées dans l'intestin grêle, passent dans le sang
- *Vitamines liposolubles* (A, D, E, K) : Absorbées avec les lipides, passent dans la lymphe
- *Minéraux* : Absorbés dans l'intestin grêle et le côlon, passent dans le sang

4.5. Devenir des nutriments après l'absorption

Après l'absorption, les nutriments sont transportés par le sang vers toutes les cellules du corps :

1. Glucose : Utilisé par les cellules pour produire de l'énergie (respiration cellulaire), ou stocké sous forme de glycogène dans le foie et les muscles

2. Acides aminés : Utilisés par les cellules pour synthétiser de nouvelles protéines (croissance, réparation des tissus), ou transformés en énergie si nécessaire

3. Acides gras et glycérol : Utilisés par les cellules pour produire de l'énergie, ou stockés sous forme de triglycérides dans le tissu adipeux (réserve énergétique)

4. Vitamines et minéraux : Utilisés comme cofacteurs d'enzymes, régulateurs métaboliques, constituants structuraux

V. Lien entre digestion et nutrition cellulaire

5.1. De l'aliment à la cellule : vue d'ensemble

Le processus complet de la nutrition peut être résumé en 4 étapes :

Étape 1 : Ingestion → Nous consommons des aliments complexes (pain, viande, lait)

Étape 2 : Digestion → Les aliments sont transformés en nutriments simples (glucose, acides aminés, acides gras) dans le tube digestif

Étape 3 : Absorption → Les nutriments traversent la paroi de l'intestin grêle et passent dans le sang

Étape 4 : Nutrition cellulaire → Les nutriments sont transportés par le sang vers toutes les cellules du corps, où ils sont utilisés pour produire de l'énergie, construire de nouvelles molécules, et assurer les fonctions vitales

5.2. Pourquoi la digestion est-elle nécessaire ?

Les aliments que nous consommons contiennent des macromolécules (amidon, protéines, lipides) qui sont trop grosses pour traverser la paroi intestinale et entrer dans le sang. La digestion transforme ces macromolécules en molécules simples (glucose, acides aminés, acides gras) suffisamment petites pour être absorbées.

Analogie : La digestion est comme un puzzle géant (aliment) qui doit être démonté en petites pièces (nutriments) pour pouvoir passer à travers une porte étroite (paroi intestinale).

Conclusion du chapitre

La digestion est un processus complexe qui transforme les aliments en nutriments absorbables. Elle se déroule dans le tube digestif grâce à des transformations mécaniques (mastication, brassage) et chimiques (action des enzymes). L'absorption des nutriments se fait principalement dans l'intestin grêle, au niveau des villosités intestinales. Les nutriments absorbés sont ensuite transportés par le sang vers toutes les cellules du corps pour assurer la nutrition cellulaire.

Dans le chapitre suivant, nous étudierons comment utiliser ces connaissances pour construire une alimentation équilibrée et prévenir les troubles nutritionnels.

2.7. Schémas et figures

Schéma 1 : Anatomie du tube digestif (vue d'ensemble)

Type : Schéma anatomique légendé

Description :

- Vue latérale du corps humain montrant le tube digestif et les glandes annexes
- Organes représentés : bouche, pharynx, œsophage, estomac, intestin grêle, gros intestin, rectum, anus
- Glandes annexes : glandes salivaires, foie, vésicule biliaire, pancréas
- Code couleur : tube digestif en beige, glandes annexes en vert

Légende : « Figure 2.1 : Anatomie du tube digestif. Le tube digestif est un long tube qui va de la bouche à l'anus. Les glandes annexes (glandes salivaires, foie, pancréas) sécrètent des sucs digestifs. »

Schéma 2 : Trajet des aliments et transformations successives

Type : Schéma fonctionnel avec flèches

Description :

- Représentation simplifiée du tube digestif avec flèches indiquant le trajet des aliments
- À chaque étape, indication des transformations (mécaniques/chimiques) et des sécrétions
- Évolution de la taille des particules alimentaires (de grosses à petites)

Légende : « Figure 2.2 : Trajet des aliments et transformations successives dans le tube digestif. »

Schéma 3 : Structure d'une villosité intestinale

Type : Schéma anatomique détaillé avec coupe transversale

Description :

- Vue en coupe d'une villosité intestinale
- Structures représentées : épithélium, capillaires sanguins, vaisseau lymphatique central
- Flèches montrant le passage des nutriments (glucose → sang, acides gras → lymphe)

Légende : « Figure 2.3 : Structure d'une villosité intestinale. Les villosités augmentent la surface d'absorption. Les nutriments traversent l'épithélium et entrent dans le sang ou la lymphe. »

Schéma 4 : Digestion de l'amidon (schéma moléculaire)

Type : Schéma moléculaire simplifié

Description :

- Représentation de la molécule d'amidon (chaîne de glucose)
- Action de l'amylase (ciseaux symboliques coupant la chaîne)
- Produits de la digestion : maltose, puis glucose

Légende : « Figure 2.4 : Digestion de l'amidon par l'amylase. L'amidon (polymère de glucose) est coupé en maltose, puis en glucose (monomère). »

Schéma 5 : Tableau récapitulatif des enzymes digestives

Type : Tableau synthétique

Légende : « Figure 2.5 : Principales enzymes digestives et leurs actions. »

2.8. Évaluation différenciée

2.8.1. Évaluation diagnostique

Question 1 : Dessine le trajet que suit un morceau de pain depuis la bouche jusqu'à sa sortie du corps.

Question 2 : Selon toi, que se passe-t-il dans l'estomac ?

Question 3 : Comment les nutriments passent-ils dans le sang ?

2.8.2. Évaluation sommative (60 minutes)

NIVEAU 1 : ACQUISITION (10 points)

Exercice 1 : Légender un schéma du tube digestif (3 points)

Exercice 2 : Vrai ou Faux (2 points)

1. La digestion commence dans l'estomac. ☐ Vrai ☐ Faux
2. Les enzymes sont des protéines qui accélèrent les réactions chimiques. ☐ Vrai ☐ Faux
3. L'absorption se fait principalement dans l'estomac. ☐ Vrai ☐ Faux
4. Les villosités intestinales augmentent la surface d'absorption. ☐ Vrai ☐ Faux

Exercice 3 : Compléter un tableau (3 points)

Enzyme	Substrat	Produit
Amylase salivaire		
Pepsine		
Lipase pancréatique		

Exercice 4 : QCM (2 points)

1. Où se fait principalement l’absorption des nutriments ?
    1. Estomac
    2. Intestin grêle
    3. Gros intestin
    4. Œsophage
2. Quel est le rôle de la bile ?
    1. Digérer les protéines
    2. Émulsifier les lipides
    3. Digérer l’amidon
    4. Absorber l’eau

NIVEAU 2 : APPROFONDISSEMENT (6 points)

Exercice 5 : Analyse de résultats expérimentaux (3 points)

On réalise l’expérience suivante :

- Tube 1 : Amidon + salive à 37 °C
- Tube 2 : Amidon + salive à 0 °C
- Tube 3 : Amidon + salive à 100 °C

Après 15 minutes, on teste avec l’eau iodée :

- Tube 1 : Jaune-brun
- Tube 2 : Bleu-violet
- Tube 3 : Bleu-violet

1. Interprète les résultats de chaque tube.
2. Quelle conclusion peux-tu tirer sur l’influence de la température sur l’activité enzymatique ?

Exercice 6 : Schéma fonctionnel (3 points)

Construis un schéma fonctionnel montrant le trajet du glucose depuis un morceau de pain jusqu'à une cellule musculaire. Indique les organes traversés et les transformations subies.

NIVEAU 3 : EXPERTISE (4 points)

Exercice 7 : Résolution de problème (4 points)

Ahmed souffre d'une maladie qui détruit les villosités intestinales (maladie cœliaque). Explique : 1. Pourquoi Ahmed a-t-il des difficultés à absorber les nutriments ? 2. Quelles conséquences cela peut-il avoir sur sa santé ? 3. Propose des solutions pour améliorer son absorption des nutriments.

2.9. Prolongements et ressources complémentaires

Activités de prolongement

Activité 1 : Dissection virtuelle

Exploration d'une dissection virtuelle du tube digestif (logiciel ou application)

Activité 2 : Enquête « Troubles digestifs »

Recherche documentaire sur les troubles digestifs courants au Maroc (gastrite, ulcère, constipation) et leurs causes

Activité 3 : Projet « Hygiène digestive »

Création d'une affiche de sensibilisation sur les bonnes pratiques d'hygiène digestive

Fin du chapitre 2

Chapitre 3 : l'éducation nutritionnelle (présentation résumée)

Objet et organisation

Selon l'introduction de l'unité, ce chapitre applicatif mobilise les connaissances des deux chapitres précédents pour aborder les enjeux de santé publique liés à l'alimentation. Les élèves y analysent les besoins nutritionnels selon l'âge, construisent des repas équilibrés adaptés au contexte marocain et étudient les troubles nutritionnels (obésité, dénutrition, carences) ainsi que leur prévention.

Il s'ouvre sur la situation « Les deux amis : Karim et Mehdi » : deux élèves de 3AC de Rabat, du même âge, l'un en surpoids, l'autre très mince et mal nourri, apprennent lors d'une visite médicale scolaire les risques que leur alimentation fait peser sur leur santé. La problématique du chapitre est : « Comment construire une alimentation équilibrée adaptée aux besoins des adolescents marocains pour prévenir les troubles nutritionnels ? »

Durée et séances : huit heures, en quatre séances de deux heures ; le chapitre ne répartit pas ses activités entre les séances.

Activités par phase du modèle ASIN

Le tableau VN-8 range les activités du chapitre selon les sept phases du modèle ASIN. Le chapitre ne donne pas la durée de ses activités, hormis celle de l'évaluation sommative.

Tableau VN-8 : Activités du chapitre 3 du cours, par phase du modèle ASIN.

Phase du modèle ASIN	Activités prévues par le cours	Durée indiquée
1. Situation-problème	Situation « Les deux amis : Karim et Mehdi »	Non indiquée
2. Questionnement et hypothèses	Six questions spontanées attendues et problématique centrale ; le chapitre ne formule pas d'hypothèses attendues	Non indiquée
3. Investigation	Calcul des besoins nutritionnels (calculateur interactif) ; construction de repas équilibrés pour Karim et Mehdi (jeu sérieux « Construis ton repas équilibré ») ; analyse des troubles nutritionnels au Maroc (infographie interactive) ; quiz de prévention « Vrai ou Faux sur la nutrition » ; exploration de l'alimentation régionale marocaine (carte interactive)	Non indiquée
4. Mise en commun et institutionnalisation	Une phrase : les élèves partagent leurs découvertes et construisent les principes de l'équilibre alimentaire et de la prévention des troubles nutritionnels ; ni déroulé ni durée	Non indiquée
5. Structuration	Cours structuré en cinq parties (besoins nutritionnels de l'adolescent, équilibre alimentaire et pyramide alimentaire marocaine, troubles nutritionnels, prévention et hygiène alimentaire, alimentation durable) et trois schémas décrits	Non indiquée
6. Application et transfert	Pas de rubrique propre : exercice d'expertise de l'évaluation sommative (campagne de prévention de l'obésité au collège) ; quatre prolongements (journal alimentaire, enquête sur les cantines scolaires, débat sur la publicité alimentaire, atelier de recettes marocaines équilibrées)	Non indiquée
7. Évaluation différenciée	Évaluation sommative seule, en trois niveaux (10, 6 et 4 points)	60 min

Obstacles visés

Le chapitre 3 ne travaille aucun des obstacles O1 à O7, qui portent sur la digestion. Il vise des idées reçues sur l'alimentation, que le quiz de prévention doit aider à déconstruire.

Fin du manuel numérique, chapitres 1, 2, 3

Date de rédaction : 15 avril 2026

Niveau : Doctoral (thèse de doctorat)

Cadre référentiel : ministère de l'Éducation nationale (MEN), Royaume du Maroc

Approche pédagogique : ASIN (approche hybride socioconstructiviste par investigation numérique)

Ce manuel numérique constitue une contribution originale à la didactique des sciences de la vie et de la Terre au Maroc. Il propose une approche pédagogique innovante, fondée sur des preuves empiriques issues de la recherche en didactique, et adaptée au contexte spécifique du système éducatif marocain. Les trois chapitres développés (Les aliments, La digestion, L'éducation nutritionnelle) offrent aux enseignants et aux élèves un ensemble complet de ressources pédagogiques, scientifiques et numériques pour un enseignement-apprentissage efficace de la fonction de nutrition.

L'approche ASIN, en intégrant les principes du constructivisme, du socioconstructivisme, de la démarche d'investigation et de l'exploitation didactique des technologies numériques, répond aux dysfonctionnements curriculaires identifiés dans le système éducatif marocain et contribue au développement des compétences du 21ème siècle chez les apprenants.

Ce travail s'inscrit dans la Vision stratégique de la réforme 2015-2030 du Conseil supérieur de l'éducation, de la formation et de la recherche scientifique, et dans les orientations pédagogiques du ministère de l'Éducation nationale pour l'enseignement des SVT au cycle collégial.