

Une ressource bidisciplinaire : croissance bactérienne

1. Place de la séquence dans les programmes

Dans le programme de mathématiques

Thème 2 : Suites et fonctions		
Suites arithmétiques et suites géométriques Définition par récurrence des suites arithmétiques et des suites géométrique	Lire et représenter graphiquement le nuage de points dans un repère semi-logarithmique.	↔ [EGH, ESAE] Évolution d'une population (clientèle, bactéries, etc.).
Feuilles automatisées de calculs (objectifs pour le lycée)		
Étude et représentation de séries statistiques, de suites et de fonctions numériques à l'aide d'un tableur ou d'une calculatrice.	Choisir la représentation la plus adaptée à une situation donnée : tableau, graphique, etc.	Les enseignements technologiques offrent de nombreux exemples.

Dans le programme d'enseignement scientifique alimentation-environnement

Thème 3 : Bonnes pratiques et qualité : des démarches pour la satisfaction du client.			
« Comment se prémunir de la contamination et du développement des micro-organismes dans les denrées alimentaires ? »			
Comment se prémunir de la contamination et du développement des microorganismes dans les denrées alimentaires ?	<i>En restauration, on analyse les procédés et les pratiques professionnelles pour mettre en œuvre des mesures afin d'éviter la contamination et le développement des micro-organismes et parasites.</i>		
	Identifier les paramètres de développement des micro-organismes contaminants	Temps de génération Paramètres d'influence : - Température - pH - Activité de l'eau (a_w) - Concentration en dioxygène - Concentration en nutriments	A partir de ressources documentaires, de manipulations simples ou d'usage d'outils numériques, on cherchera à dégager l'influence de quelques paramètres sur le développement des micro-organismes. ↔ [MATHS] suite géométrique, courbe de croissance

2. Ressource pour l'enseignant

Public	Classe de Première série STHR En cours de : Enseignement scientifique d'alimentation environnement Mathématiques	
Durée séquence	8 à 10 heures	
Connecté avec...	Montrer l'intérêt de l'utilisation de micro-organismes en alimentation (seconde). Relier les étapes d'une fermentation à celles d'une fiche technique (terminale).	
Capacités transversales	ESAE / Mathématiques	Mathématiques
	Rechercher et sélectionner l'information Analyser des données chiffrées et les interpréter Analyser des représentations graphiques et les interpréter Mobiliser des compétences numériques Synthétiser et communiquer par écrit Echanger et travailler en groupe Segmenter les tâches Communiquer à l'oral	Utiliser les suites et les fonctions dans le cadre de résolutions de problèmes, en lien avec les enseignements technologiques. Enrichir l'ensemble des fonctions mobilisables en vue de la résolution de problèmes, en lien avec les enseignements technologiques. Utiliser de façon complémentaire les différents outils de calcul et de représentation (à la main, à la calculatrice, avec un logiciel de calcul formel, un tableur, un logiciel de géométrie dynamique...) et l'algorithmique.
Supports et outils utilisés	<ul style="list-style-type: none"> • Une fiche activité de questionnement • Un logiciel de tableur 	
Organisation de la séquence	Explicitation des objectifs des deux séquences.	
	Activité préliminaire : Mathématiques Approche du logarithme décimal et de la représentation graphique d'un nuage de points dans un repère semi-logarithmique.	
	Séquence 1 : croissance bactérienne <i>Séances 1 à 3 : Activités disciplinaires // Séance 4 : co-animation</i> <ul style="list-style-type: none"> • Séance 1 : ESAE (1h30 à 2h) – classe entière. Analyses et interprétations d'expériences de cultures bactériennes dans différentes conditions. • Séance 2 : Mathématiques – classe à effectif réduit ; travail en binôme Construction d'une représentation graphique sur poste informatique (outil numérique). • Séance 3 : ESAE (1h) – classe à effectif réduit ; travail en binôme. Analyses et interprétations des courbes de croissance bactérienne réalisées en mathématiques : détermination des différentes phases de croissance bactériennes. 	

	<ul style="list-style-type: none"> • Séance 4 : Co-animation (1h à 1h30) – classe à effectif réduit de préférence. Temps de synthèse ESAE et mathématiques.
	<p>Séquence 2 : reproduction bactérienne et temps de génération</p> <ul style="list-style-type: none"> • Séance 1 : Mathématiques Approximation affine de la phase exponentielle. Calcul du temps de génération et du taux de croissance horaire • Séance 2 : ESAE (1h à 1h30) – classe entière Reproduction bactérienne par scissiparité et temps de génération. Paramètres d'influence de croissance.
	<p>Pour chaque séance Explicitation des objectifs de chaque activité proposée. La mise en activité des élèves, tout au long de la séquence, est accompagnée et régulée par les enseignants. Temps de synthèse entre chaque partie traitée. Temps de synthèse collective à la fin de la séance.</p>
Évaluation	Évaluation formative des capacités : les supports élèves complétés et la fiche d'analyse sensorielle seront évalués.

3. Sommaire de la ressource pour l'élève

ACTIVITE PRELIMINAIRE : UTILISATION D'UNE NOUVELLE FONCTION NOTEE LOG	4
<i>Exercice 1</i>	4
<i>Exercice 2</i>	4
<i>Exercice 3</i>	4
SEQUENCE 1 : LA CROISSANCE BACTERIENNE	5
<i>Séance 1 : ESAE</i>	5
<i>Séance 2 : MATHS</i>	8
<i>Séance 4 : Synthèse collective sur croissance bactérienne</i>	10
SEQUENCE 2 : REPRODUCTION BACTERIENNE ET TEMPS DE GENERATION	11
<i>Séance 1 : Maths</i>	11
<i>Séance 2 : ESAE - Temps de synthèse à partir des données de mathématiques</i>	12

Ressource pour l'élève

Activité préliminaire : utilisation d'une nouvelle fonction notée log

Exercice 1

1) À l'aide de la calculatrice, calculer les images suivantes par la fonction log :

$\log(10) =$	$\log(100) =$	$\log(1\ 000) =$	$\log(10\ 000) =$
$\log(10^5) =$	$\log(10^6) =$	$\log(10^7) =$	$\log(10^9) =$

2) Si n est un nombre entier naturel, conjecturer alors le résultat de $\log(10^n)$.

Exercice 2

1) On considère un nombre réel strictement positif. À l'aide de la calculatrice, compléter le tableau suivant :

Nombre a	Nombre $b = \log(a)$	Nombre $c = 10^b$
20		
300		
4 800 500		

2) Si a est un nombre réel strictement positif, conjecturer alors le résultat de $10^{\log(a)}$.

Exercice 3

On suppose qu'une cellule bactérienne se divise en deux cellules toutes les trente minutes.

On étudie l'évolution d'un groupe d'un million de cellules.

- Ouvrir la feuille de calcul intitulée « Activite_log », et compléter la colonne B donnant le nombre de cellules en fonction du temps sur une durée de 6 h.
- Construire un nuage de points représentant le nombre de cellules en fonction du temps en heure.
Quelles remarques peut-on faire sur l'évolution que traduit ce graphique ?
- Compléter la colonne C correspondant au $\log(N)$ où N est la taille de la population de cellules.
- Construire le nuage de points représentant le $\log(N)$ en fonction du temps.
Quelles remarques peut-on faire sur le graphique obtenu ? Donner les avantages de ce type de graphique.
- Sur le dernier graphique réalisé, afficher l'équation de la courbe de tendance du type linéaire.
À l'aide de cette équation, évaluer le temps nécessaire pour que la population de cellules atteigne :
 - 10^{11} cellules ;
 - 5×10^{11} cellules.

Séquence 1 : La croissance bactérienne

Séance 1 : ESAE

Des élèves de Baccalauréat STL spécialité biotechnologies du lycée Senghor à Evreux ont réalisé des expériences. L'objectif principal des expériences est de mettre en évidence les phases de la croissance bactérienne et les facteurs extérieurs pouvant influencer cette croissance.

La culture bactérienne étudiée est une souche d'*E.coli* qui a été maintenue à la température de l'étude : 37°C.

Ils ont donc analysé la croissance de cette souche bactérienne, en bouillon nutritif ordinaire, sans apport supplémentaire d'éléments nutritifs au cours de la croissance (c'est-à-dire dans un **milieu non renouvelé**).

Voici les différentes conditions des expériences qui ont été réalisées :

Flacons de culture	Conditions de culture	Facteurs physico-chimiques de variation
Flacon de culture 1	Flacon avec bouchon en coton cardé (pour permettre un accès facile à l'oxygène), rempli de substance nutritive non tamponné (pH variable) .	
Flacon de culture 2	Flacon avec bouchon en coton cardé (pour permettre un accès facile à l'oxygène), rempli de substance nutritive tamponné à pH=6 .	
Flacon de culture 3	Flacon avec bouchon à vis (faible oxygénation) rempli de substance nutritive non tamponné (pH variable) .	
Flacon de culture 4	Flacon avec bouchon à vis (faible oxygénation) rempli de substance nutritive tamponné à pH=6 .	

1) Préciser :

a) La signification de la notion « milieu non renouvelé » :

b) Les **éléments constants** des 4 expériences :

-
-
-

Les facteurs de variation physico-chimiques de ces expériences, en complétant le tableau ci-dessus.

La croissance bactérienne et la concentration en glucose sont suivies tout au long de l'expérience. Voici, ci-après, les résultats des expériences qui ont été réalisées.

Résultats de l'évolution bactérienne et de la concentration en glucose en fonction du temps

Flacon 1 : Suivi du nombre de bactéries en fonction du temps (milieu aérobie, milieu non tamponné (pH variable))

Temps (min)	Concentration en glucose (g/L)	Concentration bactérienne (nombre de bactéries/mL)
0	3.74	1200000
20	3.56	1200000
40	3.32	1500000
60	2.34	2400000
80	2.21	4200000
100	1.62	11400000
120	1.59	21600000
140	1.4	23400000
160	1.32	29400000

Flacon 2 : Suivi du nombre de bactéries en fonction du temps (milieu aérobie, pH = 6)

Temps (min)	Concentration en glucose (g/L)	Concentration bactérienne (nombre de bactéries/mL)
0	3.91	1500000
20	3.89	1500000
40	3.05	1800000
60	2.91	2100000
80	2.48	3900000
100	1.78	10500000
120	1.59	22200000
140	1.54	33600000
160	1.48	41400000

Flacon 3 : Suivi du nombre de bactéries en fonction du temps (milieu anaérobie, pH variable)

Temps (min)	Concentration en glucose (g/L)	Concentration bactérienne (nombre de bactéries/mL)
0	3.88	1200000
20	3.56	1500000
40	3.59	1500000
60	2.85	1800000
80	2.56	2700000
100	2.34	6300000
120	1.99	11400000
140	1.74	15300000

Flacon 4 : Suivi du nombre de bactéries en fonction du temps (milieu anaérobie, pH = 6)

Temps (min)	Concentration en glucose (g/L)	Concentration bactérienne (nombre de bactéries/mL)
0	3.62	1500000
20	3.51	1500000
40	3.49	1800000
60	2.99	2100000
80	2.34	3600000
100	2.1	8700000
120	1.48	17400000
140	1.38	17400000
160	Non fait	24600000

L'objectif est de dénombrer le nombre de bactéries au cours du temps, durant l'expérience et de relever les points communs et points divergents en fonction des situations expérimentales.

2) A partir des données recueillies :

a) **Proposer une définition** des termes suivants :

- Aérobie :
- Anaérobie :
- pH :

b) **Analyser** le tableau et **décrire** l'évolution de la concentration du glucose au cours du temps:

- Expérience 1 :
- Expérience 2 :
- Expérience 3 :
- Expérience 4 :

c) **Analyser** le tableau et **décrire** l'évolution de la quantité de bactéries en fonction du temps :

- Expérience 1 :
- Expérience 2 :
- Expérience 3 :
- Expérience 4 :

d) **Proposer une interprétation** du rôle du glucose pour les bactéries.

Séance 2 : MATHS

Il s'agit d'un travail en binôme en salle informatique, autour de la représentation graphique de l'évolution de la quantité de bactéries en fonction du temps.

Ouvrir le fichier tableur nommé « Croissance_bactérienne ». Chaque feuille de calcul donne les résultats des expériences de chaque flacon.

Chaque binôme étudiera les résultats d'un flacon.

Pour le flacon à étudier :

- 1) Tracer les nuages de points avec courbe lissée suivants :
 - a) la concentration en glucose en g/L en fonction du temps en minute ;
 - b) la concentration bactérienne en nombre de bactérie par mL en fonction du temps en minute.
- 2) Décrire l'évolution du glucose et de la concentration bactérienne en fonction du temps.
- 3) Compléter la colonne D en calculant le log du nombre de bactéries par mL et tracer le nuage de points avec courbe lissée qui représente le log du nombre de bactérie par mL en fonction du temps en minute.
- 4) En quoi ce graphique est-il plus intéressant pour commenter l'évolution de la concentration bactérienne ?

Séance 3 : ESAE

Le travail sera réalisé par binôme à partir des courbes produites en mathématiques (une courbe étudiée par binôme).

- 1) A partir de la représentation logarithmique de la courbe de croissance bactérienne tracée, **compléter le tableau** ci-dessous en **repérant 3 phases** :

	Intervalle de Temps	Concentration bactérienne (nombre de bactéries/ml)	Evolution de la courbe	Concentration en glucose (g/L)
Phase 1				
Phase 2				
Phase 3				

- 2) **Schématiser l'allure de la courbe type** de la croissance bactérienne sur un repère semi logarithmique.

- 3) Pour chaque phase repérée de la croissance bactérienne sur le repère semi-logarithmique, **proposer une ou plusieurs interprétation(s) physiologique(s)** qui permettent d'expliquer les variations de l'allure de la courbe type au cours du temps, en complétant le tableau ci-dessous :

	Intervalle de temps	Evolution de la courbe	Explication(s)
Phase 1			
Phase 2			
Phase 3			

Séance 4 : Synthèse collective sur croissance bactérienne

En co-animation ESAE-Maths

- Mise en commun – Présentation orale par binôme au reste de la classe : allures de courbes en fonction des divers paramètres du milieu expérimental.
- Détermination de points communs à toutes les expériences : mise en évidence des 3 phases de croissance et interprétations des diverses parties de la courbe (hauteur, pente, stationnaire).
- Détermination de points divergents en fonction des situations expérimentales : à partir des courbes présentées et exposées au tableau, comparer les courbes entre-elles si un des paramètres du milieu est changeant. Conclusion collective.
- Détermination des facteurs impactant les données (pH/O₂).
- Recherche d'autres facteurs qui impacteraient sur les valeurs pour une même souche de bactéries.

Séquence 2 : Reproduction bactérienne et temps de génération

Séance 1 : Maths

Il s'agit d'un travail en binôme (les mêmes que la séquence 1) en salle informatique.

Reprendre votre étude du flacon de la séquence 1 et ouvrir le fichier tableur « Croissance_bactérienne »

Définitions

Le *temps de génération* est le temps nécessaire pour que la population de bactéries double.

Le *taux de croissance horaire* est le nombre de divisions effectué par heure.

Pour le flacon à étudier, à partir de la représentation graphique du log du nombre de bactérie par mL en fonction du temps en minutes :

- 1) Repérer les points de la phase exponentielle
- 2) Sur le même graphique, représenter un nouveau nuage de points avec courbe lissée représentant uniquement les points de la phase exponentielle :
À partir de ce nouveau nuage de points :
 - a) Tracer la courbe de tendance du type linéaire et afficher son équation.
 - b) En utilisant cette approximation affine, déterminer :
 - i. le temps nécessaire pour que la concentration de bactéries soit de $1,0 \times 10^7$ bactéries par mL, c'est à dire le temps x telle que $y = \log(1,0 \times 10^7)$;
 - ii. le temps nécessaire pour que la concentration de bactéries soit de $2,0 \times 10^7$ bactéries par mL ;
 - iii. en déduire le temps de génération G du flacon étudié durant la phase exponentielle.
- 3) Déterminer le taux de croissance horaire durant la phase exponentielle.

Séance 2 : ESAE - Temps de synthèse à partir des données de mathématiques.

La reproduction bactérienne est un processus qui se nomme « la division binaire » appelé également « reproduction par scissiparité ».

→ ***Principe et schématisation de la reproduction par scissiparité.***

A partir des données de mathématiques et des courbes dans le repère semi-logarithmique :

1. Donner une définition du **temps de génération** et du **taux de croissance horaire**.

2. **Reporter le temps de génération** identifié pour les expériences :
 - Flacon 1 : temps de génération =
 - Flacon 2 : temps de génération =
 - Flacon 3 : temps de génération =
 - Flacon 4 : temps de génération =

3. Proposer une explication de ces variations.

4. **Imaginer un flacon n°5** et **proposer des facteurs de variations** qui permettent de confirmer votre hypothèse.

5. **Proposer des mesures** qui permettraient de limiter la croissance bactérienne dans le domaine alimentaire.