

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE
E8 SCIENCES DE LA MATIÈRE

Option : STAV

Durée : 120 minutes

Matériel(s) et document(s) autorisé(s) : **Calculatrice**

Le sujet comporte 8 pages

PARTIE A : Physique11 points
PARTIE B : Chimie 9 points

Deux pages portant les annexes A, B et C sont à rendre avec la copie après avoir été numérotées

ÉLEVAGE BOVIN

PARTIE A : Physique (11 points)

Un agriculteur du centre de la France (Massif Central) souhaite moderniser son exploitation agricole. Conscient de l'impact écologique de son entreprise agricole sur l'environnement proche, cet agriculteur souhaite créer un bâtiment économe en énergie et respectueux de l'environnement.

Le nouveau bâtiment accueillera un troupeau de 30 vaches laitières de race « Prim'Holstein » et comprendra une étable, une salle de traite et une salle de stockage du lait. Les caractéristiques de l'exploitation sont données sur le **document A1 page 3**.

Étude du système de ventilation du bâtiment

Une température élevée dans une étable occasionne un risque de maladies. Il est donc nécessaire de ventiler le bâtiment, comme précisé dans le **document A2**. La réussite d'un système de ventilation repose sur deux éléments techniques : la vitesse de déplacement de l'air et son taux de renouvellement (besoin en air frais des vaches).

Pour des températures normales de saison, il faut une vitesse de déplacement de l'air de $1,27 \text{ m.s}^{-1}$ et un taux de renouvellement de 472 L.s^{-1} d'air frais par vache laitière.

A.1. Calculer le taux de renouvellement de l'air total adapté au cheptel de cet élevage.

En étudiant les caractéristiques du bâtiment, le technicien propose l'installation de 5 ventilateurs de diamètre 1,2 m pour une vitesse de déplacement de l'air de $1,27 \text{ m.s}^{-1}$.

A.2. Indiquer le débit d'air correspondant à l'aide du **document A3**.

A.3. Préciser si la ventilation permet un taux de renouvellement d'air satisfaisant.

Intérêt économique d'un pré-refroidisseur de tank à lait

Afin d'éviter l'altération du lait de son troupeau jusqu'à sa transformation, l'agriculteur doit le refroidir, le stocker et le conserver dans un tank à lait (voir **document A4**).

Il estime que la quantité totale d'énergie à dissiper pour refroidir la masse m_{lait} de lait produite chaque jour par son troupeau est égale à 160 MJ.

Par souci d'économie d'énergie, il décide d'installer, entre les collecteurs de lait et le tank, un échangeur thermique ou « pré-refroidisseur ». Ce refroidisseur utilise la circulation naturelle d'eau de son puits et permet d'abaisser la température du lait de 35°C à 20°C avant son entrée dans le tank. Ce dispositif, qui permet d'évacuer une partie de la chaleur du lait dans le milieu extérieur, est sans coût d'énergie électrique supplémentaire pour l'agriculteur.

A.4. Calculer la masse de lait m_{lait} produite chaque jour par le troupeau.

A.5. Montrer que la quantité de chaleur cédée au milieu extérieur par le lait au niveau du pré refroidisseur est $Q = - 77 \text{ MJ}$. Justifier le signe de Q .

A.6. Déterminer et commenter le pourcentage d'économie réalisé avec le système de pré refroidissement.

Étude du racleur à lisier

L'agriculteur, dans sa nouvelle étable, souhaite automatiser l'enlèvement du lisier en aménageant un couloir de récupération muni d'un racleur à câble, dont les caractéristiques sont données dans le **document A5**. Le câble métallique tire le racleur avec une force horizontale \vec{F} constante sur toute la longueur du bâtiment. L'agriculteur doit dimensionner correctement le câble du racleur.

A.7. Calculer la durée Δt mise par le racleur pour nettoyer le couloir.

A.8. Calculer le travail $W(\vec{F})$ de la force horizontale \vec{F} exercée par le racleur.

A.9. Montrer que l'intensité de la force \vec{F} transmise par le câble du racleur vaut $F = 3,0 \times 10^4 \text{ N}$.

A.10. Choisir, à l'aide du **document A6**, le diamètre de câble adapté à l'installation en justifiant la réponse.

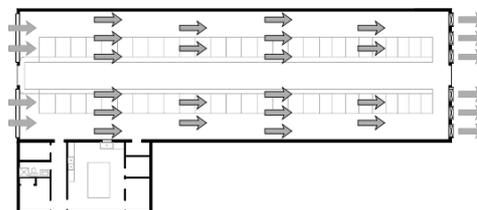
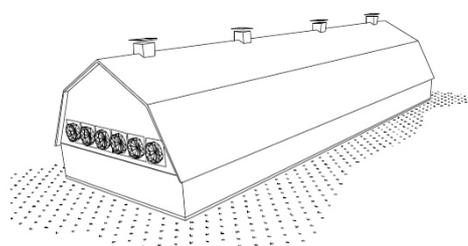
Documents partie A

DOCUMENT A1 : Caractéristiques de l'exploitation

- situation géographique : Massif central – Département du Cantal (15)
- nature du cheptel : 30 vaches laitières de race « Prim'Holstein »
- production laitière : 40 L/jour pour une vache laitière
- dimensions du bâtiment d'élevage :

largeur :	I = 12,0 m
Longueur :	L = 30,0 m
Hauteur :	H = 3,0 m

DOCUMENT A2 : Ventilation d'un bâtiment d'élevage bovin



Source : « ventilation longitudinale des étables laitières – Naud/Leblanc/Dubreuil – Agriréseau Québec »

DOCUMENT A3 : Besoins en ventilateurs du bâtiment d'élevage

Dimensions de l'étable		Vitesse de déplacement d'air de $1,27 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$					Vitesse de déplacement d'air de $1,68 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$				
		Débit d'air L/s	Nombre de ventilateurs			Surface des entrées d'air m^2	Débit d'air L/s	Nombre de ventilateurs			Surface des entrées d'air m^2
			Diamètre m					Diamètre m			
Largeur m	Hauteur m		1,2	1,5	1,8		1,2	1,5	1,8		
10,8	2,4	32 918	3	3	2	13,17	43 546	5	3	3	17,42
	2,7	37 033	4	3	2	14,81	48 989	5	4	3	19,60
	3,0	41 148	4	3	3	16,46	54 432	6	4	3	21,77
11,4	2,4	34 747	4	3	2	13,90	45 965	5	4	3	18,39
	2,7	39 091	4	3	2	15,64	51 710	5	4	3	20,68
	3,0	43 434	5	3	3	17,37	57 456	6	5	4	22,98
12,0	2,4	36 576	4	3	2	14,63	48 384	5	4	3	19,35
	2,7	41 148	4	3	3	16,46	54 432	6	4	3	21,77
	3,0	45 720	5	4	3	18,29	60 480	6	5	4	24,19

Source : d'après « ventilation longitudinale des étables laitières – Naud/Leblanc/Dubreuil – Agriréseau Québec »

DOCUMENT A4 : Tank à lait



Photo : Wikipédia

Données :

Masse volumique du lait : $\rho = 1,03 \text{ kg.L}^{-1}$.

Capacité thermique massique du lait : $c_{\text{lait}} = 4\,180 \text{ J.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$.

Quantité de chaleur Q échangée par un corps de masse m , de capacité thermique massique c , subissant une variation de température $\theta_f - \theta_i$:

$$Q = m \times c \times (\theta_f - \theta_i).$$

DOCUMENT A5 : Racleur à lisier motorisé



Caractéristiques techniques :

- type : câble acier
- puissance mécanique utile : 2,0 kW
- vitesse de déplacement : 4 m/min

Photo d'après : <http://godinfreres.wifeo.com/racleurs-mixeurs.php>

DOCUMENT A6 : Caractéristiques de câbles en acier galvanisé disponibles pour un racleur à lisier motorisé

Dénomination	A	B	C
Diamètre en mm	5	6	8
Résistance en kg/mm^2	180	180	180
Seuil de rupture en N	18000	26000	46000

D'après différents sites de fournisseurs

PARTIE B : Chimie (9 points)

L'agriculteur réserve une partie du lait de son troupeau à la fabrication de yaourts.

Il soupçonne que l'une de ses vaches soit atteinte de mammite (infection du pis) en observant le lait de celle-ci. Lors de cette infection, il se produit une diminution de la production laitière et plusieurs paramètres du lait peuvent être affectés, notamment :

- la caséine va être dénaturée par les changements des paramètres physico-chimiques du lait, elle aura tendance à coaguler, à faire des grumeaux ;
- la teneur en lactose diminue ...

Le lait est alors impropre à la consommation.

B.1. Donner la famille de biomolécules à laquelle appartient la caséine du lait puis celle à laquelle appartient le lactose.

B.2. Entourer les liaisons peptidiques de la caséine présentes sur l'**annexe A (page 7, à rendre avec la copie)**.

La vache malade subit un traitement antibiotique. Après la fin du traitement, l'agriculteur se demande s'il peut à nouveau utiliser le lait de cette vache pour fabriquer du yaourt. Il procède à un ensemencement du lait avec les bactéries lactiques du yaourt, le place à l'étuve pendant une heure et mesure son acidité Dornic suivant le protocole décrit dans le **document B1**.

Si l'acidification s'est déroulée correctement, le lait doit titrer environ 30° Dornic. Par contre, si l'acidité est beaucoup plus faible, de l'ordre de 20° Dornic, il subsiste des antibiotiques dans le lait qui ne peut alors pas être utilisé pour la fabrication du yaourt.

B.3. À l'aide de la fiche de sécurité de l'hydroxyde de sodium, **document B2**, préciser les équipements de protection individuels (E.P.I.) à utiliser pour manipuler ce réactif qui est une base forte.

B. 4. Compléter le schéma du montage du titrage sur l'**annexe B (page 7, à rendre avec la copie)**.

Les volumes d'hydroxyde de sodium versés à l'équivalence pour le titrage du lait sont les suivants :

$$V_1 = 3,1 \text{ mL} ; V_2 = 3,2 \text{ mL} ; V_3 = 3,3 \text{ mL}.$$

B.5. Définir l'équivalence de cette réaction de titrage.

B.6. Expliquer pourquoi il est conseillé de réaliser trois titrages.

B.7. Déterminer si le lait peut être utilisé pour la fabrication du yaourt.

Le lait étant blanc, le changement de couleur de l'indicateur coloré n'est pas toujours très visible. Pour améliorer la précision des résultats, on peut réaliser un titrage suivi par pH-métrie.

B.8. Citer la modification à apporter au montage expérimental utilisé précédemment pour réaliser un titrage suivi par pH-métrie.

B.9. À partir des informations données dans les documents de la partie B et de vos connaissances, tracer en justifiant sur l'**annexe C (page 8, à rendre avec la copie après avoir été numérotée)** l'évolution du pH que l'on devrait obtenir lors du titrage d'un échantillon du lait précédent par de la soude Dornic.

Documents partie B

DOCUMENT B1 : Acidité Dornic

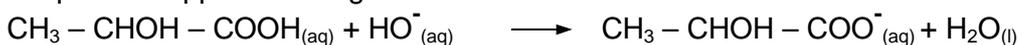
Généralités

Le degré Dornic permet de quantifier l'acidité d'un lait.
Un degré Dornic (1 °D) correspond à 0,10 g d'acide lactique par litre de lait.

Principe

Pour déterminer le degré Dornic d'un lait, on réalise, à température ambiante, le titrage acidobasique d'un échantillon de lait avec une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium (Na^+ , HO^-) de concentration molaire $C_B = 0,11 \text{ mol.L}^{-1}$, appelée soude Dornic, en présence d'un indicateur coloré de fin de réaction : la phénolphtaléine.

L'équation support du titrage est :



Pour obtenir l'acidité Dornic, il faut multiplier le volume d'hydroxyde de sodium versé (en mL) à l'équivalence par 10.

Remarque : dans ce titrage, on considère que l'acidité du lait ne provient que de l'acide lactique, un acide faible, ce qui correspond quasiment à la réalité.

Protocole opératoire

- Prélever un volume $V = 10,0 \text{ mL}$ de lait à analyser.
- Ajouter deux gouttes de phénolphtaléine.
- Titrer à l'aide de la soude Dornic.

Il est conseillé de réaliser trois titrages dans les mêmes conditions et de prendre la moyenne.

Le lait est une solution aqueuse pour laquelle on a, à température ambiante : $[\text{HO}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-14}$

DOCUMENT B2 : Extrait de la fiche toxicologique d'une solution d'hydroxyde de sodium

Solution d'hydroxyde de sodium		
Selon le règlement CLP	Pictogramme de danger	
	Mention d'avertissement	Danger
	Mention de danger	H314
	Conseils de prudence	P260 P305 + P361 + P353 P301 + P 330 + P331 P405 P501

H314 : provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves
P260 : ne pas respirer les poussières/fumées/gaz/vapeurs
P305 + P361 + P353 : en cas de contact avec la peau, enlever immédiatement les vêtements contaminés /rincer la peau à l'eau/se doucher
P301 + P 330 + P331 : en cas d'ingestion, rincer la bouche, ne pas faire vomir
P405 : garder sous clé
P501 : éliminer le contenu/récipient conformément à la réglementation

DOCUMENT B3 : Indicateur coloré

Pour le dosage d'une solution d'acide faible par une base forte, on peut utiliser de la phénolphtaléine, un indicateur coloré changeant de couleur en milieu faiblement basique.

	Zone de virage	Forme acide	Forme basique
Phénolphtaléine	8,0 - 9,8	Incolore	Rose

DOCUMENT B4 : Correspondance entre acidité Dornic et pH

Acidité Dornic (°D)	< 18	20	24	Entre 55 et 60
pH	Entre 6,6 et 6,8	6,4	6,1	5,2

NOM :

EXAMEN :

(EN MAJUSCULES)

Spécialité ou Option :

Prénoms :

EPREUVE :

Date de naissance :

Centre d'épreuve :

Date :

N° ne rien inscrire

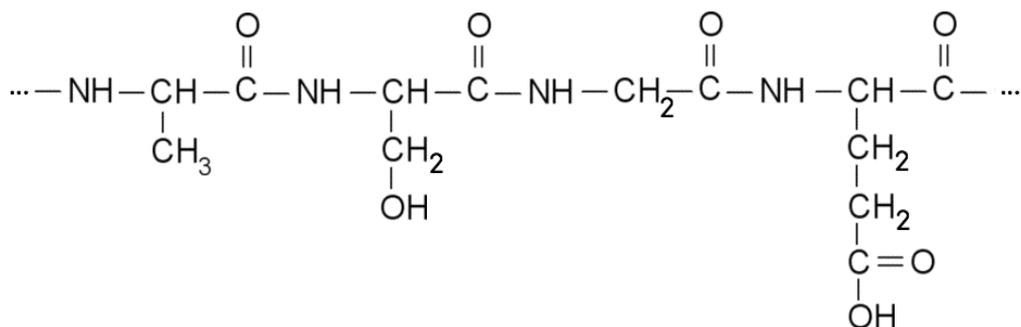
ANNEXES A et B (à compléter, numéroté et à rendre avec la copie)

N° ne rien inscrire

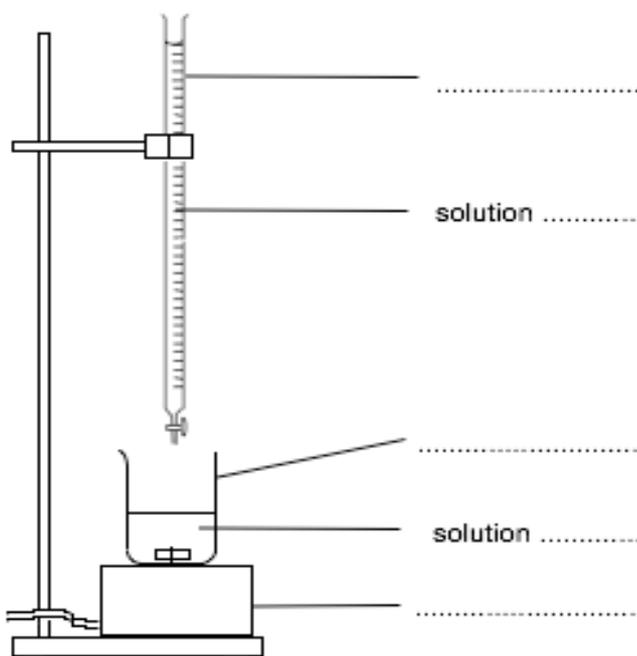
ANNEXE A : Étude de la caséine

La caséine est une chaîne composée d'au moins une centaine d'acides aminés.

Extrait d'une chaîne de caséine :



ANNEXE B : Schéma du dosage



NOM :
(EN MAJUSCULES)
Prénoms :
Date de naissance :

EXAMEN :
Spécialité ou Option :
EPREUVE :
Centre d'épreuve :
Date :

N° ne rien inscrire

ANNEXE C (à compléter, numéroté et à rendre avec la copie)

N° ne rien inscrire

--	--

pH en fonction de V_b

