

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2019

ÉCOLOGIE – AGRONOMIE et TERRITOIRES

Épreuve n° 6

Série S

ÉPREUVE DU LUNDI 24 JUIN 2019

Durée de l'épreuve : 3 heures 30 – Coefficient : 5

Aucun appareil électronique n'est autorisé.

Le candidat devra traiter les deux parties du sujet.

**Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte 11 pages numérotées de 1/11 à 11/11**

1^{ère} partie sur 8 points

Restitution organisée de connaissances

Si les paramètres démographiques d'une population agissent sur son effectif, d'autres facteurs agissent aussi.

À l'aide d'exemples précis, expliquer comment ces autres facteurs régulent l'effectif d'une population en fonction de sa stratégie démographique.

2^{ème} partie sur 12 points

Exploitation de documents et résolution de problèmes scientifiques.

RÉSISTANCE DES BACTÉRIES AUX ANTIBIOTIQUES

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, certains antibiotiques actuellement disponibles pourraient ne plus être efficaces chez l'Homme d'ici 10 à 20 ans. Leur utilisation chez les animaux d'élevage pose aussi question, avec le risque que les bactéries devenues résistantes puissent ensuite être transmises à l'Homme.

1. Le Ceftiofur contre la colibacillose aviaire

Escherichia coli (*E. coli*) est une bactérie intestinale des volailles. Certaines souches, pathogènes, provoquent des infections qui peuvent être mortelles comme la colibacillose aviaire.

- 1.1. À partir du document 1, et à l'aide de vos connaissances, réaliser un schéma mettant en évidence la morphologie et l'ultrastructure de la bactérie *E. coli*. (1 point)

Il est nécessaire de prévenir ou de traiter la colibacillose dans les élevages de volailles sous peine de pénaliser les performances économiques, la quantité et la qualité de la viande ainsi que le bien-être des animaux. Dans ce cas, les éleveurs utilisent le Ceftiofur, un antibiotique de la famille des bêta-lactamines, qui agit de manière spécifique sur *E. coli*.

- 1.2. À partir des données du document 2, expliquer le mode d'action du Ceftiofur sur la bactérie *E. coli*. (1 point)

2. Les mécanismes de la résistance aux antibiotiques chez les bactéries

Depuis de nombreuses années, des souches d'*E. coli* résistantes à différents antibiotiques apparaissent.

- 2.1. À l'aide des documents 3a, 3b et 3c, répondre aux questions suivantes. (2,5 points)

Questionnaire à choix multiples

Les questions suivantes ne présentent qu'**une seule bonne réponse à reporter sur la copie.**

Question A : L'antibiotique utilisé en 1979 le plus efficace est :

- A1. La Tétracycline
- A2. La Streptomycine
- A3. Le Chloramphénicol

Question B : Dans le document 3a, la souche d'*E. coli* testée est résistante à :

- B1. La Tétracycline
- B2. La Streptomycine
- B3. Le Chloramphénicol

Question C : Entre 1979 et 2002 :

- C1. La Tétracycline est devenue plus efficace contre la colibacillose aviaire
- C2. On trouve de plus en plus de souches résistantes à la Tétracycline
- C3. On trouve de plus en plus de souches sensibles à la Tétracycline

Question D : En 2002, le Ceftiofur :

- D1. Est un antibiotique de nouvelle génération
- D2. Est un antibiotique utilisé depuis les années 80
- D3. N'est pas efficace contre la colibacillose aviaire causée par la souche d'*E. coli* étudiée

Question E : L'utilisation régulière des antibiotiques en élevage :

- E1. Est responsable de l'apparition de souches résistantes
- E2. Est responsable de l'apparition de souches sensibles
- E3. N'a aucune incidence sur le taux d'apparition des souches résistantes au cours du temps

Les antibiotiques de la famille des bêta-lactamines, comme le Ceftriaxone sont utilisés en dernier recours contre des bactéries déjà multirésistantes. Le document 4a présente l'origine de l'apparition d'une résistance au Ceftriaxone.

- 2.2. À l'aide du document 4b, donner les séquences des deux enzymes bêta-lactamase. (1 point)
- 2.3. En déduire l'origine de l'apparition de la résistance chez certaines bactéries *E. coli* au Ceftriaxone, puis, en vous référant au document 2, expliquer les répercussions sur l'effet cellulaire du traitement. (2 points)
- 2.4. Expliquer par quel processus une population de bactéries devient résistante aux antibiotiques. Montrer que cette étude offre un exemple de diversification génétique du vivant. (2 points)

3. L'AMA pour réduire le gène NDM-1 au silence

Le gène NDM-1 se localise dans les bactéries qui sont déjà résistantes à divers autres antibiotiques devenant ainsi multirésistantes.

- 3.1. Après avoir pris connaissance du document 5, envisager les conséquences de l'utilisation des antibiotiques en élevage avicole et commenter la notion d'impasse thérapeutique. (1 point)

Le document 6 présente une découverte récente.

- 3.2. Exposer dans ce cas précis l'intérêt de conserver la biodiversité. (1,5 point)

Document 1

Les colibacilloses ou infections à *Escherichia coli* en élevage avicole

Les colibacilloses sont sans doute les infections bactériennes les plus fréquentes et les plus importantes en pathologie aviaire. Elles peuvent entraîner de la mortalité, des baisses de performances et des saisies à l'abattoir [...]. Elles se développent surtout quand les conditions d'élevage ne sont pas favorables (surpopulation, stress, mauvaise ambiance d'élevage, niveau sanitaire déficient, alimentation de mauvaise qualité).

L'agent de la colibacillose est la bactérie *Escherichia coli* (*E. coli*). Il s'agit d'une bactérie de la famille des Enterobacteriaceae. Cette bactérie, de forme allongée est le plus souvent mobile grâce à 8 longs flagelles. Ses structures, classiques des cellules procaryotes, sont protégées par une capsule couverte de cils [...].

E. coli est un hôte habituel de l'appareil digestif des volailles. Son pouvoir pathogène repose sur sa propriété à coloniser l'appareil respiratoire, sa résistance au système immunitaire, son aptitude à se multiplier dans un contexte de carence en fer, et sa capacité à produire des effets cytotoxiques [...]. La contamination est essentiellement par voie aérienne. [...].

Les manifestations cliniques de la maladie sont les suivantes : infection embryonnaire, gonflement de la tête, infection des voies respiratoires, diarrhées, insuffisance cardiaque, destruction progressive des articulations et du système locomoteur. [...].

Certains types d'*E. coli* susceptibles d'infecter l'homme peuvent être véhiculés par les volailles. Le poulet est donc un réservoir de colibacilles responsables de méningites et d'infections urinaires chez l'Homme. [...]

Source : Avicampus.fr - École Nationale Vétérinaire de Toulouse (30 juin 2008) - modifié

Document 2

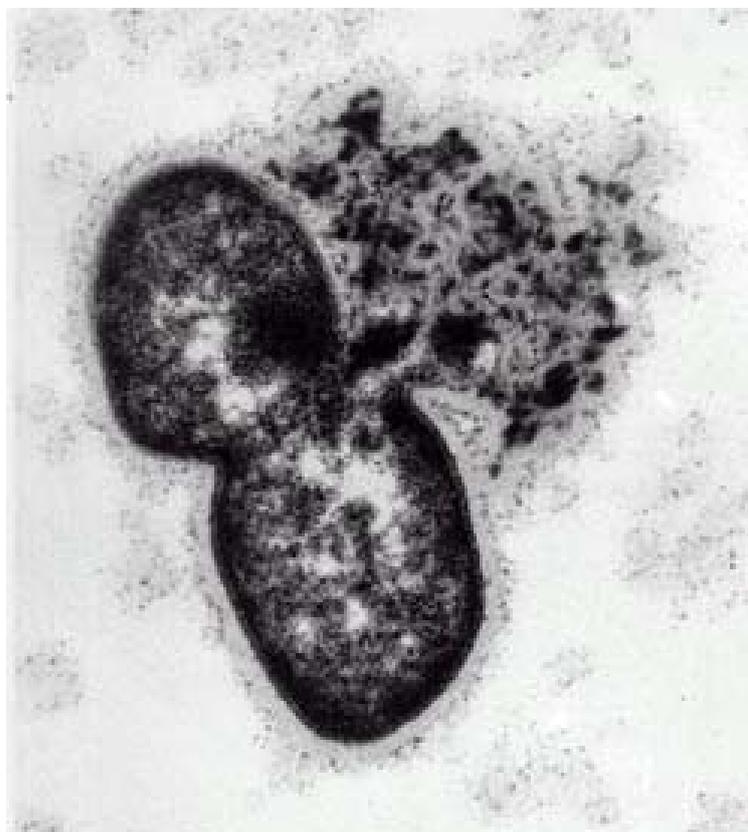
Modes d'action des antibiotiques sur une bactérie

Document 2a : Les mécanismes d'action des antibiotiques

Mécanisme d'action	Familles d'antibiotiques
Inhibition de la synthèse de la paroi cellulaire	Pénicillines, bêta-lactamines, carbapénèmes, daptomycines, monobactames, glycopeptides
Inhibition de la synthèse protéique	Tétracyclines, aminoglycosides, oxazolidonones, streptogramines, kétolides, macrolides, lincosamides
Inhibition de la synthèse de l'ADN	Fluoroquinolones
Inhibition compétitive de la synthèse de l'acide folique (folates)	Sulfonamides, triméthoprimes
Inhibition de la synthèse de l'ARN	Rifampine

Source : Université de Laval – Collection mémoires et thèses électroniques

Document 2b : Photographie (microscope électronique à transmission) d'une bactérie se divisant en présence d'un antibiotique de la famille des bêta-lactamines



d'après textbookofbacteriology.net

Document 3

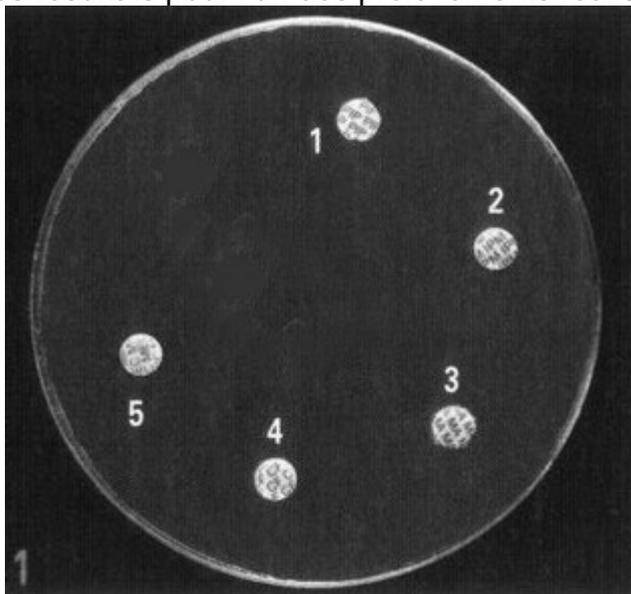
Document 3a : Tests d'antibiorésistance

En 1979, L'INRA de Tours a publié une étude afin d'évaluer l'évolution de l'antibiorésistance bactérienne dans les élevages avicoles.

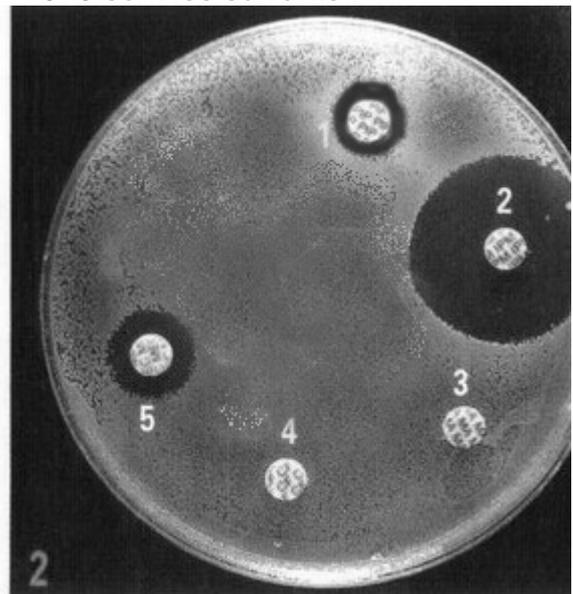
Des prélèvements d'excrétats (= fèces, fientes) ont été réalisés dans différents élevages. Les souches d'*E. coli* isolées ont été dénombrées et testées en fonction de leur sensibilité ou de leur résistance aux antibiotiques à l'aide d'antibiogrammes.

Le principe d'un antibiogramme est le suivant : des colonies de bactéries sont mises en culture sur un milieu nutritif. Puis des pastilles d'antibiotiques sont déposées. Enfin, on laisse incuber quelques jours avant de lire les résultats. Ainsi, l'application d'un antibiotique sur une population bactérienne détruit les souches sensibles, laissant apparaître un disque noir.

Les résultats pour l'un des prélèvements réalisés en 1979 sont les suivants :



1) dépôt des pastilles d'antibiotique



2) quelques jours plus tard ...

Antibiotiques testés :

1 Ampicilline, 2 Streptomycine, 3 Témoin sans antibiotique, 4 Chloramphénicol, 5 Tétracycline

d'après : Évolution de l'antibiorésistance bactérienne dans des élevages avicoles. E. chaslus-dancla et al. 1979.

Document 3b : Utilisation des antibiotiques et évolution des résistances bactériennes

En 2002, les laboratoires de l'AFSSA (Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments) de Lyon et de Ploufragan ont publié une étude témoignant de l'état des résistances d'une souche d'*E. coli* aux antibiotiques plus récemment utilisés, comme le Ceftiofur, dans les élevages avicoles.

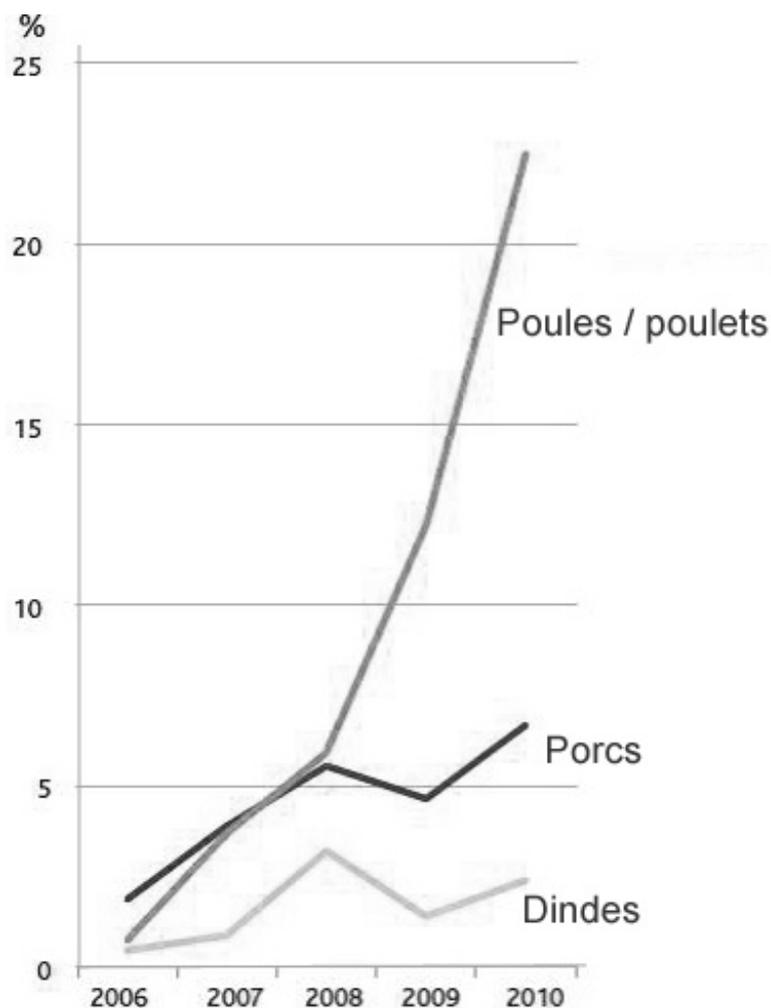
Ces résultats sont reportés dans le tableau ci-dessous (colonne de droite) et sont mis en relation avec ceux du doc 3a (colonne du milieu).

Tableau des pourcentages de souches résistantes dans certains élevages

	1979 INRA (doc 3a)	2002 AFSSA
Chloramphénicol	100%	N'est plus utilisé
Tétracycline	28%	94%
Ceftiofur	Non utilisé	0%
Amoxicilline	Non utilisée	36,5%

d'après Sciences et techniques avicoles Avril 2004 – N°47. E JOUY et al.

Document 3c : Évolution des proportions de souches d'*E. coli* résistantes au Ceftiofur dans différentes filières de production en France



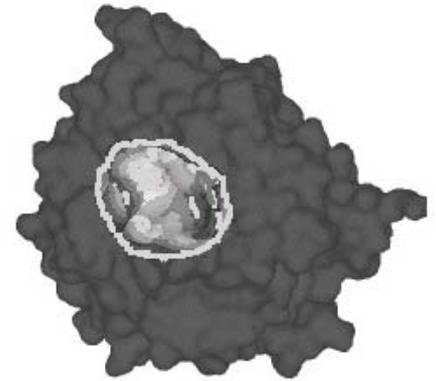
Source : Bulletin épidémiologique santé animale alimentation - Spécial Antibiotiques et Antibiorésistances - Novembre 2012/numéro 53

Document 4

Document 4a : Séquençage d'un gène bactérien

Les bêta-lactamases appartiennent à une famille d'enzymes responsables de la résistance des bactéries vis-à-vis de certains antibiotiques appartenant à la famille des bêta-lactamines. Elles catalysent la dégradation de l'antibiotique et le rendent inactif.

Le document suivant donne une partie de la séquence du gène codant pour ces enzymes, pour une bactérie sensible au Cefotiofur (gène SHV-1) et une bactérie résistante à ce même antibiotique (gène NDM-1). Ces gènes sont situés sur un plasmide de la bactérie.



Enzyme bêta-lactamase (en noir)
associée au Cefotiofur (en gris)

Brin transcrit du gène SHV-1 de bactérie sensible au Cefotiofur	AGTTTTTACCTAGTCATC - - - -
Brin transcrit du gène NDM-1 de bactérie résistante au Cefotiofur	AGTTTTTACCTAGCCATC - - - -

Document 4b : Tableau du code génétique

		2 ^{ème} ° nucléotide					
		U	C	A	G		
1 ^{er} ° nucléotide	U	UUU : phénylalanine (phe)	UCU : sérine (ser)	UAU : tyrosine (tyr)	UGU : cystéine (cys)	3 ^{ème} ° nucléotide	U
		UUC : phénylalanine	UCC : sérine	UAC : tyrosine	UGC : cystéine		C
		UUA : leucine (leu)	UCA : sérine	UAA : STOP	UGA : STOP		A
		UUG : leucine	UCG : sérine	UAG : STOP	UGG : tryptophane (trp)		G
	C	CUU : leucine (leu)	CCU : proline (pro)	CAU : histidine (his)	CGU : arginine (arg)		U
		CUC : leucine	CCC : proline	CAC : histidine	CGC : arginine		C
		CUA : leucine	CCA : proline	CAA : glutamine (gln)	CGA : arginine		A
		CUG : leucine	CCG : proline	CAG : glutamine	CGG : arginine		G
	A	AUU : isoleucine (ileu)	ACU : thréonine (thr)	AAU : asparagine (asn)	AGU : sérine (ser)		U
		AUC : isoleucine	ACC : thréonine	AAC : asparagine	AGC : sérine		C
		AUA : isoleucine	ACA : thréonine	AAA : lysine (lys)	AGA : arginine (arg)		A
		AUG : méthionine (met)	ACG : thréonine	AAG : lysine	AGG : arginine		G
	G	GUU : valine (val)	GCU : alanine (ala)	GAU : ac aspart. (asp)	GGU : glycine (gly)		U
		GUC : valine	GCC : alanine	GAC : ac aspart.	GGC : glycine		C
		GUA : valine	GCA : alanine	GAA : ac glutam. (glu)	GGA : glycine		A
		GUG : valine	GCG : alanine	GAG : ac glutam.	GGG : glycine		G

A : Adénine U : Uracile G : Guanine C : Cytosine

Document 5

La bactérie *Klebsiella pneumoniae* est une cause majeure d'infections nosocomiales telles que la pneumonie, les infections hématologiques ou les infections contractées par les nouveau-nés et les patients des unités de soins intensifs. Dans certains pays, du fait de la résistance, les bêta-lactamines sont inefficaces chez plus de la moitié des patients traités pour des infections à *Klebsiella pneumoniae*.

Cette dernière, avec d'autres, fait désormais figure de superbactérie, grâce à un mécanisme de défense connu sous le nom de NDM-1, pour New Delhi (car il a été identifié pour la première fois en Inde) métallo-bêta-lactamase.

Ainsi que le résume Gerry Wright, enseignant-chercheur à l'université McMaster de Hamilton (Canada), la NDM-1 "est l'ennemie publique numéro un. Elle est sortie de nulle part, elle s'est répandue partout et elle a grosso modo tué notre dernière ressource d'antibiotiques, la dernière pilule sur l'étagère, celle dont on se sert pour traiter les infections graves." Gerry Wright dirige un laboratoire spécialisé dans les résistances aux antibiotiques.

Source : Le Monde.fr 25 juin 2014

Document 6

Une nouvelle arme contre les super bactéries

Dans le numéro de Nature daté du 26 juin 2014, des chercheurs publient leur découverte : l'aspergillomarasmine A (AMA), une substance tirée du champignon *Aspergillus versicolor*, est capable de réduire le gène NDM-1 au silence. L'AMA se fixe à la bêta-lactamase et l'empêche de s'en prendre aux antibiotiques qui ont alors le champ libre pour agir sur la paroi des bactéries !

L'équipe canadienne a d'abord testé sa trouvaille in vitro, sur des souches bactériennes. Dans près de 90 % des cas, quand l'AMA était ajoutée au milieu de culture, les bactéries redevenaient sensibles aux antibiotiques. L'effet s'est confirmé chez des souris infectées par une redoutable bactérie multirésistante.

NB : L'aspergillus est un champignon filamenteux de type moisissure présent dans de nombreux écosystèmes.

Source : d'après A. M. King et al. Nature 510, Aspergillomarasmine A overcomes metallo-β-lactamase antibiotic resistance, (26 June 2014)