

IMPACT DU RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE SUR LE DÉVELOPPEMENT DU CHIKUNGUNYA EN FRANCE

Thème

Thème 3 : Le corps humain et la santé.

Note d'intention

La séquence permet d'illustrer un exemple d'influence du réchauffement climatique sur l'extension possible de la zone de distribution d'un agent pathogène, en l'occurrence le virus du chikungunya. La propagation du chikungunya est choisie pour son intérêt en matière de risque épidémiologique et de santé publique.

Mots-clés

Changement climatique – pathogène - vecteur – virus - chikungunya – cycle évolutif – réservoir à pathogène.

Références au programme

Microorganismes et santé.
Agents pathogènes et maladies vectorielles.

Connaissances

Certaines maladies causées par des agents pathogènes sont transmises par le biais d'animaux tels que les insectes (maladies vectorielles). Le changement climatique peut étendre la transmission de certains pathogènes en dehors de leurs zones historiques. Le réservoir à pathogènes peut être humain ou animal (malade ou non). La propagation peut être plus ou moins rapide et provoquer une épidémie (principalement avec des virus).

Compétences

- Exploiter des données permettant de connaître la répartition, la prévalence ou l'impact sur le plan de la santé publique d'une maladie à transmission directe et/ou vectorielle.
- Appliquer les connaissances acquises à d'autres exemples choisis pour leur intérêt local ou de santé publique, et pour permettre aux élèves d'exercer les compétences attendues sur d'autres cas de maladies (chikungunya, dengue, maladie de Lyme, toxoplasmose, etc.).
- Interpréter des résultats expérimentaux et en tirer des conclusions.
- Communiquer dans un langage scientifiquement approprié.

SOMMAIRE

Objectif et scénario	3
Déroulement de l'activité	3
Documents d'activité et ressources	5
Impact du réchauffement climatique sur le développement du chikungunya en France.	5
Document 1 - le chikungunya, une maladie vectorielle transmise par certains moustiques	6
Document 2 - modalités d'infection par le virus du chikungunya	6
Document 3 - effets possibles du réchauffement climatique sur l'évolution de la distribution géographique d' <i>Aedes albopictus</i> et des conditions de transmission du chikungunya en Europe au cours du XXI ^e siècle	7
Document 4 - étude des capacités de transmission du virus du chikungunya par les populations de moustiques tigres du sud de la France	8
Éléments de correction	9
Sources bibliographiques et sitographiques	10
En français	10
En anglais	10

Retrouvez éduscol sur :



Objectif et scénario

L'activité proposée prend place après l'étude des conditions de propagation et des conséquences en termes de santé publique des épidémies ou endémies de paludisme et du SIDA. Elle permet de réinvestir les connaissances des élèves sur les maladies à transmission vectorielle dans le cas du virus du chikungunya et d'introduire l'impact du réchauffement climatique sur la modification possible des aires de répartition de certains pathogènes.

L'activité peut être introduite par une courte séquence vidéo présentant les symptômes de la maladie et les traitements symptomatiques associés. Les deux premières minutes de l'interview « [Le chikungunya](#) » de Marc LECUIT, responsable de l'unité biologie des infections à l'Institut Pasteur peuvent servir de document d'accroche.

L'identification du chikungunya comme une maladie tropicale confrontée à l'observation récente de cas autochtones de la maladie dans le sud de la France en 2010 et 2014 permet d'envisager l'hypothèse du réchauffement climatique comme étant à l'origine de l'extension géographique de cette maladie en dehors de sa zone climatique habituelle et de la recrudescence possible du nombre de cas de malades autochtones dans les années à venir. C'est cette hypothèse qu'il est demandé aux élèves d'évaluer à partir de l'exploitation d'un certain nombre de documents.

Déroulement de l'activité

L'activité est présentée sous la forme d'une tâche complexe aboutissant à la rédaction d'un texte s'appuyant sur les informations extraites des différents documents fournis. Pour les élèves ayant des difficultés à prendre en charge la consigne générale, il est possible de leur proposer de la fragmenter d'abord en deux questions :

1. Comment expliquer l'apparition des cas autochtones de chikungunya en France à l'été 2010 ?
2. Pourquoi peut-on penser que de telles infections autochtones pourraient devenir de plus en plus fréquentes en France du fait du réchauffement climatique dans les années à venir ?

Si ce n'est pas suffisant, il est possible de fournir aux élèves en difficulté des questions pour chaque document :

- **Document 1** - Tous les vecteurs du virus du chikungunya sont-ils présents en France ?
- **Document 2** - Quelles sont les conditions nécessaires pour qu'un moustique vecteur s'infecte du virus du chikungunya et le transmette à l'être humain ?
- **Document 3** - Comment va évoluer la distribution des populations d'*Aedes albopictus* en France du fait du réchauffement climatique ? Comment va évoluer la répartition des régions favorables à la multiplication du virus du chikungunya en France du fait de ce même réchauffement ?
- **Document 4** - Comment expliquer l'apparition du chikungunya à Fréjus en 2010 chez des personnes n'ayant pas voyagé dans un pays atteint par la maladie ? Quelles données montrent que les moustiques *Aedes albopictus* présents à Fréjus sont parfaitement compétents pour transmettre le virus ?

Retrouvez éduscol sur :



Après correction de l'activité, le bilan permet d'introduire, si cela n'a pas déjà été fait, la notion de « réservoir à pathogènes », désignant un hôte porteur d'un pathogène et lui permettant d'être transmis à un autre. La plupart du temps, un réservoir à pathogènes est un malade capable de contaminer ses voisins. Ce réservoir peut également être un animal : ici, le document 1 indique que le virus du chikungunya a probablement été transmis à l'être humain par des populations de singes forestiers en Afrique, comme le virus du SIDA a été probablement transmis à l'être humain par des populations de chimpanzés ou de Gorilles chassés pour leur viande. Enfin, un réservoir à pathogènes peut parfois aussi être un porteur sain de l'agent infectieux qui ne développe pas lui-même les symptômes de la maladie : les populations de chauve-souris qui constituent les réservoirs primaires du virus Ebola en Afrique ne semblent pas en souffrir.

Le bilan valide également l'idée que le réchauffement climatique va effectivement modifier les aires de répartition de certaines maladies vectorielles dans les décennies à venir. L'exemple étudié ici sur le chikungunya peut parfaitement être étendu au cas du virus de la Dengue, maladie vectorielle également transmise par *Aedes albopictus* et dont on a décrit régulièrement des cas autochtones en France dans les mêmes régions que celles touchées par le chikungunya (voir le site de [santé publique France](#)), mais aussi aux virus Zika ou West Nile et à bien d'autres agents pathogènes.

La limitation du risque épidémiologique lié à la propagation du chikungunya ou de la dengue passe par une lutte antivectorielle qui consiste, en particulier, à limiter les gîtes de pontes du moustique *Aedes albopictus*. À ce titre, il peut être utile de terminer par la consultation du site [l'ANSES](#) qui récapitule les comportements individuels permettant de se protéger contre le moustique tigre.

Retrouvez éduscol sur :

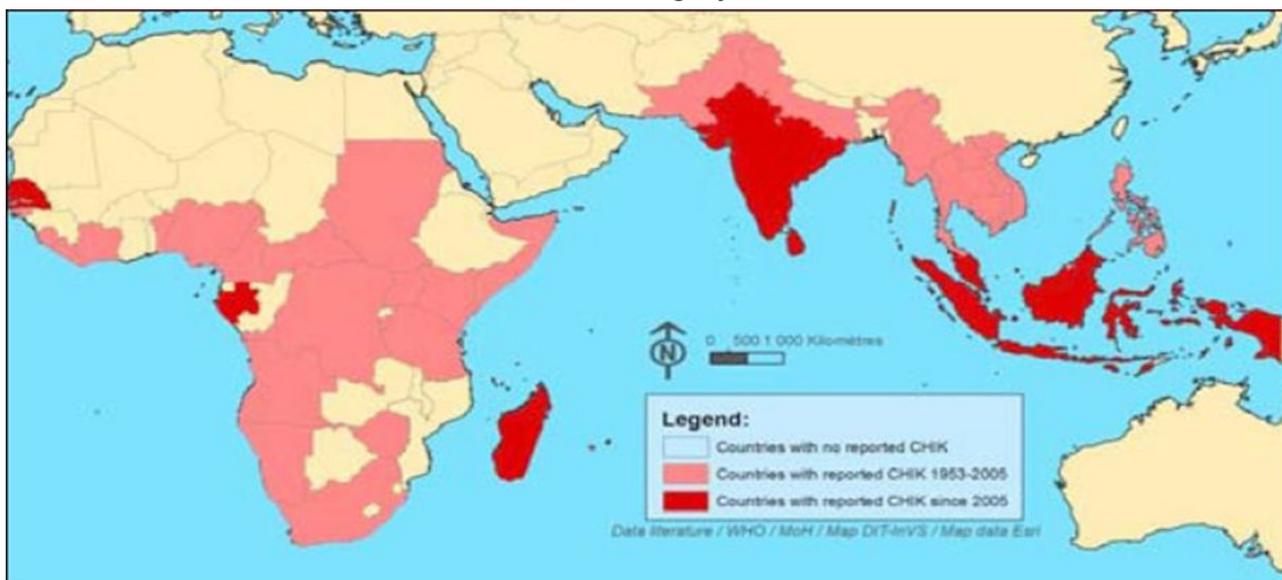


Documents d'activité et ressources

Impact du réchauffement climatique sur le développement du chikungunya en France.

Le chikungunya est une maladie virale d'origine tropicale à haut potentiel épidémique. Avant 2010, cette maladie n'avait été observée en France que chez des voyageurs de retour de pays où elle sévit.

Carte de la distribution des cas de Chikungunya entre 1952 et 2006



Cette maladie tropicale se caractérise par une atteinte des articulations souvent très invalidante, accompagnée de maux de tête, de fièvre et de douleurs musculaires importantes. Dans les formes sévères de la maladie, on peut voir apparaître des atteintes neurologiques graves notamment chez les personnes âgées et les nouveau-nés. Si la fièvre tend souvent à disparaître en quelques jours, les douleurs articulaires peuvent persister pendant plusieurs mois, voire plusieurs années sous des formes aiguës ou chroniques. Actuellement, il n'existe pas de traitement préventif (vaccins) ni curatif. Les médicaments utilisés ne servent qu'à faire diminuer la fièvre et à atténuer les douleurs.

Durant l'été 2010, deux premiers cas de chikungunya autochtones sont apparus en France dans le Var, sur la commune de Fréjus. Il s'agissait de deux personnes n'ayant pas voyagé à l'étranger pendant les mois ayant précédé la maladie. Simultanément et dans la même commune, deux cas de chikungunya importés étaient également décrits chez deux jeunes filles revenant d'un voyage au Rajasthan en Inde. Depuis 11 nouveaux cas de chikungunya autochtones ont été observés en 2014 dans la région de Montpellier.

On veut savoir si le nombre de cas de chikungunya autochtones en France risque d'augmenter dans les années qui viennent du fait du réchauffement climatique.

Consigne

En vous appuyant sur les documents ci-dessous, rédigez un texte argumenté permettant d'estimer l'importance du risque de développement d'un chikungunya autochtone en France du fait du réchauffement climatique.

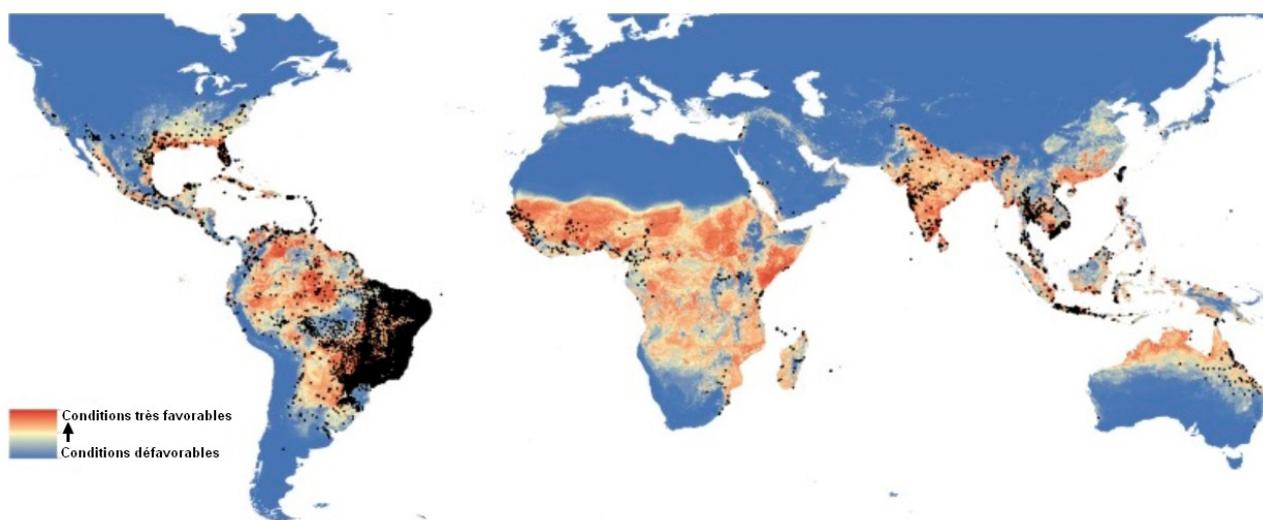
Retrouvez éducol sur :



Document 1 - le chikungunya, une maladie vectorielle transmise par certains moustiques

L'agent pathogène du chikungunya est un virus qui se transmet à l'être humain par la pique d'un moustique du genre *Aedes*. Les premiers cas décrits chez l'être humain, en 1952 au Kenya, ont été transmis par le moustique *Aedes aegypti*. Des études ont montré que ce virus provient de populations de singes vivants dans les forêts de l'Est de l'Afrique. Puis le virus s'est répandu de manière épidémique dans l'océan indien, en Inde et en Asie, avant d'arriver en méditerranée puis en Amérique latine. Le vecteur historique de la maladie en zone tropicale est le moustique *Aedes aegypti*.

Carte de la distribution mondiale d'*Aedes aegypti* en 2013 (points noirs) superposée aux conditions climatiques favorables à la présence de l'insecte.



Extrait d'un article du National Center for Biotechnology Information, Kraemer MU, Sinka ME, Duda KA, et coll. « [The global distribution of the arbovirus vectors *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus*](#) ». Publié le 30 juin 2015 dans la revue *elife*.

En 2006, les premiers cas de transmission du virus du chikungunya par une autre espèce de moustiques, *Aedes albopictus*, aussi appelés moustiques tigre, ont été décrits à Mayotte, puis à la Réunion.

Document 2 - modalités d'infection par le virus du chikungunya

La transmission à l'être humain du virus du chikungunya se fait par l'injection dans le sang de la salive infectée d'un moustique porteur du virus. Un moustique sain s'infecte lui-même en piquant un individu malade dont le sang est contaminé par des virus du chikungunya. Chez les moustiques vecteurs, le virus se multiplie d'abord dans les cellules de la paroi du tube digestif avant de se disséminer à travers le corps de l'animal jusque dans ses glandes salivaires. La multiplication du virus dans le corps de l'animal et sa migration vers les glandes salivaires nécessite une température d'au moins 20°C, sachant que la température interne d'un moustique est identique à celle de son milieu. Au-delà de 20°C, plus la température augmente, plus la quantité de virus dans la salive est importante. En laboratoire, les virus sont détectables dans les glandes salivaires dès le 3^{ème} jour après un repas de sang infecté, et ils atteignent leur quantité maximale au 6^{ème} jour. Seules les femelles de moustiques vecteurs peuvent s'infecter car elles ont besoin, tous les 2 à 3 jours, d'un repas de sang pour produire leurs œufs. Un moustique vecteur infecté par le virus du chikungunya le restera pendant toute sa vie, qui peut durer plusieurs semaines, et transmettra le virus à l'être humain à chacune de ses piqûres.

Retrouvez éducol sur :





Période d'incubation extrinsèque :

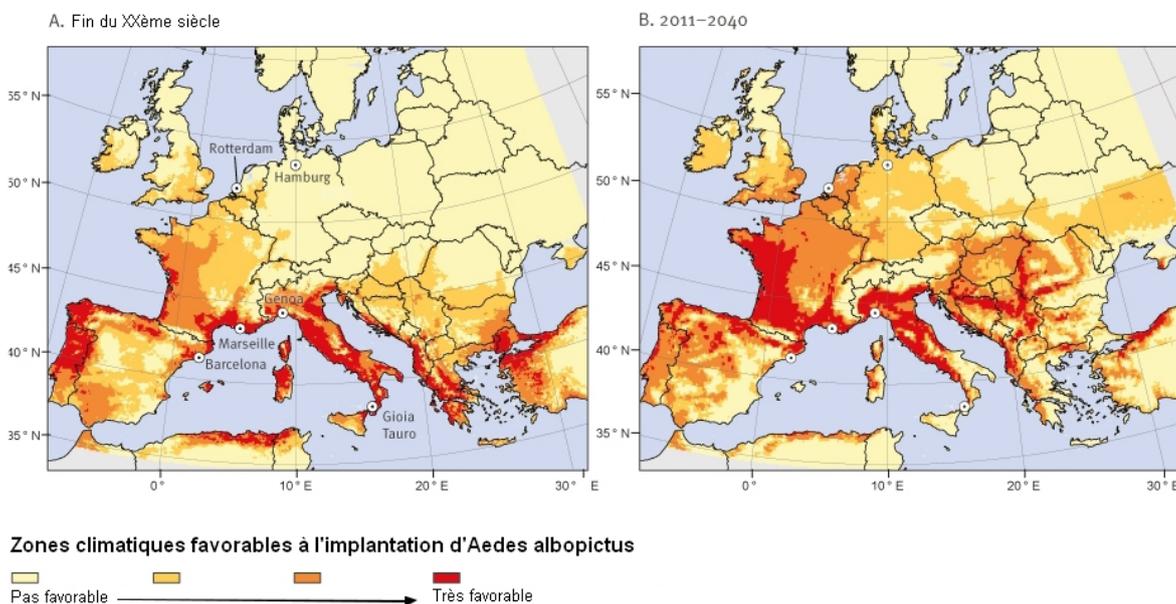
Intervalle de temps séparant la prise d'un repas de sang infecté de l'arrivée des particules virales dans les glandes salivaires. Elle varie en fonction de la température du milieu.

- 1- Prise d'un repas de sang infecté par le virus,
- 2- Arrivée du sang infecté dans le tube digestif,
- 3- Pénétration et prolifération des particules virales dans les cellules épithéliales de la paroi du tube digestif,
- 4- Passage des particules virales dans l'hémolymphe (sang du moustique) et diffusion dans l'ensemble du corps,
- 5- Arrivée des particules virales dans les glandes salivaires.

Document 3 - effets possibles du réchauffement climatique sur l'évolution de la distribution géographique d'*Aedes albopictus* et des conditions de transmission du chikungunya en Europe au cours du XXI^e siècle

Modélisation de la distribution des zones climatiques favorables à la présence du moustique tigre en Europe

Pour la période 2011- 2040, le modèle est calculé à partir d'un des scénarios de réchauffement climatique élaboré par le GIEC et correspondant à une augmentation de 2,8°C de température moyenne mondiale en 2100 par rapport à la période 1980-1999.



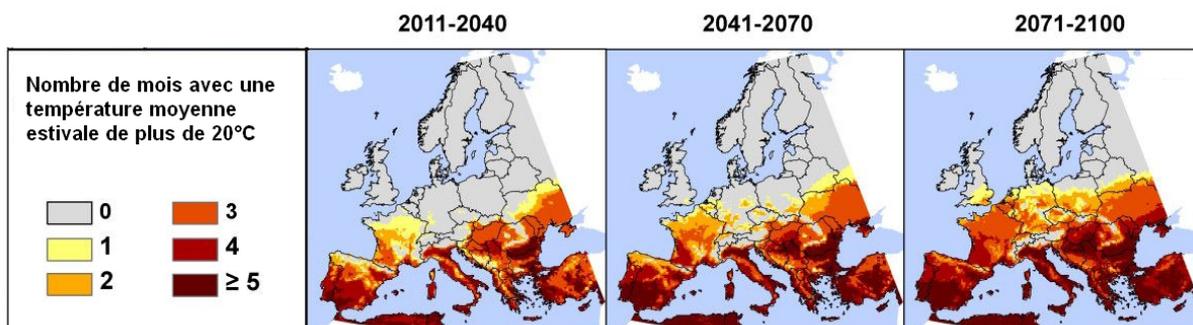
D'après [Climatic suitability of *Aedes albopictus* in Europe referring to climate change projections](#) : comparison of mechanistic and correlative niche modelling approaches . D Fischer, S M Thomas, M Neteler, N B Tjaden, C Beierkuhnlei, publié le 13 février 2014 dans la revue *Eurosurveillance*.

Retrouvez éducol sur :



Modélisation de l'impact du réchauffement climatique sur les conditions nécessaires à la transmission du chikungunya selon le même scénario de réchauffement climatique que celui du document précédent

Nombre de mois avec une température moyenne ≥ 20 ° C, température considérée comme la condition minimale pour la transmission du virus.



Document 4 - étude des capacités de transmission du virus du chikungunya par les populations de moustiques tigres du sud de la France

Une équipe de chercheurs français a comparé en laboratoire l'efficacité de la transmission des virus du chikungunya ayant circulé en France dans la région de Fréjus en 2010 par deux espèces de moustiques vecteurs de la maladie : *Aedes aegypti*, responsable de l'épidémie de Chikungunya survenue en Inde d'où proviennent les cas importés de la maladie observée à Fréjus en 2010, et *Aedes albopictus*, vecteur du chikungunya présent à Fréjus en 2010.

Après avoir prélevé des virus chez les patients ayant développé le chikungunya à la suite de leur voyage en Inde, les scientifiques ont fourni un repas de sang infecté par ces virus à un lot d'*Aedes albopictus* français et à un lot d'*Aedes aegypti* provenant d'Inde, chacun de ces deux lots de moustiques étant sain. Ils ont ensuite sacrifié ces moustiques au bout de 3 ou de 6 jours pour comptabiliser la proportion de moustiques infectés par le virus (A) et mesurer le nombre de particules virales dans la salive des moustiques infectés (B).

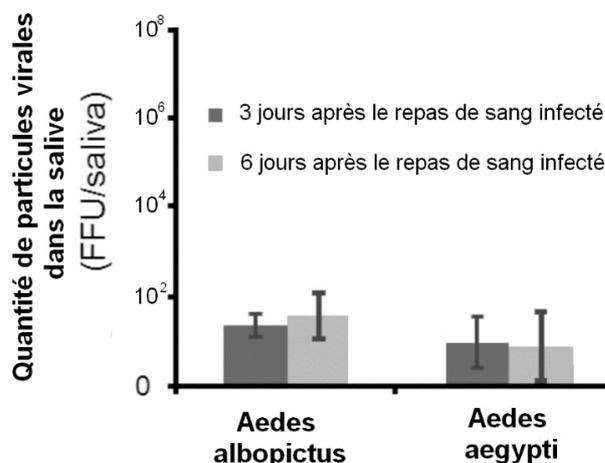
Pourcentage de moustique présentant des particules virales dans leur salive aux jours 3 et 6 après un repas de sang infecté par le virus ayant circulé à Fréjus en 2010

Espèces de moustiques	Pourcentage de moustiques infectés au jour 3	Pourcentage de moustiques infectés au jour 6
<i>Aedes aegypti</i>	33,8	78,3
<i>Aedes albopictus</i>	29,4	84,2

Retrouvez éducol sur :



Nombre de particules virales présentes dans la salive des moustiques infectés



Les barres associées (dites « barres d'erreur ») à chaque colonne correspondent à l'intervalle de confiance des mesures obtenues sur l'ensemble des moustiques testés.

D'après [High Efficiency of Temperate *Aedes albopictus* to Transmit Chikungunya and Dengue Viruses in the Southeast of France](#), Anubis Vega-Rua, Karima Zouache, Valerie Caro, Laure Diancourt, Pascal Delaunay, Marc Grandadam, Anna-Bella Failloux, Published in PLOS-ONE: March 18, 2013.

Éléments de correction

Documents	Je vois...	Je déduis...
1	Deux espèces de moustiques peuvent transmettre le virus du chikungunya : <i>Aedes aegypti</i> et <i>Aedes albopictus</i> . mais seul <i>Aedes albopictus</i> est présent dans le sud de la France.	Les cas de chikungunya autochtones français sont dus à des piqûres d' <i>Aedes albopictus</i> infectés par le virus. Ces moustiques français se sont contaminés en piquant les individus atteints de chikungunya importé d'Inde.
2	Le virus se transmet à l'être humain par la salive d'un moustique infecté. La température ambiante minimale pour que le virus prolifère et atteigne les glandes salivaires du moustique est de 20°C.	Ces moustiques <i>Aedes albopictus</i> français sont au moins aussi efficaces dans la transmission de la maladie que les <i>Aedes aegypti</i> indien ayant contaminé les patients français atteints du chikungunya importé.
4	Au jour 6, les <i>Aedes albopictus</i> français : <ul style="list-style-type: none"> • sont autant infectés que les moustiques <i>Aedes aegypti</i> par le virus du chikungunya ; • semblent avoir une plus grande quantité de virus dans la salive, que les <i>Aedes aegypti</i> indiens. 	
3	Du fait du réchauffement climatique, les zones favorables à l'implantation du moustique d' <i>Aedes albopictus</i> sont de plus en plus étendues en France. De même les zones climatiques favorables à la prolifération du virus dans un moustique infecté sont également de plus en plus étendues en France. Ces deux zones se chevauchent sur le territoire métropolitain.	Il est tout à fait probable que le nombre de cas autochtones du chikungunya augmente en France du fait du réchauffement climatique.

Retrouvez éducol sur :



Sources bibliographiques et sitographiques

En français

- La vidéo de l'interview de Marc LECUIT sur le [chikungunya](#), institut Pasteur, 2013
- [Le journal du CNRS](#) « Moustique tigre : une inquiétante invasion », par Martin Poppe, publié le 20.08.2015.
- Un [dossier de l'INSERM](#) sur le chikungunya
- [Dossier thématique](#) sur chikungunya du site [santépubliquefrance.fr](#)
- Jourdain F, Perrin Y. [Vecteurs et lutte antivectorielle](#). Publié le 28 avril 2015 dans la revue Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire (éditée par Santé Publique France)
- Mémoire « [Expansion géographique d'*Aedes albopictus* - quel risque de maladies émergentes en France métropolitaine ?](#) », Mémoire de Gérard Vacus, décembre 2012, Institut National De Médecine Agricole.
- Conférence du collège de France : [Les maladies vectorielles : le regard de l'entomologiste](#), Anna-Bella Failloux, 18 janvier 2017, 1h02

En anglais

- [Aedes albopictus](#) sur [medilabsecure.com](#)
- [Development of Aedes albopictus risk maps](#), rapport publié en mai 2009, par le Centre européen de prévention et contrôle des maladies (CEPCM), en anglais European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC)
- Référence bibliographique : Cyril Caminade, Jolyon M. Medlock, Els Ducheyne, K. Marie McIntyre, Steve Leach, Matthew Baylis and Andrew P. Morse. [Suitability of European climate for the Asian tiger mosquito Aedes albopictus: recent trends and future scenarios](#) - *Journal of the The Royal Society Interface*, 25 April 2012.
- Référence bibliographique : Y. Proestos, G. K. Christophides, K. Ergüler, M. Tanarhte, J. Waldoock and J. Lelieveld. [Present and future projections of habitat suitability of the Asian tiger mosquito, a vector of viral pathogens, from global climate simulation. Philosophical Transactions of the Royal Society B](#), 05 April 2015

Retrouvez éduscol sur :

