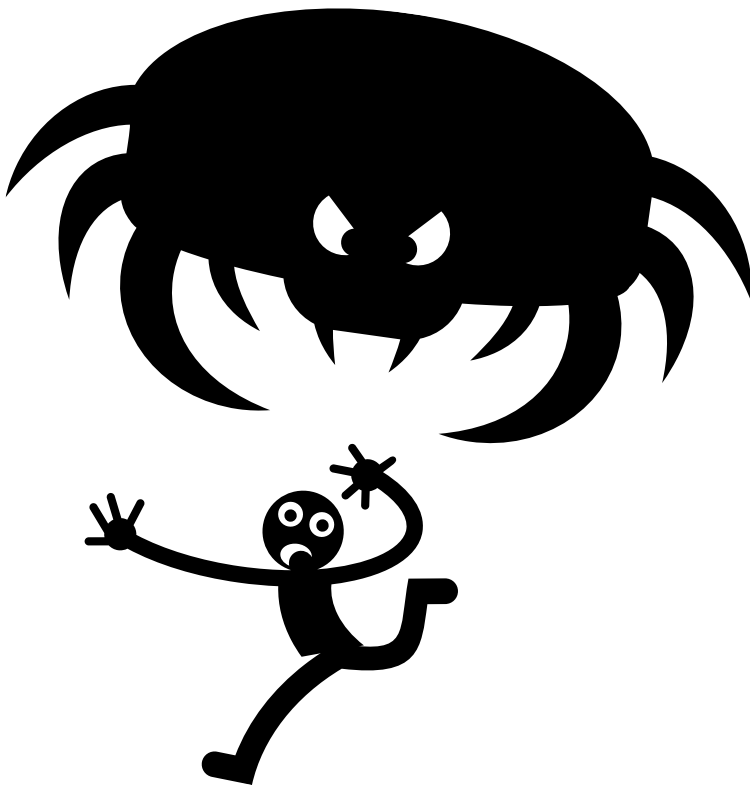


## L'ESPACE AU SERVICE DE LA LUTTE CONTRE LES MALADIES

Face à la menace d'expansion de maladies infectieuses, l'épidémiologie prend de la hauteur. La télé-épidémiologie assemble des données collectées sur le terrain et des données satellitaires pour traquer et prévenir les infections.



Malaria, maladie de Lyme, grande douve du foie, maladie de la langue bleue... chaque année ces maladies gagnent du terrain et les risques d'épidémies augmentent. Leur point commun ? Elles sont toutes transmises par des petits organismes, souvent des arthropodes (moustiques, mouches, tiques, poux ou puces), que l'on appelle vecteurs car ils transportent l'agent infectieux d'un hôte à un autre. Or, les aires de distribution de ces vecteurs s'élargissent progressivement, les modifications climatiques leur ouvrant des altitudes et latitudes jusque-là préservées. De nouvelles régions, parfois très vulnérables, sont ainsi gravement touchées. Face au fléau, les recherches s'intensifient pour décrypter la dynamique spatio-temporelle des maladies et obtenir des cartes de prévision des zones à risque afin d'anticiper et d'endiguer plus efficacement les épidémies.

### L'ÉPIDÉMIOLOGIE DEVIENT SPATIALE

La télé-épidémiologie conjugue des jeux de données de terrain multidisciplinaires (facteurs physiques comme la température ou l'humidité, relevés biologiques, données sanitaires, socio-économiques...) à des données d'observation par satellite (climatologiques, environnementales,



À l'entrée des forêts lettones, les promeneurs sont avertis du risque lié à l'abondance de tiques.  
(Photo : S. Vanwambeke)

occupation du sol...). Elle permet d'analyser les mécanismes d'émergence, de propagation et de transmission des maladies infectieuses, premièrement en passant au crible les relations "climat - environnement - santé" et deuxièmement, en mettant au jour les liens qui existent entre les maladies infectieuses et le milieu dans lequel elles se développent, le tout à l'aide de la technologie spatiale. L'objectif final est de fournir aux acteurs de la santé publique des outils, par exemple des cartes de risque, leur permettant de surveiller et prévoir les épidémies.

Un grand nombre de produits statistiques et non-statistiques sont développés pour faciliter le travail des épidémiologistes : quantification des cas de maladie, identification des facteurs caractéristiques des zones touchées, détermination des zones à risque, modèles de prévision, programmes de prévention... La télédétection intervient désormais à chaque étape de cette recherche.

### TIQUES SOUS INFLUENCE

La tique voyage. Elle se déplace facilement d'un continent à l'autre sur le dos de son hôte. Très sensible aux changements climatiques comme aux modifications locales de température, d'exposition, d'humidité..., son aire de distribution évolue et s'élargit. En Europe, parmi les maladies à vecteurs, celles transmises par les tiques sont les plus importantes. Chaque année, plusieurs milliers de personnes sont touchées par la maladie de Lyme et ce nombre ne fait qu'augmenter.

Une étude, **MULTITICK**, s'est penchée sur les facteurs environnementaux qui influencent la distribution des maladies à tiques en Europe.

Les chercheurs ont choisi de se concentrer sur la maladie de Lyme en Belgique et dans les pays baltes. Les tiques et leurs animaux-hôtes ont un habitat spécifique, qui dépend de leurs besoins et qui est lié à des caractéristiques environnementales particulières. La tique peut donc être rigoureusement associée à certains facteurs environnementaux (végétation, température...). Nombre de ces facteurs spécifiques peuvent être dérivés des données de télédétection et ensuite introduits dans des modèles permettant d'identifier quels sont les environnements les plus favorables à l'apparition de la maladie.

L'originalité de l'étude a été d'étudier plusieurs types de facteurs (environnementaux, humains...) observables à plusieurs échelles. La plupart des études réalisées jusqu'alors se concentraient sur un type de facteur et une échelle spécifiques (données d'occupation du sol déduites d'images à haute résolution ou données climatiques déduites d'images à basse résolution, par exemple). L'équipe de recherche a donc combiné les échelles en utilisant des images de basse et de haute résolution et plusieurs techniques statistiques pour assembler les données obtenues. Les résultats confirment que la distribution spatiale des maladies à tiques est déterminée par un ensemble de facteurs qui opèrent à différentes échelles. Le projet a également montré que les facteurs environnementaux n'expliquent pas tout ; la manière dont l'homme aménage et gère son territoire doit par exemple également être prise en compte. La recherche menée a donc apporté une vision intégrée assez innovante dans les domaines de l'environnement et de l'écologie des maladies.



Récolte de tiques dans une prairie abandonnée au sud de la Norvège pour le projet BUSHTICK.

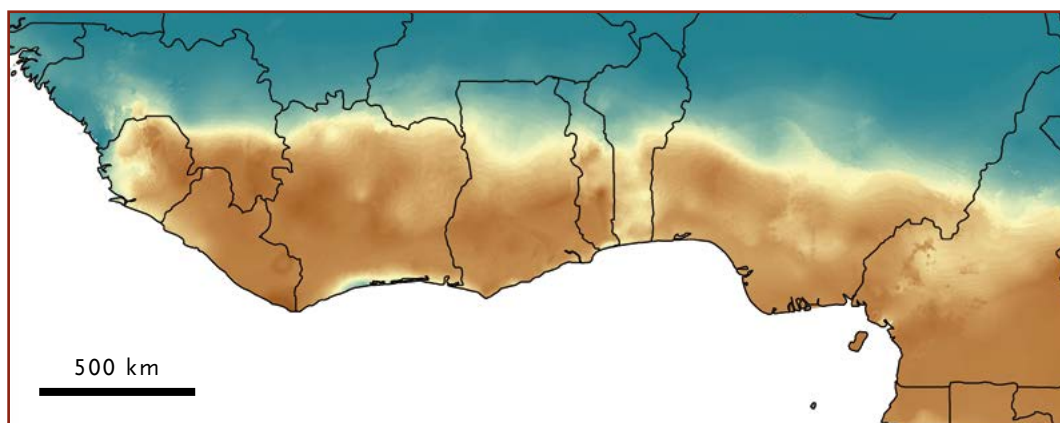
Sur la même lancée, l'équipe s'est attelée au projet **BUSHTICK**. Celui-ci étudie la dynamique des zones agricoles abandonnées afin de mieux comprendre l'impact des changements d'aménagement et de gestion du territoire sur le risque de présence de tiques et d'occurrence de maladies. Dans le sud de la Norvège, zone d'étude du projet, on observe une augmentation de l'aire de distribution des tiques qui va de pair avec un accroissement des maladies à tiques dans les populations humaine et animale. Les chercheurs se penchent plus précisément sur les "zones broussailleuses", c'est-à-dire des zones cultivées ou des pâtures qui ont été abandonnées et où la nature reprend ses droits. En effet, si les forêts sont bien connues pour être un habitat propice aux tiques, on dispose aujourd'hui de peu d'information sur ces terres qui retournent à l'état sauvage. Or, ces zones non entretenues sont moins exposées aux vents et au passage et sont donc plus susceptibles d'héberger des tiques qu'une pâture ou un champ.

L'objectif du projet est de produire une carte de l'évolution de la végétation dans la région durant les trois dernières décennies pour mieux comprendre les processus d'abandon des prairies et de leur retour à l'état sauvage. Pour pouvoir détecter des changements graduels de la densité de végétation, les chercheurs ont dû tester plusieurs méthodes de classification d'occupation du sol. Pour chacune des méthodes utilisées, ils ont sélectionné les composantes les plus efficaces : certaines permettent en effet d'analyser la structure du paysage grâce à la détermination

de classes d'occupation du sol à un moment donné, alors que d'autres déduisent de séries temporelles des informations continues, plus intéressantes pour observer des processus graduels. En combinant les avantages des différentes méthodes, l'équipe espère pouvoir dresser des cartes d'embroussaillage et définir l'impact des changements d'occupation du sol et de gestion du territoire sur les risques de présence des tiques et l'apparition des maladies qui leur sont liées. L'objectif à terme est de pouvoir démêler le réseau complexe d'interactions qui existent entre variables environnementales, aménagement du territoire et maladies à tiques.



Une carte de risque de présence de *R. microplus* en Afrique de l'Ouest est produite par détermination des zones climatiques favorables au vecteur.



*Rhipicephalus microplus*, une tique tropicale arrivée récemment en Afrique de l'Ouest menace l'élevage et la production de lait. (Photo: M. Madder)

### SAUT DE TIQUE

*Rhipicephalus microplus*, une tique tropicale, est apparue au Bénin en 2006. Elle serait vraisemblablement arrivée sur le continent africain en passant clandestin sur le dos de vaches brésiliennes. Aucune trace d'elle en Afrique de l'Ouest avant 2007. Dangereuse, la tique provoque des anémies et des infections de la peau et des pis. Elle est également vectrice de plusieurs maladies du bétail particulièrement graves, telles que la babésiose et l'anaplasmose qui causent de fortes fièvres, des pertes de poids, une diminution de la production laitière et entraînent parfois la mort de l'animal. Le coût de ces maladies est considérable pour les fermiers. Résistante aux acaricides, la tique est très difficile à éradiquer une fois qu'elle est installée.

Le risque d'expansion de l'aire occupée par la tique est grand et favorisé par le système d'élevage pratiqué en Afrique de l'Ouest. En effet, le bétail n'est pas gardé dans des prairies clôturées mais doit voyager pour trouver de l'eau

et de la nourriture. Il peut donc transporter les tiques sur plus d'une centaine de kilomètres.

Fruit d'une collaboration entre l'Université catholique de Louvain (UCL), l'Institut de Médecine tropicale d'Anvers et l'Université espagnole de Zaragoza, le projet **TICKRISK** s'est attaché à produire une carte des habitats potentiels de la tique en Afrique de l'Ouest pour aider les autorités à mettre en place une surveillance ciblée. Ils ont développé l'utilisation des smartphones par les acteurs de terrain pour faciliter la collecte et la centralisation des données, via l'application VECMAP. Grâce aux résultats de leurs collectes de tiques au Bénin, les chercheurs ont pu établir quelles étaient les conditions environnementales favorables à celles-ci. Sur base de ces informations et de données satellitaires, ils ont pu dresser une carte détaillée du risque d'invasion en Afrique de l'Ouest. Cette carte a permis de révéler que de très larges zones du territoire étudié sont en réalité des zones à risque.

### VECMAP, UNE APPLICATION SMARTPHONE

Développée par la société AVIA-GIS avec la collaboration des équipes scientifiques des projets EPIDEMOIST et TICKRISK entre autres, VECMAP est un service de soutien à la gestion des maladies transmises par des vecteurs comme les moustiques ou les tiques (malaria, chikungunya,...). De l'échantillonnage à la modélisation spatiale, l'application mobile procède à toutes les étapes menant à l'obtention d'une cartographie des zones à risque. Elle simplifie et améliore le travail de terrain et de laboratoire ainsi que la modélisation de la distribution grâce aux données satellites. Elle facilite le travail de collecte de données sur le terrain grâce aux smartphones et procède ensuite à la modélisation statistique de la distribution de la maladie en combinant ces données à celles obtenues par les satellites. Le terrain permet de déterminer la distribution du vecteur de la maladie alors que les données de télédétection fournissent des indicateurs tels que la saisonnalité climatique ou l'index de végétation. Les données de la collecte peuvent à tout moment être transférées vers une base de données centralisée pour y être stockées. Le travail de terrain, coûteux et laborieux, est facilité et optimisé.





Le projet **EPISTIS**, de grande ampleur, a rassemblé sept partenaires, spécialisés dans des disciplines complémentaires : les techniques et les approches des spécialistes de la télédétection rencontrent celles des spécialistes en épidémiologie. Une richesse qui a amené les équipes des universités et des PME à réfléchir de manière innovante.

Deux cas d'étude ont été choisis. Ils sont fort différents mais complémentaires de par leurs caractéristiques épidémiologiques et les stratégies de contrôle spécifiques leur étant associées. Le premier traite de la présence et de la propagation de la langue bleue, une maladie à vecteurs présente en Belgique, en Italie et dans le bassin méditerranéen. Le second porte sur la dynamique et la transmission d'une maladie très contagieuse, la fièvre aphteuse, dans le Parc national Kruger en Afrique du Sud. Pour une maladie à vecteurs, les facteurs importants sont ceux qui influencent la dynamique et l'installation des vecteurs infectés. Dans le cas d'une maladie contagieuse, l'attention est portée sur la probabilité de contact entre animaux infectés et non infectés ; il faut prendre en compte l'efficacité des barrières érigées pour prévenir ces contacts ainsi que les facteurs affectant la dynamique des animaux infectés.

Si les sujets sont spécifiques, les approches novatrices développées sont, elles, applicables à d'autres maladies (même humaines) aux caractéristiques similaires. L'étude commence par une analyse épidémiologique qui compile les

### UNE MODÉLISATION À LA CARTE

Pour affirmer le savoir-faire belge, l'étude **EPISTIS**, démarrée en 2006, s'est poursuivie pendant plus de quatre ans. L'objectif du projet est de créer un réseau d'expertise dans le domaine de la technologie spatiale appliquée à l'épidémiologie. Les équipes ont développé plusieurs outils utilisant la télédétection afin d'obtenir une meilleure analyse de la dynamique spatio-temporelle de la transmission des maladies. Des résultats qui peuvent aider les gestionnaires locaux et les vétérinaires à prendre des décisions cruciales. L'épidémiologie spatiale nécessite une approche multidisciplinaire.

- risque très faible
- risque faible
- risque moyen
- risque élevé
- risque très élevé
- buffles errants
- clôtures

Carte de risques de contacts entre les buffles sauvages de la réserve animale du Parc Kruger et le bétail situé en dehors.

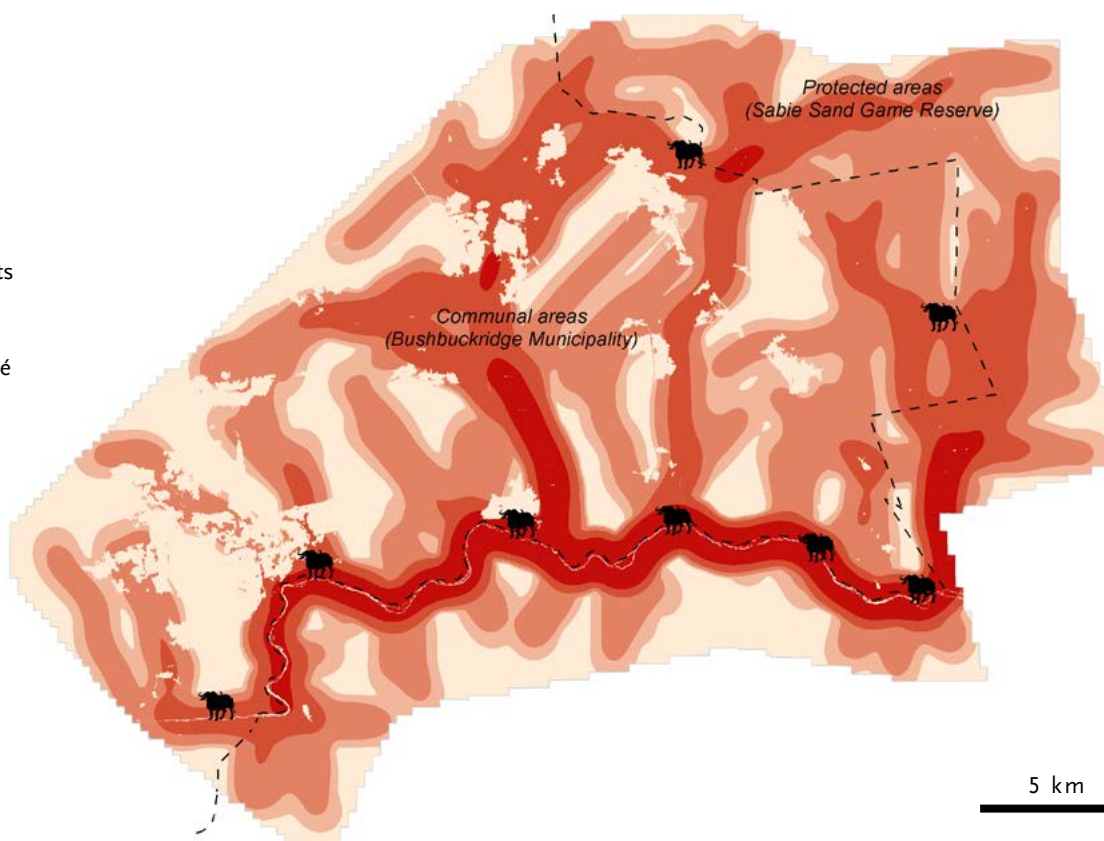


Image WorldView-2 fausses couleurs (proche infrarouge, rouge, vert) du site d'étude du projet EPISTIS en Afrique du Sud acquise durant la saison sèche (juillet 2012). Plusieurs zones brûlées sont clairement visibles.

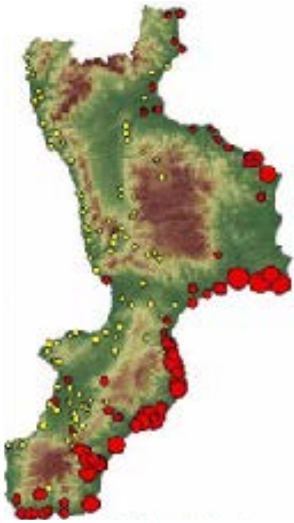


informations sur l'occurrence de la maladie, les vecteurs, les hôtes potentiels, la faune sauvage, le bétail et la population humaine. Des données supplémentaires, comme des cartes de sol ou des indicateurs topographiques, viennent s'y greffer. Des données satellitaires de basse, moyenne, haute et très haute résolution sont intégrées et utilisées pour différents types de modélisations, à différentes échelles. Il est ainsi possible de créer un modèle de distribution à l'échelle nationale ou régionale, un modèle de propagation locale, ou un modèle basé sur la très haute résolution pour un résultat détaillé ciblé sur une zone précise. Tous les modèles sont ensuite intégrés dans un Système d'Information Spatio-Temporel (STIS) utilisé comme outil de soutien à la prise de décision.

Les objectifs finaux sont de pouvoir estimer les risques de propagation future, de déterminer le degré d'efficacité des barrières et d'améliorer la gestion et le contrôle de la maladie. **EPISTIS**

a créé un véritable réseau d'expertise belge de télé-épidémiologie et a mis en place un grand nombre d'outils innovants : le système d'information STIS, plusieurs nouveaux modèles de distribution et de propagation ainsi que des approches complémentaires de modélisation du territoire qui s'appuient sur les données de capteurs à haute et très haute résolution. Les applications opérationnelles des résultats du projet vont bien au-delà des activités des laboratoires impliqués dans cette recherche et peuvent être utiles à tout chercheur en télé-épidémiologie.

Sur la même lancée, le projet **EPIDEMOIST** a approfondi l'étude de la maladie de la langue bleue en Italie. L'équipe s'est attaquée à une question particulière : pourquoi la densité de moucheron (vecteurs de la maladie) est-elle différente entre le Nord et le Sud de la Calabre alors que les conditions climatiques semblent similaires ? Le projet, initié par la PME AVIA-GIS, en collaboration avec l'Université de Gand, a



En haut : carte de probabilité de présence (rouge) / absence (jaune) du moucheron *C. imicola*, vecteur de la maladie de la langue bleue en Calabre.

En bas : carte de distribution des sols sableux (clair) et argileux (foncé), plus humides.



pour objectif d'améliorer l'application VECMAP, et d'affiner les modèles de distribution du moucheron en y intégrant le type de sol et son degré d'humidité. En effet, le cycle de vie des vecteurs possède bien souvent un stade de développement dans le sol qui explique l'impact décisif de ce facteur sur leur distribution spatiale.

Pour proposer une alternative aux mesures de terrain fastidieuses et coûteuses, le projet cherche à extraire des indicateurs de l'humidité du sol à partir d'images satellitaires optiques et radar. En effet si les images optiques présentent l'avantage d'être faciles à traiter, elles s'avèrent inutilisables en présence de nuages. Dans ce cas, il faut faire appel aux images radar, mais celles-ci doivent subir plus de traitements avant d'être exploitables. Les deux types d'images ont permis d'extraire trois variables intéressantes : l'inertie thermique apparente, l'index de sécheresse du sol et l'index d'humidité du sol. Ces variables peuvent être intégrées dans les modèles spatiaux d'autres maladies vectorielles.

Les résultats obtenus sont très prometteurs mais les méthodes doivent encore être affinées avant d'être opérationnelles. Elles sont peu adaptées en cas de végétation abondante. Néanmoins les avancées du projet permettent de mieux comprendre dès à présent l'impact de facteurs comme l'humidité du sol ou les barrières de végétation sur la propagation d'une maladie vectorielle, ce qui autorise la mise en place de mesures de contrôle plus efficaces et ciblées.

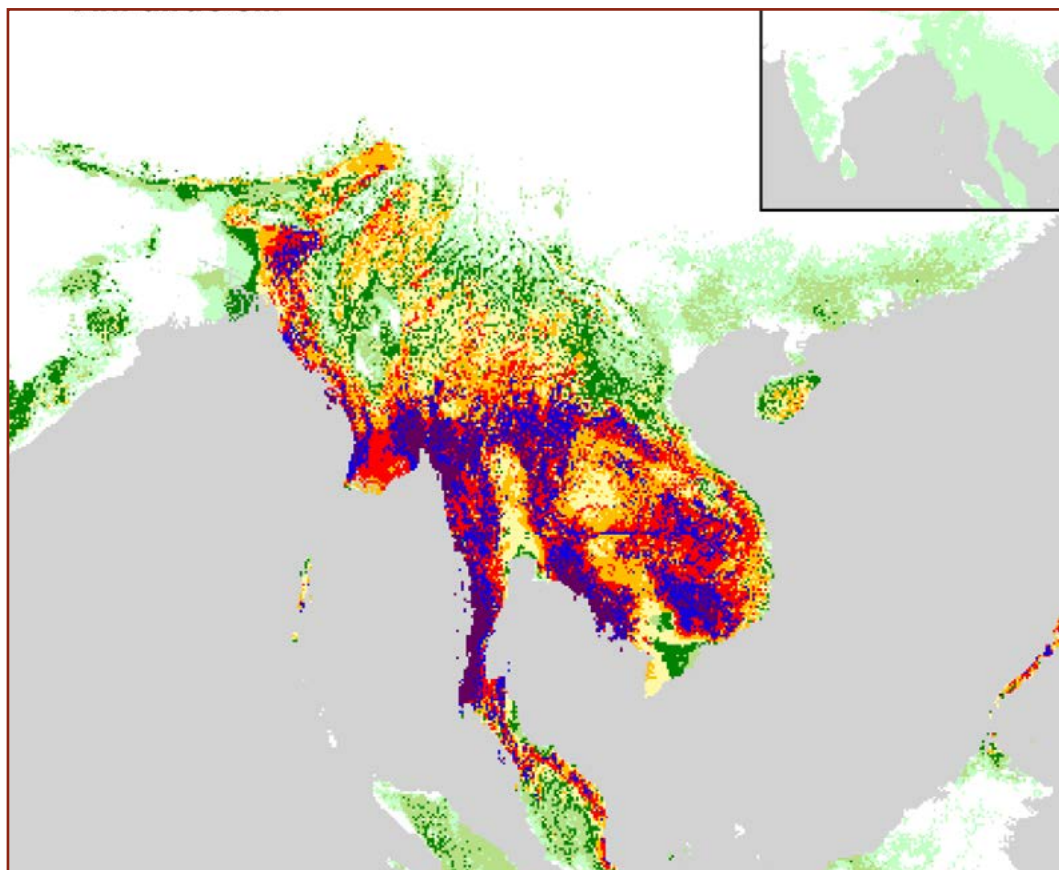
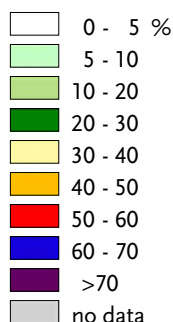
### MISE À JOUR AUTOMATIQUE

Et si les cartes de prédiction devenaient dynamiques ? Si une mise à jour facile était envisageable ? C'est le défi que se sont lancé les chercheurs du projet **DYNMAP**. L'idée est la fusion de données provenant de différentes sources et de différentes résolutions spatiales pour obtenir une cartographie prédictive dynamique. La recherche a tenté de développer un tel outil pour l'habitat du moustique vecteur de la malaria en Asie. La méthode obtenue permet de combiner des données de différentes résolutions, mais aussi de mettre à

La mondialisation des échanges et l'augmentation du trafic aérien de passagers, illustrée par cette carte du réseau aérien mondial en 2009, sont des facteurs importants de risque de propagation des maladies infectieuses.



Carte de probabilité de présence du moustique *Anopheles dirus sensu lato*, l'une des espèces vecteurs de la malaria en Asie du Sud-est.



jour de manière quasi automatique les images à haute résolution à l'aide de séries temporelles d'images à basse ou moyenne résolution.

Cette application fournit des informations plus détaillées sur l'occupation du sol, comme par exemple l'emplacement des rizières, ce qui autorise les chercheurs à approfondir leurs connaissances sur la relation entre le vecteur de la malaria et les indicateurs environnementaux.

Le projet confirme en outre l'hypothèse d'un habitat en récession pour *Anopheles dirus sensu lato* lors de la saison sèche, ainsi que l'influence de paramètres comme l'occupation du sol et l'humidité relative sur la présence du moustique. Le projet a également validé la quantité d'eau

contenue dans une feuille comme indicateur valable pour l'approximation de cette humidité relative.

Les résultats de la recherche sont donc multiples et les applications nombreuses. **DYNMAP** a ouvert la voie au développement de nouveaux produits basés sur l'utilisation de données de télédétection et utilisables en épidémiologie. Multidisciplinaire, le projet s'intègre parfaitement dans la philosophie du programme STEREO II. Il est le fruit d'une collaboration étroite entre deux expertises complémentaires : la connaissance pratique du terrain et des maladies de l'Institut de Médecine tropicale et l'expérience théorique du traitement des données et de la classification de l'UCL.

### SATHELI, UN ESCARGOT À LA LOUPE

8,2 millions 5 par an, c'est l'impact économique de la grande douve du foie rien que sur le secteur laitier en Flandre. L'hôte intermédiaire de la grande douve du foie est un escargot, la limnée tronquée (*Galba truncatula*) qui vit dans les mares et flaques d'eau (*Small Water Bodies*). L'étude SATHELI a débuté en février 2012. La technique sur mesure mise au point par les chercheurs pour détecter les zones à risque (les petits points d'eau) allie des données satellitaires WorldView-2 (jusqu'à 50 cm de résolution) à des données encore plus précises récoltées par un drone. À terme, les modèles de prévision de risques d'infection développés permettront aux agriculteurs de mieux choisir les zones et les moments pour faire paître le bétail, de manière à éviter au maximum les infections.

