

Pourquoi le moustique tigre est-il aussi invasif ?

Auteur :

SHERPA Stéphanie, Attaché Temporaire d'Enseignement et de Recherche, Laboratoire d'Écologie Alpine (LECA UMR CNRS 5553), Université Grenoble Alpes, Université Savoie Mont Blanc, Grenoble

09-03-2021



D'où proviennent les espèces invasives ? Comment sont-elles introduites ? L'intensification des échanges commerciaux a conduit à une explosion de la fréquence d'introduction d'insectes exotiques à l'échelle globale. De nombreux facteurs sont néanmoins déterminants pour le succès d'une invasion biologique, en particulier les caractéristiques écologiques et génétiques des populations introduites. Ainsi, la plupart des introductions d'espèces se soldent par un échec. La mondialisation augmente la probabilité d'introduire une espèce prédisposée à l'invasion, au bon moment, et au bon endroit. L'analyse génétique des populations invasives donne de précieuses informations sur les modalités d'introduction et d'expansion, à l'échelle globale et à l'échelle très locale du paysage.

1. Biologie de l'espèce

Une **espèce invasive** est une espèce dont **certaines populations** ont été **transportées** à partir d'une région donnée vers une autre région géographiquement distante (populations introduites), et qui une fois introduites sont **capables de se reproduire** (populations établies) et d'**étendre leur distribution géographique** (populations invasives). Les mécanismes à l'œuvre durant ce processus d'invasion sont indépendants de la notion d'impacts, qu'ils soient d'ordre écologique, sanitaire, ou économique. Néanmoins, les invasions biologiques sont reconnues comme l'une des principales causes des **changements de la biodiversité** [\[1\]](#).

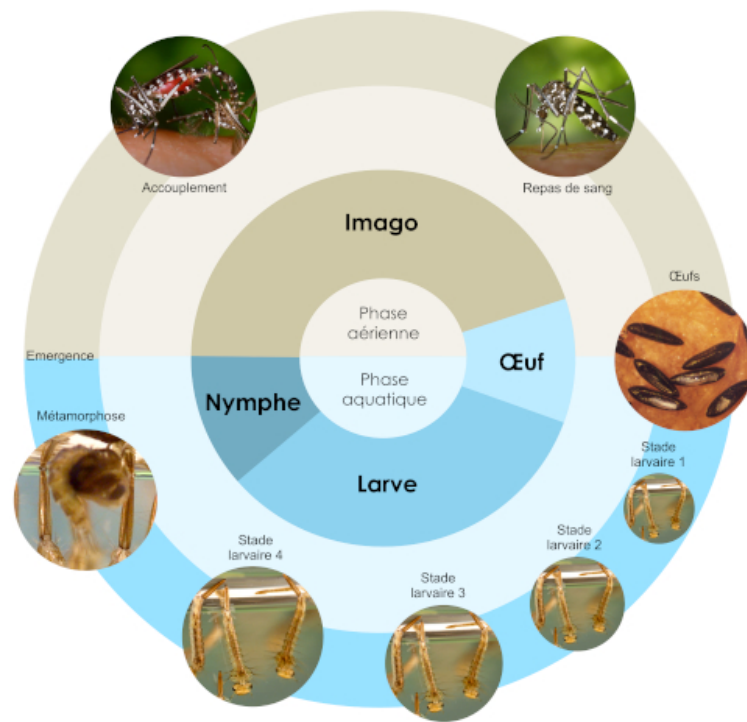


Figure 1. Cycle de vie du moustique tigre. La phase aquatique est représentée en bleu, la phase aérienne en marron. [Source : © Stéphanie Sherpa, depuis ref 5 ; Source photos : Centers for Disease Control and Prevention/Henry D. Pratt/James Gathany, via Public Health Image Library]

Parmi les espèces les plus invasives, les insectes viennent juste après les plantes, notamment en Amérique du Nord et en Europe [2]. Les invasions d'insectes peuvent avoir des impacts négatifs sur la santé publique lorsqu'il s'agit d'insectes vecteurs de maladies infectieuses (lire : [Changement climatique : quels effets sur notre santé ?](#)). Parmi eux, le **moustique tigre**, *Aedes albopictus*, peut transmettre différents virus à l'Homme, tels que ceux de la Dengue, du Chikungunya et du Zika. Originaire d'Asie du Sud Est, il est désormais l'une des espèces de moustique les **plus répandues** dans le monde et est classée comme l'une des 100 espèces les plus invasives [3].

1.1. Cycle de vie

Le cycle de vie du moustique tigre comprend **quatre stades** : œuf, larve, nymphe, et imago (adulte), répartis sur deux phases en fonction du milieu dans lequel les stades se produisent (Figure 1). La première phase, **aquatique**, comprend les stades œuf, larve, et nymphe, le stade adulte étant **aérien** [4]. Les moustiques adultes mâle et femelle se nourrissent de nectar, mais les femelles ont besoin d'un repas de sang pour apporter les nutriments nécessaires au développement des œufs. Les œufs sont pondus sur une surface solide proche de la surface de l'eau, et poursuivent leur développement une fois que le support est recouvert d'eau. Les œufs sont résistants à la sécheresse.

1.2. Écologie



Figure 2. Gîtes larvaires du moustique tigre. Gauche : sites naturels ; droite : sites artificiels fournis par l'Homme. [Source : Images sous licence CC0, via Wikimedia Commons & PxHere]

Initialement, le moustique tigre était forestier mais il est désormais bien adapté aux environnements **péri-urbains et ruraux**. Les larves peuvent se développer dans une large gamme de sites (Figure 2) :

des réceptifs **naturels**, tels que les souches d'arbres, ou les Broméliacées ;

des réservoirs **artificiels**, tels que les pneus usagés, les récipients abandonnés, soucoupes de pots de fleurs, ou récupérateurs d'eaux pluviales.

Dans son aire d'origine en Asie, le moustique tigre est présent dans des **environnements très contrastés** : des régions tropicales d'Asie du Sud-Est (larges îles Indonésiennes, Péninsule Malaise) aux régions tempérées du Nord-Est de la Chine et du Japon, en passant par les régions subtropicales de la Péninsule Indochinoise jusqu'à l'Inde plus à l'Ouest (Figure 3). [5]

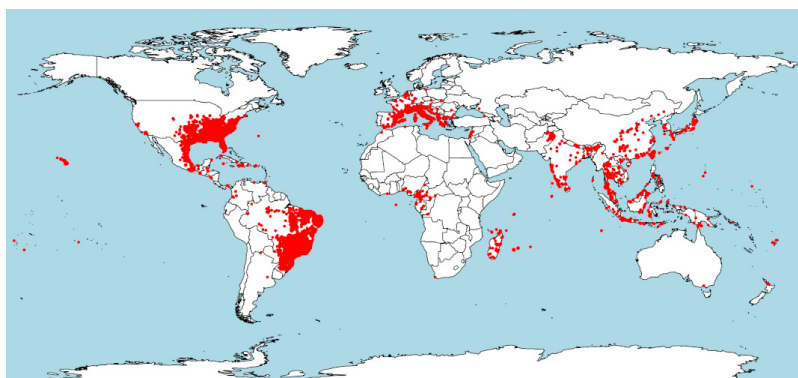


Figure 3. Distribution géographique actuelle du moustique tigre. Les points rouge représentent les données d'occurrence [Source : © Stéphanie Sherpa, depuis ref. 5]

En fonction de l'origine géographique des populations, il présente une **dynamique d'abondance saisonnière**. En région tropicale, les populations sont actives tout au long de l'année, alors que les conditions sous les latitudes tempérées sont défavorables en hiver. Le moustique tigre a néanmoins la capacité de pondre des œufs résistants au froid dits œufs **diapausants** [6].

2. D'où viennent les populations invasives ?

Le taux d'introduction d'espèces exotiques a considérablement augmenté durant les dernières décennies [2], notamment à cause de l'accélération des échanges commerciaux et du transport des marchandises et des personnes (Figure 4).

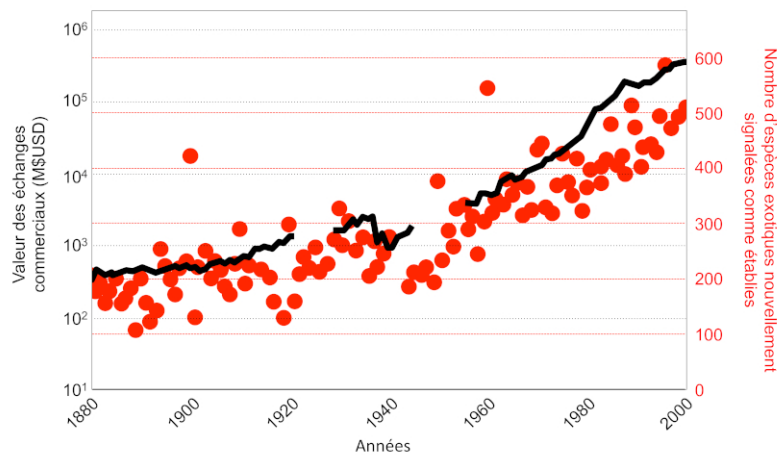


Figure 4. Relation entre invasion et mondialisation. Évolution du nombre total d'espèces exotiques nouvellement signalées comme établies tous groupes confondus (points rouges) et de la valeur du commerce des marchandises (ligne noire) entre 1880 et 2000 à l'échelle mondiale. [Source : schéma de l'auteure, à partir de données issues de ref. 2]

Bien que la majorité des insectes invasifs aient une **aire native** en Asie (lire : [Changement climatique et mondialisation, moteurs des invasions d'insectes](#)), les populations introduites ne sont pas toujours directement introduites à partir de l'aire native, mais peuvent provenir d'autres populations introduites, ces dernières étant qualifiées de populations « tête de pont ». La reconstruction des **routes de colonisation** s'appuie sur des méthodes génétiques et sur les données spatio-temporelles de détection des espèces (occurrences), pour décrire les voies empruntées : lieux de départ et d'arrivée, nombre d'étapes, type de transport, fréquence et nombre d'introductions [7]. Cette connaissance des modalités d'introduction de l'espèce est nécessaire afin de prévenir de nouvelles installations [8].

La croissance rapide du commerce de marchandises à l'échelle mondiale a multiplié les introductions du moustique tigre. Sa diffusion a probablement **débuté à la fin du 19^e siècle**, mais sa répartition s'est rapidement étendue à l'ensemble des continents excepté l'Antarctique au cours des dernières décennies, notamment en Europe où l'espèce est présente depuis la fin des années 1970 [9].

L'analyse génétique des populations européennes montre trois **introductions indépendantes** : en Albanie à partir de la Chine, au Nord de l'Italie à partir des États-Unis, et au Centre de l'Italie, où la variabilité génétique des populations résulte d'un mélange entre celles initialement présentes au Nord de l'Italie et une nouvelle introduction en provenance de la Chine [10]. Les patrons de migration à l'échelle globale démontrent que les populations sources à l'origine des introductions correspondent aux **partenaires commerciaux internationaux** au moment des premières introductions.

Bien que chaque invasion biologique ait sa propre histoire, les introductions d'autres espèces d'insectes, telles que la coccinelle [11] et le moucheron [12] asiatiques, se sont déroulées selon un schéma géographique similaire. L'introduction en Europe s'est faite depuis l'Asie via des populations tête de pont aux États-Unis, suggérant **un rôle prépondérant des réseaux de transport par l'Homme**.

3. Une expansion rapide en Europe

3.1. Origine des populations

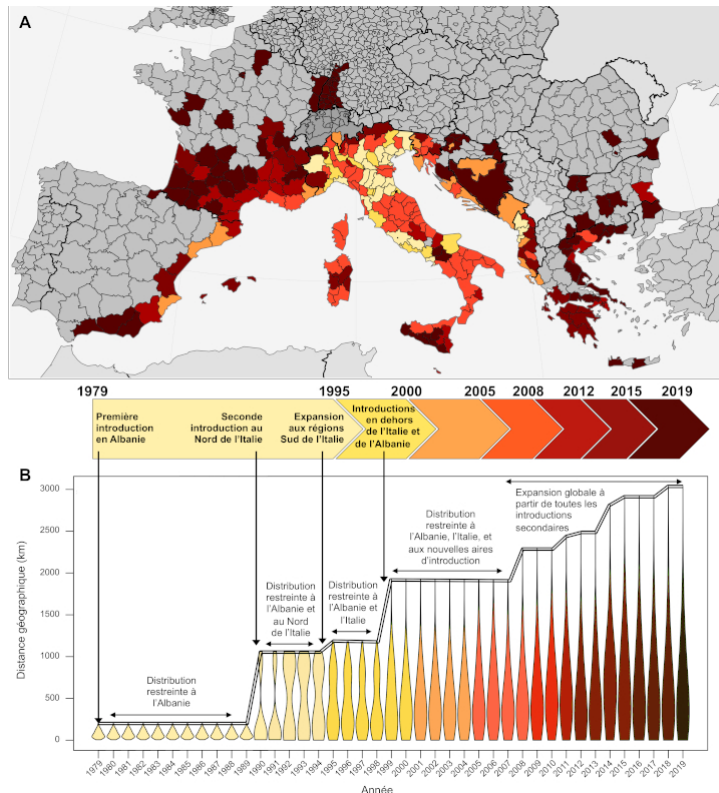


Figure 5. Expansion spatiale du moustique tigre en Europe. A : Distribution géographique au cours du temps. La couleur des unités de la carte représente les dates d'introduction, seulement pour les régions où il est reconnu comme établi. Gris : absence de l'espèce ou absence de données. B : Évolution de la distance géographique la plus courte par paire d'occurrences par année (cumul des occurrences depuis l'introduction). [Source : © Stéphanie Sherpa, depuis ref. 5]

Depuis sa première introduction en Albanie en 1979, l'espèce a été introduite une seconde fois au Nord de l'Italie au début des années 1990 [9]. Sa distribution géographique est restée relativement restreinte à ces régions jusque dans les années 2000, puis elle a progressivement envahi l'ensemble des régions d'Europe méditerranéenne en moins de 30 ans, colonisant des régions de plus en plus éloignées chaque année (Figure 5).

L'analyse d'un échantillonnage représentatif de la distribution de l'espèce en Europe a permis de reconstruire l'histoire précise de l'expansion. Les trois populations initialement introduites en Europe (Albanie, Nord de l'Italie, Centre de l'Italie) ont constitué des centres de dispersion (Figure 6). Les voies de migration reflètent la géographie des transports humains : **les échanges génétiques corrént au contexte géopolitique dans le bassin Méditerranéen.**

3.2. Nombre d'introductions

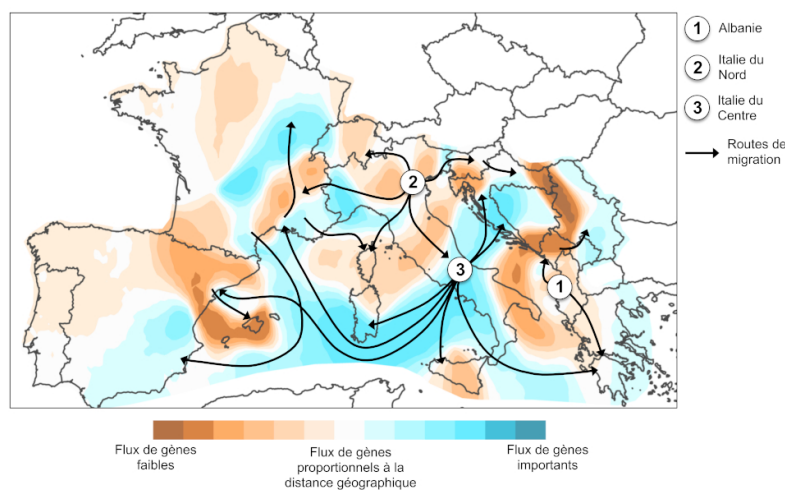


Figure 6. Routes de migration à l'échelle de l'Europe. Le fond de carte représente les résultats d'un modèle de génétique des populations intégrant la géographie des populations analysées afin d'identifier des barrières (zones marrons) et des corridors (zones bleues) pour la dispersion. Les chiffres représentent la localisation des trois premières zones d'introduction en Europe dans l'ordre chronologique (respectivement 1979, 1990, et 2000). Les flèches représentent les routes de colonisation. [Source : © Stéphanie Sherpa, modifié depuis ref. 5]

La **diversité génétique** au sein d'une population détermine son potentiel de réponse aux changements environnementaux et sa persistance dans le temps [13]. Dans le cadre des invasions biologiques, la diversité génétique de la population introduite est conditionnée par la diversité génétique dans la population source, le nombre d'individus introduits et la fréquence des événements d'introduction [14]. En général un nombre restreint d'individus est introduit, qui ne portent qu'un sous-ensemble des gènes de la population d'origine. Cette **faible diversité** induit une forte consanguinité entre les individus qui se reproduisent : c'est un **facteur d'extinction** de la population.

Les **introductions multiples constituent un des principaux facteurs augmentant la diversité génétique dans les populations** [15]. Elles permettent la mise en contact de deux groupes d'individus génétiquement distincts, dont le brassage conduit à l'apparition de nouvelles combinaisons génétiques. Ainsi, les populations du moustique tigre établies au Centre de l'Italie, issues du brassage entre deux populations sources, présentent des niveaux de diversité génétique plus élevés que ceux enregistrés dans l'aire native de l'espèce [10]. Par ailleurs, la forte connectivité entre les populations introduites a probablement favorisé le **maintien d'une forte diversité génétique** au sein des populations sur les fronts d'expansion, **contribuant à l'expansion rapide à l'échelle de l'Europe** (Figure 5).

4. Une espèce prédisposée au transport et aux climats tempérés

Les échanges commerciaux déterminent l'origine des populations introduites et le nombre d'introductions. Ils ne peuvent en revanche à eux-seuls expliquer le succès du moustique tigre. Différents éléments de sa biologie et de son écologie ont également joué un rôle dans les succès d'introduction et d'établissement.

4.1. Probabilité d'introduction

L'**adaptation des organismes aux habitats modifiés par l'homme peut accroître leur probabilité d'introduction** dans une nouvelle région car les populations situées dans des zones fréquentées par l'homme sont plus susceptibles d'être transportées [16]. Parmi les gîtes larvaires qu'utilise le moustique tigre, les pneus usagés constituent le site de ponte préférentiel. De par leur **résistance à la sécheresse**, les œufs peuvent survivre durant plusieurs mois et être transportés sur de longues distances. L'intensification du commerce des **pneus usagés** a donc initié l'expansion mondiale de l'espèce via le transport des œufs.

4.2. Probabilité d'établissement

La distribution du moustique tigre en régions tempérées correspond à certains seuils de conditions climatiques [17] :

une température moyenne du mois le plus froid **supérieure à 0°C** pour la survie hivernale des œufs ;

une température **moyenne annuelle de 11°C** pour le maintien de l'activité des adultes ;

un **minimum de 500 mm** de précipitations annuelles pour le maintien en eau des sites de ponte.

Comme chez de nombreux insectes, la survie hivernale du moustique tigre dans des environnements froids est principalement

déterminée par la capacité des œufs à entrer en diapause. Cette **adaptation physiologique** est déjà présente dans les régions tempérées d'Asie qui sont à l'origine de l'introduction en Albanie et au Centre de l'Italie, ainsi qu'aux États-Unis, à l'origine de l'introduction au Nord de l'Italie [5],[18],[19]. Ainsi, **le moustique tigre était déjà pré-adapté pour s'installer** en Europe. De plus, **les contraintes environnementales rencontrées lors de l'introduction en Europe étaient peu différentes de celles rencontrées dans les populations sources** [20], pouvant expliquer l'établissement rapide des populations (Figure 7). Ces contraintes environnementales incluent les contraintes climatiques (température, précipitations) mais également anthropiques (urbanisation et artificialisation des milieux).

5. Une dissémination passive via le transport routier

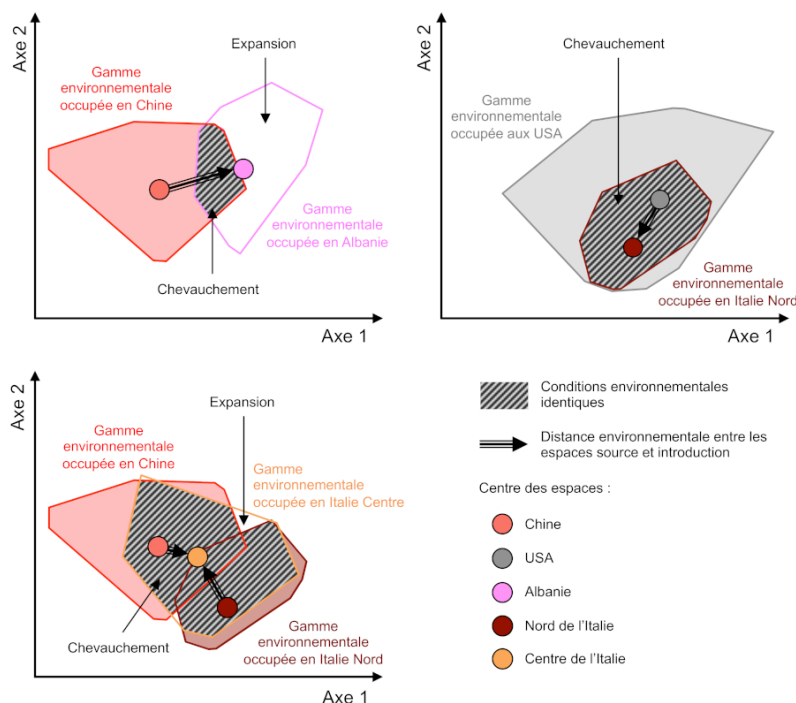


Figure 7. Variation des conditions environnementales entre les populations introduites en Europe et leurs populations sources. Les espaces représentent la gamme environnementale rencontrée dans chaque région, déterminés à partir des données d'occurrence et environnementales (température, précipitations, anthropisation). Les centres des espaces sont reliés par des flèches en fonction de la source pour visualiser le changement environnemental. [Source : © Stéphanie Sherpa, modifié depuis 20]

La dispersion intracontinentale du moustique tigre après l'introduction est majoritairement due au **transport passif des œufs via le transport routier**, et notamment celui des pneus usagés [21]. En effet, de nombreux signalements rapportent la présence du moustique tigre sur des zones de stockage de pneus. Néanmoins, des recherches récentes ont mis en évidence le rôle des déplacements automobiles journaliers dans la dispersion des adultes [22].

Il existe une relation de cause à effet directe entre la dispersion [23] et les flux de gènes entre populations. Dès lors, la **génétique du paysage** [24] cherche à identifier des facteurs géographiques et paysagers favorisant la connectivité des populations. Contrairement à la reconstruction des routes de colonisation qui s'étudie à une échelle globale, la connectivité des populations doit être appréhendée à une échelle locale. Bien que la dispersion à longue distance assistée par l'homme puisse être caractérisée par des « sauts », les **îlots colonisés sur les fronts d'expansion** offrent d'excellents laboratoires naturels pour étudier les facteurs paysagers impactant la connectivité des populations.

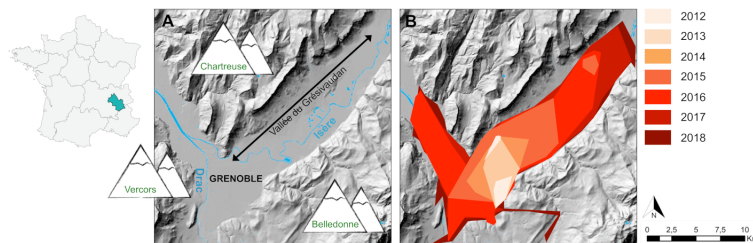


Figure 8. Évolution de la distribution géographique du moustique tigre en fonction du temps. A : carte montrant les trois vallées de part et d'autre de Grenoble et B : limites de distribution par année depuis l'introduction en 2012, montrant uniquement le front d'expansion (les zones non habitées au sein de ces étendues ne sont pas représentées). [Source : © Stéphanie Sherpa]

Parmi les zones récemment envahies par le moustique tigre, la région de Grenoble, où il est présent depuis 2012, constitue un excellent terrain d'étude pour comprendre la dynamique d'expansion des espèces invasives. L'expansion n'a pu se faire que dans trois directions de part et d'autre de Grenoble, correspondant aux trois vallées situées entre les massifs du Vercors, de la Chartreuse et de Belledonne (Figure 8).

La modélisation des facteurs structurant la variabilité génétique des populations à l'échelle du paysage Grenoblois, utilisant différents types d'habitats (milieux ouverts, forêts, aires urbaines denses, aires urbaines résidentielles, cours d'eau, réseaux routiers), révèle que **la dispersion passive du moustique tigre le long des axes routiers induit une forte connectivité entre des populations géographiquement distantes** de part et d'autre de Grenoble [25] (Figure 9).

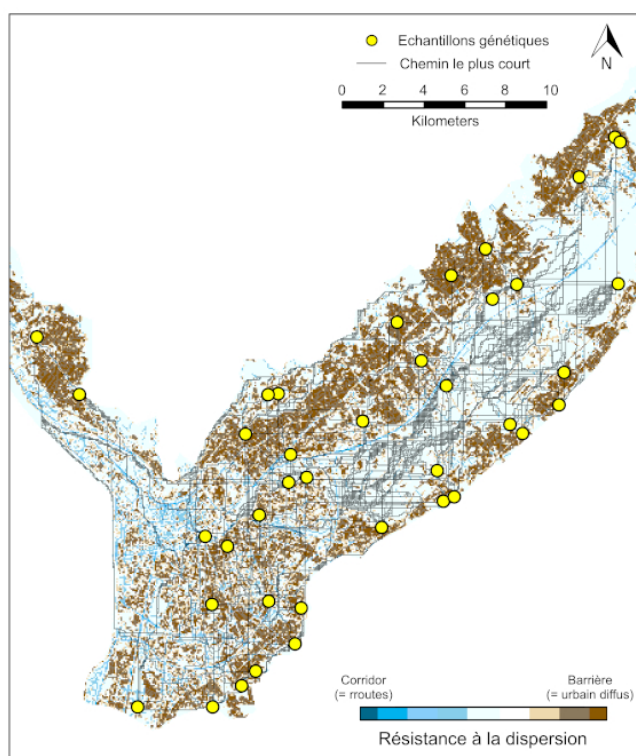


Figure 9. Carte de résistance à la dispersion du moustique tigre dans la région de Grenoble. Les chemins noirs représentant les chemins de moindre coût à travers le paysage grenoblois. Ainsi les populations de part et d'autre (points jaunes) de ces chemins sont génétiquement très proches, suggérant que le transport routier favorise les flux de gènes. Les zones urbaines résidentielles (en marron) représentent des freins à la dispersion. [Source : © Stéphanie Sherpa, modifié depuis ref. 25]

Le moustique tigre a une **faible capacité de dispersion naturelle**, dont la moyenne estimée à partir des taux de recapture des individus est d'environ 200 m par génération [26]. Le temps de génération [27] est d'environ trois semaines chez le moustique tigre. Les conditions environnementales dans la région de Grenoble étant favorables à la reproduction de Mai à Octobre, l'espèce peut théoriquement accomplir jusqu'à sept générations par an. Ainsi, la dispersion naturelle maximale des individus entre 2013 et 2017 se limite à un rayon de 6 km. La distance géographique séparant les populations génétiquement proches de part et d'autre des axes routiers identifiés (Figure 9) pouvant aller jusqu'à 25 km, cette étude confirme que **le principal facteur expliquant la**

6. Une expansion naturelle rapide grâce à l'urbanisation des territoires

Dans la région de Grenoble, la présence du moustique tigre est déterminée par (Figure 10):

Une température moyenne annuelle minimale de 11°C, corrélée à une température optimale durant les mois estivaux, période d'activité des adultes, et à une température hivernale permettant la survie des œufs. Ce seuil de température correspond à l'isocline 800 m.

La présence d'habitats urbains diffus, correspondant aux zones résidentielles avec des jardins où les sites de pontes (coupelles de pots de fleurs, récupérateurs d'eau) et les humains (repas de sang pour les femelles) sont en quantité abondante permettant d'accomplir le cycle de reproduction.

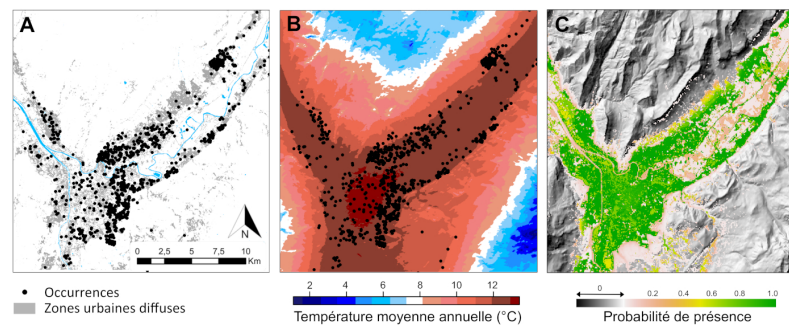


Figure 10. Caractérisation des zones d'habitats favorables pour l'établissement du moustique tigre dans la région de Grenoble. A : la variable paysagère expliquant le mieux la distribution est la présence d'habitat urbain diffus : les zones résidentielles. B : relation entre présence du moustique tigre et température, montrant ici un seuil minimum de 11°C. C : probabilité de présence du moustique tigre à partir des zones actuellement occupées (points noirs sur A et B) représentant les aires où l'espèce peut s'établir avec certitude (1) et celles où elle est absente (0). [Source : © Stéphanie Sherpa, modifié depuis ref. 25]

Bien que souvent négligée dans le contexte des invasions biologiques, la dispersion naturelle peut également participer à l'expansion des populations à une échelle plus fine. La construction d'un **modèle de dispersion**, combinant les données spatio-temporelles de détection de l'espèce collectées par l'Entente Interdépartementale pour la Démoustication Rhône Alpes (EID), les zones d'habitats favorables identifiées par la modélisation écologique (Figure 10) ainsi que les caractéristiques biologiques de l'espèce (nombre de générations par an, distance de dispersion maximale des adultes par génération), a permis de dissocier les événements de dispersion compatibles avec une dispersion naturelle du moustique tigre de ceux obligatoirement passifs (distance trop éloignée). En comparant les années successives depuis l'introduction, ce modèle révèle qu'entre **70% et 80% des nouvelles détections** chaque année peuvent être attribuées à la dispersion **naturelle** (Figure 11).

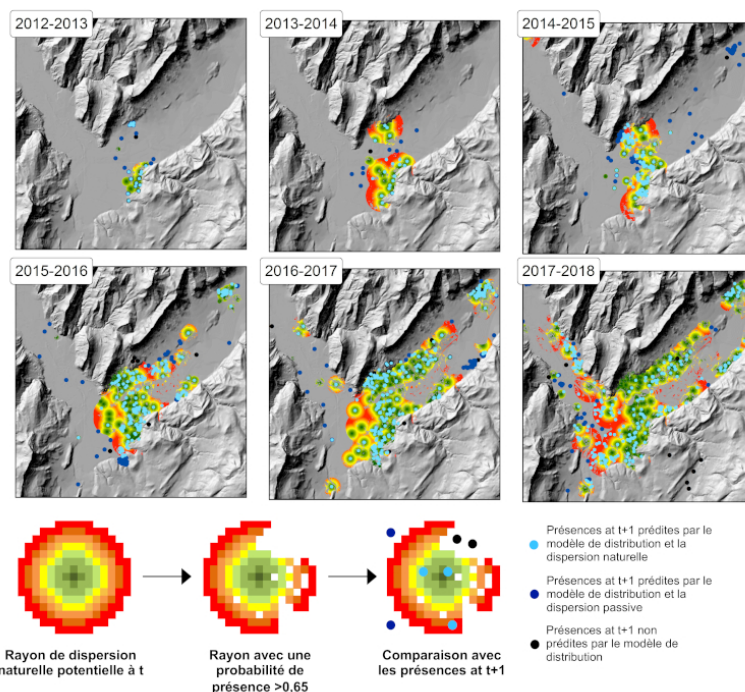


Figure 11. Modélisation des rôles de la dispersion naturelle et passive dans l'expansion du moustique tigre depuis son introduction dans la région de Grenoble. Les cartes montrent l'aire de dispersion naturelle potentielle pour chaque comparaison de deux années consécutives. Le rayon théorique représente le nombre de génération possible de dispersion naturelle (7 générations par ans représentées par 7 couleurs), résultant en une dispersion potentielle allant de 0 à 1 500 m (dispersion maximale de 200m par génération) en fonction de la date de détection, avec un temps de génération de 3 semaines. Les couleurs des points indiquent la catégorie de dispersion. Bleu clair : dispersion naturelle (l'occurrence enregistrée à t + 1 est située dans le rayon construit avec les occurrences à t), bleu foncé: dispersion assistée par l'homme (l'occurrence enregistrée à t + 1 est située en dehors du rayon construit avec les occurrences à t). [Source : © Stéphanie Sherpa, modifié depuis ref. 25]

Cette prédominance de la dispersion naturelle corrobore les données génétiques sur la différenciation entre populations, identifiant les **zones urbaines diffuses** telles que les parcs, les jardins privés et les cimetières comme étant des **barrières à la dispersion** (Figure 9). Ainsi, les populations présentes dans les zones urbaines diffuses et distantes de quelques centaines de mètres à deux kilomètres sont génétiquement distantes. Cette faible dispersion peut être attribuée au fait que les zones urbaines diffuses offrent suffisamment d'habitats favorables avec une abondance relativement élevée de sites de ponte et d'hôtes (pour l'alimentation et la reproduction) et des zones de végétation (pour le repos des adultes dans la journée).

La proportion importante d'habitats urbains diffus continus et favorables pour le moustique tigre dans la région de Grenoble a **favorisé la colonisation rapide** de la quasi-totalité des zones résidentielles quelques années après son introduction. La croissance démographique humaine et l'attrait pour les zones résidentielles sur les pourtours des zones urbaines denses induisent progressivement une extension des espaces résidentiels urbains et un remplacement des milieux ouverts, tels que les prairies ou les terrains agricoles, offrant de nouveaux habitats favorables à l'établissement et donc l'expansion du moustique tigre. **Les changements d'utilisation des terres et les pressions exercées par l'homme sur les écosystèmes favorisent l'établissement et accélèrent l'expansion des espèces invasives** (lire aussi : [Quand les plantes envahissantes se promènent aussi dans les champs](#)).

7. Messages à retenir

L'analyse génétique des populations invasives permet de retracer leur histoire (introduction, établissement, expansion) à l'échelle globale, mais également à l'échelle très locale du paysage.

Le nombre d'introductions et l'origine des populations introduites déterminant leur capacité d'installation (diversité génétique et traits adaptatifs) sont conditionnés par les **réseaux de transport** par l'Homme.

La dispersion longue distance assistée par l'homme le long des axes autoroutiers induisant des **échanges fréquents entre les populations** favorise leur persistance à long terme.

Le rôle de la **dispersion naturelle** à l'échelle du paysage dans l'expansion spatiale des populations est souvent sous-estimé et dépend de la quantité d'habitats favorables.

Notes et références

Image de couverture. Moustique-tigre. [Source : James Gathany, CDC / Public domain]

- [1] Simberloff, D. *et al.* (2013). Impacts of biological invasions: what's what and the way forward. *Trends in Ecology and Evolution*, **28**(1), 58–66.
- [2] Seebens, H. *et al.* (2017). No saturation in the accumulation of alien species worldwide. *Nature Communications*, **8**(1), 1–9.
- [3] S. Lowe, M. *et al.* (2007). [100 espèces exotiques envahissantes parmi les plus néfastes au monde](#). Une sélection de la Global Invasive Species Database. Groupe de spécialistes des espèces envahissantes (ISSG).
- [4] [Syndicat de Lutte contre les Moustiques du Bas-Rhin. Moustique tigre – Biologie](#).
- [5] Sherpa, S. (2019). [Histoire de la colonisation et déterminants du succès invasif des populations du moustique tigre en Europe](#). Thèse de doctorat, Université Grenoble Alpes.
- [6] La diapause est un arrêt temporaire du développement, facultatif ou obligatoire, et généralement déterminé par les conditions environnementales (température et photopériode).
- [7] Estoup, A., & Guillemaud, T. 2010. Reconstructing routes of invasion using genetic data: why, how and so what? *Molecular Ecology*, **19**(19), 4113–4130.
- [8] Estoup, A. & Guillemaud, T. (1999). [Retracer l'invasion pour mieux la combattre](#).
- [9] [European Center for Disease Prevention and Contrôle \(ECD\). *Aedes albopictus*](#).
- [10] Sherpa, S. *et al.* (2019). Unraveling the invasion history of the Asian tiger mosquito in Europe. *Molecular Ecology*, **28**(9), 2360–2377.
- [11] Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) (2010). [Les routes d'invasion de la coccinelle asiatique *Harmonia axyridis* retracées](#).
- [12] Fraimout, A. *et al.* (2017). Deciphering the routes of invasion of *Drosophila suzukii* by means of ABC random forest. *Molecular Biology and Evolution*, **34**(4), 980–996.
- [13] Bock, D. G. *et al.* (2015). What we still don't know about invasion genetics. *Molecular Ecology*, **24**(9), 2277–2297.
- [14] Simberloff, D. 2009. The role of propagule pressure in biological invasions. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, **40**, 81–102.
- [15] Dlugosch, K. M. & Parker, I. M. (2008). Founding events in species invasions: genetic variation, adaptive evolution, and the role of multiple introductions. *Molecular Ecology*, **17**(1), 431–449.
- [16] Hufbauer, R. A. *et al.* (2012). Anthropogenically induced adaptation to invade (AIAI): contemporary adaptation to human-altered habitats within the native range can promote invasions. *Evolutionary Applications*, **5**(1), 89–101.
- [17] Fischer, D. (2014). Climatic suitability of *Aedes albopictus* in Europe referring to climate change projections: comparison of mechanistic and correlative niche modelling approaches. *Eurosurveillance*, **19**, 20696.
- [18] Armbruster, P. A. (2016). Photoperiodic diapause and the establishment of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in North America. *Journal of Medical Entomology*, **53**(5), 1013–1023.
- [19] Sherpa, S. *et al.* (2019). Cold adaptation in the Asian tiger mosquito's native range precedes its invasion success in

temperate regions. *Evolution*, **73**(9), 1793–1808.

[20] Sherpa, S. *et al.* (2019). Predicting the success of an invader: Niche shift versus niche conservatism. *Ecology and Evolution*, **9**(22), 12658–12675.

[21] Scholte, E. J. & Schaffner, F. (2007). Waiting for the tiger: establishment and spread of the *Aedes albopictus* mosquito in Europe. In *Emerging pests and vector-borne diseases in Europe*, Eds. Takken W., & Knols, B. G. J., Wageningen Academic Publishers. pp. 241–260.

[22] Eritja, R. *et al.* (2017). Direct evidence of adult *Aedes albopictus* dispersal by car. *Scientific Reports*, **7**(1), 1–15.

[23] Distance moyenne parcourue entre la naissance et la reproduction d'un individu. La dispersion naturelle dépend de la capacité de déplacement des individus d'une espèce dans un environnement donné, alors que la dispersion passive implique l'intervention humaine dans le déplacement des individus.

[24] Manel, S. *et al.* (2003). Landscape genetics: combining landscape ecology and population genetics. *Trends in Ecology and Evolution*, **18**(4), 189–197.

[25] Sherpa, S. *et al.* (2020) Landscape does matter: disentangling founder effects from natural and human-aided post-introduction dispersal during an ongoing biological invasion. *Journal of Animal Ecology*, **89**(9), 2027–2042..

[26] Marini, F. *et al.* (2019). Estimating spatio-temporal dynamics of *Aedes albopictus* dispersal to guide control interventions in case of exotic arboviruses in temperate regions. *Scientific Reports*, **9**(1), 1–9.

[27] Temps moyen nécessaire pour que les individus d'une génération produisent une nouvelle génération d'individus.

L'Encyclopédie de l'environnement est publiée par l'Université Grenoble Alpes - www.univ-grenoble-alpes.fr

Pour citer cet article: **Auteur** : SHERPA Stéphanie (2021), Pourquoi le moustique tigre est-il aussi invasif ?, Encyclopédie de l'Environnement, [en ligne ISSN 2555-0950] url : <http://www.encyclopedie-environnement.org/?p=11937>

Les articles de l'Encyclopédie de l'environnement sont mis à disposition selon les termes de la licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.
