

MARCO SELMI ALFONSO CRISCI ROBERTO ARRIGONI
MIRKO MANCIN GIOVANNI FRANCO MAURIZIO COCCHI IRENE RAFFAELLI



Aedes albopictus

Adattamento della specie al territorio transfrontaliero
Adaptation de l'espèce au territoire transfrontalier

MARCO SELMI
ALFONSO CRISCI
ROBERTO ARRIGONI
MIRKO MANCIN
GIOVANNI FRANCO
MAURIZIO COCCHI
IRENE RAFFAELLI

Aedes albopictus

Adattamento della specie al territorio transfrontaliero
Adaptation de l'espèce au territoire transfrontalier

LA COOPERAZIONE AL CUORE DEL MEDITERRANEO
LA COPERATION AU COEUR DE LA MEDITERRANÉE

Il volume è dedicato alla pubblicazione
dei risultati del progetto REDLAV 2.1 realizzati dall'ASL 2 di Lucca

Aedes albopictus, Adattamento della specie al territorio transfrontaliero

Le volume est consacré à la publication
des résultat du projet REDLAV 2.1 réalisé par ASL 2 de Lucca

Aedes albopictus, Adaptation de l'espèce au territoire transfrontalier

Aedes albopictus, Adattamento della specie al territorio transfrontaliero
Aedes albopictus, Adaptation de l'espèce au territoire transfrontalier

Marco Selmi
Osservatorio Permanente per Patologie a Trasmissione vettoriale - ASL 2 di Lucca

Alfonso Crisci
CNR-IBIMET Firenze

Roberto Arrigoni
Domotherm, San Daniele Po, Cremona

Mirko Mancin
Domotherm, San Daniele Po, Cremona

Giovanni Franco
Domotherm, San Daniele Po, Cremona

Maurizio Cocchi
U.F. Zoologia Ambientale, Grosseto

Irene Raffaelli
U.F. Zoologia Ambientale, Grosseto



INDICE

Introduzione	7
Introduction	9
1. <i>Aedes albopictus</i> , studio della popolazione ed adattamento ambientale nell'area REDLAV	11
1. <i>Aedes albopictus</i> , étude de la population et adaptation de l'environnement dans la zone REDLAV	23
2. La variabilità di densità spaziale di popolazioni di <i>Aedes albopictus</i> : verifica dell'attendibilità dell'uso di proxy di abbondanza	35
2. La variabilité de la densité spatiale des populations d' <i>Aedes albopictus</i> : contrôle de la fiabilité de l'utilisation du proxy d'abondance	45
3. <i>TigerSensor</i> , un sistema OpenSource e OpenHardware per il monitoraggio ambientale e la previsione di abbondanza di <i>Aedes albopictus</i> in ambienti urbani	55
3. <i>TigerSensor</i> , est un système OpenSource et OpenHardware pour la surveillance environnementale et la prévision d'abondance d' <i>Aedes albopictus</i> en milieu urbain	67
4. Tigerapp: la piattaforma digitale dedicata all'ascolto e alla visualizzazione dei dati	79
4. Tigerapp: la plate-forme numérique dédiée à l'écoute et à l'affichage des données	91

INTRODUZIONE

Marco Selmi

Osservatorio Permanente per Patologie a trasmissione Vettoriale, Asl 2, Lucca

Il progetto REDLAV 2.1 è stato realizzato nell'ambito di un Asse progettuale transfrontaliero denominato Italia-Francia Marittimo e completa le attività di REDLAV, una precedente sessione progettuale entro la quale, la ASL 2 di Lucca, ha sviluppato alcune iniziative per analizzare il rischio relativo alla presenza di alcuni vettori, tra i quali *Aedes albopictus*, la zanzara tigre.

Come è noto, *Aedes albopictus*, è un infestante che ha spiccata antropofilia ed esofilia e tendenza a sovrapporre la propria densità alla densità di popolazione umana, con picco tipicamente tardo-estivo. Questi comportamenti e la nota aggressività, fanno di questa zanzara un fattore limitante la qualità della vita e lo sviluppo turistico in aree vocate, come è il caso della Toscana, Liguria, Corsica e Sardegna, territorialmente coinvolte nell'Asse progettuale in questione. Un secondo aspetto di notevole interesse per la Sanità Pubblica, riguarda la capacità vettoriale di questa zanzara, in particolare per arbovirosi come Dengue, Chikungunya e Zika virus. In entrambi i casi, sia il disagio che il potenziale rischio vettoriale, dipendono dall'abbondanza di zanzare o meglio dal rapporto tra zanzare e popolazione umana.

Nell'ambito del progetto REDLAV 2.1 si è cercato di rispondere ad una precisa domanda: è possibile spazializzare la densità di *Aedes albopictus*? In altre parole, è possibile mettere a disposizione un *layer* che rappresenti la variabilità spaziale di abbondanza di questa zanzara, a un livello di scala sufficientemente dettagliato da costituire uno strumento utile alla gestione delle problematiche connesse? Questo significa: *i*) disporre di strumenti che permettano di modellare idealmente la dinamica di popolazione della zanzara implementando i bio-parametri caratteristici della specie cioè tassi di riproduzione, mortalità delle varie fasi, ecc.; *ii*) prevedere l'effetto delle forzanti più attive sulla dinamica della popolazione di zanzare, come ad es. la temperatura; *iii*) garantire una continuità "spaziale" del dato di abbondanza di zanzare, interpolando i parametri delle forzanti di interesse.

INTRODUCTION

Marco Selmi

Observatoire Permanent pour les Maladies à transmission Vectorielle, Asl 2, Lucques

Le projet REDLAV 2.1 a été réalisé dans le cadre d'un axe conceptuel trans-frontalier appelé Italie-France Maritime et complète les activités de REDLAV, un projet précédent au sein duquel l'ASL 2 de Lucques, a développé un certain nombre d'initiatives visant à analyser le risque dû à la présence de certains vecteurs, parmi lesquels l'*Aedes albopictus*, le moustique tigre.

Comme on le sait, *Aedes albopictus* est une espèce invasive marquée par l'anthropophilie et l'ésophilie, qui a tendance à superposer sa densité à la densité de la population humaine, avec un pic typique à la fin de l'été. Ces comportements et l'agressivité reconnue, font de ce moustique un facteur limitant la qualité de la vie et le développement du tourisme dans les zones à vocation touristique, comme dans le cas de la Toscane, de la Ligurie, de la Corse et de la Sardaigne, territorialement impliquées dans l'axe conceptuel en question.

Un deuxième aspect d'un intérêt considérable pour la santé publique concerne la capacité vectorielle de ce moustique, en particulier pour les arboviroses comme la dengue, le chikungunya et le virus Zika. Dans les deux cas, aussi bien la gêne que le risque vectoriel potentiel dépendent du nombre de moustiques, ou, plutôt, du rapport entre les moustiques et la population humaine.

Dans le cadre du projet REDLAV 2.1 on a tenté de répondre à une question spécifique: peut-on spatialiser la densité d'*Aedes albopictus*? En d'autres termes, est-il possible de mettre à disposition un *layer* représentant la variabilité spatiale de l'abondance de ce moustique, à un niveau d'échelle suffisamment détaillé pour être un outil utile pour la gestion des problématiques qui y sont liées? Cela signifie *i)* avoir des outils qui permettent de modéliser idéalement la dynamique de population du moustique en mettant en œuvre les bioparamètres caractéristiques de l'espèce, c'est-à-dire les taux de reproduction, la mortalité lors des différentes phases, etc.; *ii)* prévoir l'effet des facteurs favorisant sur la dynamique de la population de moustiques, comme par exemple, la température; *iii)* assurer une continuité «spatiale» de la donnée d'abondance des moustiques, en interpolant les paramètres des facteurs favorisant qui nous intéressent.

competitive rispetto alle specie native ad esempio rapida crescita, tolleranza ad un ampio range di condizioni ambientali ed una efficiente capacità di dispersione.

Secondo l'ECDC, l'European Center for Disease Prevention and Control, le capacità invasive di *Ae. albopictus* sono dovute a diversi fattori: plasticità ecologica, forte attitudine alla competizione, globalizzazione, mancanza di sorveglianza. I mutamenti climatici osservati e le relative proiezioni, suggeriscono che probabilmente l'areale di competenza continuerà ad espandersi rispetto all'attuale (Fig. 2).

Riconoscendo la necessità di attivare azioni a contrasto del fenomeno dell'invasione biologica, la Commissione Europea ha percorso diverse strategie in forma di due Comunicazioni nel 2008 e nel 2011 (COM/2008/789; COM/2011/244) e di un network dedicato nel 2012, ma è evidente che queste azioni sono state scarsamente tempestive, almeno rispetto alle esigenze di salvaguardia europee ed in particolare del nostro Paese, che secondo il report ECDC del 2015, vede *Ae. albopictus* ormai presente in ogni regione.



Fig. 2 Areale di distribuzione di *Ae. albopictus* in Europa. Report ECDC al Gennaio 2015

Per analizzare le proprietà invasive di questa specie è utile seguire lo schema proposto da Lockwood (Lockwood, 2007), che distingue il processo invasivo in fasi (Fig. 3).

Tipicamente è solo quando una specie aliena è diffusa ed abbondante e minaccia il benessere dell'uomo o di altre produzioni, che viene definita "invasiva". Tuttavia, affinché si apprezzi il pericolo rappresentato da una nuova specie aliena, almeno tre fasi devono essere superate, quindi lo schema può essere seguito anche per concludere lo stato del processo in evoluzione.

Per un organismo alieno, superare le varie fasi significa confrontarsi e superare altrettante barriere ecologiche ed è utile approfondire le caratteristiche e le strategie di volta in volta messe in campo dalla zanzara tigre in ciascuna di queste fasi.

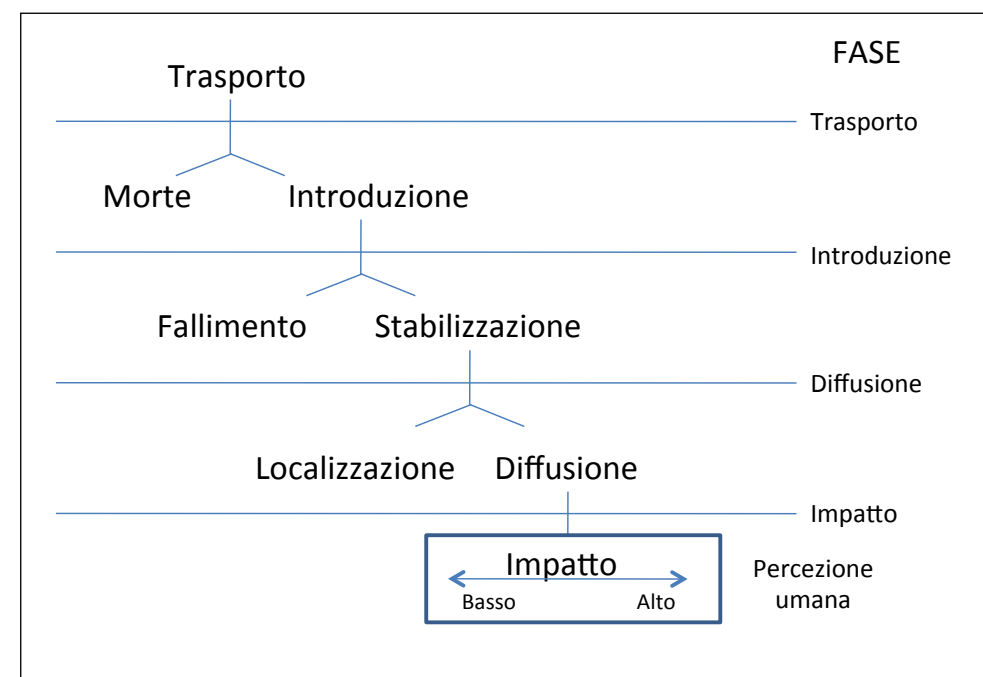


Fig. 3. Schema di processo invasivo proposto da Lockwood (Lockwood, 2007)

1.1. TRASPORTO

Da un punto di vista accademico, si riconoscono due diverse forme di dispersione: naturale ed antropogenica. Quella naturale è lenta e progredisce per fasi, difficilmente va oltre i confini biogeografici ed è generalmente unidirezionale. L'invasività antropogenica include una ampia gamma di possibilità, ma per quanto riguarda le zanzare, si realizza con l'introduzione non intenzionale a seguito di importazione di merci di vario tipo e prevalentemente favorisce stadi come uovo, larva o ninfa, piuttosto che l'adulto. Nel nostro caso la domanda principale è: per *Ae. albopictus*, il processo invasivo mediato dall'uomo è, qualitativamente diverso rispetto ad un evento di colonizzazione naturale? La risposta è, ovviamente, sì. Come è noto, *Ae. albopictus* si è diffusa in tutto il mondo attraverso il commercio di copertoni usati (Reiter P., 1988), nei quali la femmina depone le uova anche in presenza di una minima quantità di acqua. Le uova della zanzara tigre sono forme di eccezionale resistenza e possono schiudere anche dopo mesi dalla deposizione, quando i copertoni sono giunti nelle nuove destinazioni. Nelle aree neo-colonizzate, una volta superate le barriere che permettono di stabilirsi con successo, *Ae. albopictus* si espande con lenta progressione per continuità oppure attivando nuovamente il trasporto a distanza delle uova a mezzo di copertoni esausti, prodotti del florovivaismo, ecc.

1.2. STABILIZZAZIONE

La fase di stabilizzazione prevede un confronto biologico tra specie aliena e native e il paradigma concettuale più solido di basa sulla resistenza delle specie native nell'opporsi all'invasione. Il meccanismo più esplorato della interazione tra specie aliene e native è l'esclusione competitiva, cioè l'impossibilità di condivisione della stessa nicchia (ad esempio per la risorsa cibo), senza l'estinzione di una delle due specie (Hutchinson, 1959). In realtà per *Ae. albopictus*, almeno per quanto riguarda la riproduzione, questa fase è stata facilitata dalla attitudine della zanzara a colonizzare habitat non particolarmente privilegiati dalle zanzare native, in quanto capace di utilizzare per la deposizione delle uova micro focolai di qualsiasi natura, fino a contenitori di dimensioni irrisorie. Il peso della competizione interspecifica in container è ben documentato in letteratura (Barrera, 1996; Juliano, 1998; Juliano et al., 2004; Juliano and

Lounibos 2005) e riporta una superiore capacità di competizione della larva di *Ae. albopictus*, rispetto sia ad altre *Aedes*, che a *Culex pipiens* L. (Costanzo et al., 2005). Nel contesto di alcuni esperimenti (Armistead et al., 2008) *Ae. albopictus* mostra un tasso di sopravvivenza maggiore e un ciclo di sviluppo più veloce, probabilmente per l'alto contenuto di proteinasi nell'intestino, che facilitano l'assorbimento di nutrienti (Ho et al., 1973). Nel coinvolgimento tra la zanzara tigre ed altre specie in competizione, il modello Lotka-Volterra (Lotka, 1925; Volterra, 1926, 1931) indica che, in particolare quando le risorse alimentari sono scarse, la larva di *Ae. albopictus* riesce a svilupparsi in modo adeguato a discapito di altre specie e comunque garantendo, a fine ciclo, uno sviluppo di adulti di qualità superiore (es. femmine di adeguata lunghezza delle ali), che permette loro di essere più competitivi in fase di ricerca dell'ospite (Ho et al., 1973).

1.3. DIFFUSIONE

Successivamente all'introduzione in una nuova area, il processo di diffusione consente alle specie aliene di espandersi e stabilizzarsi in nuove aree. Il modo più semplice per descrivere il meccanismo alla base della diffusione è quello di immaginare che geograficamente avremo un punto focale di introduzione e diversi cerchi concentrici attorno, che indicano la progressione della diffusione. In questo modo si crea un modello di base con il quale accertare l'eventuale intervento di ulteriori meccanismi.

In realtà l'espansione volontaria di areale da parte di una specie mobile (o degli stadi utili) avviene per un motivo principale, cioè se le risorse sono contingentate. Più una popolazione cresce e più le risorse sono limitate e maggiore è la necessità di dispersione che, come concetto base, è quindi collegata al tasso intrinseco di crescita e a fattori densità dipendenti, che sono variabili di interesse per stimare la forza di diffusione di una popolazione in considerazione della sua densità (Andow et al., 1990; van den Bosch et al., 1992; Holmes, 1993). Lutambi (Lutambi et al., 2012) riporta che la diffusione nelle zanzare avviene prevalentemente per finalità di ricerca di ospiti o di siti di ovodeposizione. Quindi una frazione di adulti, una volta soddisfatta una esigenza si dedicherà all'altra e se non può realizzarla nello stesso contesto, inevitabilmente si muoverà lungo corridoi che garantiscono spostamenti anche di una certa entità attraverso la ripetizione di singoli "jump". In un ter-

ritorio omogeneo per risorse e assumendo che una zanzara non possieda memoria storica della sua precedente localizzazione, il processo di diffusione risulta un processo *markoviano*, nel quale ogni area adiacente ha la medesima probabilità di essere colonizzata.

1.4. IMPATTO

Per impatto si intende, in senso lato, qualsiasi risultanza negativa all'interazione con specie autoctone, a seguito del superamento dei precedenti tre livelli del modello di invasione. Una specie aliena può essere impattante a tutti gli stadi, ma per quanto ci interessa, l'impatto di *Ae.albopictus* è prevalentemente rivolto all'uomo e quindi consideriamo il solo stadio di adulto. Tuttavia lo stadio di larva può competere con larve di altre specie, limitarne il numero o addirittura sostituirsi ad esse e, come conseguenza, modificare il rapporto tra elementi adulti della fauna culicidica locale a profitto di una specie, appunto la *Ae. albopictus*, che ha un maggior impatto rispetto alle altre. L'impatto è in definitiva dovuto all'attività ectoparassitaria, alle potenzialità di vettore, alle difficoltà e ai costi di controllo.

La zanzara "tigre" deve il suo nome all'aggressività della tigre e non al suo colore, come spesso viene riportato. È una zanzara diurna e particolarmente insistente e questo determina una percezione del fastidio superiore a quello provocato da una pari densità di zanzare notturne. Spesso l'intensità degli attacchi è tale da costringere le vittime ad abbandonare attività condotte all'aperto, fino a modificare consolidati stili di vita che prevedono attività in spazi liberi. Worobey (Worobey et al., 2013), addirittura ipotizza che la presenza di *Ae. albopictus* contribuisca al fenomeno dell'obesità nei giovani, limitando attività fisiche all'aria aperta. La percezione del fastidio è sempre molto alta nelle aree neo-colonizzate ed è direttamente correlata alla densità dell'insetto. La reazione alle punture è costituita da pomfi dolorosi, sovente edematosi o emorragici. Questi effetti sono particolarmente visibili su bambini e anziani e spesso richiedono un intervento medico: una realtà che stagionalmente interessa migliaia di persone (Romi, 2001). Tuttavia, per una sorta di assuefazione o di rassegnazione, a distanza di anni dall'introduzione della *Ae. albopictus*, le popolazioni locali sembrano patirne meno la presenza, come dimostra il declino di segnalazioni di presenza, di effetti collaterali alle punture o del consumo di prodotti farmaceutici.

Ae. albopictus è vettore sperimentalmente conclamato di diversi patogeni (oltre 20 virus, filarie, ecc.), molti dei quali rilevanti per l'Europa, mentre in campo è nota la capacità di trasmissione per Dengue e Chikungunya. Tuttavia, per la nostra area geografica è solo dopo il 2007, successivamente al primo focolaio epidemico di Chikungunya in Emilia-Romagna, che la percezione dell'importanza di vettore di questa zanzara è divenuta realtà, confermando che *Ae. albopictus* è vettore efficace di arbovirus anche al di fuori del suo areale di origine. Durante quell'episodio, 217 casi autoctoni svilupparono nelle provincie di Ravenna e Cesena successivamente all'introduzione di un individuo viremico proveniente dal Sud Est Asiatico. Nel 2010 due focolai autoctoni, questa volta di Dengue, si sono verificati in Francia e Croazia. I report delle agenzie sanitarie europee e nazionali indicano che sono in aumento i casi di Dengue e Chikungunya di importazione, poiché aumentano sia le occasioni di introduzione con i viaggi internazionali sia le opportunità di infettarsi in luoghi endemici, per l'aumento della diffusione di questi virus. Solo nel nostro Paese, come riporta la nota n. 0013699-P-14/06/2013 del Ministero della Salute, nel triennio 2010-2012, sono stati "notificati" 13 casi di importazione di Chikungunya e 172 casi di Dengue, un numero sufficiente a giustificare l'apprensione per l'insorgenza di nuovi focolai nella nostra penisola. Recentemente la zanzara tigre è stata accreditata come vettore di una terza patologia di rilievo, sostenuta da Zika virus (ZIKV), un flavivirus appartenente alla famiglia Flaviridae. La comunicazione ufficiale è pervenuta dall'European Centre Disease Control (ECDC) con il documento Rapid Risk Assessment Zika Virus South America Brazil 2015 ECDC (<http://ecdc.europa.eu/en/publications/Publications/rapid-risk-assessment-Zika%20virus-south-america-Brazil-2015.pdf>). Nella comunicazione l'ECDC pone in evidenza la necessità di rafforzare le misure di controllo, in considerazione di un nuovo potenziale rischio associato all'importazione di casi collegati ai viaggiatori in rientro dalle aree interessate dai focolai di malattia (alcuni stati del Brasile e dalle Isole del Pacifico).

Come ultima considerazione, la zanzara tigre ha pesantemente frustrato le strategie di controllo precedentemente sviluppate ed adottate nei confronti delle zanzare autoctone. Nei primi anni novanta il controllo dei culicidi si era evoluto per diverse ragioni: dall'interesse delle AASSLL ad intervenire nella gestione (corsi di formazione, rapporti con ditte e municipalizzate, controllo di qualità, ecc.), allo sviluppo di sistemi GIS per la geolocalizzazione dei siti di riproduzione, ad una generale tendenza, in quel periodo, ad approcciare in forma multidisciplinare problematiche impattanti per l'ambiente (priorità ad in-

terventi larvicidi, utilizzo di pesci larvivori, ecc.). L'introduzione di *Ae. albopictus* ha costretto a fare i conti con una specie con spiccata attitudine all'antropofilia e che utilizza, in larga misura, i microfocolai larvali messi a disposizione dalle attività antropiche. La densità dei microfocolai larvali è molto variabile, ma può arrivare a superare densità di 150 focolai/ha, buona parte dei quali distribuiti su proprietà private. Le conseguenze della biologia ed etologia della *Ae. albopictus* sulle prospettive di controllo sono palesi: inefficacia delle strategie di intervento consolidate, necessità del coinvolgimento dei privati, aumento del costo degli interventi di controllo, insoddisfacente risposta agli interventi in quanto specie ben adattata ad un territorio e che risente solo minimamente dell'abbattimento di parte della popolazione, in particolare della popolazione di larve.

Ciascuna delle fasi analizzate e quindi l'invasività nel suo complesso, può essere considerata come la conseguenza dell'esito positivo delle interazione tra caratteristiche ecologiche, biologiche ed etologiche di una determinata specie e condizioni ambientali (Tsuda et al., 1991).

Queste interazioni si ripresentano costantemente, sia ad ogni introduzione da aree lontane o limitrofe, sia in occasione della ripresa dell'attività della zanzara dopo il periodo di diapausa invernale. Ogni volta che questa specie si confronta con l'ambiente, può avere più o meno successo, che si misura, quantitativamente, con l'abbondanza di individui. Quindi i meccanismi che spiegano il processo invasivo della specie sono gli stessi che producono la variabilità di abbondanza a piccola scala. Questo aspetto (anche in considerazione della presenza ormai endemica di *Ae. albopictus* sul territorio nazionale) ci interessa maggiormente, in quanto utile alla gestione delle problematiche collegate alla presenza di questa zanzara.

Bibliografia

- Alto B.W., Lounibos L.P., Higgs S., Juliano S.A. (2005). *Larval competition differentially affects arbovirus infections in Aedes mosquitoes*. Ecology;86:3279–3288
- Alto B.W., Lounibos L.P., Mores C.N., Reiskind M.H. (2008). *Larval competition alters susceptibility of adult Aedes mosquitoes to dengue infection*. Proc. Biol. Sci.;275:463–471
- Andow D., Kareiva P., Levin S., Okubo A. (1990). *Spread of invading organisms*. Landscape Ecology 4: 177–188
- Armistead J.A., Arias J.R., Lounibos L.P. (2008). *Interspecific larval competition between Aedes albopictus and Aedes japonicus (Diptera: Culicidae) in Northern Virginia*. J. Med. Entomol. 45:629–637
- Barrera R. (1996). *Competition and resistance to starvation in larvae of container-inhabiting Aedes mosquitoes*. Ecol. Entomol.;21:117–127
- COM/2008 /789. *Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions towards an EU strategy on invasive species*. http://ec.europa.eu/environment/nature/invasivealien/docs/1_EN_ACT_part1_v6.pdf
- COM/2011/244 *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Our life insurance, our natural capital: an EU biodiversity strategy to 2020*. <http://eur-lex.europa.eu/procedure/EN/200491>
- Costanzo K.S., Mormann K., Juliano S.A. (2005). *Asymmetrical competition and patterns of abundance of Aedes albopictus and Culex pipiens (Diptera: Culicidae)*. J. Med. Entomol.;42:559–572
- Dunn, L.H. (1927). *Observations on the oviposition of aedes aegypti linn., in relation to distance from habitations*. Bull. Ent. Res. 18, 145–148
- ECDC. *Communicable disease threat report: week 2, 6–12 January 2013*. Stockholm: European Centre for Disease Prevention and Control, 2013
- Edman J.D., Scott T.W., Costero A., Morrison A.C., Harrington L.C., Clark G.G. (1998). *Aedes aegypti (diptera culicidae) movement influenced by availability of oviposition sites*. J. Med. Entomol. 35(4), 578–583
- Hawley W.A. (1988). *The biology of Aedes albopictus*. J. Am. Mosq. Control Assoc;4:1–40
- Ho B.C., Chan K.L., Chan Y.C. (1973). *The biology and bionomics of Aedes albopictus (Skuse)*. In: Chan, Y.C.; Chan, K.L.; Ho, B.C., editors. Vector Control in Southeast Asia. Singapore: Southeast Asian Ministers for Education Organization

Holmes, E.E. (1993). *Are diffusion models too simple? A comparison with telegraph models of invasion*. *American Naturalist* 142: 779–795

Hutchinson G.E. (1959). *Homage to Santa Rosalia or why are so many kinds of animals?* *Am. Nat.* 93: 145–159

ISSG. *Global Invasive Species Database – Aedes albopictus* Accessed 26/08/2010 2009. Available from: <http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=109&fr=1&sts=sss&lang=EN>

Juliano S.A. (1998). *Species introduction and replacement among mosquitoes: interspecific resource competition or apparent competition?* *Ecology*;79:255–268

Juliano S.A., Lounibos L.P. (2005) *Ecology of invasive mosquitoes: effects on resident species and on human health*. *Ecol. Lett*;8:558–574

Juliano S.A., O'Meara G.F., Morrill J.R., Cutwa M.M. (2002). *Desiccation and thermal tolerance of eggs and the coexistence of competing mosquitoes*. *Oecologia (Berl.)*;130:458–469

Juliano S.A., Lounibos L.P., O'Meara G.F. (2004). *A field test for competitive effects of Aedes albopictus on Aedes aegypti in south Florida: differences between sites of coexistence and exclusion?* *Oecologia (Berl.)*;139:583–593

Lockwood J.L., Hoopes M.F., Marchetti M.P. (2007). *Invasion Ecology*. Wiley-Blackwell

Lotka A.J. (1925). *Elements of physical biology*. Baltimore, MD: Williams and Wilkins

Lutambi A.M., Penny M.A, Smith T., Chitnis N. (2012). *Mathematical modelling of mosquito dispersal in a heterogeneous environment*. *Math. Biosci.* (2012), <http://dx.doi.org/10.1016/j.mbs.2012.11.013>

Reiter P., Amador M.A., Anderson R.A., Clark G.G. (1995). *Short report: dispersal of Aedes aegypti in an urban area after blood feeding as demonstrated by rubidium-marked eggs*. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 52, 177–179

Reiter P. (1998). *Aedes albopictus and the world trade in used tires, 1988- 1995: the shape of things to come*. *J Am Mosq Control Assoc*;14:83-94

Romi R. (2001). *Aedes albopictus in Italia: un problema sanitario sottovalutato* (2001). *Ann. Ist. Super. Sanità*, vol 37, n. 2, pp 241-247

Tatem A.J., Hay S.I., Rogers D.J. (2006). *Global traffic and disease vector dispersal*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 103: 6242–6247. doi: 10.1073/pnas.0508391103. pmid:16606847

Tsuda Y., Wada Y., Takagi M. (1991). *Parous rate as a function of basic population parameters of mosquitoes*. *Trop. Med. (Nagasaki)* 33: 47-54

van den Bosch F., Hengeveld R., Metz J.A.J. (1992). *Analyzing the velocity of animal range expansion*. *Journal of Biogeography* 19: 135–150

Volterra V. (1926). *Fluctuations in the abundance of a species considered mathematically*. *Nature (Lond.)*;118:558–560

Volterra V. (1931) *Animal ecology*. New York. Chapman

Worobey J., Fonseca D.M., Espinosa C., Healy S., Gaugler R. (2013). *Child outdoor physical activity is reduced by prevalence of the Asian tiger mosquito, Aedes albopictus*. *J Am Mosq Control Assoc.* Mar;29(1):78-80

1. *Aedes albopictus*, ÉTUDE DE LA POPULATION ET ADAPTATION DE L'ENVIRONNEMENT DANS LA ZONE REDLAV

Marco Selmi

Aedes albopictus possède des records différents, uniques et tristes, comme celui d'avoir élargi son territoire à plus de 40 % de la surface de la Terre au cours des trente dernières années et être actuellement considérée comme la troisième espèce parmi les 100 appartenant à la liste du World's Worst Invasive Alien Species du programme sur les espèces invasives (www.issg.org/). Dans ce classement elle est à la première place parmi les insectes (Fig. 1) confirmant la grande plasticité écologique qui lui a permis la colonisation récente d'une vaste zone à l'extérieur de celle d'origine, comme indiqué par les rapports sur la chronologie des observations en Europe. En Italie, *Ae. albopictus* a été signalé pour la première fois en 1990 à Gênes et en l'espace de 10-12 ans s'est propagée rapidement à toutes les régions italiennes.

L'International Union for Conservation of Nature (IUCN) décrit comme espèces «invasives» les espèces animales ou végétales qui ont été introduites par l'homme dans des lieux différents de leur aire de distribution et où ils parviennent à se stabiliser et se propager. Les espèces invasives peuvent avoir un impact négatif sur la santé publique, sur l'économie (tourisme, agriculture, etc.) et sur les écosystèmes indigènes par l'introduction de maladies pour les humains, les animaux ou les plantes, en réduisant la biodiversité et en pertur-



Fig. 1. Liste partielle, avec les 40 premières espèces invasives selon le World's Worst Invasive Alien Species (www.issg.org/), au 29/06/2015.

bant les processus des écosystèmes. Les chercheurs ont démontré que les espèces invasives ont des caractéristiques qui les rendent particulièrement compétitives par rapport aux espèces indigènes comme par exemple une croissance rapide, la tolérance à un large éventail de conditions environnementales et une capacité de dispersion efficace.

Selon l'ECDC, l'European Center for Disease Prevention and Control, les capacités invasives d'*Ae. albopictus* sont dues à plusieurs facteurs: plasticité écologique, attitude forte à la concurrence, mondialisation, manque de surveillance. Les changements climatiques observés et leurs projections suggèrent que l'étendue de leur zone de compétence continuera probablement à s'étendre par rapport à la situation actuelle (Fig. 2).

Reconnaissant la nécessité de mettre en place des actions pour lutter contre le phénomène de l'invasion biologique, la Commission européenne a proposé plusieurs stratégies sous la forme de deux communications en 2008 et en 2011 (COM/2008/789; COM/2011/244) et d'un réseau dédié en 2012, mais il est évident que ces actions n'ont pas été réalisées dans les temps, du



Fig. 2 Répartition d'*Ae. albopictus* en Europe. Rapport de l'ECDC en janvier 2015

moins par rapport aux exigences de sauvegarde européenne et, en particulier, de l'Italie, qui, selon le rapport de l'ECDC de 2015, enregistre désormais une présence de l'*Ae. albopictus* dans toutes les régions.

Pour analyser les propriétés invasives de cette espèce il est utile de suivre le schéma proposé par Lockwood (Lockwood, 2007), qui distingue le processus invasif en différentes phases (Fig. 3).

En général, ce n'est que lorsqu'une espèce exotique est répandue et abondante et menace le bien-être de l'homme ou d'autres productions, qu'elle est définie «invasive». Toutefois, afin d'apprécier le danger que représente une nouvelle espèce exotique, au moins trois phases doivent avoir été observées, alors, le modèle peut être suivi notamment pour déclarer l'état du processus en cours d'évolution.

Pour un organisme exotique, surmonter les différentes phases signifie affronter et surmonter les nombreux obstacles environnementaux et il est utile d'approfondir les caractéristiques et les stratégies au fur et à mesure mises en œuvre par le moustique tigre asiatique dans chacune de ces phases.

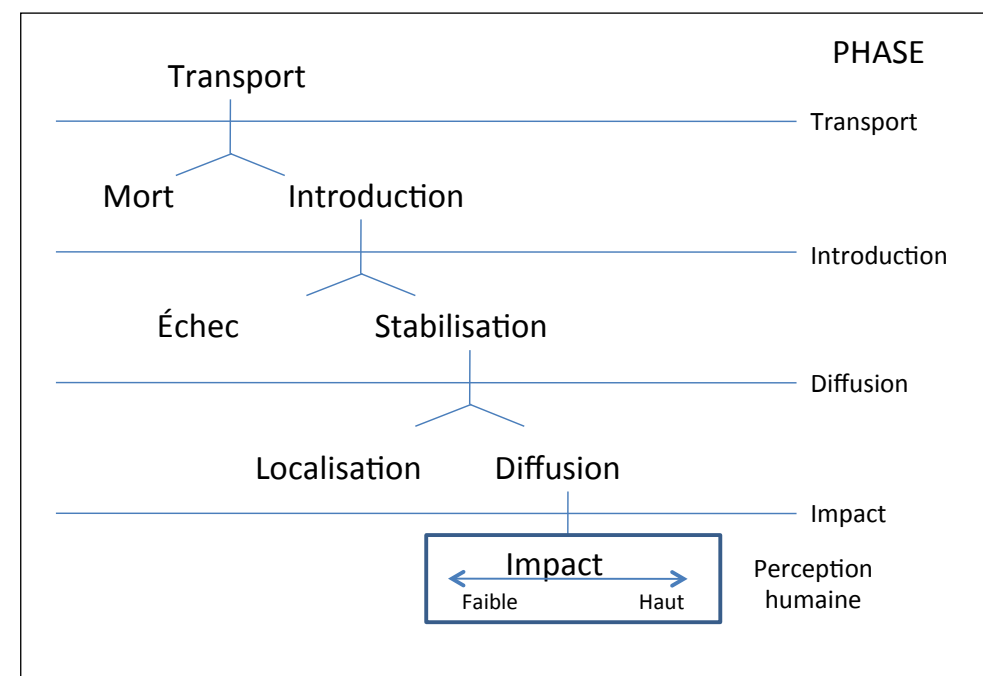


Fig. 3. Schéma de processus invasif proposé par Lockwood (Lockwood, 2007)

1.1. TRANSPORT

D'un point de vue académique, nous reconnaissons deux différentes formes de dispersion: naturelle et anthropogénique. Celle naturelle est lente et progresse par étapes, elle va rarement au-delà des limites biogéographiques et est généralement unidirectionnelle. L'invasivité anthropogénique comprend un large éventail de possibilités, mais en ce qui concerne les moustiques, elle se réalise avec l'introduction accidentelle en raison de l'importation des marchandises de toutes sortes et favorise principalement les stades d'œuf, de larve ou de nymphe, plutôt que d'adulte. Dans notre cas, la question principale est: pour *Ae. albopictus*, le processus invasif dû à l'homme est-il qualitativement différent par rapport à un événement de colonisation naturelle? À l'évidence, la réponse est oui. Comme on le sait, *Ae. albopictus* s'est propagé dans le monde entier à cause du commerce de pneus usagés [Reiter P. *Aedes albopictus* and the world trade in used tires, 1988- 1995: the shape of things to come. *J Am Mosq Control Assoc* 1998;14:83-94.], dans lesquels la femelle pond ses œufs même en présence d'une quantité infime d'eau. Les œufs du moustique tigre sont des formes de résistance exceptionnelle et peuvent éclore même après des mois après la ponte, lorsque les pneus sont arrivés à leur nouvelle destination. Dans les zones nouvellement colonisées, une fois surmontés les obstacles qui permettent de s'établir avec succès, *Ae. albopictus* s'étend avec une progression lente par continuité ou en activant de nouveau le transport à distance des œufs au moyen de pneus usés, de produits issus de pépinières, etc...

1.2. STABILISATION

La phase de stabilisation implique une comparaison biologique entre les espèces indigènes et exotiques et le paradigme conceptuel le plus solide de base sur la résistance des espèces indigènes pour s'opposer à l'invasion. Le mécanisme le plus exploré de l'interaction entre les espèces indigènes et exotiques est l'exclusion compétitive, c'est-à-dire l'impossibilité de partager la même niche (par exemple pour la ressource de nourriture), sans l'extinction d'une des deux espèces (Hutchinson, 1959). En réalité pour *Ae. albopictus*, du moins en ce qui concerne la reproduction, cette phase a été facilitée par l'aptitude du moustique à coloniser des habitats peu privilégiés par les mous-

tiques indigènes, sachant utiliser pour la ponte des œufs de micro foyers de toute nature, jusqu'aux conteneurs aux dimensions dérisoires. Le poids de la compétition entre espèces dans les conteneurs est bien documenté dans la littérature (Barrera, 1996; Juliano, 1998; Juliano et al., 2004; Juliano and Lou-nibos 2005) et indique une capacité supérieure de compétition de la larve d'*Ae albopictus*, par rapport à d'autres *Aedes*, ou aux *Culex pipiens* L. (Costanzo et al. 2005). Dans le cadre d'une série d'expériences (Armistead et al., 2008) *Ae albopictus* montre un taux de survie plus élevé et un cycle de développement plus rapide, probablement en raison de la haute teneur de protéinases dans les intestins, qui facilitent l'absorption de nutriments (Ho et al., 1973). Concernant le moustique tigre et d'autres espèces en compétition, le modèle de Lotka-Volterra (Lotka, 1925; Volterra, 1926, 1931) indique que, particulièrement lorsque les ressources alimentaires sont limitées, la larve de *Ae. albopictus* peut se développer de manière appropriée au détriment des autres espèces et en garantissant toujours, à la fin du cycle, un développement des adultes de qualité supérieure (par exemple des femelles ayant une longueur suffisante des ailes), qui leur permet d'être plus compétitifs dans la phase de recherche de l'hôte (Ho et al. 1973).

1.3. DIFFUSION

Après l'introduction dans une nouvelle zone, le processus de diffusion permet aux espèces exotiques de s'étendre et de se stabiliser dans de nouvelles zones. La meilleure façon de décrire le mécanisme à la base de la diffusion est d'imaginer que, sur le plan géographique, nous aurons un point focal d'introduction et plusieurs cercles concentriques tout autour, qui indiquent la progression de la diffusion. De cette façon il se crée un modèle de base permettant de déterminer l'intervention éventuelle d'autres mécanismes.

En fait l'expansion volontaire de territoire de la part d'une espèce mobile (ou des stades utiles) a lieu pour une raison principale, c'est-à-dire si les ressources sont soumises à quota. Plus une population s'accroît, plus les ressources sont limitées et plus devient nécessaire la dispersion qui, comme concept de base, est donc reliée au taux intrinsèque de croissance et à des facteurs de densité qui en dépendent, qui sont des variables intéressantes pour estimer la force de diffusion d'une population en fonction de sa densité (Andow et al., 1990; van den Bosch et al., 1992; Holmes, 1993). Lutambi (Lutambi et al., 2012) rap-

porte que la diffusion chez les moustiques se fait principalement aux fins de recherche d'hôtes ou de sites de ponte des œufs. Puis une fraction d'adultes, une fois qu'un besoin aura été satisfait, se consacrera à un autre, et si elle ne peut pas le satisfaire au sein du même contexte, elle se déplacera inévitablement le long de couloirs qui garantissent des déplacements même s'ils sont d'une certaine entité à travers la répétition de simples «jumps». Dans un territoire homogène pour les ressources et en supposant qu'un moustique n'a pas de mémoire historique de son emplacement précédent, le processus de diffusion est un processus *markovien*, dans lequel chaque zone adjacente a la même probabilité d'être colonisée.

1.4. IMPACT

Par impact, on entend, grosso modo, tout résultat négatif lors de l'interaction avec les espèces indigènes, après avoir dépassé les trois niveaux précédents du modèle d'invasion. Une espèce exotique peut avoir des répercussions à toutes les phases, mais ce qui nous intéresse, c'est l'impact d'*Ae.albopictus* principalement sur l'homme. Considérons donc le stade adulte seulement. Cependant la larve peut concurrencer les larves d'autres espèces, limitant leur nombre ou même les remplacer et modifier en conséquence, la relation entre éléments adultes de la faune culicidienne locale au profit d'une espèce, l'*Ae.albopictus*, ayant un impact plus important que l'autre. L'impact est finalement dû à l'activité ectoparasitaire, aux potentiels de vecteur, aux difficultés et aux coûts du contrôle.

Le moustique «tigre» doit son nom à l'agressivité du tigre et non à sa couleur, comme on le croit souvent. C'est un moustique diurne et particulièrement insistant et cela se traduit par une perception de la nuisance encore plus forte que celle causée par une même densité de moustiques pendant la nuit. Souvent l'intensité des attaques est telle que les victimes sont forcées d'abandonner les activités menées à l'extérieur, au point de modifier des styles de vie consolidés qui prévoient des activités dans une zone dégagée. Worobey (Worobey et al. 2013), suggère même que la présence d'*Ae. albopictus* contribue au phénomène de l'obésité chez les jeunes, en limitant les activités physiques en plein air. La perception de gêne est toujours très élevée dans les nouvelles zones colonisées et est directement liée à la densité de l'insecte. La réaction à la piqûre se compose de papules douloureuses, souvent oedémateuses ou hémorragiques. Ces effets

sont particulièrement visibles sur les enfants et les personnes âgées et nécessitent souvent une intervention médicale: une réalité qui affecte des milliers de personnes chaque année (Romi, 2001). Cependant, pour une sorte d'accoutumance ou de résignation, après de nombreuses années de présence de l'*Ae. albopictus*, les populations locales semblent souffrir moins de leur présence, comme en témoigne le déclin des signalements, des effets secondaires aux piqûres ou de la consommation de produits pharmaceutiques.

Ae. albopictus est un vecteur expérimentalement manifeste de différentes pathogènes (plus de 20 virus, vers du cœur, etc.), dont beaucoup sont pertinents à l'Europe, alors qu'est connue la capacité de transmission de la dengue et du chikungunya. Cependant, pour notre zone géographique, c'est n'est qu'après 2007, après la première épidémie de chikungunya en Émilie-Romagne, que la perception de l'importance de vecteur de ce moustique est devenue réalité, en confirmant que *Ae. albopictus* est un vecteur efficace d'arbovirose même à l'extérieur de sa région d'origine. Au cours de cet épisode, 217 cas autochtones se développèrent dans les provinces de Ravenne et Cesena suite à l'introduction d'un individu porteur du virus provenant de l'Asie du sud-est. En 2010, deux foyers autochtones, cette fois de la dengue, ont été relevés en France et en Croatie. Les rapports des organismes européens et nationaux de santé indiquent que les cas de dengue et de chikungunya d'importation sont en hausse, car augmentent aussi bien les opportunités d'introduction avec les voyages internationaux, que la possibilité d'être infectés dans des endroits endémiques, à cause de l'augmentation de la diffusion de ces virus. Seulement dans notre pays, comme indiqué dans la note n° 0013699-P-14/06/2013 du ministère de la Santé, en 2010-2012, ont été «notifiés» 13 cas importés de chikungunya et 172 cas de dengue, suffisants pour justifier l'appréhension de l'apparition de nouveaux foyers en Italie. Récemment, le moustique tigre a été accrédité en tant que vecteur d'une troisième pathologie majeure, soutenue par le virus Zika (ZIKV), un flavivirus appartenant à la famille Flaviridae. La communication officielle a été reçue par l'European Centre Disease Control (ECDC) avec le document Rapid Risk Assessment Zika Virus South America Brazil 2015 ECDC (<http://ecdc.europa.eu/en/publications/Publications/rapid-risk-assessment-Zika%20virus-south-america-Brazil-2015.pdf>). Dans sa communication, l'ECDC insiste sur la nécessité de renforcer les mesures de contrôle, à la lumière d'un nouveau risque potentiel lié à l'importation de cas liés à des voyageurs revenant de zones touchées par des foyers de maladie (certains États du Brésil et les îles du Pacifique).

En dernier point, le moustique tigre a gravement frustré les stratégies de contrôle précédemment élaborées et adoptées pour les moustiques indigènes. Au début des années quatre-vingt-dix le contrôle des culicidés avait évolué pour différentes raisons: de l'intérêt des AASSLL (agences de santé locales) à intervenir dans la gestion (cours de formation, relations avec les entreprises et les services publics municipaux, contrôle de la qualité, etc.), au développement des systèmes GIS pour la géolocalisation des sites de reproduction, à une tendance générale, à ce moment-là, d'aborder de façon pluridisciplinaire les problématiques liées à l'impact sur l'environnement (priorité aux interventions larvicides, utilisation de poissons larvivores, etc.). L'introduction d'*Ae. albopictus* nous a contraints à faire face à une espèce ayant une forte aptitude à l'anthropophilie et qui utilise dans une large mesure, les micro foyers de larves mis à disposition par les activités anthropiques. La densité des micro foyers de larves est très variable, mais peut dépasser la densité de 150 foyers / ha, dont la plupart sont distribués sur des propriétés privées. Les conséquences de la biologie et de l'éthologie de l'*Ae. albopictus* sur les perspectives de contrôle sont évidentes: l'inefficacité des stratégies d'intervention consolidées, la nécessité d'impliquer les particuliers, l'augmentation du coût des interventions de contrôle, une réponse insatisfaisante aux interventions en tant qu'espèce bien adaptée à un territoire qui n'est que faiblement touchée par l'abattement d'une partie de la population, et en particulier de la population de larves.

Chacune des phases analysées, puis l'invasivité dans son ensemble, peut être considérée comme le résultat de l'issue positive de l'interaction entre les caractéristiques écologiques, biologiques et éthologiques d'une espèce donnée et les conditions environnementales (Tsuda et al., 1991).

Ces interactions se reproduisent constamment, aussi bien à chaque introduction depuis des zones éloignées ou limitrophes, qu'à l'occasion de la reprise de l'activité du moustique après la période de diapause hivernale. Chaque fois que cette espèce se confronte avec l'environnement, elle peut avoir plus ou moins de succès, qui est mesuré quantitativement par l'abondance des individus. Ainsi, les mécanismes qui expliquent le processus invasif de l'espèce sont les mêmes qui produisent la variabilité de l'abondance à petite échelle. Cet aspect (en tenant compte également de la présence désormais endémique d'*Ae. albopictus* en Italie), nous intéresse plus particulièrement car il est utile à la gestion des problématiques liées à la présence de ce moustique.

Références

- Alto B.W., Lounibos L.P., Higgs S., Juliano S.A. (2005). *Larval competition differentially affects arbovirus infections in Aedes mosquitoes*. Ecology;86:3279–3288
- Alto B.W., Lounibos L.P., Mores C.N., Reiskind M.H. (2008). *Larval competition alters susceptibility of adult Aedes mosquitoes to dengue infection*. Proc. Biol. Sci.;275:463–471
- Andow D., Kareiva P., Levin S., Okubo A. (1990). *Spread of invading organisms*. Landscape Ecology 4: 177–188
- Armistead J.A., Arias J.R., Lounibos L.P. (2008). *Interspecific larval competition between Aedes albopictus and Aedes japonicus (Diptera: Culicidae) in Northern Virginia*. J. Med. Entomol. 45:629–637
- Barrera R. (1996). *Competition and resistance to starvation in larvae of container-inhabiting Aedes mosquitoes*. Ecol. Entomol.;21:117–127
- COM/2008/789. *Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions towards an EU strategy on invasive species*. http://ec.europa.eu/environment/nature/invasivealien/docs/1_EN_ACT_part1_v6.pdf
- COM/2011/244 *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Our life insurance, our natural capital: an EU biodiversity strategy to 2020*. <http://eur-lex.europa.eu/procedure/EN/200491>
- Costanzo K.S., Mormann K., Juliano S.A. (2005). *Asymmetrical competition and patterns of abundance of Aedes albopictus and Culex pipiens (Diptera: Culicidae)*. J. Med. Entomol.;42:559–572
- Dunn, L.H. (1927). *Observations on the oviposition of aedes aegypti linn., in relation to distance from habitations*. Bull. Ent. Res. 18, 145–148
- ECDC. *Communicable disease threat report: week 2, 6–12 January 2013*. Stockholm: European Centre for Disease Prevention and Control, 2013
- Edman J.D., Scott T.W., Costero A., Morrison A.C., Harrington L.C., Clark G.G. (1998). *Aedes aegypti (diptera culicidae) movement influenced by availability of oviposition sites*. J. Med. Entomol. 35(4), 578–583
- Hawley W.A. (1988). *The biology of Aedes albopictus*. J. Am. Mosq. Control Assoc.;4:1–40
- Ho B.C., Chan K.L., Chan Y.C. (1973). *The biology and bionomics of Aedes albopictus (Skuse)*. In: Chan, YC.; Chan, KL.; Ho, BC., editors. Vector Control in Southeast Asia. Singapore: Southeast Asian Ministers for Education Organization

Holmes, E.E. (1993). *Are diffusion models too simple? A comparison with telegraph models of invasion*. American Naturalist 142: 779–795

Hutchinson G.E. (1959). *Homage to Santa Rosalia or why are so many kinds of animals?* Am. Nat. 93: 145–159

ISSG. *Global Invasive Species Database – Aedes albopictus* Accessed 26/08/2010 2009. Available from: <http://www.issg.org/database/species/ecology.asp?si=109&fr=1&sts=sss&lang=EN>

Juliano S.A. (1998). *Species introduction and replacement among mosquitoes: interspecific resource competition or apparent competition?* Ecology;79:255–268

Juliano S.A., Lounibos L.P. (2005) *Ecology of invasive mosquitoes: effects on resident species and on human health*. Ecol. Lett;8:558–574

Juliano S.A., O'Meara G.F., Morrill J.R., Cutwa M.M. (2002). *Desiccation and thermal tolerance of eggs and the coexistence of competing mosquitoes*. Oecologia (Berl.);130:458–469

Juliano S.A., Lounibos L.P., O'Meara G.F. (2004). *A field test for competitive effects of Aedes albopictus on Aedes aegypti in south Florida: differences between sites of coexistence and exclusion?* Oecologia (Berl.);139:583–593

Lockwood J.L., Hoopes M.F., Marchetti M.P. (2007). *Invasion Ecology*. Wiley-Blackwell

Lotka A.J. (1925). *Elements of physical biology*. Baltimore, MD: Williams and Wilkins

Lutambi A.M., Penny M.A, Smith T., Chitnis N. (2012). *Mathematical modelling of mosquito dispersal in a heterogeneous environment*. Math. Biosci. (2012), <http://dx.doi.org/10.1016/j.mbs.2012.11.013>

Reiter P., Amador M.A., Anderson R.A., Clark G.G. (1995). *Short report: dispersal of Aedes aegypti in an urban area after blood feeding as demonstrated by rubidium-marked eggs*. Am. J. Trop. Med. Hyg. 52, 177–179

Reiter P. (1998). *Aedes albopictus and the world trade in used tires, 1988- 1995: the shape of things to come*. J Am Mosq Control Assoc;14:83-94

Romi R. (2001). *Aedes albopictus in Italia: un problema sanitario sottovalutato* (2001). Ann. Ist. Super. Sanità, vol 37, n. 2, pp 241-247

Tatem A.J., Hay S.I., Rogers D.J. (2006). *Global traffic and disease vector dispersal*. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 103: 6242–6247. doi: 10.1073/pnas.0508391103. pmid:16606847

Tsuda Y., Wada Y., Takagi M. (1991). *Parous rate as a function of basic population parameters of mosquitoes*. Trop. Med. (Nagasaki) 33: 47-54

van den Bosch F., Hengeveld R., Metz J.A.J. (1992). *Analyzing the velocity of animal range expansion*. Journal of Biogeography 19: 135–150

Volterra V. (1926). *Fluctuations in the abundance of a species considered mathematically*. Nature (Lond.);118:558–560

Volterra V. (1931) *Animal ecology*. New York. Chapman

Worobey J., Fonseca D.M., Espinosa C., Healy S., Gaugler R. (2013). *Child outdoor physical activity is reduced by prevalence of the Asian tiger mosquito, Aedes albopictus*. J Am Mosq Control Assoc. Mar;29(1):78-80

2. LA VARIABILITÀ DI DENSITÀ SPAZIALE DI POPOLAZIONI DI *Aedes albopictus*: VERIFICA DELL'ATTENDIBILITÀ DELL'USO DI PROXY DI ABBONDANZA

Marco Selmi, Alfonso Crisci, Maurizio Cocchi, Irene Raffaelli

Lo studio della dinamica di popolazione della zanzara tigre assume particolare interesse la dove si creano le circostanze per le maggiori opportunità di sovrapposizione tra la popolazione di zanzare e la popolazione umana, cioè nelle città. L'alta densità di insetti intensifica le interazioni, con conseguente aumento dei disagi, dei ricorsi a strutture sanitarie, delle spese per prodotti repellenti, fino alla modifica dei comportamenti, come la mancata o ridotta fruizione di spazi aperti. Infine, la conclamata potenzialità della *Ae. albopictus* come vettore di arbovirosi anche alle nostre latitudini, è forse il più importante motivo del crescente aumento di attenzione per la presenza e distribuzione di questa specie. Per tutte queste ragioni, probabilmente la *Ae. albopictus* è l'insetto in assoluto più monitorato, anche in considerazione della strategia di deposizione delle zanzare del genere *Aedes*, che rende relativamente semplice il campionamento della popolazione di uova per mezzo di ovitrappole. Questa tecnica di campionamento è ampiamente utilizzata e la popolarità è sostanzialmente dovuta a due proprietà: l'economicità e la facilità di gestione delle ovitrappole. Tuttavia, l'evoluzione dell'infestazione nel nostro Paese e la presenza ormai accertata in buona parte del territorio nazionale, impongono un uso del monitoraggio non più finalizzato alla sola raccolta del dato di presenza/assenza.

È opinione degli autori che non aver ben chiaro il vero obiettivo della sorveglianza entomologica, può portare a raccogliere dei dati che poi non possono essere finalizzati allo scopo.

In effetti, in una condizione in cui la presenza del potenziale vettore sia accertata, la sorveglianza entomologica è particolarmente utile a determinarne le variazioni di densità dei vettori e ottenerne misure relative nel tempo e nello spazio. Pertanto, dal conteggio del numero di uova deposte ci attendiamo, indirettamente, indicazioni sull'abbondanza della popolazione di adulti e sulla loro distribuzione temporale e spaziale.

Per le finalità della sorveglianza entomologica, questa informazione non può essere utilizzata per estrapolare un valore assoluto di densità, ma legittima la realizzazione di *livelli di infestazione*, ottenuti ordinando in ranghi il dato numerico del risultato dei monitoraggi con ovitrappole. Queste informazioni

sono fondamentali per gli aspetti gestionali delle problematiche relative alla presenza di “zanzara tigre” in un’area, per individuare priorità di intervento e allocare intelligentemente le risorse disponibili.

Tuttavia, tale approssimazione è lecita dietro formulazione di precise assunzioni, alcune ormai consolidate in letteratura, altre non accertate con precisione, in particolare riguardo la capacità del dato di produttività dell’ovitrappola di descrivere fedelmente la produttività media dell’area dove la stessa è posizionata e che è la risultante della produttività dei siti di deposizione di varia tipologia, sia naturali che artificiali, che sono presenti. Ad esempio, alcuni autori ravvisano un limite nella capacità dell’ovitrappola di stimare realmente l’abbondanza della popolazione di adulti, in quanto in ciascun ciclo gonotrofico la femmina di *Ae. albopictus* può indifferentemente utilizzare qualsiasi tipo di contenitore disponibile, rilasciandovi un numero imprecisato di uova.

In considerazione di questa ultima critica, per accertare se il risultato dei monitoraggi stagionali effettuati con ovitrappole sia effettivamente un buon proxy della produttività locale, in provincia di Lucca è stato condotto uno studio comparativo, utilizzando diverse tipologie di contenitori e valutando e confrontando, nel corso della stagione 2015, le relative produttività.

Lo studio è stato condotto nel corso del 2015, presso il Dipartimento della Prevenzione (DdP) della ASL 2 di Lucca, a Capannori (43,84 Nord; 10,57 Est), posizionando 10 stazioni di monitoraggio nelle pertinenze della struttura, avente un’estensione di circa 1.9 ha. Si è scelto di utilizzare tre diverse tipologie di siti di ovodeposizione: due, rappresentative di contenitori epigei (ovitrappole e pneumatici), ed una tipologia in rappresentanza di contenitori ipogei (pozzetti).

Come ovitrappola è stato adottato il modello in uso presso il DdP, un contenitore plastico di colore nero con base antiribaltamento, della capienza di 1000 ml, con altezza 13 cm, diametro superiore ed inferiore rispettivamente di 12 e 9 cm e foro del troppo pieno a circa 5 cm dal bordo superiore. Come pneumatico è stato scelto un modello per autovettura, con capienza di circa 2,600 l di acqua. Infine sono stati utilizzati quattro pozzetti di cemento, scelti fra quelli presenti nella struttura del DdP ed adibiti al raccordo ed ispezione della rete idrica, delle dimensioni di 50x50 cm, con quantità media di acqua ritenuta all’interno, stimata in 4 l circa. Le codifiche e tipologie dei siti di deposizione arruolati nello studio sono elencate in Tavola I.

Come substrato per la deposizione, in tutte le stazioni è stato utilizzato un listello di masonite delle dimensioni di 13x4 cm. Il listello è stato agganciato,

rispettivamente, al bordo del pneumatico e alla griglia del pozzetto, per mezzo di un filo metallico plastificato (Fig. 1).

Le stazioni sono state visitate con cadenza settimanale. Per ogni trappola visitata i listelli sono stati recuperati e confezionati in buste di carta registrando la codifica del contenitore e successivamente, letti in laboratorio. I dati delle letture sono stati inseriti in un *database* riportando, per ciascun contenitore, l’inizio ed il termine dell’attività: il primo, corrispondente alla prima lettura positiva; il secondo, considerato tale a seguito di due letture negative in successione.

Ad ogni sopralluogo l’acqua veniva completamente rinnovata nelle ovitrappole e rabboccata nei pneumatici. In nessun pozzetto è stato necessario intervenire in quanto, anche in piena estate, l’acqua era comunque presente.

Nell’area di studio, durante l’intero periodo, non sono stati effettuati trattamenti larvicidi o adulticidi.

Il confronto statistico tra le distribuzioni (le medie dei campionamenti delle varie tipologie di sito di deposizione e la media generale) è stato effettuato con il test non parametrico di Mann Whitney, dove, per valori di $P > 0,05$, è stata accettata l’ipotesi di uguaglianza significativa delle mediane dei due gruppi confrontati.

Le analisi sono state realizzate con software R (R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL [http://www.R-project.org/.](http://www.R-project.org/))

Num.	Cod_1	Cod_2	Tipologia	Capienza (lt)
1	Ovi1	1	Ovitrappola	0,6
2	Ovi2	1	Ovitrappola	0,6
3	Ovi3	1	Ovitrappola	0,6
4	Ovi4	1	Ovitrappola	0,6
5	Tomb1	2	Pozzetto	Media 4
6	Tomb2	2	Pozzetto	Media 4
7	Tomb3	2	Pozzetto	Media 4
8	Tomb4	2	Pozzetto	Media 4
9	Pn1	3	Pneumatico	Max 2,6
10	Pn2	3	Pneumatico	Max 2,6

Tavola I. Codifica e tipologia delle stazioni utilizzate per il monitoraggio ambientale. È riportata anche la capienza stimata dei vari contenitori



Fig. 4. Tipologia dei contenitori utilizzati nello studio

Gli esiti dei monitoraggi effettuati sono sintetizzati in Fig. 2.

In linea con il risultato di altri studi condotti nella stessa area, l'inizio della stagione di attività di *Ae. albopictus*, ha corrisposto alla 18^a settimana ed il termine alla 47^a settimana; l'attività di deposizione si è protratta per 29 settimane, dalla prima settimana di maggio alla metà di novembre. Come evento singolare, è stato registrato un picco massimo di attività alla 28^a settimana, sensibilmente anticipato rispetto a quanto abitualmente osservato. Questo evento si sovrappone, per durata ed intensità, ad una anomalia termica nazionale, che ha interessato anche il settore Nord-Ovest della Toscana, nel mese di luglio 2015. Il fenomeno, definito come "salto termico", ha contribuito a realizzare il mese di luglio più caldo di sempre (aumento medio mensile di circa + 3,5° C) ed ha avuto come apice i giorni tra il 5 e il 7 luglio. In Fig. 3 è rappresentata l'immagine del "salto termico", costruita come differenziale termometrico di due immagini diurne del Satellite MODIS LST, rispettivamente del 4 e del 12 luglio: tra queste due date, si sono apprezzate differenze medie di temperatura tra i 5° C e i 10° C.

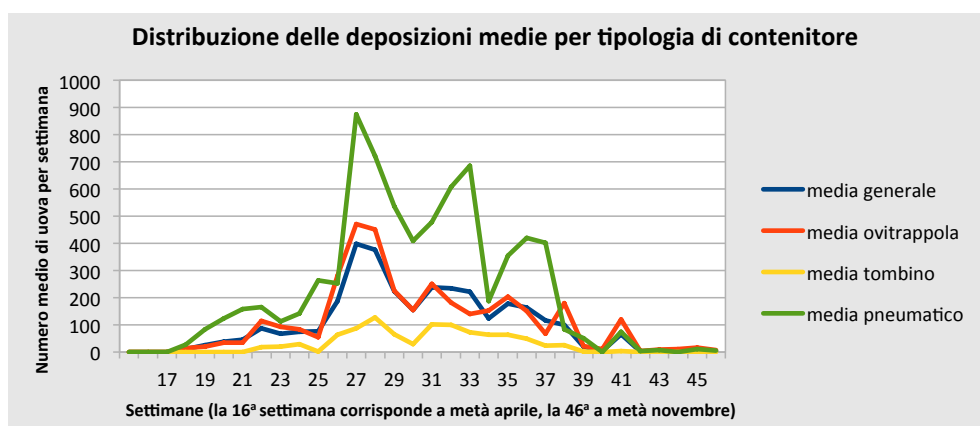


Fig. 5. Esito dei monitoraggi 2015

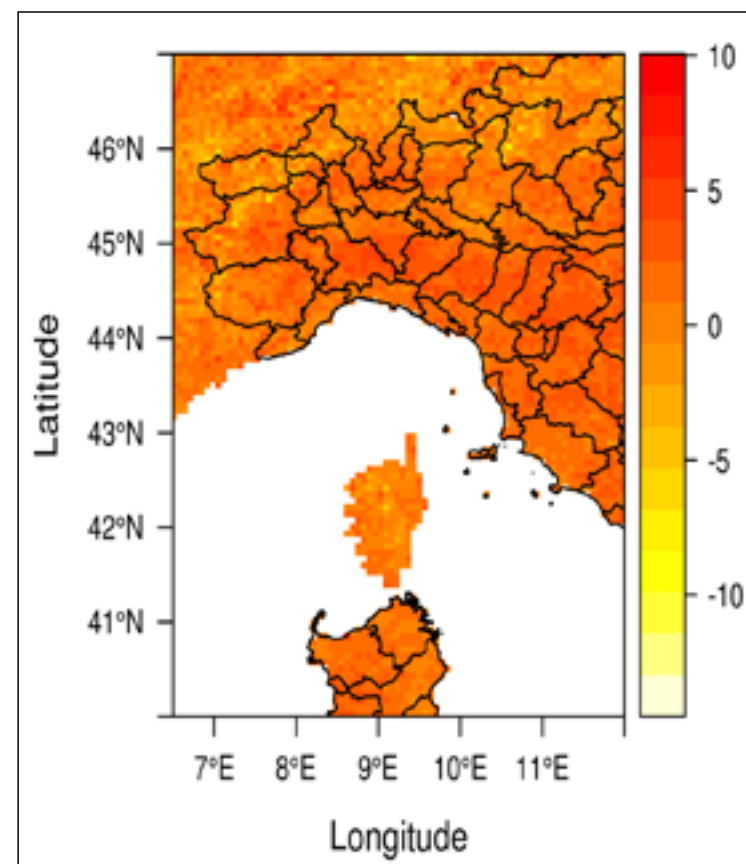


Fig. 6. Immagine del "salto termico"

Il confronto tra le produttività medie settimanali è rappresentato nella Fig. 4, un diagramma "boxplot" che riporta gli indici di dispersione (il primo e terzo quartile) e di tendenza centrale (la mediana), rispettivamente il limite superiore ed inferiore del box e la linea centrale del box. I segmenti che fuoriescono dal box, rappresentano i valori minimi e massimi osservati.

Appare evidente una notevole similarità tra le distribuzioni delle medie delle ovitrappole e la media generale dei contenitori, così come una media delle deposizioni nei contenitori ipogei molto bassa e, per contro, un'eccezionale "produttività" dei pneumatici, per i quali si registrano valori massimi anche doppi rispetto alle ovitrappole.

Il test di Mann-Whitney, usato per analizzare i dati e valutare le ipotesi di confronto sulla mediana dei due campioni, ha fornito i seguenti valori di P: confronto tra media generale e media ovitrappola, $P = 0,7$; tra media generale e media pneumatico, $P = 0,09$; tra media generale e media tombino, $P = 0,0007$.

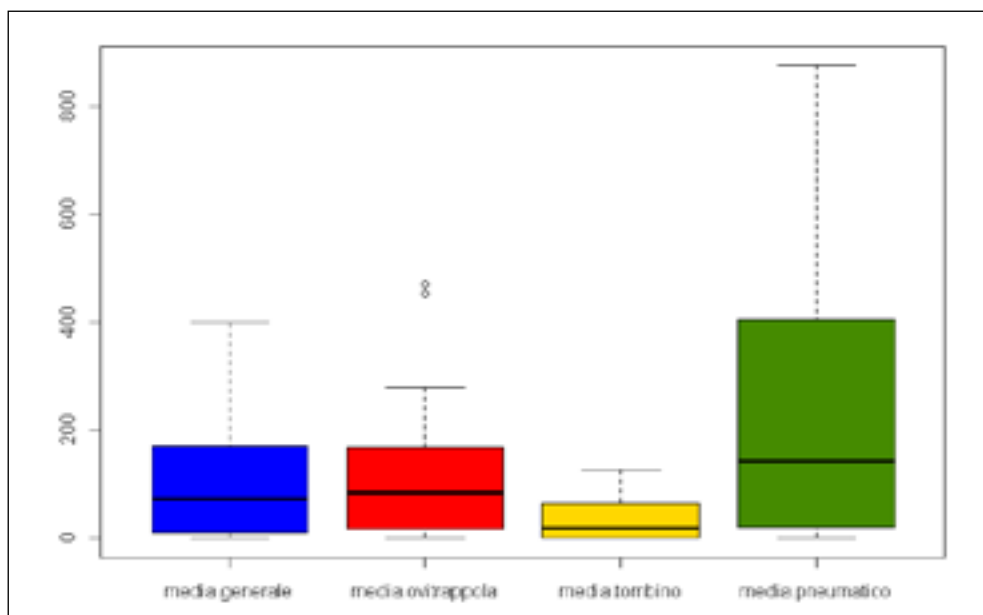


Fig. 7. Diagramma della distribuzione della produttività media settimanale tra contenitori di diversa tipologia

Adottare decisioni è l'aspetto chiave del controllo integrato degli infestanti (*Integrated Pest Management*, o IPM), e continua a giocare un ruolo fondamentale nella programmazione degli interventi. In un contesto che fonda le decisioni in base ai risultati dell'IPM, ogni azione è basata sulla condizione della popolazione di infestanti.

Le decisioni su eventuali interventi vengono adottate sulla base di due principali considerazioni: a) stima della densità della popolazione di infestanti; b) definizione di una soglia di intervento.

La stima della densità richiede di effettuare conteggi e si basa su campionamenti, che devono essere mirati al *target* a seguito di una serie di considerazioni, quali: sensibilità, efficacia, disponibilità di risorse, sempre e comunque evitando di violare le più importanti assunzioni che garantiscono che il campione sia effettivamente indicativo della popolazione dalla quale viene estratto.

Ae. albopictus, per la spiccata attitudine all'antropofilia ed è ritenuto l'infestante più importante in ambito urbano, tuttavia le città sono sistemi complessi ed eterogenei e la stessa popolazione umana tende a distribuirsi in modo non omogeneo, contribuendo a creare ulteriore eterogeneità nel "paesaggio". Pertanto, distribuendosi in modo eterogeneo qualsiasi risorsa di cui la zanzara

ha bisogno, non è immaginabile che la sua popolazione sia uniformemente distribuita nello spazio.

Come menzionato in premessa, in fase di presenza conclamata della zanzara sulla gran parte del territorio nazionale, l'interesse del campionamento è quello di apprezzare la variabilità spaziale di abbondanza ad un livello di scala sufficientemente dettagliato da costituire uno strumento utile alla gestione delle problematiche connesse. In definitiva, il dato che deriva dal monitoraggio di aree diverse (quindi un conteggio numerico), deve poter essere ordinato in scala, confidando che la variabilità di abbondanza della popolazione campionata spieghi la variabilità di abbondanza della popolazione di adulti.

In questo studio abbiamo testato l'uso del dato ricavato dal monitoraggio con ovitrappole come "indicatore di abbondanza" della popolazione di zanzare. In statistica, un indicatore che descrive un fenomeno non osservabile o difficilmente osservabile direttamente, si definisce variabile *proxy*.

In realtà, quella che vorremmo "misurare" è la popolazione di alate, in quanto direttamente responsabile delle molestie arrecate e delle potenziali problematiche sanitarie correlate, ma questa misura è complessa e molto costosa da ottenere. Quindi, come spesso accade in demografia, si tende a sostituire quello che "si vuole misurare" con quello che "si può misurare": nel nostro caso, la "popolazione" di uova. Lo scopo dello studio, è pertanto quello di valutare la *performance* della variabile *proxy* utilizzata, in quanto la letteratura dedicata non ha una visione unanime sulla possibilità di inferire la popolazione di adulti di *Ae. albopictus* utilizzando ovitrappole.

Benché ci sia uniformità di vedute sull'efficacia dell'ovitrappola come sistema di rilevazione del dato di presenza/assenza della zanzara (dato qualitativo), c'è minor accordo sulla opportunità di utilizzare il dato per stimare l'abbondanza della popolazione di adulti (dato quantitativo). A favore dell'uso del *proxy* in tal senso, è ad esempio Mogi (Mogi *et al.*, 1988), secondo il quale non ci sono molte altre ragioni per spiegare la variabilità dell'abbondanza di uova deposte, se non la variabilità della popolazione di chi le ha prodotte; mentre altri autori, come Focks (Focks, 2003), invitano alla prudenza, a causa di potenziali *biases* per la casualità con la quale una femmina sceglie di deporre in un contenitore piuttosto che in un altro.

In considerazione dell'esperienza maturata in questo lavoro, pur accettando come validi entrambi i punti di vista, proponiamo una posizione più pragmatica, formulando due distinte assunzioni:

- 1) in una determinata area di studio, la correlazione tra numero di femmine e numero di uova prodotte è scontata, salvo tener conto che, in natura, la massa totale di uova è distribuita nei vari contenitori presenti in tale area (la cui numerosità e tipologia è imprecisata), che la zanzara ritenga idonei come siti di ovodeposizione;
- 2) in una determinata area di studio, se consideriamo un'ovitrappola alla stregua di un qualsiasi contenitore in competizione naturale con gli altri potenziali siti di ovodeposizione presenti nell'area, la validità di tale strumento come proxy per la densità della popolazione di adulti, può essere affermata solo se risulta realmente rispondente a rappresentare la media delle uova deposte in un campione rappresentativo della varietà dei contenitori caratteristici dell'area.

Pertanto è stato considerato che le dieci stazioni arruolate nello studio, potessero essere un campione rappresentativo del *pool* di potenziali siti di ovodeposizione presenti nell'area del DdP. Di conseguenza, la distribuzione media delle uova raccolte per 31 settimane di monitoraggio nelle dieci stazioni è stata ritenuta adeguata a rappresentare il numero medio di uova/sito. Tale distribuzione, definita nei grafici e nel testo come *media generale*, è stata confrontata con distribuzioni alternative, che sintetizzavano la media di deposizione in: pozzetti, pneumatici e ovitrappele e definite come: *media tombino*, *media pneumatico* e *media ovitrappola*. Il confronto è stato effettuato con il test di Mann-Whitney, un test statistico non parametrico, quindi adatto a confrontare i dati che provengono da conteggi che non seguono la distribuzione normale ma che possono essere ordinati secondo una scala. Nel confronto, è stata testata l'ipotesi che non vi sia differenza significativa tra le distribuzioni, classicamente definita ipotesi nulla (H_0), contro l'ipotesi alternativa di differenza significativa (H_1).

Per lo scopo dello studio, quindi per accreditare le buone performance del *proxy* utilizzato come descrittore della popolazione, le differenze tra i campioni non devono essere statisticamente significative e H_0 non deve essere rigettata, permettendo di affermare che il campione è sufficiente a rappresentare l'intera popolazione. In effetti, i valori di P osservati nei confronti sono $P = 0,0007$ per media generale vs. media tombino, $P = 0,09$ per media generale vs. media pneumatico e $P = 0,7$ per media generale vs. media ovitrappola, permettendo di rifiutare decisamente l'ipotesi che la distribuzione media tombino sia adeguata a descrivere la media generale, in quanto $P < 0,05$. Inoltre, poiché un valore di P grande (e 0,7 è molto più grande di 0,09) esprime evidenza sperimentale a favore dell'ipotesi nulla e poiché dietro il test c'è l'idea di un

legame o di una relazione esistente tra due variabili, che giustifica i risultati osservati sul campione, la media ovitrappola è la variabile che evidenzia il legame più solido con la media generale.

Il picco massimo di attività di *Ae. albopictus*, registrato a fine luglio, rappresenta in effetti un'anomalia demografica, in quanto sensibilmente più precoce del picco massimo che si verifica normalmente a fine estate. Tale osservazione non è stata particolarmente approfondita nelle cause, in quanto non di interesse per le finalità specifiche del presente lavoro. Tuttavia è interessante la sovrapposizione con altro evento eccezionale, cioè il "salto termico" di inizio Luglio, che potrebbe aver accelerato lo sviluppo della popolazione di zanzare, sottolineando l'interesse per l'integrazione dei dati di monitoraggio con le condizioni climatiche rilevate localmente.

I risultati ottenuti confermano che, nelle condizioni in cui lo studio è stato realizzato, le uova campionate settimanalmente in un'ovitrappola, sono rappresentative del numero medio di uova/sito deposte nell'area e di conseguenza, l'abbondanza di uova deposte in ovitrappola è un *proxy* affidabile dell'abbondanza di adulti.

In conclusione, è possibile affermare che un monitoraggio con ovitrappele, se sostenuto da un solido protocollo di campionamento, studiato per contenere gli errori e stabilizzare la sensibilità e l'attrattività delle ovitrappele, è utile a descrivere la variabilità spaziale di abbondanza attesa per popolazioni di *Ae. albopictus*.

Bibliografia

- Focks, D.A. (2003). *A Review of Entomological Sampling Methods and Indicators for Dengue Vectors*. Gainesville, Wld. Hlth. Org. 40 pp.
- Mogi M., Khamboonruang C., Choochote W., Suwanpanit P. (1988). *Ovitrap surveys of dengue vector mosquitoes in Chiang Mai, northern Thailand: seasonal shifts in relative abundance of Aedes albopictus and Ae. aegypti*. Medical and Veterinary Entomology 2, 319-324
- Montgomery M.R., Gragnolati M., Burke K.A. Paredes E. (1999). *Measuring Living Standards with Proxy Variables*. Demography Vol. 37, No. 2, pp. 155-174
- R Core Team (2013). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Selmi M., Bianucci P., Alfonsi J., Vellutini J.M. (2012) *Valutazione dell'efficacia di due diversi metodi per la sorveglianza di Aedes albopictus con ovitrappele*. Igiene Alimenti- Disinfestazione & Igiene Ambientale Gen/Feb; pp 29-37

2. LA VARIABILITÉ DE LA DENSITÉ SPATIALE DES POPULATIONS D'*Aedes albopictus*: CONTRÔLE DE LA FIABILITÉ DE L'UTILISATION DU PROXY D'ABONDANCE

Marco Selmi, Alfonso Crisci, Maurizio Cocchi, Irene Raffaelli

L'étude de la dynamique des populations du moustique tigre est particulièrement intéressante là où se créent les circonstances pour les plus grandes opportunités de chevauchement entre la population de moustiques et la population humaine, c'est-à-dire dans les villes. La haute densité d'insectes intensifie les interactions, ce qui entraîne une gêne accrue, le recours aux établissements de santé, des frais pour les produits répulsifs, jusqu'à un changement de comportement, tels que la non-utilisation des espaces ouverts. Enfin, le potentiel déclaré de l'*Ae. albopictus* comme vecteur d'arbovirose même sous nos latitudes, est peut-être la raison la plus importante de la hausse de l'attention pour la présence et la répartition de cette espèce. Pour toutes ces raisons, probablement, l'*Ae. albopictus* est l'insecte le plus contrôlé, vu notamment la stratégie de ponte des moustiques du genre *Aedes*, qui rend relativement simple l'échantillonnage de la population d'œufs au moyen de pièges pondoirs. Cette technique d'échantillonnage est employée couramment et sa popularité est en grande partie due à deux propriétés: le bas prix et la facilité de gestion des pièges pondoirs. Cependant, l'évolution de l'infestation en Italie et la présence désormais établie dans une grande partie du territoire national, imposent une utilisation de la surveillance qui ne vise plus seulement la collecte des données de présence/absence. Selon les auteurs, ne pas avoir bien clair le véritable objectif de la surveillance entomologique, peut conduire à collecter des données qui ne peuvent pas être utilisées à ce sujet. En effet, dans une condition où la présence du vecteur est établie, la surveillance entomologique est particulièrement utile pour déterminer les variations de densité des vecteurs et en obtenir des mesures liées au temps et à l'espace. Par conséquent, par la lecture du nombre d'œufs pondus, nous attendons, indirectement, les indications de l'abondance de la population d'adultes et de leur distribution spatiale et temporelle.

Aux fins de la surveillance entomologique, cette information ne peut pas servir à extrapoler une valeur absolue de densité, mais légitime néanmoins la réalisation de *niveaux d'infestation*, obtenus en mettant en ordre dans les rangs la

donnée numérique du résultat des contrôles avec pièges pondoirs. Ces informations sont fondamentales pour les aspects de gestion des problématiques relatives à la présence de moustiques tigres dans une zone, afin d'identifier les priorités d'intervention et allouer intelligemment les ressources disponibles. Toutefois, ce rapprochement est permis après la formulation d'hypothèses précises, certaines consolidées dans la littérature, d'autres pas encore établies avec précision, notamment quant à la capacité de la productivité des pièges pondoirs pour décrire avec précision la productivité moyenne de la zone où il se trouve et qui est le résultat de la productivité des sites de ponte de divers types, tant naturels qu'artificiels, qui sont présents. Par exemple, certains auteurs considèrent qu'une limitation de la capacité du piège est d'estimer réellement l'abondance de la population d'adultes, car la femelle d'*Ae. albopictus* peut utiliser n'importe quel type de conteneur disponible, déposant un nombre non précisé d'œufs pondus pendant chaque cycle gonotrophique. Compte tenu de cette dernière critique, pour s'assurer que le résultat d'une surveillance saisonnière effectuée avec les pièges est effectivement un bon indice de la productivité locale, dans le cadre du projet REDLAV 2.1, il a été conduit une étude comparative, en utilisant différentes typologies de conteneurs en évaluant et en comparant, au cours de la saison 2015, leur productivité.

L'étude a été réalisée lors de la saison 2015, au département de prévention (DdP) de l'ASL 2 de Lucques à Capannori (43,84 Nord; 10,57 Est), en plaçant 10 stations de surveillance dans les environs de la structure, ayant une superficie d'environ 1,9 Ha. Il a été choisi d'utiliser trois différents types de sites de ponte: deux représentant des conteneurs épigés, pièges pondoirs et pneus et un type représentant des conteneurs hypogés, les puisards.

Comme piège pondoir, il a été adopté le modèle utilisé par le DdP, un conteneur noir avec base anticapotage, d'une capacité de 1000 ml, avec une hauteur de 13 cm, un diamètre supérieur et inférieur respectivement de 12 et 9 cm et un trop-plein à environ 5 cm du bord supérieur. Comme pneu, il a été choisi un modèle pour voiture, avec une capacité d'environ 2,6 litres d'eau. Enfin, il a été utilisé quatre puisards en béton parmi ceux présents au sein de la structure du DdP et utilisés pour le montage et l'inspection du réseau d'eau, taille 50 x 50, avec une quantité moyenne d'eau estimée à environ 4 litres. Les codifications et les typologies des sites de dépôts utilisés lors de l'étude ont été répertoriées dans le tableau I.

Comme substrat pour le dépôt dans toutes les stations une bande de maso-

nite d'une taille 13 x 4 a été utilisée. Dans les pneus et dans les puisards la bande a été accrochée, respectivement, au bord du pneu et à la grille, à l'aide d'un fil métallique recouvert de plastique (Fig. 4).

Les stations ont été contrôlées une fois par semaine. Pour chaque piège les bandes ont été récupérées et emballées dans des enveloppes en papier, en inscrivant le code du conteneur puis lues en laboratoire. Les données des lectures ont été saisies dans une base de données, en indiquant, pour chaque conteneur, le début de l'activité, correspondant à la première lecture positive et la fin de l'activité déclarée après deux lectures négatives successives.

Lors de chaque inspection, l'eau a été entièrement renouvelée dans les pièges pondoirs et ajoutée dans les pneus. Dans aucun des puisards il n'a été nécessaire d'intervenir car, même en plein été, l'eau était encore présente.

Pendant toute la période d'étude, aucun traitement larvicide ou adulticide n'a été effectué dans la zone.

La comparaison statistique entre les distributions (les moyennes des échantillons des différents types de site de ponte, et la moyenne générale) a été réalisée avec le test non paramétrique de Mann Whitney, où, pour des valeurs de $P > 0,05$ il a été accepté l'hypothèse de l'égalité significative des médianes des deux groupes comparés.

Les analyses ont été effectuées avec le logiciel R (R Foundation for Statistical Computing, Vienne, Autriche. URL <http://www.R-project.org/>.)

Num.	Cod_1	Cod_2	Typologie	Capacité (lt)
1	Ovi1	1	Piège pondoir	0,6
2	Ovi2	1	Piège pondoir	0,6
3	Ovi3	1	Piège pondoir	0,6
4	Ovi4	1	Piège pondoir	0,6
5	Tomb1	2	Puisard	Moyenne 4
6	Tomb2	2	Puisard	Moyenne 4
7	Tomb3	2	Puisard	Moyenne 4
8	Tomb4	2	Puisard	Moyenne 4
9	Pn1	3	Pneu	Max 2,6
10	Pn2	3	Pneu	Max 2,6

Tableau I. Codification et typologie des stations utilisées pour la surveillance environnementale. Il montre aussi la capacité estimée des différents conteneurs



Fig. 4. Typologie des conteneurs utilisés lors de l'étude

Les résultats de ces contrôles sont résumés à la fig. 5.

En ligne avec les résultats d'autres études menées dans cette zone, le début de la saison d'activité de l'*Ae. albopictus*, correspond à la 18ème semaine et, la fin, à la 47ème semaine alors que l'activité de ponte a duré 29 semaines, à partir de la première semaine de mai à la mi-novembre. Comme événement singulier, un pic maximum d'activité a été enregistré à la 28ème semaine, très en avance par rapport à ce qui est observé habituellement. Cet événement se superpose, par la durée et l'intensité, à une anomalie thermique nationale, qui a également affecté la région du Nord-Ouest de la Toscane, au mois de juillet 2015. Le phénomène, appelé « saut thermique », a contribué à enregistrer le mois de juillet le plus chaud (hausse moyenne mensuelle d'environ + 3,5° C) et a eu comme apogée les jours compris entre le 5 et le 7 juillet. Sur la fig. 3 est représentée l'image du « saut thermique », construite comme différentiel thermométrique de deux images diurnes du satellite MODIS LST, respectivement du 4 et du 12 juillet: entre ces deux dates, des différences comprises entre 5 et 10 degrés ont été relevées.

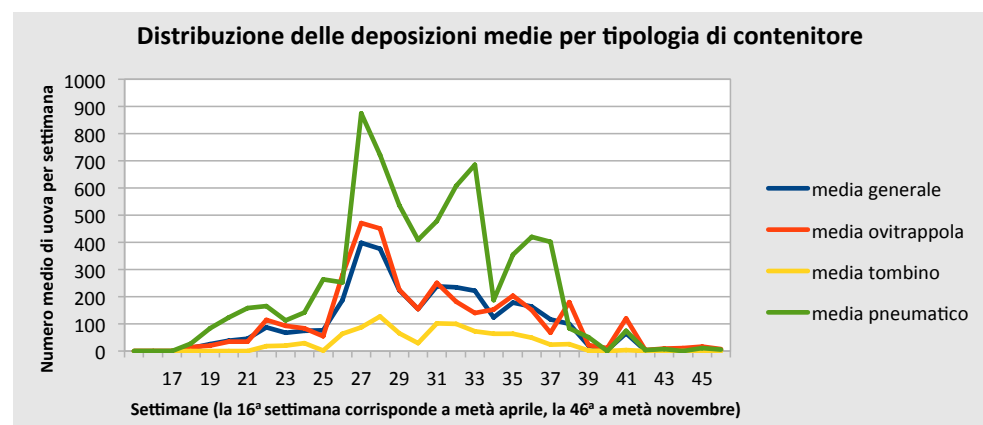


Fig. 5. Résultat des contrôles 2015

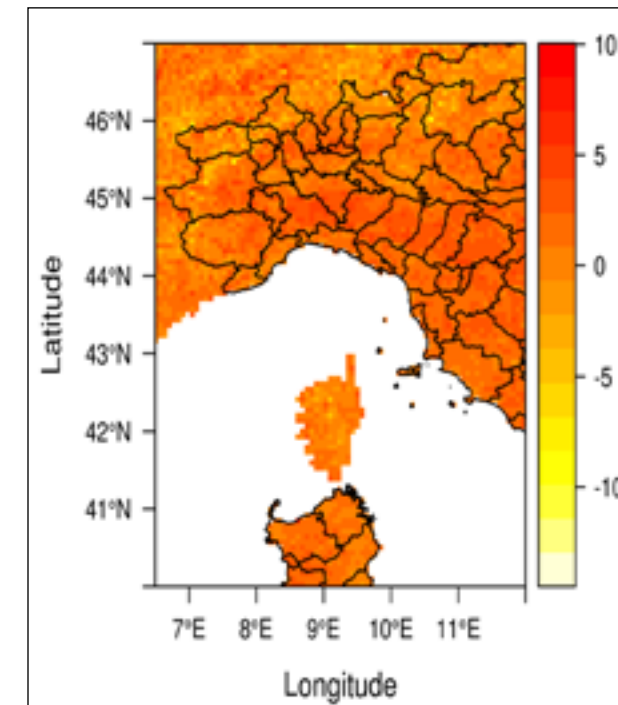


Fig. 6. Image du «saut thermique»

La comparaison entre les productivités moyennes hebdomadaires est représentée dans la figure 7, un diagramme « boxplot » qui indique les indices de dispersion (les premier et troisième quartiles) et de tendance centrale (la médiane), respectivement la limite supérieure et inférieure du box et la ligne centrale du box. Les segments qui vont au-delà du box représentent les valeurs minimales et maximales observées.

Une similitude importante apparaît évidente entre les distributions des moyennes des pièges pondoirs avec la moyenne générale des conteneurs, tout comme une moyenne des pontes dans les conteneurs hypogés très basses et, par contre, une productivité exceptionnelle des pneus, où l'on enregistre des valeurs maximales jusqu'à deux fois plus élevées que celles enregistrées dans les pièges pondoirs.

Le test de Mann-Whitney, utilisé pour analyser les données et évaluer les hypothèses comparatives sur la médiane des deux échantillons a donné les valeurs suivantes de P: comparaison entre moyenne générale et moyenne piège pondoir $P = 0,7$; entre moyenne générale et moyenne pneu, $P = 0,09$; entre moyenne générale et moyenne puisard, $P = 0,0007$.

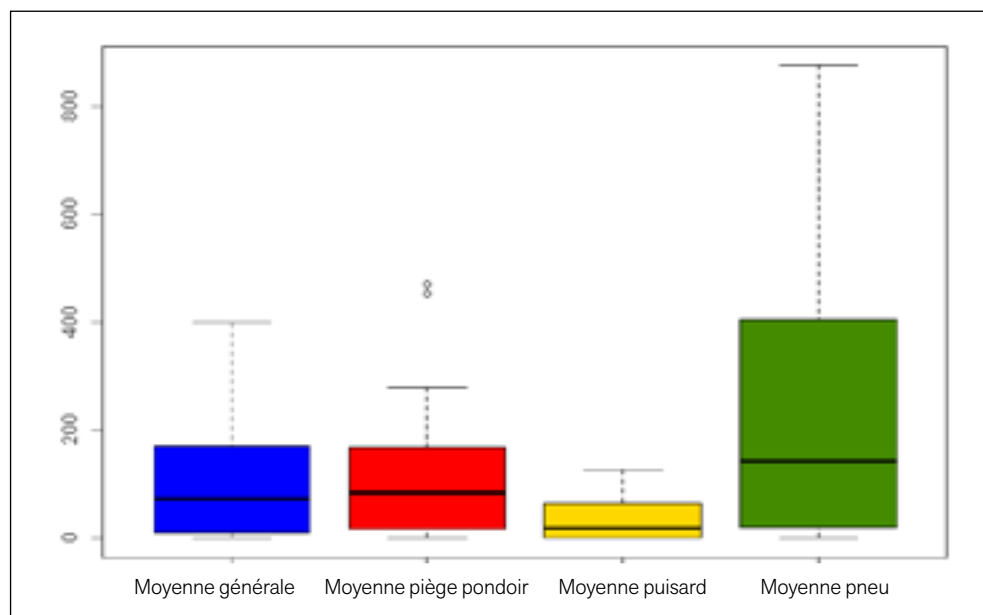


Fig. 7. Diagramme de la distribution de la productivité moyenne hebdomadaire des récipients de différents types

Prendre des décisions est l'élément clé de la gestion intégrée des espèces invasives (Integrated Pest Management ou IPM), et continue de jouer un rôle fondamental dans la planification des interventions. Dans un contexte qui fonde les décisions sur la base des résultats de l'IPM, chaque action est basée sur la condition de la population de l'espèce invasive.

Les décisions sur les actions possibles sont prises sur la base de deux considérations principales: a) estimation de la densité de la population de de l'espèce invasive; b) définition d'un seuil d'intervention.

L'estimation de la densité nécessite d'effectuer un compte et se base sur des échantillonnages, qui doivent être concentrés sur la cible à la suite d'une série de considérations telles que la sensibilité, l'efficacité, la disponibilité des ressources et, dans tous les cas, en évitant de violer les hypothèses les plus importantes qui garantissent que l'échantillon est en effet représentatif de la population d'où il est extrait.

Ae. albopictus est une espèce avec une aptitude forte à l'antrophilie et est considérée comme l'espèce invasive la plus importante dans les zones urbaines. Cependant, les villes sont des systèmes hétérogènes complexes et la population humaine elle-même tend à être inégalement répartie, en contribuant à créer une nouvelle hétérogénéité dans le paysage. Par conséquent,

la répartition de toutes les ressources dont le moustique tigre a besoin étant hétérogène, il est inconcevable que la population d'*Ae. albopictus* soit uniformément répartie dans l'espace.

Comme indiqué dans l'introduction, lors d'une phase de présence manifeste du moustique sur une grande partie du pays, l'intérêt de l'échantillonnage est d'apprécier la variabilité spatiale de l'abondance à un niveau d'échelle suffisamment détaillée pour servir d'instrument utile pour gérer les problématiques qui y sont reliées. En fin de compte, les données qui dérivent de la surveillance des différentes zones (donc un comptage numérique), doivent pouvoir être rangées en échelle, en espérant que la variabilité de l'abondance de la population échantillonnée explique la variabilité de l'abondance de la population des adultes.

Dans cette étude, nous avons testé l'utilisation des données obtenues à partir de la surveillance avec des pièges pondoirs comme indicateur d'abondance de la population de moustiques. En statistiques, un indicateur qui décrit un phénomène inobservable ou difficile à observer directement, est définie variable *proxy*. En fait, ce que nous voudrions mesurer est la population d'ailés, étant directement responsables du harcèlement causé et des problèmes de santé potentiels liés, mais cette mesure est compliquée et très coûteuse. Ainsi, comme il arrive souvent en démographie, nous avons tendance à remplacer ce que nous voulons mesurer, avec ce qui peut être mesuré, dans ce cas, la population d'œufs. Le but de l'étude est donc d'évaluer la performance de la variable proxy utilisée, car la littérature qui s'y rapporte n'a pas une vision unanime concernant la possibilité de déduire la population adulte d'*Ae. albopictus* en utilisant les pièges pondoirs. Bien qu'il y ait une uniformité d'opinions concernant l'efficacité des pièges pondoirs en tant que système de détection de présence / absence du moustique (données qualitatives), il y a moins d'adhésion concernant la possibilité d'utiliser les données pour estimer l'abondance de la population adulte (données quantitatives). Pour soutenir l'utilisation du proxy à cet effet on trouve par exemple Mogi (Mogi et al., 1988), selon laquelle il n'y a pas beaucoup d'autres raisons pour expliquer la variabilité de l'abondance des œufs pondus, si ce n'est la variabilité de la population qui les produit. D'autres auteurs, comme Focks (Focks, 2003), invitent à la prudence, en raison de distorsions potentielles dues au caractère aléatoire avec lequel une femelle choisit de pondre dans un récipient plutôt que dans un autre.

Compte tenu de l'expérience acquise dans ce domaine, tout en acceptant comme valables les deux points de vue, nous proposons une position plus pragmatique, en formulant deux hypothèses distinctes:

- 1) dans une zone d'étude spécifique, la corrélation entre le nombre de femelles et le nombre d'œufs produits est évidente, sans oublier de prendre en compte le fait que, dans la nature, la masse totale des œufs est répartie entre divers conteneurs présents dans cette zone (nombre et typologies non spécifiée), que le moustique juge convenables comme sites de ponte.
- 2) dans une zone d'étude spécifique, si un piège pondoir est un conteneur que nous considérons en concurrence naturelle avec les autres sites de ponte présents, la validité de cet instrument en tant que proxy pour la densité de la population adulte ne peut être établie que si elle représente réellement la moyenne des œufs pondus dans un échantillon représentatif de conteneurs caractéristiques de la zone.

Par conséquent, il a été considéré qu'une répartition moyenne des œufs récoltés pendant 31 semaines de surveillance, dans les 10 stations participant à l'étude de suivi, pourrait être une bonne approximation du bassin potentiel de sites présents dans la zone du DdP. Cette distribution, définie dans les graphiques et dans le texte *moyenne générale*, a été comparée à des distributions alternatives, qui synthétisaient la moyenne de ponte dans les puisards, les pneus et les pièges pondoirs, et définies comme *moyenne puisard*, *moyenne pneu* et *moyenne piège pondoir*. La comparaison a été faite en utilisant le test de Mann-Whitney, un test statistique non paramétrique, qui convient donc pour comparer les données qui proviennent de comptes, qui ne suivent pas la distribution normale, mais qui peuvent être classés selon une échelle. Dans la comparaison il a été testé l'hypothèse qu'il n'y a pas de différence significative entre les distributions, classiquement définie hypothèse nulle (H0), contre l'hypothèse alternative d'une différence significative (H1).

Dans le but de l'étude, pour valider donc la bonne performance du proxy utilisé comme descripteur de la population, les différences entre les échantillons ne doivent pas être statistiquement significatives et H0 ne doit pas être rejetée, ce qui permet d'affirmer que l'échantillon est suffisamment large pour représenter l'ensemble de la population. En effet, les valeurs de P observées sont $P = 0,0007$ pour la moyenne générale vs. moyenne puisard, $P = 0,09$ pour la moyenne générale vs. moyenne pneu et $P = 0,7$ pour la moyenne générale vs. moyenne piège pondoir, rejetant ainsi définitivement l'hypothèse que la répartition moyenne du piège pondoir puisse décrire la moyenne générale car $P < 0,05$. En outre, puisque une valeur P élevée (et 0,7 est largement supérieur à 0,09) exprime une évidence expérimentale en faveur de l'hypothèse nulle et puisque derrière le test on trouve l'idée d'un lien ou d'une relation entre deux variables, ce qui justifie les résultats

observés dans l'échantillon, la moyenne du piège pondoir est la variable qui met en évidence le lien le plus fort avec la moyenne générale.

Le pic maximum d'activité de l'*Ae. albopictus*, enregistré à la fin de juillet, représente en effet une anomalie démographique, car il s'est présenté beaucoup plus tôt que le pic maximum que l'on enregistre normalement en fin d'été. Cette observation n'a pas été particulièrement approfondie dans la procédure, n'ayant pas d'intérêt pour les besoins spécifiques de cette étude. Toutefois, il est intéressant de noter le chevauchement avec un autre événement exceptionnel, c'est-à-dire le saut thermique de début de juillet, qui pourrait avoir accéléré le développement de la population de moustiques, en mettant l'accent sur l'intérêt pour l'intégration des données de surveillance avec les conditions climatiques locales.

Les résultats obtenus confirment que, dans les conditions avec lesquelles l'étude a été menée, les œufs échantillonnés de façon hebdomadaire dans un piège pondoir, sont représentatives du nombre moyen d'œufs par site pondus dans la zone, et, par conséquent, l'abondance des œufs pondus dans un piège pondoir est un bon proxy de l'abondance des adultes.

En conclusion, une surveillance avec pièges pondoirs, si soutenue par un protocole d'échantillonnage solide, étudié pour contenir 'échantillonnage robuste, conçu pour contenir des erreurs et stabiliser la sensibilité et l'attractivité des pièges pondoirs, est utile afin de décrire la variabilité spatiale de l'abondance attendue pour les populations d'*Ae. albopictus*.

Références

- Focks, D.A. (2003). *A Review of Entomological Sampling Methods and Indicators for Dengue Vectors*. Gainesville, Wld. Hlth. Org. 40 pp.
- Mogi M., Khamboonruang C., Choochote W., Suwanpanit P. (1988). *Ovitrap surveys of dengue vector mosquitoes in Chiang Mai, northern Thailand: seasonal shifts in relative abundance of Aedes albopictus and Ae.aegypti*. Medical and Veterinary Entomology 2, 319-324
- Montgomery M.R., Gragnolati M., Burke K.A. Paredes E. (1999). *Measuring Living Standards with Proxy Variables*. Demography Vol. 37, No. 2, pp. 155-174
- R Core Team (2013). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Selmi M., Bianucci P., Alfonsi J., Vellutini J.M. (2012) *Valutazione dell'efficacia di due diversi metodi per la sorveglianza di Aedes albopictus con ovitrappole*. Igiene Alimenti- Disinfestazione & Igiene Ambientale Gen/Feb; pp 29-37

3. TIGERSENSOR, UN SISTEMA OPENSOURCE E OPENHARDWARE PER IL MONITORAGGIO AMBIENTALE E LA PREVISIONE DI ABBONDANZA DI *Aedes albopictus* IN AMBIENTI URBANI

Roberto Arrigoni, Mirco Mancin, Giovanni Franco, Marco Selmi

A grandi linee, nell'ambito del progetto REDLAV 2.1 si è cercato di rispondere ad una precisa domanda: è possibile spazializzare la densità di *Aedes albopictus*? In altre parole, è possibile mettere a disposizione un *layer* che rappresenti la variabilità spaziale di abbondanza di questa zanzara, a un livello di scala sufficientemente dettagliato da costituire uno strumento utile alla gestione delle problematiche connesse?

Questo significa:

1. disporre di strumenti che permettano di modellare idealmente la dinamica di popolazione della zanzara implementando i bioparametri caratteristici della specie cioè tassi di riproduzione, mortalità delle varie fasi, ecc.;
2. prevedere l'effetto delle forzanti più attive sulla dinamica della popolazione di zanzare, come ad es. la temperatura;
3. indagare le cause (strutturali ambientali) all'origine della variabilità della produttività e garantire una continuità "spaziale" del dato di abbondanza di zanzare, interpolando i parametri delle forzanti di interesse.

Per quanto riguarda il punto 2), sappiamo che la temperatura è una variabile estremamente interessante, perché definisce il *range* spaziale di adattamento dei ceppi temperati di *Ae. albopictus* alle nostre latitudini ed è responsabile dei tempi di sviluppo di ciascun stadio. Infatti, come avviene in qualsiasi altro insetto o creatura vivente, ciascun processo biologico di una zanzara si realizza in seguito a reazioni chimiche che sono catalizzate da enzimi, la cui azione risente dell'influsso della temperatura.

La bibliografia mette a disposizione dati sull'influenza della variabilità termometrica sui vari stadi e i modelli possono considerare anche questa ulteriore informazione per una stima più accurata della quantificazione di una popolazione.

Per gli interessi del progetto, poiché il territorio transfrontaliero è caratterizzato da una notevole variabilità ambientale, è lecito aspettarsi una forte variabilità della temperatura e quindi una variabilità della dinamica stagionale delle popolazioni locali di *Ae. albopictus*.

Il problema potrebbe essere superato con relativa facilità, perché i satelliti mettono a disposizione dati sulla temperatura a terra in forma di *raster* (ad esempio il Land Surface Temperature, LST del satellite MODIS della NASA, in fig. 8), e quindi potremmo descrivere la variabilità della temperatura utilizzando, per l'area transfrontaliera, questo strumento, per altro di buon dettaglio, in quanto la risoluzione dell'immagine può essere portata a 250 m.

Tuttavia è necessario tener conto di alcuni limiti dell'uso dell'LST per l'implementazione del modello termometrico: *i*) la sensibilità della *Ae. albopictus* in risposta a variazioni di temperatura è molto alta e l'LST, che stima la temperatura a terra, può non descrivere correttamente gli ambienti di vita dell'adulto, ad esempio una siepe o un tombino; *ii*) le larve e le ninfe vivono nell'acqua, che ha una temperatura diversa da quella dell'aria. Quindi noi siamo interessati a rilevare "genericamente" il differenziale tra LST e temperature di una siepe, ad esempio, e in particolare a utilizzare due distinte variabili per il calcolo della di-

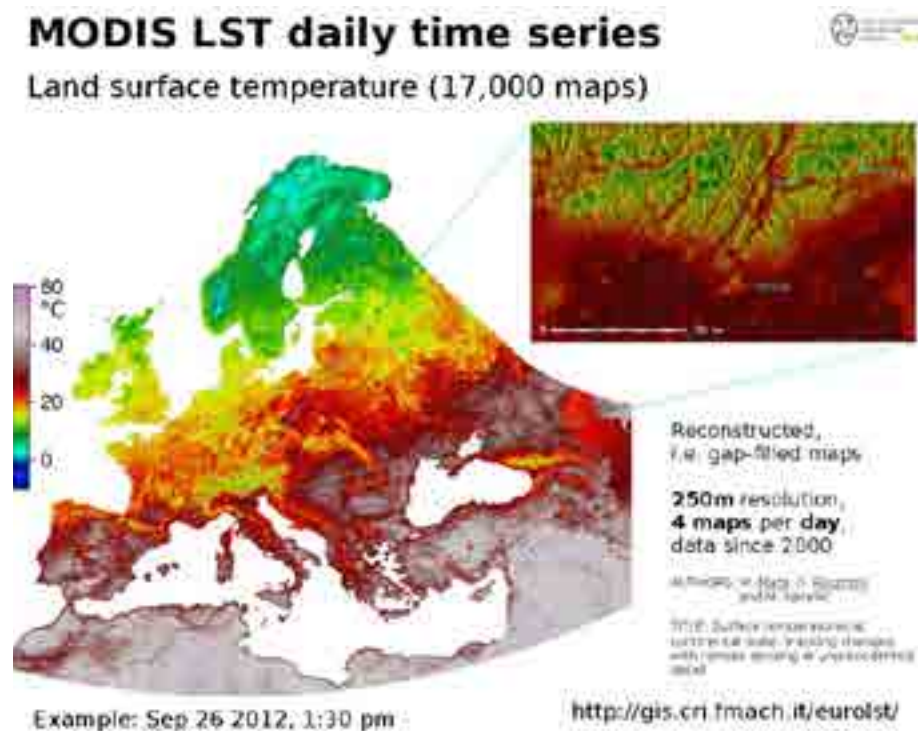


Fig. 8. MODIS LST, esempio riferito alle temperature di fine settembre del 2012

namica di popolazione di immaturi e di adulti. Per inciso, utilizzare la temperatura dell'aria come *proxy* per la temperatura dell'acqua non è corretto, perché la temperatura dell'acqua di una ovitrappola (dove si simula l'ambiente di vita delle forme immature) è, in generale, più bassa in primavera e più alta in autunno, rispetto a quella di una siepe (dove si simula un ambiente di vita per gli adulti). Allo stato attuale, i modelli che sono stati realizzati da diversi autori non fanno uso delle doppie temperature e questo genera sensibili divergenze nell'output del modello. Pertanto nell'ambito del progetto REDLAV 2.1 è stato realizzato un sistema integrato con la finalità di monitorare, in tempo reale e a basso costo, variabili di interesse direttamente in campo.

Il sistema è stato proposto con il nome di *TigerSensor* alla Smart City Exhibition Bologna 2014 - "Tecnologie e soluzioni per la Smart City". *TigerSensor*, per volontà, è basato su risorse di libero accesso (sia software che hardware) e su criteri di massima flessibilità e di completa riusabilità, allo scopo di permetterne l'implementazione e l'adozione come soluzione al rilevamento di variabili ambientali di qualsiasi tipo.

La piattaforma che abbiamo realizzato è formata da due componenti principali:

1. Una parte centrale (**Hub**) che ha il compito di raccogliere dati in prossimità alla piattaforma e quelli inviati da un sensore remoto posto a grande distanza. Dopo aver eseguito le rilevazioni i dati vengono spediti ad un server remoto utilizzando una rete dati GSM.
2. Una sensoristica remota (**Sentinel**) che comunica con la piattaforma (hub) mediante un collegamento wi-fi. Questo sensore può essere posto in scenari particolari, come tombini oppure caditoie che sono difficilmente raggiungibili dai comuni sensori commerciali.

Le piattaforme sono state pensate per essere installate in qualsiasi scenario. Una delle loro peculiarità è l'autosufficienza dal punto di vista dell'alimentazione e del collegamento al server remoto. La loro robusta struttura permette una facile installazione all'aperto senza particolari controindicazioni.

Le caratteristiche salienti della piattaforma (fig. 9) sono:

- Alimentazione a pannello solare;
- Invio dei dati mediante rete GSM;
- Capacità di parametrizzare l'intervallo del campionamento dei dati;
- Multisensorialità;
- Stoccaggio dati;
- Invio dati a Server remoto tramite rete GSM.

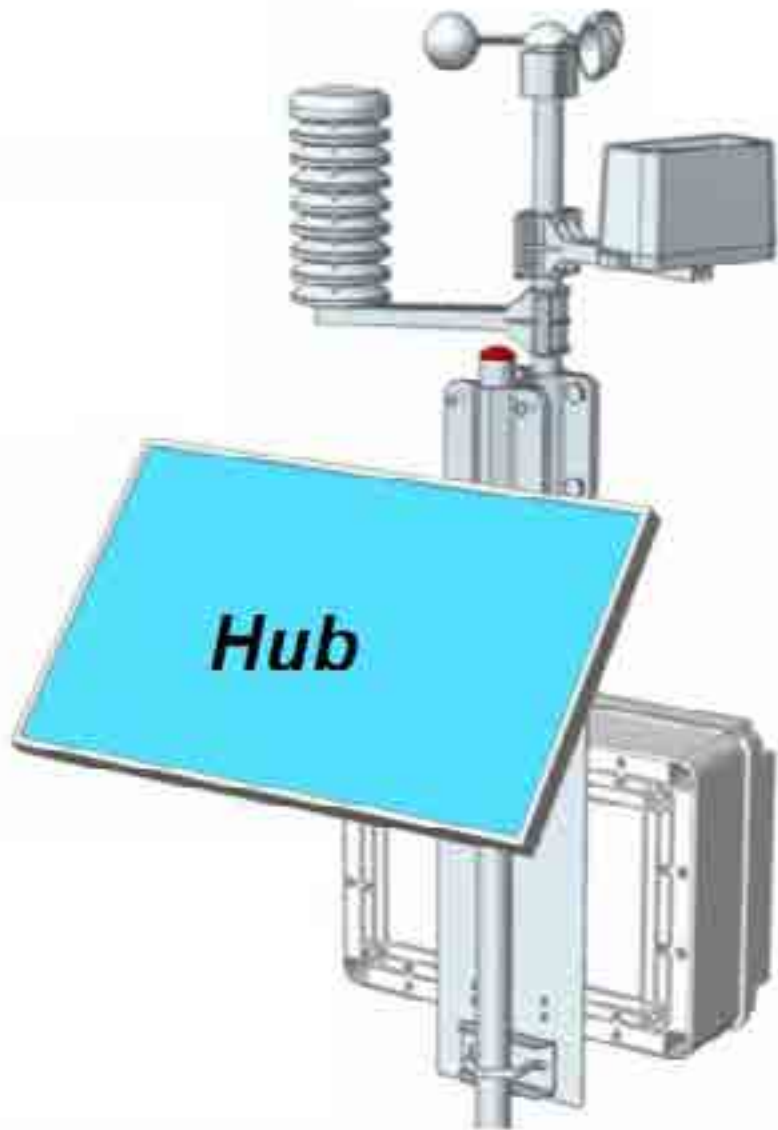


Fig. 9. HUB, parte centrale

La Piattaforma è stata sviluppata in accordo con la filosofia Open Hardware e Open software, una filosofia relativamente recente che rende libero il codice sorgente affinché chiunque possa migliorarlo ed adattarlo ad usi specifici. Questa filosofia, di fatto, mette il lavoro che abbiamo creato in una condizione di continua evoluzione e di miglioramento.

Citiamo ad esempio i lavori più celebri nati con questa filosofia: *Arduino*, *Libelium*, *Raspberry Pi*, *SparkCore*, quattro piattaforme diverse per struttura e obiettivi, ma ugualmente interessanti e tecnologicamente all'avanguardia.

La tecnologia Arduino è stata sviluppata interamente in Italia per la costruzione di progetti di elettronica e automazione, i cui schemi elettrici sono liberamente consultabili per essere modificati a piacimento e riprodurli per differenti scopi.

Le specifiche tecniche di TigerSensor sono basate su componenti Arduino-simili "e, per garantire delle ottime prestazioni, è stato utilizzato un microprocessore di ultima generazione pienamente compatibile con la "tecnologia" Arduino. Nella fattispecie è stato usato un Atmega2560. L'invio dei dati è garantito da normale rete GSM messa a disposizione dai gestori di telefonia mobile (quindi modem interno e SIM scelta a piacere, con abbonamento personalizzato) e la connettività internet è fornita da un modulo SIM900.

La sensoristica è stata studiata per registrare variabili di specifico interesse per lo studio della dinamica di popolazione di *Aedes albopictus* e comprende i seguenti sensori:

Sensori prossimali fisicamente presenti sull'**HUB** (fig. 10)

- temperatura dell'aria e dell'acqua,
- umidità,
- intensità di precipitazione,
- intensità di irraggiamento,
- velocità del vento,
- ossigeno disciolto

Sensori presenti sul **SENTINEL** (sensore remoto)

- Sensore presenza acqua in una caditoia
- Sensore temperatura dell'acqua in una caditoia.

La sensoristica è a basso costo, come ulteriore fattore di competitività di TigerSensor.

Il sensore remoto (Sentinel, fig. 11), può essere posizionato ad una distanza massima di 15 mt dalla piattaforma, con la quale comunica tramite collegamento wi-fi.

Sentinel è anch'esso dotato di hardware con componenti Arduino-simili.

La funzione di TigerSensor è quella di:

- i) spiegare evoluzione stagionale della popolazione di *Ae. albopictus* o anche picchi anomali nella curva di crescita, collegabili a eventi che possono essere registrati come variabili dalla piattaforma, come forti precipitazioni o siccità o salti termici. ecc.:

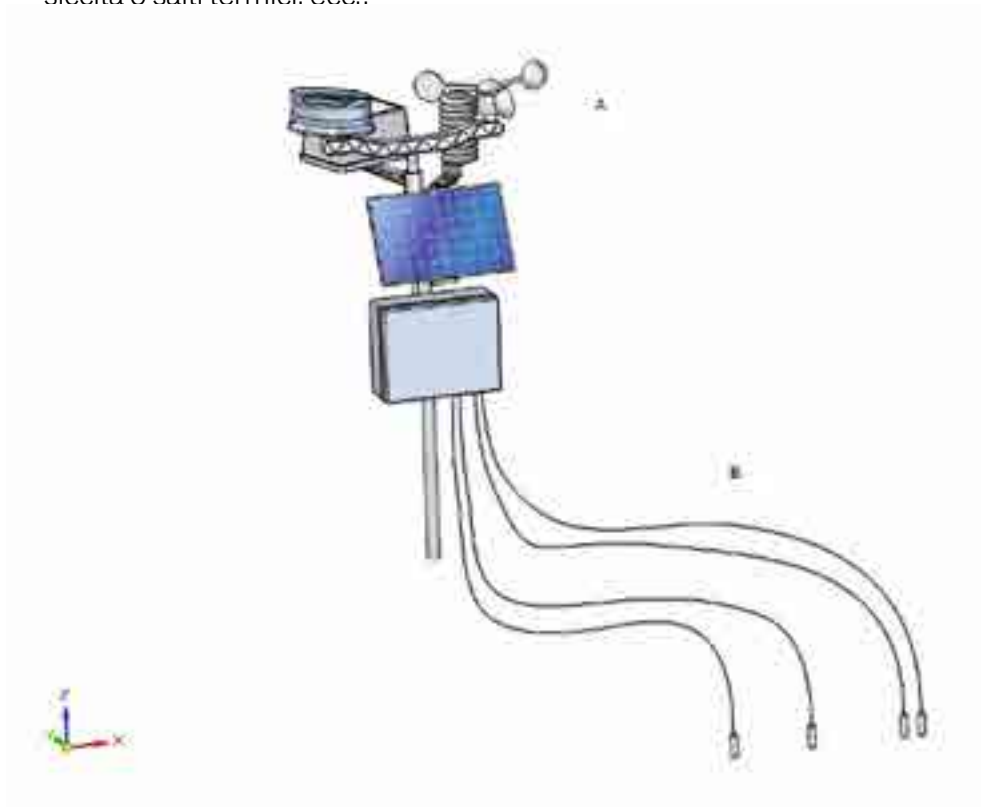


Fig. 10. HUB, gruppo sensori prossimali. A) velocità del vento, intensità di precipitazione, intensità di irraggiamento; B) temperatura dell'aria, temperatura dell'acqua, umidità dell'aria, ossigeno disciolto.

Sentinel



Fig. 11. Sentinel, gruppo sensori remoti. A) temperatura dell'acqua; B) presenza di acqua

- ii) registrare il vero dato termometrico dei due mezzi di interesse (aria e acqua) in ogni località in cui è posizionata;
- iii) fornire indicazioni sulla potenziale produttività di siti di riproduzione (presenza di acqua in pozzetti);
- iv) fornire elementi utili alla programmazione degli interventi di controllo, registrando la quantità di acqua precipitata necessaria a rendere produttivi pozzetti e caditoie.

La valutazione del differenziale tra le temperature registrate dalla piattaforma e LST del MODIS, avviene con le modalità rappresentate in fig. 12. Quella che si ottiene è una correzione puntiforme, cioè riferita alla location di posizionamento di TigerSensor. Successivamente viene corretta, con tecniche di interpolazione, l'intera informazione del dato satellitare al fine di ottenere, come strato continuo ed omogeneamente distribuito, la temperatura dell'aria

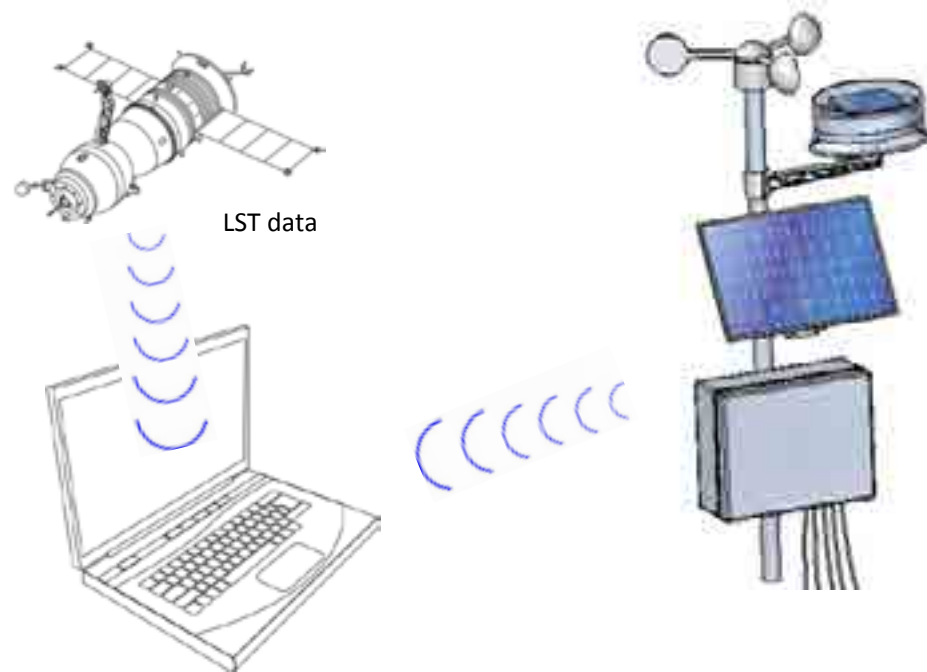


Fig. 12. Registrazione delle doppie serie di temperature (MODIS e HUB), elaborazione e realizzazione del differenziale

e dell'acqua nell'intera area di studio. Di fatto *interpolare* significa *completare il dato spaziale mancante con un procedimento statistico*, una tecnica molto utilizzata in climatologia e meteorologia.

Il procedimento prevede che la rete di rilevamento sia strategicamente posizionata per ottimizzare il rilevamento, in considerazione che la variabilità termometrica dipende da variabili quali latitudine, altitudine, distanza dal mare ecc., che notoriamente hanno ampie oscillazioni sul territorio transfrontaliero. Quindi, considerando che la reale temperatura di interesse viene campionata in prossimità delle centraline, la numerosità delle stesse, al fine di ottenere una buona interpolazione dipende dalla variabilità del dato termometrico, dall'omogeneità del territorio, dalla possibilità di classificazione dello stesso in aree omogenee, dal margine di errore tollerato.

Attualmente sono posizionate sul territorio transfrontaliero 12 stazioni funzionanti, di cui sette in Toscana e cinque in Liguria, con l'obiettivo di implementare la rete, anche con il coinvolgimento di Pubbliche Amministrazioni e Aziende Private. Nelle figg. 13 e 14 le piattaforme posizionate a Pisa e Grosseto.



Fig. 13. Piattaforma posizionata presso la sede della USL Toscana sud est, a Grosseto



Fig. 14. Piattaforma posizionata presso la sede della Facoltà di Agraria, a Pisa

3. TIGERSENSOR, EST UN SYSTÈME OPENSOURCE ET OPENHARDWARE POUR LA SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE ET LA PRÉVISION D'ABONDANCE D'AEDES ALBOPICTUS EN MILIEU URBAIN

Roberto Arrigoni, Mirco Mancin, Giovanni Franco, Marco Selmi

Dans les grandes lignes, dans le cadre du projet REDLAV 2.1 on a tenté de répondre à une question spécifique: peut-on spatialiser la densité d'*Aedes albopictus*? En d'autres termes, est-il possible de mettre à disposition un *layer* représentant la variabilité spatiale de l'abondance de ce moustique, à un niveau d'échelle suffisamment détaillé pour être un outil utile pour la gestion des problématiques qui y sont liées?

Cela signifie:

1. disposer d'outils qui permettent de modéliser idéalement la dynamique de population du moustique en mettant en œuvre les bioparamètres caractéristiques des espèces que sont les taux de reproduction, de mortalité des différentes phases, etc.;
2. prévoir l'effet des facteurs les plus actifs sur la dynamique de la population de moustiques, comme par exemple la température;
3. enquêter sur les causes (structurelles environnementales) à l'origine de la variabilité de la productivité et garantir une continuité « spatiale » de la donnée d'abondance des moustiques, en interpolant les paramètres des facteurs intéressants.

En ce qui concerne le point 2), nous savons que la température est une variable qui est extrêmement intéressante, car elle définit la *fourchette* spatiale de l'adaptation des souches tempérées d'*Ae. albopictus* sous nos latitudes et est responsable de l'époque de développement de chaque stade. En effet, comme cela se produit chez n'importe quel autre insecte ou créature vivante, tous les processus biologiques d'un moustique sont dus à des réactions chimiques qui sont catalysées par des enzymes, dont l'action est influencée par la température.

La bibliographie contient des données sur l'influence des variations de température sur les différents stades et les modèles peuvent également prendre en considération cette information supplémentaire pour une estimation plus précise de la quantification d'une population.

Pour les intérêts du projet, puisque le territoire transfrontalier est caractérisé par une variabilité environnementale considérable, il est raisonnable de s'attendre à une variabilité forte de la température et donc à une variabilité de la dynamique saisonnière des populations locales d'*Ae. albopictus*.

Le problème pourrait être surmonté avec une relative facilité, parce que les satellites fournissent des données sur la température au sol sous forme de *raster* (par exemple le Land Surface Temperature, LST du satellite MODIS de la NASA, sur la fig. 8), et nous pourrions donc décrire la variabilité de la température en utilisant, pour l'espace transfrontalier, cet outil, plutôt bien détaillé, car la résolution de l'image peut être portée à 250 m.

Toutefois, il est nécessaire de prendre en compte certaines limitations dans l'utilisation du LST pour l'implémentation du modèle thermométrique: *i)* la sensibilité de l'*Ae. albopictus* en réponse aux changements de température est très élevée et le LST, qui estime la température sur le terrain, ne peut pas décrire correctement les milieux de vie de l'adulte, comme une haie ou une

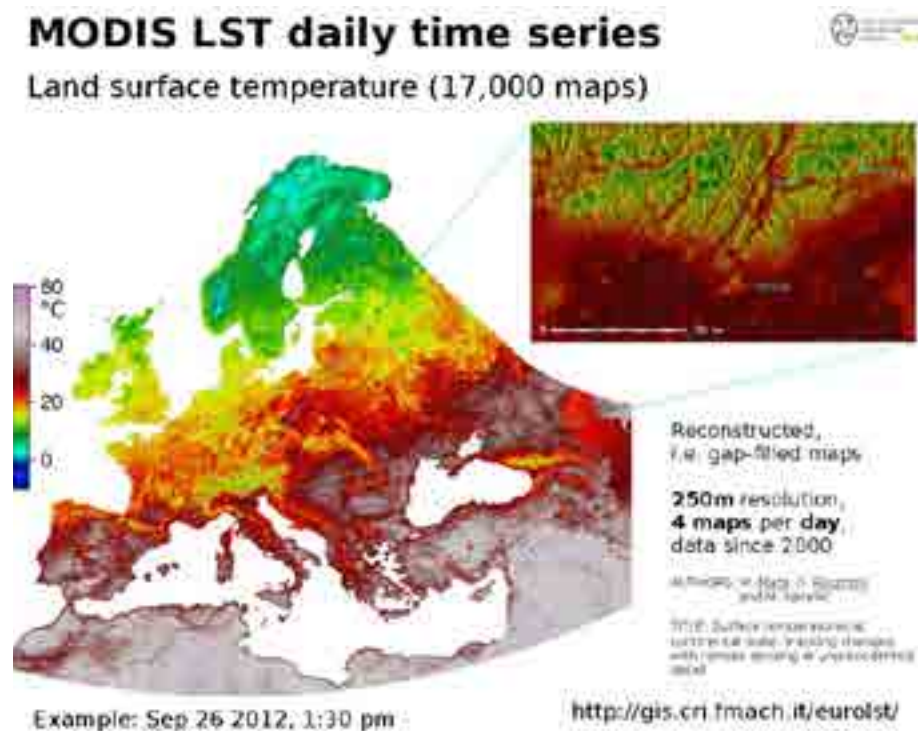


Fig. 8. MODIS LST, exemple se rapportant aux températures de fin septembre 2012

plaque d'égout; *ii)* les larves et les nymphes vivent dans l'eau, qui a une température différente de celle de l'air. Nous sommes donc intéressés à relever «de façon générique» le différentiel entre LST et les températures d'une haie, par exemple, et en particulier à deux variables distinctes pour calculer la dynamique des populations d'adultes et d'immatures. Soit dit en passant, utiliser la température de l'air comme *proxy* pour la température de l'eau n'est pas correct, parce que la température de l'eau d'un piège pondoir (où l'on simule l'environnement de vie des formes immatures) est généralement plus faible au printemps et plus élevée en automne, comparée à celle d'une haie (où nous simulons un milieu de vie pour les adultes).

À l'heure actuelle, les modèles qui ont été réalisés par différents auteurs ne font pas usage des doubles températures et cela soulève des divergences sensibles dans l'output du modèle. C'est pourquoi dans le cadre du projet RE-DLAV 2.1, il a été créé un système intégré afin de contrôler, en temps réel et à faible coût, des variables intéressantes directement sur le terrain.

Le système a été proposé avec le nom de *TigerSensor* à la Smart City Exhibition Bologne 2014 - «Technologies et solutions pour la Smart City». *TigerSensor*, par choix, est basée sur des ressources en accès libre (logiciel et matériel) et sur des critères de flexibilité maximale et de réutilisabilité totale, afin d'en permettre l'amélioration et l'adoption comme une solution de détection des variables environnementales de n'importe quel type.

La plate-forme que nous avons créée se compose de deux éléments principaux:

1. une partie centrale (**Hub**) avec la tâche de recueillir des données à proximité de la plate-forme et ceux qui sont envoyés par un capteur à distance particulièrement éloigné. Après avoir recueilli les données, elles sont envoyées à un serveur distant en utilisant un réseau de données GSM.
2. Un capteur à distance (**Sentinel**) communique avec la plate-forme (hub) à l'aide d'une connexion wi-fi. Ce capteur peut être placé dans des endroits particuliers tels que les puisards ou les collecteurs d'eaux pluviales qui sont difficilement accessibles avec les capteurs commerciaux ordinaires.

Les plates-formes sont conçues pour être installées dans n'importe quel endroit.

Une des particularités est l'autosuffisance en termes d'alimentation et de la connexion au serveur distant. Leur conception robuste permet une installation facile à l'extérieur sans aucun inconvénient.

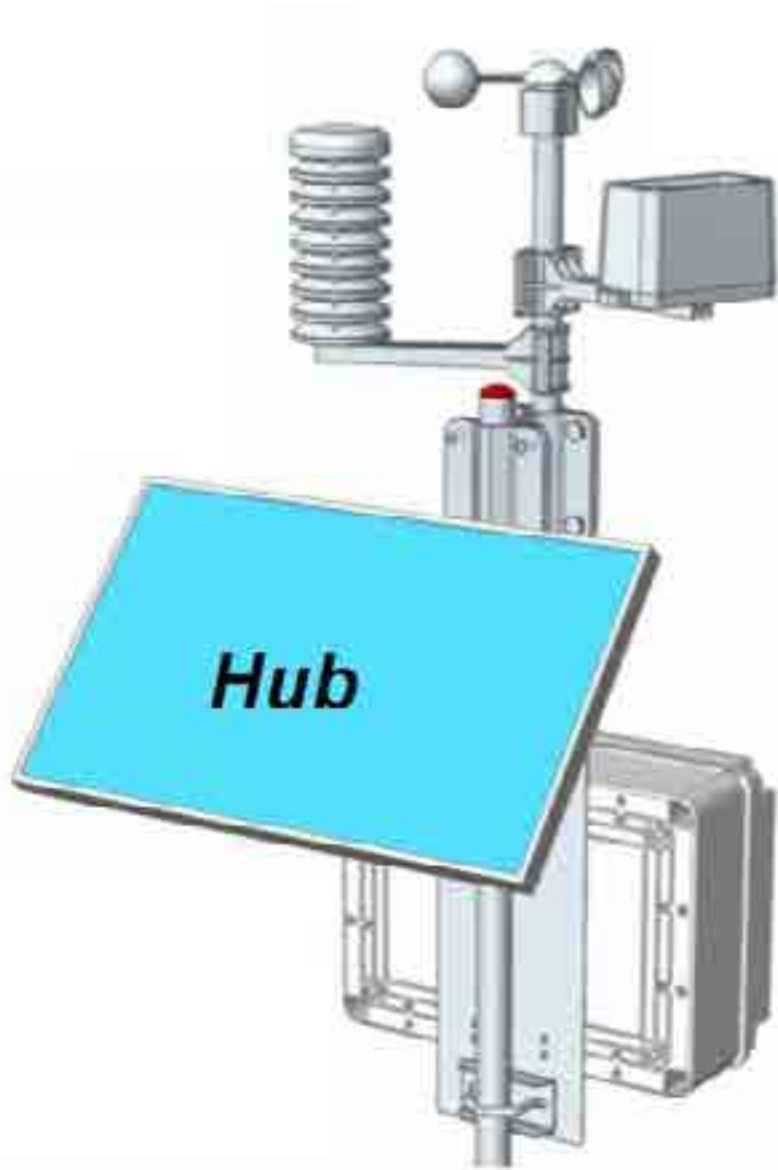


Fig. 9. HUB, partie centrale

Les principales caractéristiques de la plate-forme (fig. 9) sont:

- Alimentation par panneau solaire;
- Envoi de données en utilisant le réseau GSM;
- Possibilité de paramétrer l'intervalle de l'échantillonnage des données;
- Multisensorialité;
- Stockage de données;
- Envoi des données à un serveur distant via le réseau GSM.

La plate-forme a été élaborée conformément à la philosophie Open Hardware et Open Software, une philosophie relativement nouvelle qui libère le code source, afin que n'importe qui puisse améliorer et l'adapter à un usage spécifique. Cette philosophie, en fait, met le travail que nous avons créé dans un état de constante évolution et amélioration.

Citons par exemple les travaux les plus célèbres nés avec cette philosophie: *Arduino*, *Libelium*, *Raspberry Pi*, *SparkCore*, quatre plateformes différentes par leur structure et leurs objectifs, mais tout aussi intéressantes et technologiquement avancées.

La technologie Arduino a été développée entièrement en Italie pour la construction des projets d'électronique et d'automation, dont les schémas électriques sont disponibles librement pour les modifier à volonté et les reproduire à des fins différentes.

Les spécifications techniques du TigerSensor sont basées sur des composants semblables à Arduino, pour assurer des prestations optimales comme composants pour garantir des performances optimales il a été un microprocesseur de dernière génération entièrement compatible avec la «technologie» Arduino. Dans ce cas, il a été utilisé un Atmega2560. L'envoi des données est garanti par le réseau GSM normal mis à disposition par les opérateurs mobiles (donc modem interne et SIM au choix, avec abonnement personnalisé) et la connectivité internet est assurée par un module SIM900.

Le capteur est conçu pour enregistrer des variables d'intérêt particulier pour l'étude de la dynamique des populations d'*Aedes albopictus* et comprend les capteurs suivants:

Capteurs proximaux physiquement présents sur le **HUB** (fig. 10)

- température de l'air et de l'eau,
- humidité,
- intensité des précipitations,

- intensité du rayonnement,
- vitesse du vent,
- oxygène dissout

Capteurs présents sur le **SENTINEL** (capteur à distance)

- Capteur de présence d'eau dans un collecteur d'eaux pluviales
- Capteur de température de l'eau dans un collecteur d'eaux pluviales.

Le capteur est à faible coût, ce qui souligne la compétitivité de TigerSensor. Le capteur à distance (Sentinel, fig. 11), peut être placé à une distance maximale de 15 mètres de la plate-forme, avec lequel il communique via wi-fi. Sentinel est également équipé de matériel ayant des composants de type Arduino.

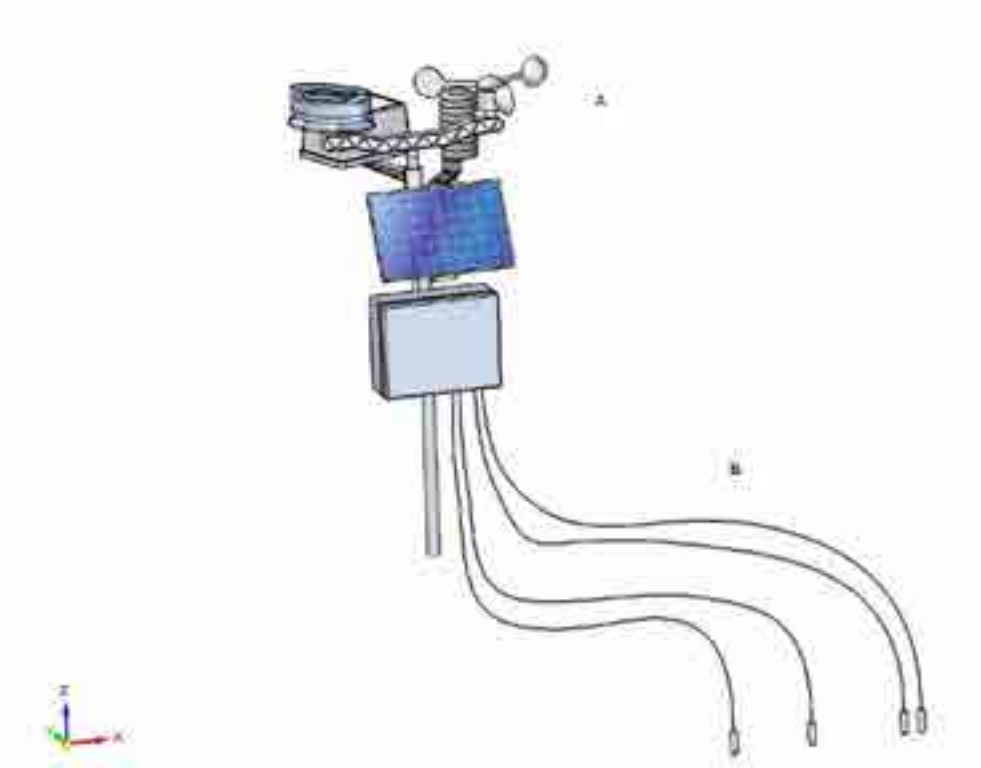


Fig. 10. HUB, groupe de capteurs proximaux. A) vitesse du vent, intensité des précipitations, intensité du rayonnement; B) température de l'air, la température de l'eau, humidité de l'air, oxygène dissout.

Sentinel



Fig. 11. Sentinel, groupe de capteurs à distance. A) température de l'eau; B) présence d'eau

La fonction de TigerSensor est:

- i) expliquer l'évolution saisonnière de la population d'*Ae. albopictus* ou des pics anormaux dans la courbe de croissance, qui peuvent être connectés aux événements qui peuvent être enregistrés en tant que variables de la plate-forme, comme les fortes pluies, la sécheresse ou des différences de température, etc.;
- ii) enregistrement de la température réelle des deux moyens intéressants (air et eau) dans chaque endroit où il est placé;
- iii) donner des indications sur la productivité potentielle des sites de reproduction (présence d'eau dans les puisards);
- iv) fournir des éléments utiles à la planification des interventions de contrôle, en déterminant la quantité d'eau qui est tombée nécessaire pour rendre productifs les puisards et les collecteurs d'eau de pluie.

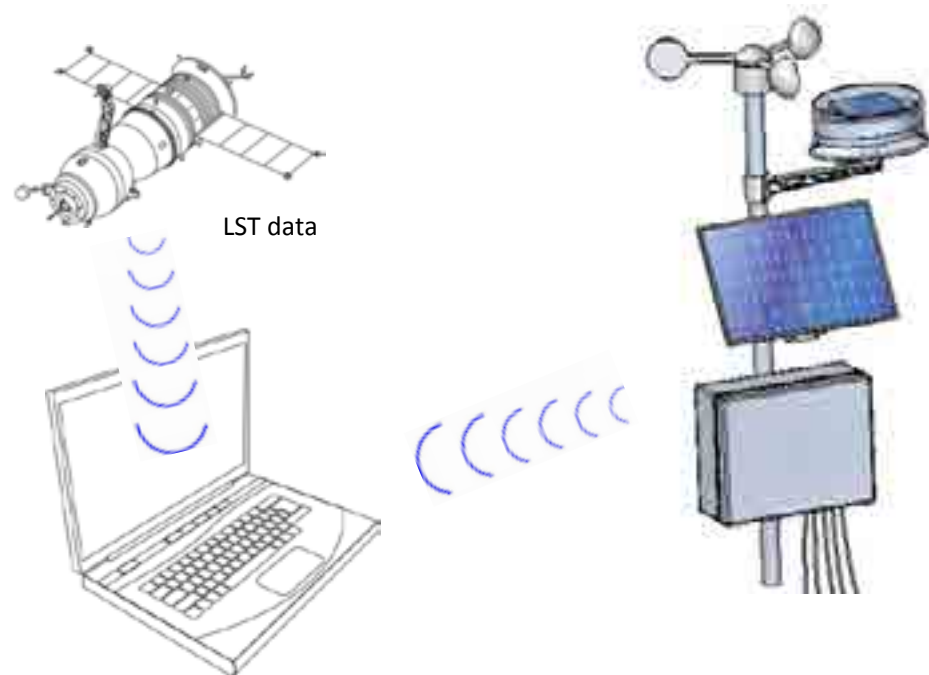


Fig. 12. Registrazione delle doppie serie di temperatura (MODIS e HUB), elaborazione e realizzazione del differenziale

L'évaluation de la différence entre les températures enregistrées par la plate-forme et LST du MODIS, se déroule de la manière illustrée à la fig. 12. Ce que l'on obtient est une correction d'un point fixe, c'est-à-dire se référant à l'emplacement du positionnement de TigerSensor. La totalité de l'information est ensuite corrigée, avec des techniques d'interpolation, afin d'obtenir, sous la forme d'une couche continue et uniformément répartie, la température de l'air et de l'eau dans toute la zone de l'étude. En fait *interpoler* signifie *compléter la donnée manquante spatiale avec une procédure statistique*, une technique largement utilisée en météorologie et en climatologie.

La procédure prévoit que le réseau de surveillance soit stratégiquement placé pour optimiser la détection, en considérant que la variabilité thermométrique dépend de variables telles que la latitude, l'altitude, la distance de la mer, etc., qui ont notoirement de grandes oscillations sur le territoire transfrontalier. Ainsi, en considérant que la température réelle intéressante est échantillonnée à proximité des centrales, le nombre d'entre elles, afin d'obtenir une bonne interpolation dépend de la variabilité de la donnée thermométrique, de l'homogénéité du territoire, de la possibilité de classification de celle-ci en zones homogènes, de la marge d'erreur admise.

Actuellement, 12 stations sont situées sur le territoire transfrontalier, dont sept en Toscane et cinq en Ligurie, dans le but de renforcer le réseau, notamment avec la participation des administrations publiques et des entreprises privées. Dans les figures 13 et 14 les plates-formes situées à Pise et Grosseto.



Fig. 13. Plate-forme située au siège de l'USL Toscane sud-est, à Grosseto



Fig. 14. Plate-forme située au siège de la faculté d'agriculture, à Pise

4. TIGERAPP: LA PIATTAFORMA DIGITALE DEDICATA ALL'ASCOLTO E ALLA VISUALIZZAZIONE DEI DATI

Alfonso Crisci, Marco Selmi

Il progetto REDLAV 2.1 si è posto come obiettivo quello di migliorare la governance delle criticità di ordine sanitario o di semplice molestia, collegate alla presenza di *Aedes albopictus* sul territorio transfrontaliero.

Questa zanzara, in considerazione della sua biologia e dei suoi comportamenti, ha creato notevoli problemi di controllo, rendendo inefficace e superato l'approccio tradizionalmente consolidato su altre specie di zanzare.

Tuttavia lo studio della biologia e dell'etologia di *Ae. albopictus*, ci ha permesso di costruire modelli di dinamica della popolazione che si sono dimostrati affidabili ed utilizzabili per *stimare la variabilità di densità temporale e spaziale di questa zanzara*.

L'adattamento del modello al territorio transfrontaliero e le successive ottimizzazioni hanno prodotto risultati interessanti e hanno fatto riflettere sulle prospettive di utilizzo e diffusione dei risultati ottenuti. Come prima considerazione, le caratteristiche di sistema "dinamico", in grado di rappresentare la distribuzione della popolazione in forma di variabile "quantitativa", hanno permesso di realizzare un sistema adeguato per le finalità di operatori interessati alla gestione delle problematiche che derivano dalla presenza della zanzara in una zona. Infatti, per soddisfare tali aspetti gestionali, servono dati quantitativi, in tempo reale, a dettaglio di scala utile (quartiere) per individuare le priorità di intervento. Pertanto, tale prodotto di progetto, si è rivelato uno strumento utile alla gestione e all'individuazione delle priorità di controllo di questo infestante ed è stato reso liberamente fruibile in forma di *WEB Service previsionale*.

Nel *WEB Service* viene rappresentato un modello integrato per la stima/valutazione del rischio basato su una molteplicità di fonti informative che viene riassunto in questa interfaccia WEB e produce una stima obbiettiva e trasparente della dinamica di popolazione di *Ae. albopictus* attesa da modello, accessibile al gestore come al cittadino. Nella progettazione della piattaforma è stato seguito un paradigma di circolazione dell'informazione ambientale capace di aggregare ed elaborare diverse sorgenti di dati (meteorologici, geografici, modellistici), per studiare le dinamiche delle popolazioni di *Ae. albopictus*

nelle aree di interesse. Quindi uno strumento tipicamente *social media*, in cui la presentazione del dato basata su evidenza scientifica permette agli utilizzatori di fruire di tre distinte funzionalità:

1. *diagnostica*: capire il territorio, mitigarne i rischi e identificarne le opportunità;
2. *informativa*: organizzare l'attività di sorveglianza e incorporare le informazioni negli aspetti decisionali;
3. di *indirizzo* o "*governance*": individuare obiettivi strategici, costituire *forum*, realizzare biblioteche, ecc.

Questo risultato è particolarmente soddisfacente in considerazione della difficoltà di allineare interventi o di concordare provvedimenti, sia in ambito sanitario che pubblico amministrativo, tra le diverse regioni del territorio transfrontaliero che, in materia di controllo degli infestanti, presentano ordinamenti e organizzazioni proprie. Da questo punto di vista la piattaforma è uno strumento di condivisione delle attività percorribili e di valorizzazione degli sforzi comuni. Tecnicamente il *WEB server* è basato su tecnologia *REST*, *REpresentational State Transfer*. La tecnologia *REST* definisce un modello di progettazione di architetture software che offre una visione del *WEB* centrata sul concetto di risorsa (le informazioni) e in cui l'elaborazione distribuita dei dati si basa sul protocollo *http*.

Tigerapp è accessibile all'indirizzo <http://redlavapp.github.io/tigerApp/>

La cartografia è basata su mappe di *OpenStreetMap*, che è attualmente la più grande banca dati cartografica libera e gratuita disponibile online, oltre che un



Fig. 15.

importante strumento di lavoro, permettendo moltissime tipologie di analisi scaricando i dati grezzi.

La pagina di ingresso nella piattaforma (fig 15), è centrata sullo spazio transfrontaliero attualmente coperto dal servizio, sul quale è possibile muoversi con i classici strumenti di pannello con il mouse (o da tastiera con le frecce direzionali) e di zoom in/out.

Il bottone di ingresso alle applicazioni apre una finestra dei menù (fig 16).

Il menù *Tigerview* propone, con un clic sull'opzione desiderata, la scelta di visualizzazione della popolazione di adulti o di uova stimata da modello (fig 17).

Il menù *Monitoring* propone la distribuzione delle centraline di monitoraggio presenti sul territorio e la relativa codifica (fig 18). Cliccando sul codice si apre una pagina sulla sensoristica attiva e consultabile estemporaneamente (fig 19) oppure scaricabile come file.csv.

Il menù *Social engage* apre la pagina Tweeter della piattaforma, già molto attiva e frequentata da parte di utenza varia (fig 20).

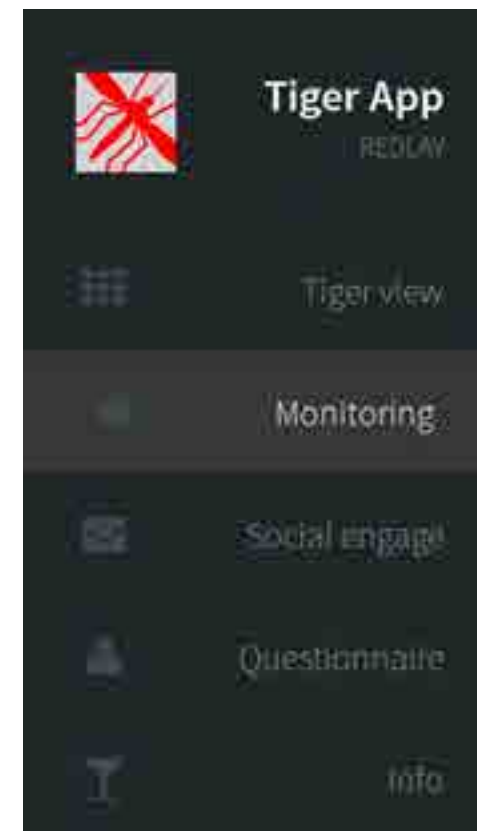


Fig. 16.



Fig.17

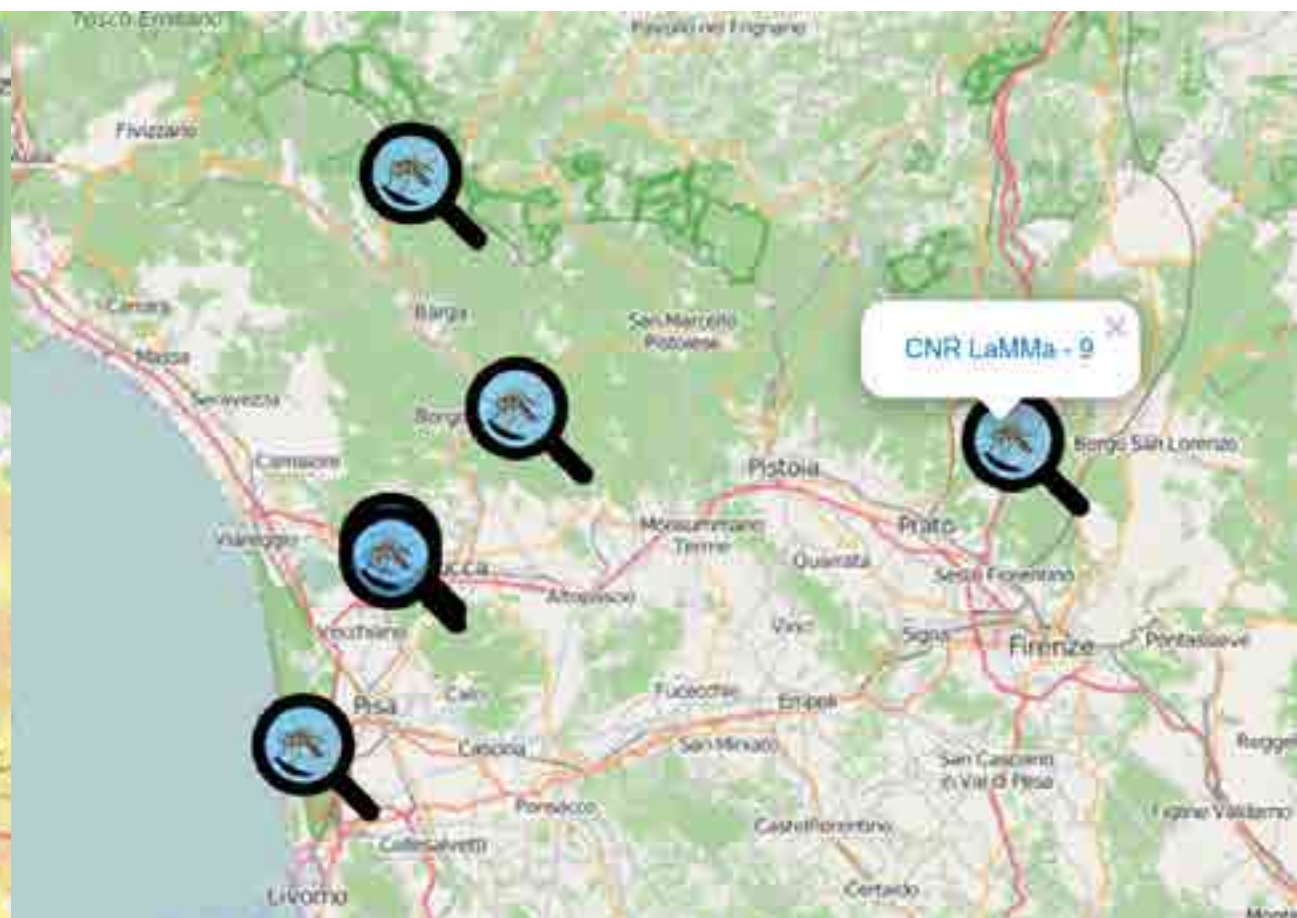


Fig.18

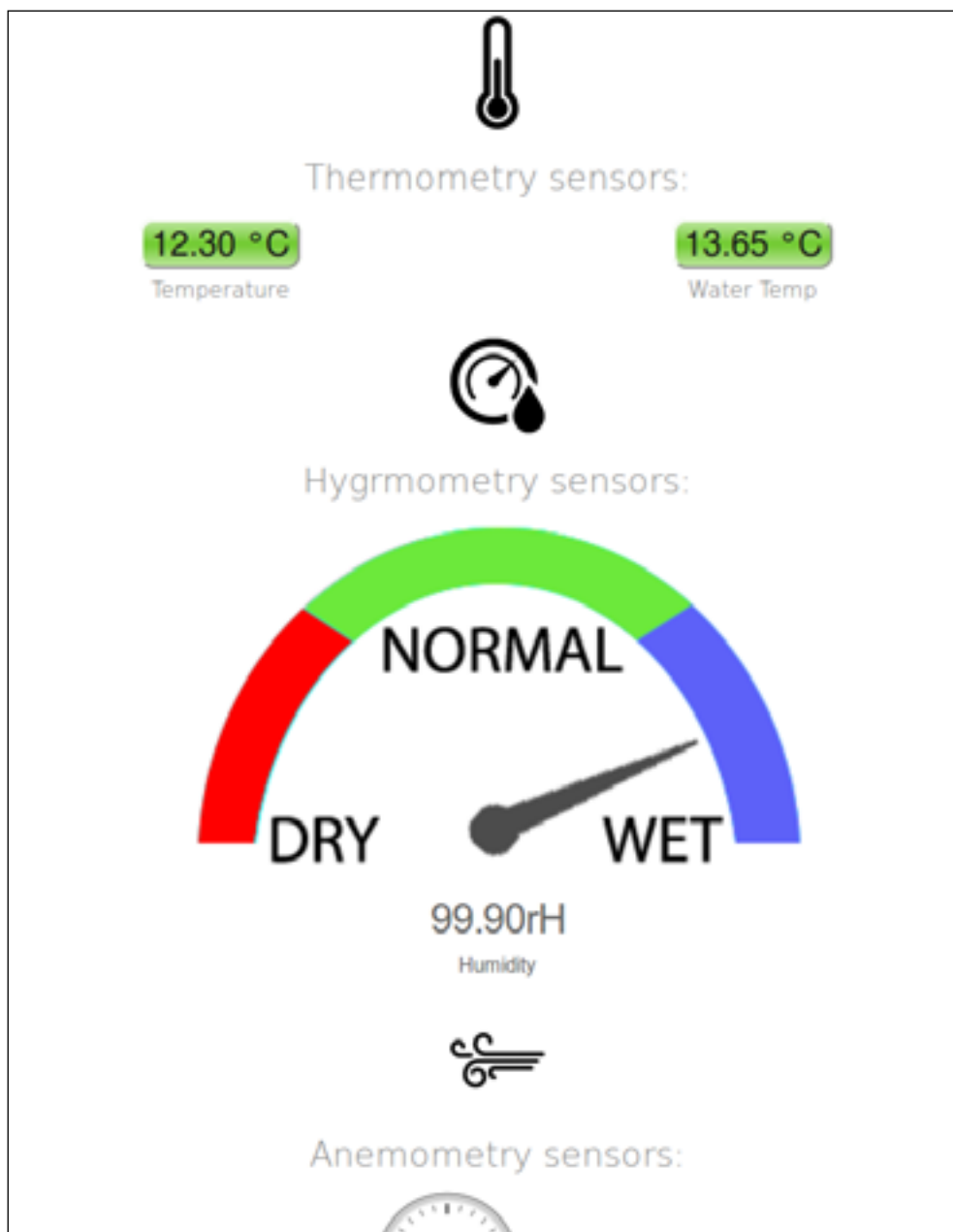


Fig. 19



Fig. 20

Il menù *Questionnaire* (tavola 2) propone un questionario sul disagio dovuto alla presenza della zanzara tigre, costituito da 11 domande. È anche possibile geolocalizzare o circoscrivere un'area dove si vuole segnalare il disagio e inserire eventuali commenti.

Le informazioni ottenute dalla pagina di Twitter e dai questionari, possono essere utilizzate per diverse finalità, tra cui migliorare la sensibilità del modello.

Questionario REDLAV Disagio da #zanzaratigre https://ssegf.enketo.org/webfo

**Questionario REDLAV Disagio da #zanzaratigre/
Questionnaire REDLAV Inconfort occasionné par #moustiquetigre**

Gruppo / Groupe :
Opzionale/Facultatif

TigerApp – REDLAV Lucca

Contatto Mail opzionale / Contact E-mail facultatif :

m.selmi@usl2.toscana.it

Inserisci il luogo/posizione geo: *
GPS coordinates can only be collected when outside.
Indiquer lieu/position géographique : *
Les coordonnées GPS ne peuvent être recueillies qu'à l'extérieur..

latitude (x.y °)	longitude (x.y °)	altitude (m)	accuracy (m)
------------------	-------------------	--------------	--------------

Luogo / Lieu
Indicare geotags / Indiquer des mots clés :

Sesso / Sexe :

M

F

Età/ âge:

Minore di 10 anni / Moins de 10 ans

11-18

19-35

36-50

51-65

Oltre i 65/ Plus de 65 ans

Riconosce la zanzara tigre (Aedes Albopictus) ?/ Savez-vous reconnaître le moustique tigre (Aedes Albopictus) ?

- Si - Oui
- No – Non

La sua abitazione ha intorno spazi verdi?/ Y a-t-il des espaces verts autour de votre habitation ?

- Si - Oui
- No – Non

Frequenta gli spazi aperti della sua abitazione nelle ore diurne?/ Fréquentez-vous les espaces verts de votre habitation pendant la journée ?

- Si - Oui
- No – Non

Durante la frequentazione degli spazi viene morsa?/ Vous faites-vous piquer lors de la fréquentation des espaces verts ?

- Si - Oui
- No – Non

Usa prodotti repellenti per le zanzare?/ Utilisez des produits répulsifs pour les moustiques ?

- Si - Oui
- No – Non

E' al corrente se vengono effettuati trattamenti disinfestanti presso la sua abitazione ?/ Savez-vous si des traitements de désinfection sont effectués près de votre habitation ?

- Si - Oui
- No – Non

E' allergica alla puntura della zanzara?/ Êtes-vous allergique à la piqûre du moustique ?

- Si - Oui
- No – Non

In questo momento quante punture di zanzare che le danno fastidio può contare sulla sua pelle?/ À cet instant, combien de piqûres de moustiques qui vous gênent pouvez-vous compter sur votre peau ?/

- Nessuna/ Aucune/ Moins de 3/ Moins de 3
- Da da 3 a 6/ De 3 à 6
- Da da 6 a 10/ De 6 à 10
- Oltre le 10/ Plus de 10

Informazioni su eventi piovosi / Informations sur les événements pluvieux :

Opzionale/Facultatif

- Ultima pioggia oggi o stanotte/ Dernière pluie aujourd'hui ou cette nuit
- Ultima pioggia entro 3 gg/ Dernière pluie il y a moins de 3 jours
- Ultima pioggia entro 7 gg/ Dernière pluie il y a moins de 7 jours
- Ultima pioggia entro 15 gg/ Dernière pluie il y a moins de 15 jours
- Ultima pioggia entro 60 gg/ Dernière pluie il y a moins de 60 jours
- Ultima pioggia entro 30 gg/ Dernière pluie il y a moins de 30 jours

Vuoi provare a delimitare l'area in cui credi ci sia il massimo disagio?/ Pouvez-vous essayer de délimiter la zone où vous pensez que se trouve la gêne la plus importante ?

Opzionale/Facultatif

latitudine (x.y °) longitudine (x.y °) altitudine (m) accuracy (m) KML

Note / Notes:

Note testuali osservative/Remarques.

4. TIGERAPP: LA PLATE-FORME NUMÉRIQUE DÉDIÉE À L'ÉCOUTE ET À L'AFFICHAGE DES DONNÉES

Alfonso Crisci, Marco Selmi

Le projet REDLAV 2.1 s'est fixé pour objectif d'améliorer la gestion des problèmes de santé ou de simple harcèlement, liés à la présence d'*Aedes albopictus* sur le territoire transfrontalier.

Ce moustique, compte tenu de sa biologie et de ses comportements, a créé des problèmes considérables de contrôle, en rendant inefficace et obsolète l'approche traditionnellement consolidée sur d'autres espèces de moustiques. Cependant, l'étude de la biologie et de l'éthologie d'*Ae. albopictus* nous a permis de construire des modèles de dynamique de la population qui se sont avérés fiables et utilisables pour *estimer la variabilité de densité spatiale et temporelle de ce moustique*.

L'ajustement du modèle au territoire transfrontalier et les optimisations qui ont suivi ont donné des résultats intéressants et ont mené à une réflexion sur les perspectives d'utilisation et de diffusion des résultats obtenus. Comme première considération, les caractéristiques du système «dynamique», pouvant représenter la répartition de la population comme variable «quantitative», ont permis de créer un système correspondant aux objectifs des agents intéressés par la gestion des problèmes qui découlent de la présence du moustique dans une zone. En effet, pour satisfaire ces aspects de la gestion, des données quantitatives sont nécessaires, en temps réel, dans une zone définie (quartier) afin d'identifier les actions prioritaires. Par conséquent, le produit du projet, s'est avéré être un outil utile pour la gestion et la définition des priorités de contrôle de cet insecte invasif. Il a été proposé en accès libre sous forme de *WEB Service prévisionnel*.

Dans le *WEB Service*, un modèle intégré est représenté pour prédire/évaluer le risque basé sur une multiplicité de sources d'information qui est résumé dans cet interface WEB et crée une estimation objective et transparente de la dynamique population d'*Ae. albopictus* attendue par le modèle, accessible aussi bien à l'opérateur qu'au citoyen. Dans la conception de la plate-forme il a été suivi un paradigme de circulation de l'information environnementale capable d'agréger et de traiter les différentes sources de données (météoro-

logiques, géographiques, de modélisation), pour étudier les dynamiques des populations d'*Ae. albopictus* dans les zones nous intéressant. Un instrument faisant typiquement partie d'un *réseau social*, où la présentation des données basée sur des preuves scientifiques permet aux utilisateurs de bénéficier de trois fonctions distinctes:

1. *diagnostique*: comprendre le territoire, en atténuer les risques et en identifier les opportunités;
2. *informative* organiser l'activité de surveillance et intégrer les informations dans le processus décisionnel;
3. de *direction* ou de *gestion*: définir des objectifs stratégiques, établir des *forums*, créer des bibliothèques, etc..

Ce résultat est particulièrement satisfaisant compte tenu de la difficulté d'harmoniser les interventions ou de convenir des mesures, tant dans la santé publique que dans le public administratif, entre différentes régions du territoire transfrontalier qui, dans le domaine de la lutte contre les invasifs, ont leur propre système et organisation. De ce point de vue, la plate-forme est un outil pour partager les activités viables et le renforcement des efforts communs. Techniquement, le *WEB server* est basé sur la technologie *REST*, *RE*presentational State Transfer. La technologie *REST* définit un modèle de conception d'architectures logicielles qui offre une vision du *WEB* centrée sur la notion de ressource (les informations) et dans laquelle le traitement distribué des données est basé sur le protocole *http*.



Fig. 15.

Tigerapp est accessible à l'adresse <http://redlavapp.github.io/tigerApp/>. Le cartographie est basée sur OpenStreetMap, qui est actuellement la plus grande base de données cartographique gratuite disponible en ligne, mais aussi un outil de travail important, qui permet une multitude d'analyses en téléchargeant les données brutes.

La page d'entrée dans la plate-forme (fig. 15) est centrée sur l'espace transfrontalier actuellement couvert par le service, sur lequel il est possible de se déplacer avec les instruments classiques comme la souris (ou le clavier avec les touches fléchées) et de zoomer ou dézoomer.

Le bouton d'entrée aux applications ouvre une fenêtre des menus (Fig. 16). Le menu *Tigerview* propose, avec un clic sur l'option souhaitée, le choix d'affichage de la population des adultes ou des œufs, estimée par le modèle (Fig. 17).

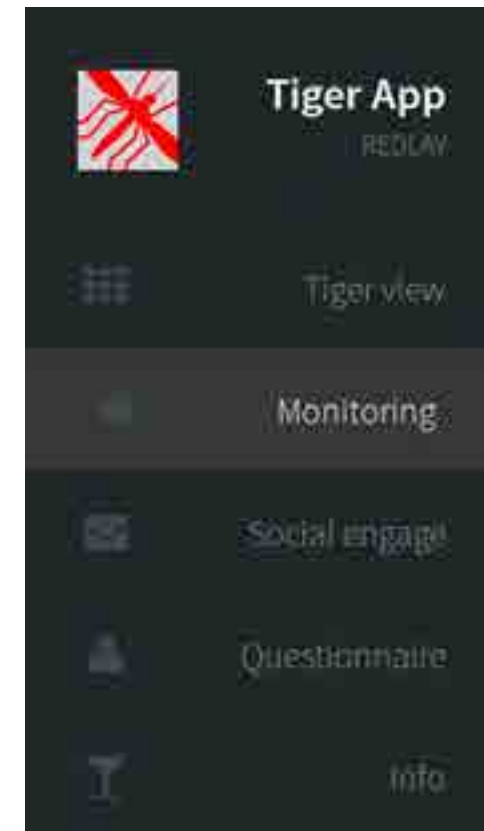


Fig. 16.



Fig.17

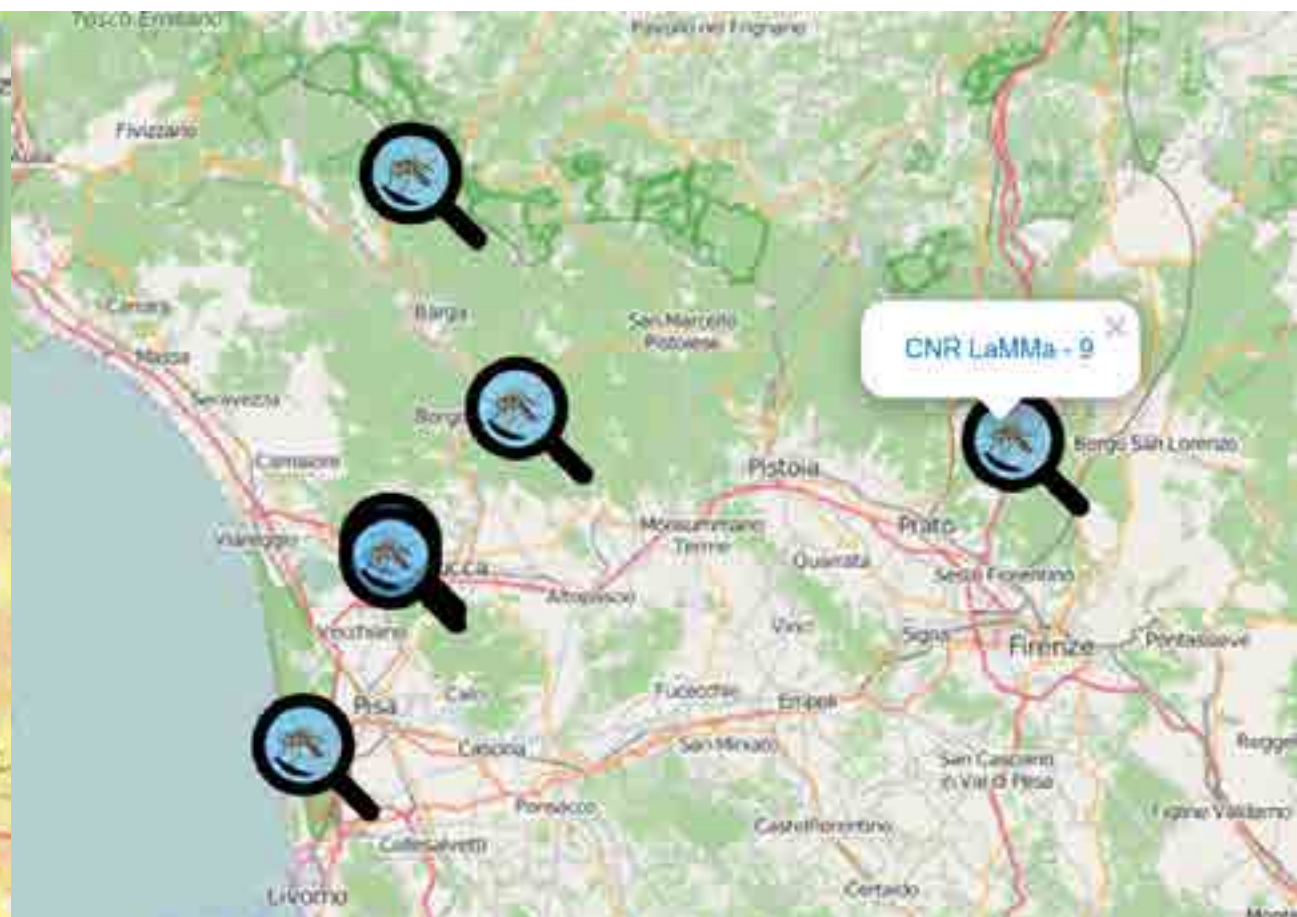


Fig.18

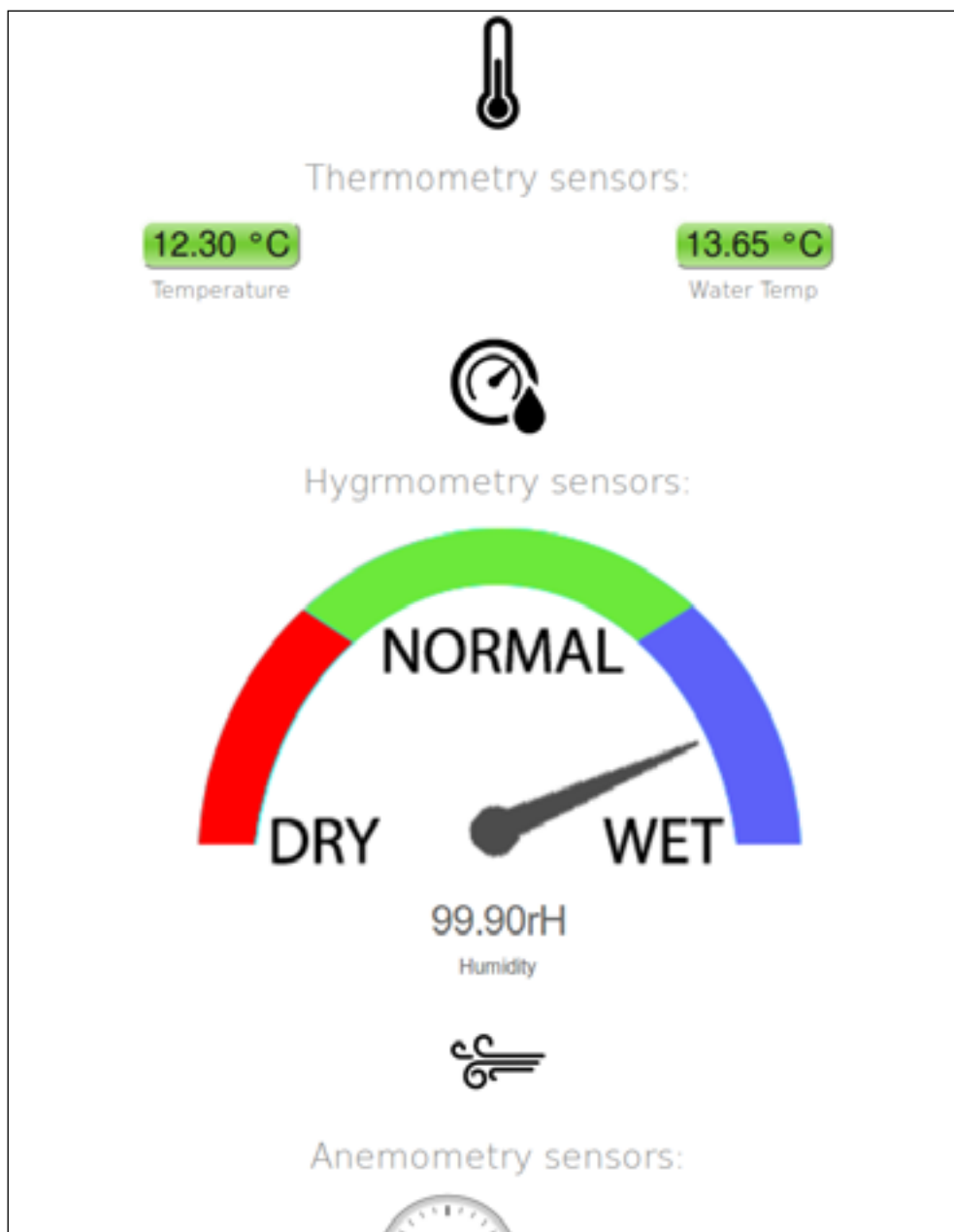


Fig. 19



Fig. 20

Le menu *Monitoring* présente la répartition des stations de surveillance dans la région et la codification correspondante (fig 18). En cliquant sur le code, une page s'ouvre sur les capteurs actifs et consultables extemporanément (Fig. 19) ou téléchargeables sous forme de fichiers.csv.

Le menu *Social engage* ouvre la page Twitter de la plate-forme, déjà très active et fréquentée par différents utilisateurs (Fig. 20).

Le menu *Questionnaire* (tableau 2) propose un questionnaire sur l'inconfort dû à la présence du moustique tigre, composé de 11 questions. Il est également possible de géolocaliser ou délimiter une zone où l'on peut signaler leur présence et entrer des commentaires.

Les renseignements obtenus à partir des questionnaires et de Twitter peuvent servir à diverses fins, notamment pour améliorer la sensibilité du modèle.

Questionario REDLAV Disagio da #zanzaratigre https://ssegf.enketo.org/webfo

**Questionario REDLAV Disagio da #zanzaratigre/
Questionnaire REDLAV Inconfort occasionné par #moustiquetigre**

Gruppo / Groupe :
Opzionale/Facultatif

TigerApp – REDLAV Lucca

Contatto Mail opzionale / Contact E-mail facultatif :

m.selmi@usl2.toscana.it

Inserisci il luogo/posizione geo: *
GPS coordinates can only be collected when outside. *
Indiquer lieu/position géographique : *
Les coordonnées GPS ne peuvent être recueillies qu'à l'extérieur..

latitude (x.y °)	longitude (x.y °)	altitude (m)	accuracy (m)
------------------	-------------------	--------------	--------------

Luogo / Lieu
Indicare geotags / Indiquer des mots clés :

Sesso / Sexe :

M

F

Età/ âge:

Minore di 10 anni / Moins de 10 ans

11-18

19-35

36-50

51-65

Oltre i 65/ Plus de 65 ans

Riconosce la zanzara tigre (Aedes Albopictus) ?/ Savez-vous reconnaître le moustique tigre (Aedes Albopictus) ?

- Si - Oui
- No – Non

La sua abitazione ha intorno spazi verdi?/ Y a-t-il des espaces verts autour de votre habitation ?

- Si - Oui
- No – Non

Frequenta gli spazi aperti della sua abitazione nelle ore diurne?/ Fréquentez-vous les espaces verts de votre habitation pendant la journée ?

- Si - Oui
- No – Non

Durante la frequentazione degli spazi viene morsa?/ Vous faites-vous piquer lors de la fréquentation des espaces verts ?

- Si - Oui
- No – Non

Usa prodotti repellenti per le zanzare?/ Utilisez des produits répulsifs pour les moustiques ?

- Si - Oui
- No – Non

E' al corrente se vengono effettuati trattamenti disinfestanti presso la sua abitazione ?/ Savez-vous si des traitements de désinfection sont effectués près de votre habitation ?

- Si - Oui
- No – Non

E' allergica alla puntura della zanzara?/ Êtes-vous allergique à la piqûre du moustique ?

- Si - Oui
- No – Non

In questo momento quante punture di zanzare che le danno fastidio può contare sulla sua pelle?/ À cet instant, combien de piqûres de moustiques qui vous gênent pouvez-vous compter sur votre peau ?/

- Nessuna/ Aucune/ Moins de 3/ Moins de 3
- Da da 3 a 6/ De 3 à 6
- Da da 6 a 10/ De 6 à 10
- Oltre le 10/ Plus de 10

Informazioni su eventi piovosi / Informations sur les événements pluvieux :

Opzionale/Facultatif

- Ultima pioggia oggi o stanotte/ Dernière pluie aujourd'hui ou cette nuit
- Ultima pioggia entro 3 gg/ Dernière pluie il y a moins de 3 jours
- Ultima pioggia entro 7 gg/ Dernière pluie il y a moins de 7 jours
- Ultima pioggia entro 15 gg/ Dernière pluie il y a moins de 15 jours
- Ultima pioggia entro 60 gg/ Dernière pluie il y a moins de 60 jours
- Ultima pioggia entro 30 gg/ Dernière pluie il y a moins de 30 jours

Vuoi provare a delimitare l'area in cui credi ci sia il massimo disagio?/ Pouvez-vous essayer de délimiter la zone où vous pensez que se trouve la gêne la plus importante ?

Opzionale/Facultatif

latitudine (x.y °) longitudine (x.y °) altitudine (m) accuracy (m)

KML

Note / Notes:

Note testuali osservative/Remarques.

Finito di stampare
nella Tipografia
Bandecchi & Vivaldi
Pontedera



15 giugno 2015

