

# *“ Le virus West Nile : surveillance entomologique et lutte antivectorielle ”*



**Rencontre Santé Publique France**  
“Lutte contre les maladies vectorielles à l'heure du changement climatique”

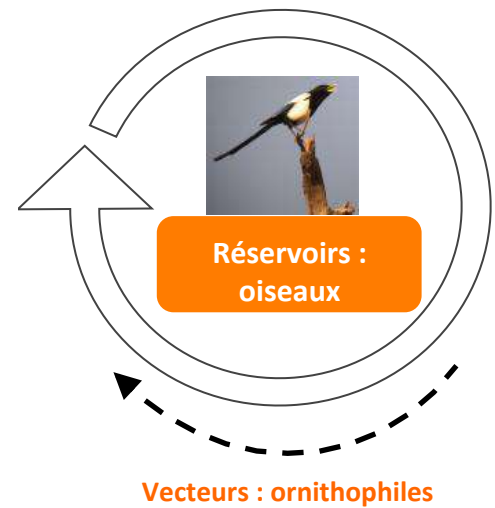
5 juin 2019, SPF, France

*Cette intervention est faite en toute indépendance de l'organisateur de la manifestation.*

*Je n'ai pas de lien d'intérêt avec le sujet traité.*

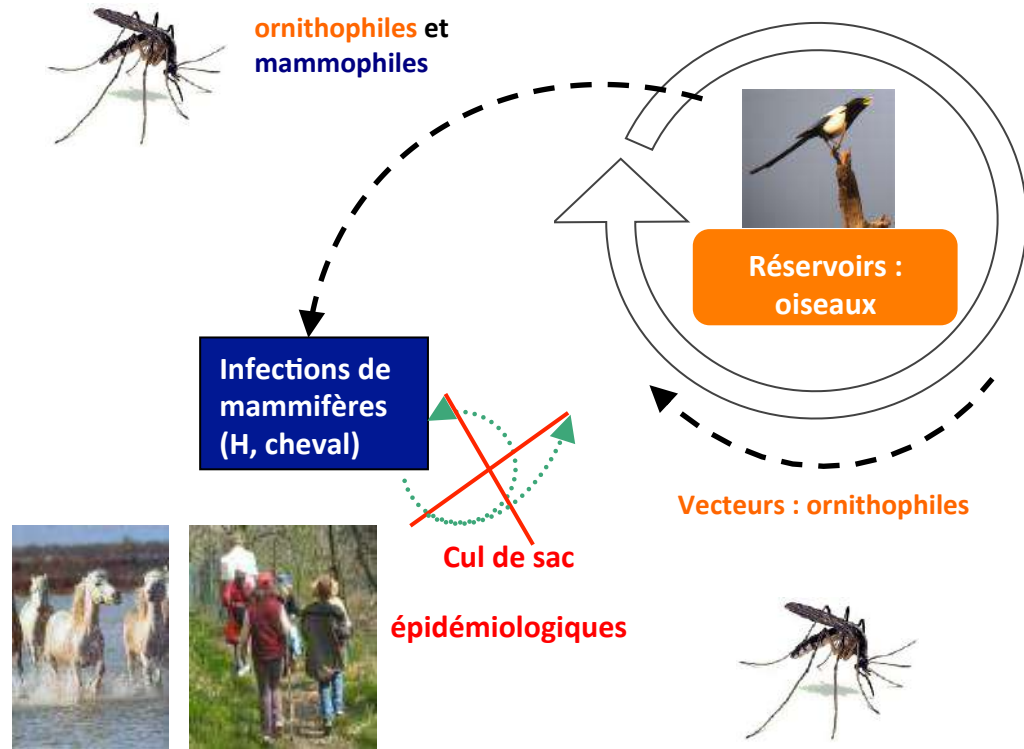
# Les vecteurs du virus West Nile

---



# Les vecteurs du virus West Nile

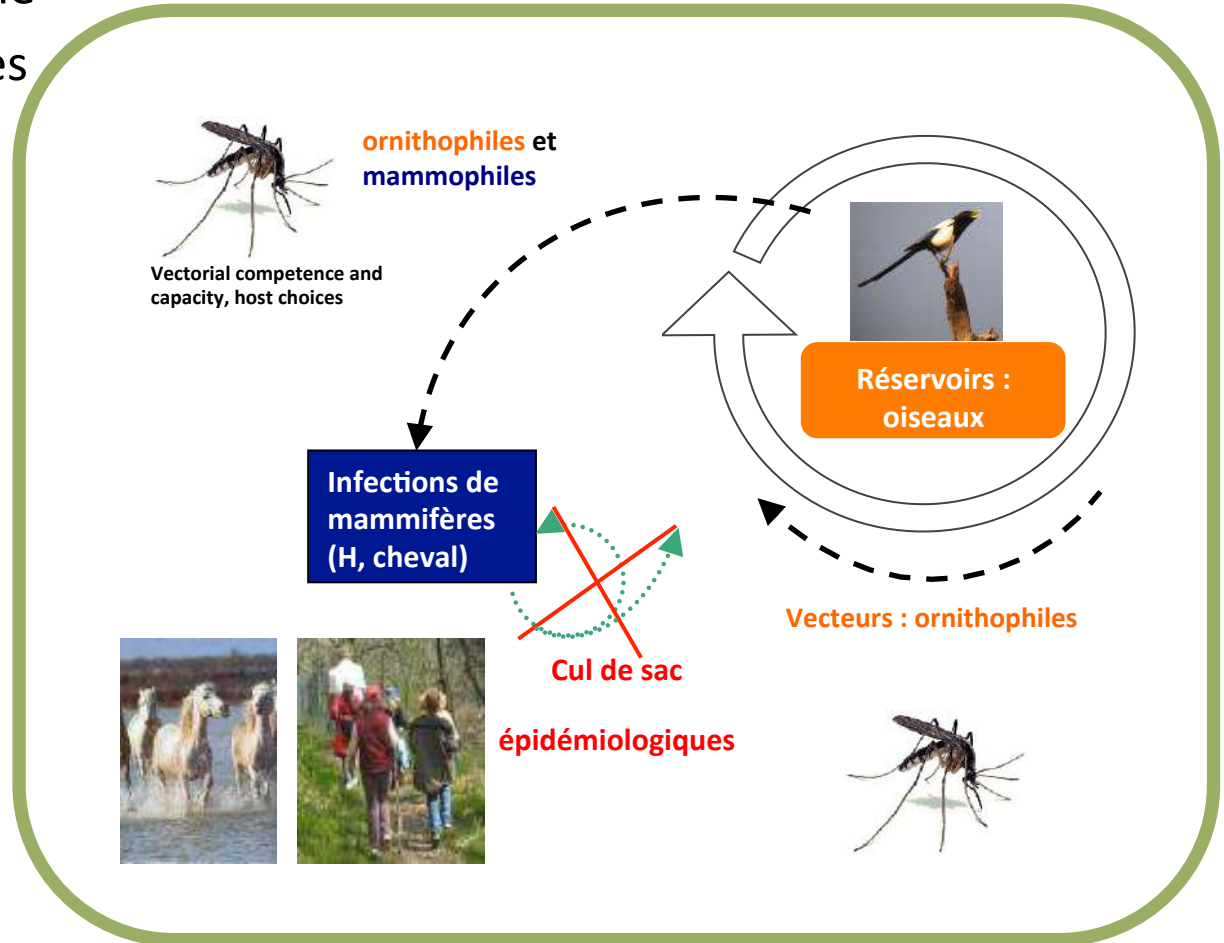
- Compétence vectorielle
- Préférences trophiques
- Capacité vectorielle



# Les vecteurs du virus West Nile

- Compétence vectorielle
- Préférences trophiques
- Capacité vectorielle
- Quels vecteurs?

Environnement permissif



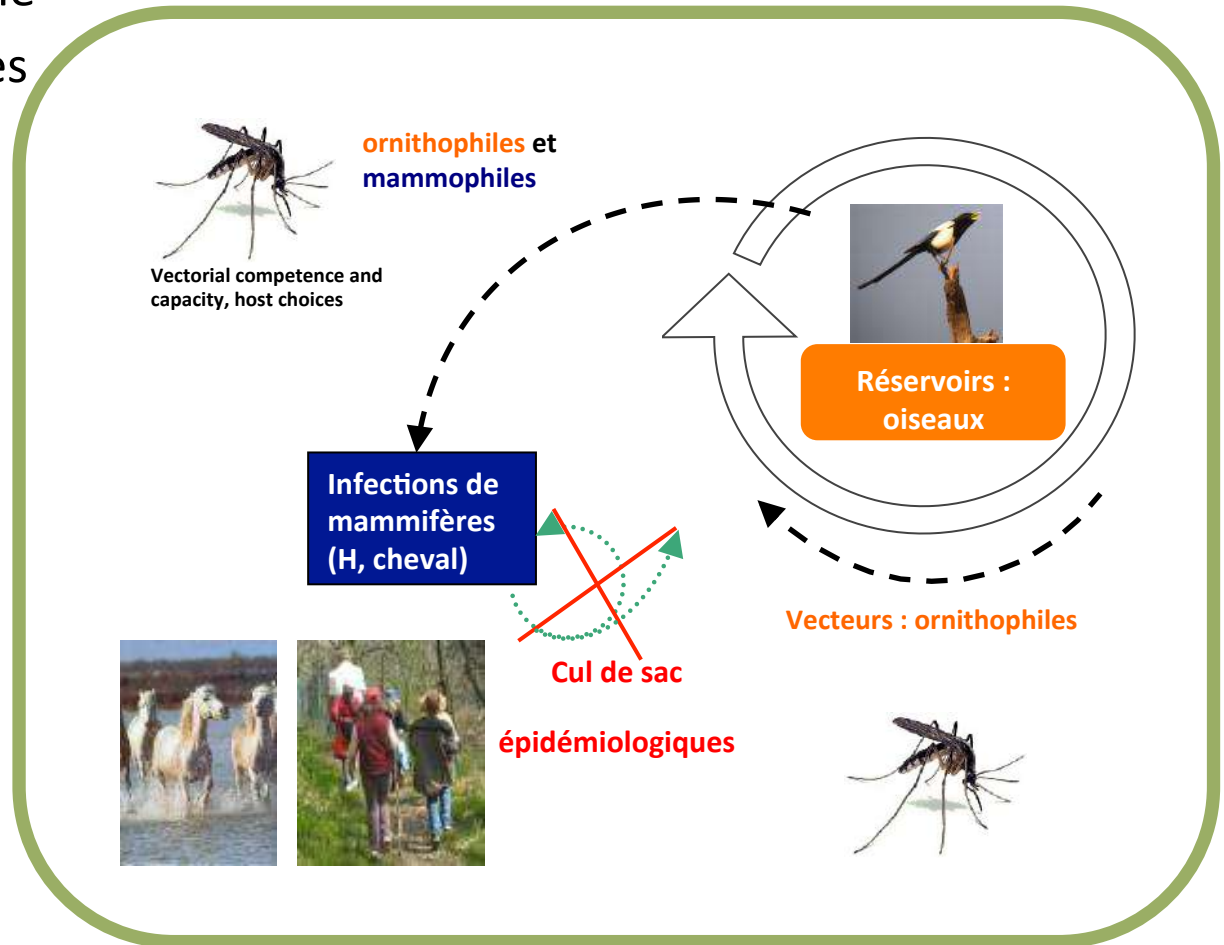
# Les vecteurs du virus West Nile

- Compétence vectorielle
- Préférences trophiques
- Capacité vectorielle
- Quels vecteurs?

<i>Cx. pipiens</i>	<i>S.Romania (2), Czechland (2), Spain (2), S.Russia (3), S.Portugal (4), Italy (3)</i>
<i>Cx. modestus</i>	<i>S.France (1), Spain (2), S.Russia (3)</i>
<i>Cx. univittatus</i>	<i>S.Portugal (2)</i>
<i>Cq. richiardii</i>	<i>S.Russia (7)</i>
<i>An. macu. sl</i>	<i>S.Portugal (1), Ukraine (2) Belarus (1), S.Russia (12)</i>
<i>An. hyrcanus</i>	<i>S.Russia (7)</i>
<i>Oc. cantans</i>	<i>W.Slovakia (1), W.Ukraine (1)</i>
<i>Oc. caspius</i>	<i>S.Ukraine (1)</i>
<i>Oc. excrucians</i>	<i>S.Ukraine (1)</i>
<i>Aedes vexans</i>	<i>S.Russia (1)</i>
<i>Aedes/Och sp.</i>	<i>Belarus (2)</i>

(Europe source S.Hubalek)

## Environnement permissif



Plus de 50 espèces trouvées WNV+ *in natura* en Europe  
Surtout des ornithophiles, mais pas exclusivement

# Les vecteurs du virus West Nile

- Compétence vectorielle
- Préférences trophiques
- Capacité vectorielle
- Quels vecteurs?

**Tableau 3. Vecteurs potentiels du virus West Nile sur le littoral méditerranéen français (source : EID-méditerranée)**

Moustique	Contact naturel virus/moustique	Infection expérimentale	Transmission expérimentale	Origine de l'observation
<i>Aedes vexans</i>	x	x		Russie, Sénégal, USA
<i>Aedes albopictus</i>	x	x		USA, Mexique, France
<i>Anopheles maculipennis s.l.</i>	x			Portugal, Ukraine, Russie, Biélorussie
<i>Anopheles plumbeus</i>			x	France*
<i>Anopheles hyrcanus</i>	x			Russie
<i>Coquilletidia richiardii</i>	x			Bulgarie, Russie, Roumanie
<i>Culex modestus</i>	x	x	x	France~°, Russie
<i>Culex pipiens</i>	x	x	x	Afrique du Sud, Bulgarie, Egypte, Israël, Roumanie, République Tchèque, USA, Portugal, Italie, France~
<i>Culex theileri</i>	x			Afrique du Sud
<i>Culiseta morsitans</i>	x			USA
<i>Culiseta longiareolata</i>			x	
<i>Ochlerotatus cantans</i>	x			Bulgarie, Slovaquie, Ukraine
<i>Ochlerotatus caspius</i>	x	x	x	Ukraine, Italie, Israël, France~
<i>Ochlerotatus dorsalis</i>	x	x		USA
<i>Ochlerotatus geniculatus</i>			x	France*
<i>Ochlerotatus punctor</i>			x	France*
<i>Ochlerotatus sticticus</i>	x			USA

\*Vermeil *et al.* 1960

°Hanoun *et al.* 1964

~Balenghien *et al.* 2008

# Les vecteurs du virus West Nile

- Compétence vectorielle
- Préférences trophiques
- Capacité vectorielle
- Quels vecteurs?

En France, deux espèces associent compétence et capacité vectorielle

*Culex pipiens*

*Culex modestus*

**Tableau 3. Vecteurs potentiels du virus West Nile sur le littoral méditerranéen français (source : EID-méditerranée)**

Moustique	Contact naturel virus/moustique	Infection expérimentale	Transmission expérimentale	Origine de l'observation
<i>Aedes vexans</i>	x	x		Russie, Sénégal, USA
<i>Aedes albopictus</i>	x	x		USA, Mexique, France
<i>Anopheles maculipennis s.l.</i>	x			Portugal, Ukraine, Russie, Biélorussie
<i>Anopheles plumbeus</i>			x	France*
<i>Anopheles hyrcanus</i>	x			Russie
<i>Coquilletidia richiardii</i>	x			Bulgarie, Russie, Roumanie
<i>Culex modestus</i>	x	x	x	France~°, Russie
<i>Culex pipiens</i>	x	x	x	Afrique du Sud, Bulgarie, Egypte, Israël, Roumanie, République Tchèque, USA, Portugal, Italie, France~
<i>Culex theileri</i>	x			Afrique du Sud
<i>Culiseta morsitans</i>	x			USA
<i>Culiseta longiareolata</i>			x	
<i>Ochlerotatus cantans</i>	x			Bulgarie, Slovaquie, Ukraine
<i>Ochlerotatus caspius</i>	x	x	x	Ukraine, Italie, Israël, France~
<i>Ochlerotatus dorsalis</i>	x	x		USA
<i>Ochlerotatus geniculatus</i>			x	France*
<i>Ochlerotatus punctor</i>			x	France*
<i>Ochlerotatus sticticus</i>	x			USA

\*Vermeil et al. 1960

°Hanoun et al. 1964

~Balenghien et al. 2008



# Les vecteurs du virus West Nile

- Abondances spécifiques (Camargue, 6 pièges, 10 mois de captures)

<b><i>Culex pipiens</i></b>	<b>28 256</b>	<b>38,3 %</b>
<i>Ochlerotatus caspius</i>	16 054	21,7 %
<i>Anopheles hyrcanus</i>	13 263	18,0 %
<b><i>Culex modestus</i></b>	<b>13 208</b>	<b>17,9 %</b>
<i>Ochlerotatus detritus</i>	2 244	3,0 %
<i>Anopheles maculipennis</i>	512	0,7 %
<i>Culiseta annulata</i>	87	%
<i>Aedes vexans</i>	81	>0,2 %
<i>Coquillettidia richardii</i>	48	%
<i>Anopheles algeriensis</i>	36	%
<i>Ochlerotatus rusticus</i>	36	%
<i>Culiseta longiareolata</i>	3	>0,05 %
<i>Ochlerotatus geniculatus</i>	2	%
<i>Culiseta subochrea</i>	1	%
<b>Total:</b>	<b>73 831</b>	

*Culex pipiens (pipiens)* :  
Ornithophile 5-7km



En zone rurale

Gîte larvaires: eaux douces claires

Ex: rizières, roubines, prairies inondées...

En zone urbaine (forme *molestus*)

Mares, fontaines, collecteurs eaux de pluies,  
STEP, caves inondées, vides sanitaires

**Présent partout**

Espèce la plus cosmopolite d'Europe

# Les vecteurs du virus West Nile

- Abondances spécifiques (Camargue, 6 pièges, 10 mois de captures)

<b><i>Culex pipiens</i></b>	<b>28 256</b>	<b>38,3 %</b>
<i>Ochlerotatus caspius</i>	16 054	21,7 %
<i>Anopheles hyrcanus</i>	13 263	18,0 %
<b><i>Culex modestus</i></b>	<b>13 208</b>	<b>17,9 %</b>
<i>Ochlerotatus detritus</i>	2 244	3,0 %
<i>Anopheles maculipennis</i>	512	0,7 %
<i>Culiseta annulata</i>	87	%
<i>Aedes vexans</i>	81	>0,2 %
<i>Coquillettidia richardii</i>	48	%
<i>Anopheles algeriensis</i>	36	%
<i>Ochlerotatus rusticus</i>	36	%
<i>Culiseta longiareolata</i>	3	>0,05 %
<i>Ochlerotatus geniculatus</i>	2	%
<i>Culiseta subochrea</i>	1	%
<b>Total:</b>	<b>73 831</b>	

*Culex pipiens (pipiens)* :  
Ornithophile 5-7km



En zone rurale

Gîte larvaires: eaux douces claires

Ex: rizières, roubines, prairies inondées...

En zone urbaine (forme *molestus*)

Mares, fontaines, collecteurs eaux de pluies,  
STEP, caves inondées, vides sanitaires

**Présent partout**

Espèce la plus cosmopolite d'Europe



*Culex modestus* :

Opportuniste, se déplace peu

Gîte larvaires: surtout ruraux : rizières, roselières, roubines

# Lutte antivectorielle (LAV)

---

Approche R0 moustique, d'après Mac Donald/ Garrett-Jones

Taux de reproduction de base : si >1 épizootie, <1 extinction

$$R_0 : \frac{ma \cdot a \cdot p^n}{-\ln. p} \cdot b \cdot \frac{1}{r}$$

Réduction du risque :

**ma** (nb piquêre/24h) : traitement LAV, moustiquaire, zooprophyllaxie

**a** (anthropophilie) : traitement LAV, moustiquaire, répulsifs

**p** (taux survie) : traitement LAV (adultes)

**b** (piq infectante) : vaccin

**1/r** (viremie) : cure

# Lutte antivectorielle (LAV)

---

Approche R0 moustique, d'après Mac Donald/ Garrett-Jones

Taux de reproduction de base : si >1 épizootie, <1 extinction

$$R_0 : \frac{ma \cdot a \cdot p^n}{-\ln. p} \cdot b \cdot \frac{1}{r}$$

Réduction du risque :

- ma** (nb piquêre/24h) : **traitement LAV, moustiquaire**, zooprophylaxie
- a** (anthropophilie) : **traitement LAV, moustiquaire, répulsifs**
- p** (taux survie) : **traitement LAV (adultes)**
- b** (piq infectante) : vaccin
- 1/r** (viremie) : cure

# Lutte antivectorielle (LAV)

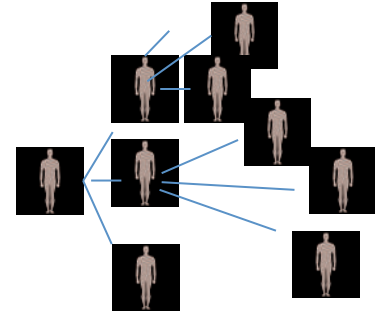
---

**Quelle LAV appliquer?**

Contexte « dengue » :

Un vecteur, hôtes réservoirs et d'intérêt identiques

Traitements LAV autour des cas



# Lutte antivectorielle (LAV)

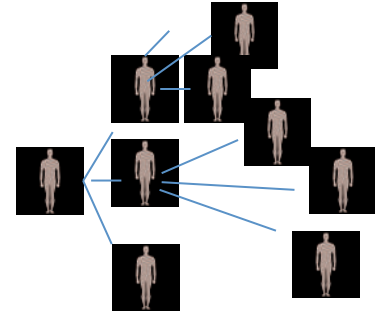
---

## Quelle LAV appliquer?

### Contexte « dengue » :

Un vecteur, hôtes réservoirs et d'intérêt identiques

Traitements LAV autour des cas



### Contexte « West Nile » :

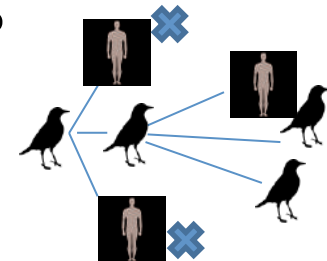
Un ou plusieurs vecteurs, hôtes amplificateurs et d'intérêt différents

Chaque mammifère infecté est une « piqûre perdue » pour l'amplification

*Traitements autour des malades* : vecteurs infectés à J+15?

*Traitements autour des réservoirs* : où-sont-ils?

*Culex pipiens* présent partout – où mettre le curseur?



# Lutte antivectorielle (LAV)

## Quelle LAV appliquer? Synthèse pays exposés:

Avant détection | Après détection

Pays	Avant détection		Après détection		Remarque
	larvicide	adulticide	larvicide	adulticide	
Espagne	Si nécessaire, avant ou après identification cas				Peu de cas
Italie (ER)	Oui	x	x	Oui	Groupés
Italie (Ven)	Oui	x	x	Oui	
Suisse	Oui	x	x	x	Indirecte (albo vexans)
Grèce	Oui, avant et après				Forte circulation
Serbie	En routine avant et après				LAV sur abondance, bcp Cx

# Lutte antivectorielle (LAV)

## Quelle LAV appliquer? Synthèse pays exposés:

Avant détection | Après détection

Pays	Avant détection		Après détection		Remarque
	larvicide	adulticide	larvicide	adulticide	
Espagne	Si nécessaire, avant ou après identification cas				Peu de cas
Italie (ER)	Oui	x	x	Oui	Groupés
Italie (Ven)	Oui	x	x	Oui	
Suisse	Oui	x	x	x	Indirecte (albo vexans)
Grèce	Oui, avant et après				Forte circulation
Serbie	En routine avant et après				LAV sur abondance, bcp Cx



Contextes de forte circulation virale avec mortalité

Rapport Coût (y compris environnemental) vs  
bénéfice à définir



# Lutte antivectorielle (LAV) France

---

*Circulaire interministérielle DGS-DGAL mesures visant à limiter la circulation du WNV en France métropolitaine*

Activation surveillance renforcée (piégeages) en cas de détection de cas

Niveau 1 : Mortalité aviaire due au WNV

Niveau 2 : Cas équin

Niveau 3 : Cas humains

# Lutte antivectorielle (LAV) France

---

*Circulaire interministérielle DGS-DGAL mesures visant à limiter la circulation du WNV en France métropolitaine*

Activation surveillance renforcée (piégeages) en cas de détection de cas

Niveau 1 : Mortalité aviaire due au VWN

Niveau 2 : Cas équins

Niveau 3 : Cas humains

-----

Etape 1 : diagnostic entomologique du risque (terrain), inventaire des vecteurs et recherche du virus

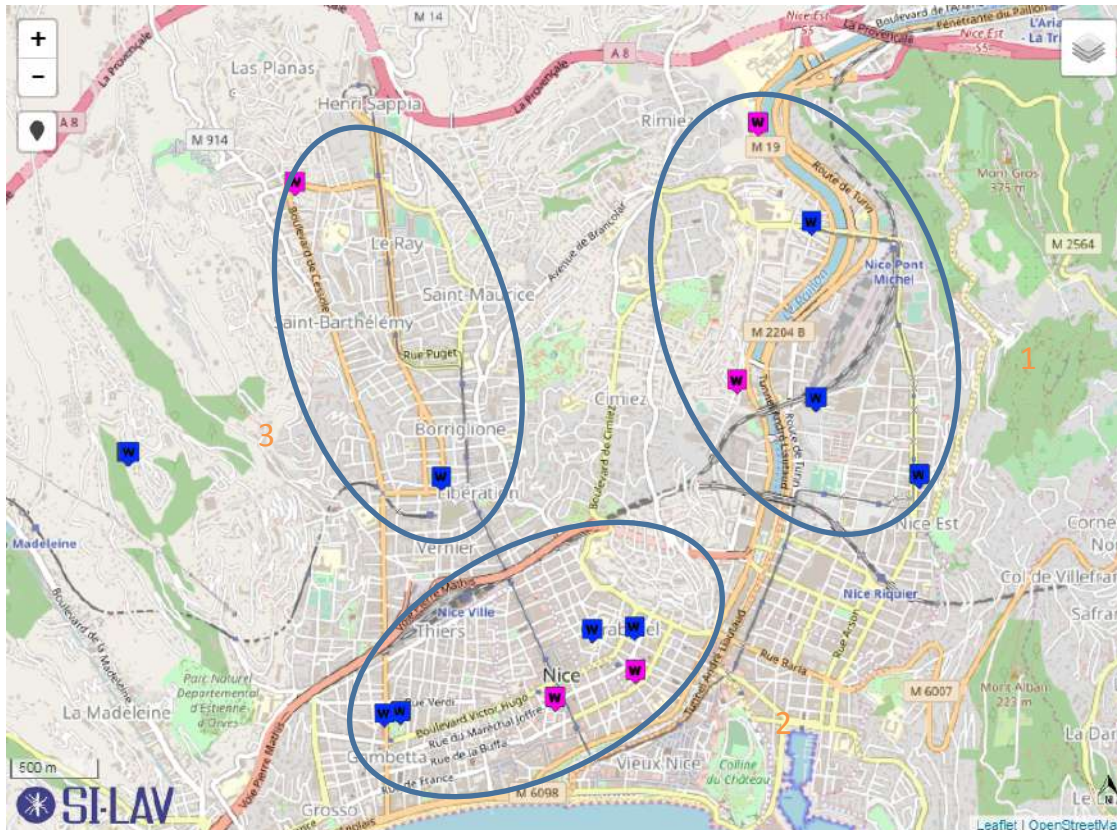
Etape 2 : réduire le risque à la source par la suppression des gîtes larvaires d'origine anthropique

- si nécessaire, appliquer des larvicides
- envisager très localement des traitements adulticides
- communiquer vers la population pour recommander des mesures de réduction des sources domestiques et les précautions élémentaires de protection individuelle.

# Lutte antivectorielle (LAV) France

## Identification de cas groupés à Nice :

Traitement des gîtes publics en antilarvaire et piégeages d'adultes sur les zones de transmission



*Bacillus thuringiensis ser. israelensis*  
= Bti

+

Réseaux BG Gat®  
Autonomes, létaux, Cx et albo



# Lutte antivectorielle (LAV) France

---

## Identification de cas groupés à Nice :

Traitement des gîtes publics en antilarvaire et piégeages d'adultes sur les zones de transmission

## Elaboration protocole LAV adapté WNV Note 28/9 remise à la DGS

Contexte urbain, cas humains

DDS + 3 semaines

Rayon 200m + résiduel gîtes larvaires et repos (50m), crépusculaire

2 LAV proposées, 1 retenue (5 octobre)



Nice: 2 cas groupés



Marseille

# Lutte antivectorielle (LAV) France

## Identification de cas groupés à Nice :

Traitement des gîtes publics en antilarvaire et piégeages d'adultes sur les zones de transmission

## Elaboration protocole LAV adapté WNV Note 28/9 remise à la DGS

Contexte urbain, cas humains

DDS + 3 semaines

Rayon 200m + résiduel gîtes larvaires et repos (50m), crépusculaire

2 LAV proposées, 1 retenue (5 octobre)

	<i>Culex pipiens</i>				<i>Aedes albopictus</i>			
	min	max	moy	med	min	max	moy	med
BG Gat	0	2	0,3	0	0	44	12	8,5
BG Sentinel	2	129	34	11	0	41	12	7

Présence de *Culex pipiens* avérée, piégeage/dépendante

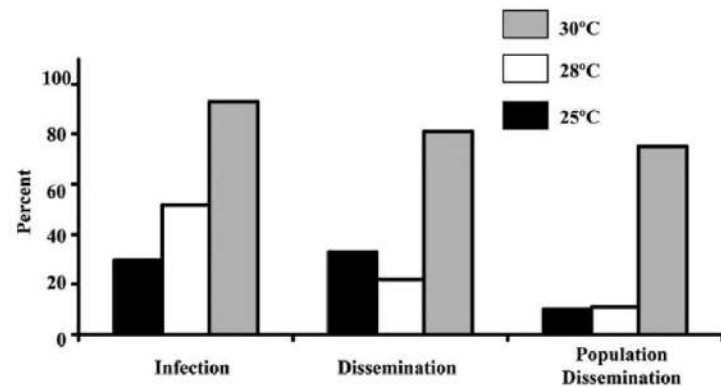
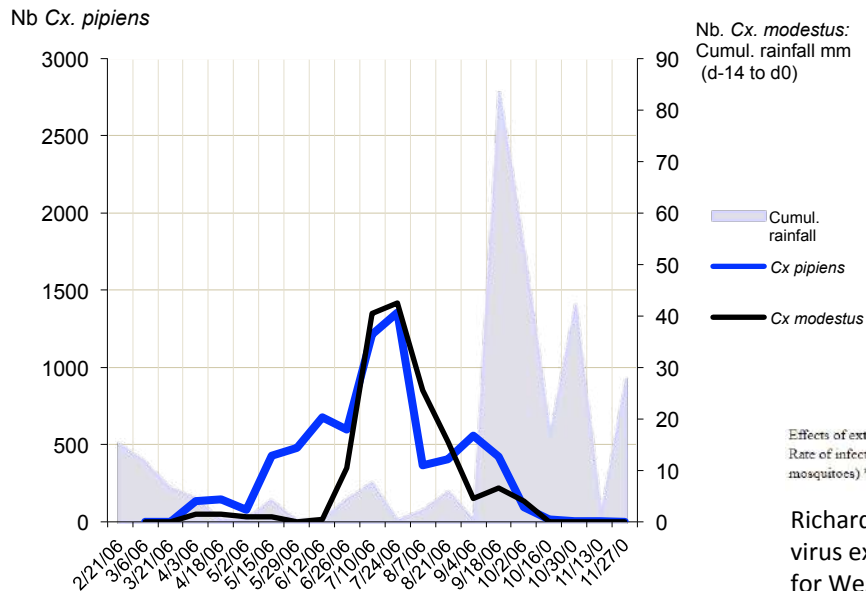
Attn : pièges avec disparité de placement, et de fréquence de relevés dans le temps

Autres espèces capturées: *Culiseta annulata* et *Aedes (Ochlerotatus) caspius*

# Virus West Nile et réchauffement

## Vecteurs :

- Allongement de la dynamique saisonnière
- Accélération du cycle d'incubation extrinsèque
- ET augmentation de la compétence vectorielle



Effects of extrinsic incubation temperature on rates of infection, dissemination, and population dissemination of *Culex pipiens quinquefasciatus* exposed to 6.2 logs pfu WNV/mL. Rate of infection = (no. infected female mosquitoes/total no. female mosquitoes tested) \* 100; rate of dissemination = (no. disseminated female mosquitoes/no. infected female mosquitoes) \* 100; and rate of population dissemination = (no. disseminated female mosquitoes/total no. female mosquitoes tested) \* 100.

Richards SL, Mores CN, Lord CC, Tabachnick WJ. Impact of extrinsic incubation temperature and virus exposure on vector competence of *Culex pipiens quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae) for West Nile virus. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 2007;7(4):629–636. doi:10.1089/vbz.2007.0101

# Virus West Nile et réchauffement

---

## **Vecteurs :**

- Allongement de la dynamique saisonnière
- Accélération du cycle d'incubation extrinsèque
- ET augmentation de la compétence vectorielle

## **Ecologie vectorielle :**

- Facteurs prédictifs majeurs, synthèse (Paz S. 2015)

Ref.	Zone	Facteur(s)
Epp <i>et al.</i>	Canada	Temp. et sécheresse
Ruiz <i>et al.</i>	USA	Températures
Paul <i>et al.</i>	USA	Temp. et sécheresse
Tran <i>et al.</i>	UE	Temp (6,7), GL

Températures élevées et sécheresse sont les facteurs majeurs de risque



# Merci pour votre attention

## Références :

- Paz S. 2015. Climate change impacts on West Nile virus transmission in a global context. *Phil. Trans. R. Soc. B* **370**: 20130561
- Ruiz MO. et al. 2010 Local impact of temperatures and precipitation on West Nile virus infection in Culex species mosquitoes on northeast Illinois, USA. *Parasites Vectors* **3**, 1-16
- Epp TY, Waldner CL, Berke O. 2009 Predicting geographical human risk of West Nile virus-Saskatchewan, 2003 and 2007. *Can. J. Public Health* **100**, 344-348
- Tran A, Sudre B, Paz S, Rossi M, Desbrosse A, Chevalier V, Semenza JC. 2014 Environmental predictors of West Nile fever risk in Europe. *Int. J. Health. Geogr.* **13**, 26.
- Paull SH, Norton DE, Ashfaq M, Rastogi D, Kramer LD, Diffenbaugh NS, Kilpatrick AM. 2017 Drought and Immunity determine the intensity of West Nile virus epidemic and climate change impacts. *Proc. R. Soc. B* **284**: 20162078
- Richards SL, Mores CN, Lord CC, Tabachnick WJ. Impact of extrinsic incubation temperature and virus exposure on vector competence of Culex pipiens quinquefasciatus Say (Diptera: Culicidae) for West Nile virus. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 2007;**7**(4):629–636.