



**Autoroutes et avifaune : les facteurs influençant la mortalité par collision**



Ressources, territoires et habitats  
Énergie et climat  
Prévention des risques  
Développement durable  
Infrastructures, transports et mer

**Présent  
pour  
l'avenir**

# Introduction



# Impacts des ILT sur les Vertébrés

## Contexte :

- Depuis la seconde guerre mondiale :
  - ↘↘ biodiversité
  - ↗↗ densité des infrastructures linéaires de transport (ILT)
- Un contexte réglementaire européen et national oblige à une évaluation fine des impacts des ILT / biodiversité
- La connaissance des impacts des ILT en particulier des autoroutes sur les mammifères ou sur les amphibiens bien établie (voir travaux Forman et Alexander 1998, Clergeau et Désiré 1999, Lodé 2000, Clevenger et al. 2003...)
- Les mesures de réduction pour le rétablissement des continuités mammifères et amphibiens abondent et ont fait l'objet de guides méthodologiques notamment par J. Carsignol (SETRA)

# *Impacts des ILT sur les Vertébrés*

## **Contexte suite :**

- Cependant, la connaissance des impacts des autoroutes sur les vertébrés volants, en particulier les oiseaux et des facteurs impliqués, est lacunaire
- les mesures d'atténuation peu fiables (haies avifaunistiques...)

# Impacts des ILT sur les Vertébrés

## Impacts autoroutiers divers / oiseaux :

Impacts chimiques (métaux lourds, hydrocarbures...),  
Impacts physiques (lumineux, acoustiques, fragmentation  
...)

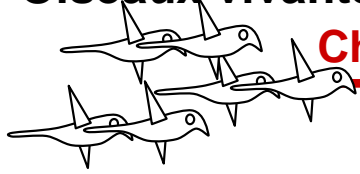
## Et... la mortalité liée aux collisions avec le trafic

Impact important : 2,5 M d'oiseaux tués par an en GB en 1960 (Hodson et Snow 1965), 80 M aux USA (Erickson et al. 2005)

→ impact direct sur la démographie de certaines espèces (Geai à gorge blanche et Effraie des clochers ; Mumme et al. 2000, Fajardo 2001)

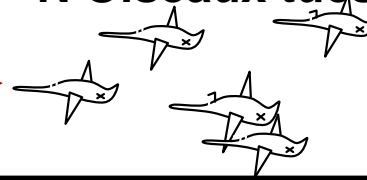
# Fondement théorique

Oiseaux vivants



Chaîne 1 de probabilités

N Oiseaux tués



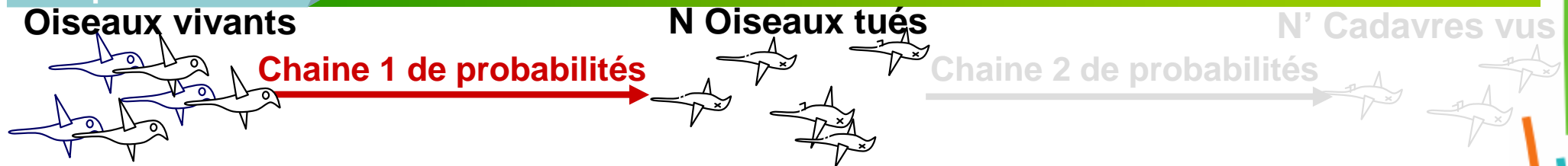
Chaîne 2 de probabilités

N' Cadavres vus



- **Probabilité de présence des espèces sur aire d'étude**
  - Distribution des espèces, habitats et occupation du sol...
- **Probabilité de présence des espèces sur les bermes et sur l'autoroute**
  - Comportement et exigences écologiques, sensibilité spécifique aux impacts...
- **Probabilité des espèces d'être percutées par le trafic**
  - Facteurs Biologiques
  - Facteurs Environnementaux
- **Probabilité de persistance du cadavre**
  - position sur la chaussée ou la berme, saison (activité charognage), trafic...
- **Probabilité de détection du cadavre**
  - Taille du cadavre, l'observateur, météorologie, méthodologie...

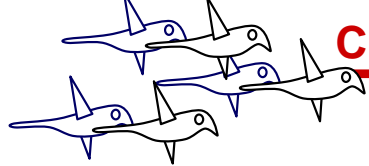
# Fondement théorique



- Probabilité de présence des espèces sur aire d'étude
  - Distribution des espèces, habitats et occupation du sol...
- Probabilité de présence des espèces sur les bermes et sur l'autoroute
  - Comportement et exigences écologiques, sensibilité spécifique aux impacts...
- **Probabilité des espèces d'être percutées par le trafic**
  - **Facteurs Biologiques**
  - **Facteurs Environnementaux**
- Probabilité de persistance du cadavre
  - position sur la chaussée ou la berme, saison (activité charognage), trafic...
- Probabilité de détection du cadavre
  - Taille du cadavre, l'observateur, météorologie, méthodologie...

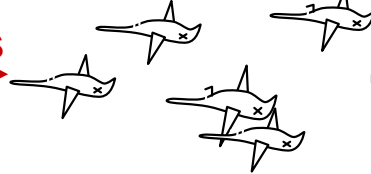
# Fondement théorique

Oiseaux vivants



Chaine 1 de probabilités

N Oiseaux tués



Chaine 2 de probabilités

N' Cadavres vus



## Influence des facteurs biologiques populationnels

— Densité (Abondance) :

+ espèce abondante  $\Rightarrow$  + espèce tuée par trafic  
(Møller et al. 2011)



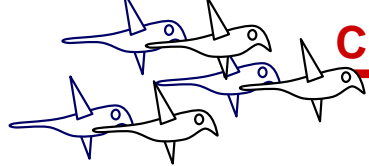
N  
X





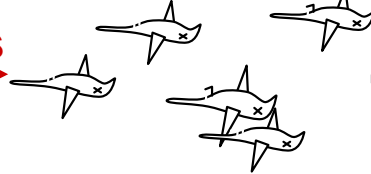
# Fondement théorique

Oiseaux vivants



Chaine 1 de probabilités

N Oiseaux tués



Chaine 2 de probabilités

N' Cadavres vus



## Influence des facteurs biologiques intrinsèques « individuels »

Pourquoi 1 de ces 2 espèces serait plus tuée que l'autre indépendamment de leur densité ?

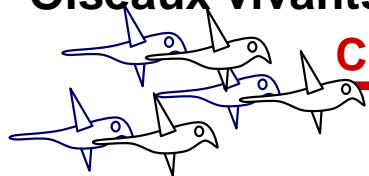


!~V X N?



# Fondement théorique

Oiseaux vivants



Chaine 1 de probabilités

N Oiseaux tués



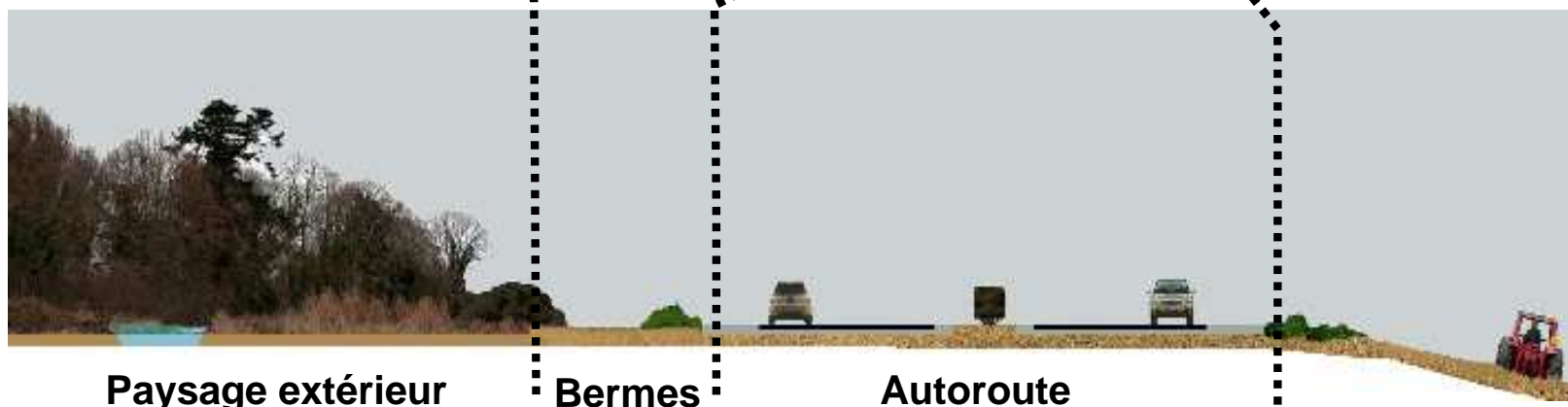
Chaine 2 de probabilités

N' Cadavres vus



**Influence des facteurs environnementaux**

	Paysage <i>qualité Habitat</i>	+ Bermes <i>qualité Habitat</i>	= Autoroute <i>Mortalité (collision)</i>
	+	+	FORTE
	-	+	FORTE
	+	-	MOYENNE
	-	-	FAIBLE



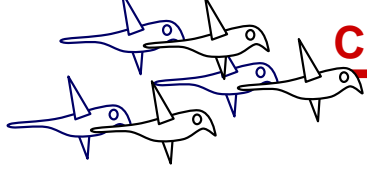
Paysage extérieur

Bermes

Autoroute

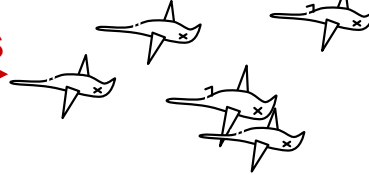
# Fondement théorique

Oiseaux vivants



Chaine 1 de probabilités

N Oiseaux tués



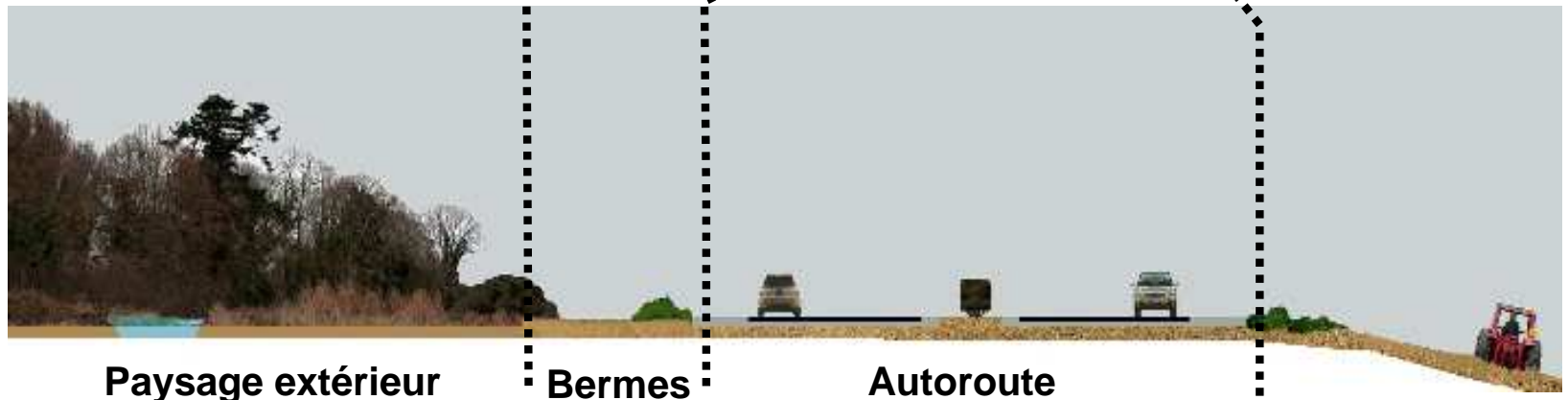
Chaine 2 de probabilités

N' Cadavres vus



**Influence des facteurs environnementaux**

	Paysage <i>qualité Habitat</i>	Bermes <i>qualité Habitat</i>	Autoroute <i>Mortalité (collision)</i>	± Profil transversal et intensité trafic
	+	+	FORTE	
	-	+	FORTE	
	+	-	MOYENNE	
	-	-	FAIBLE	



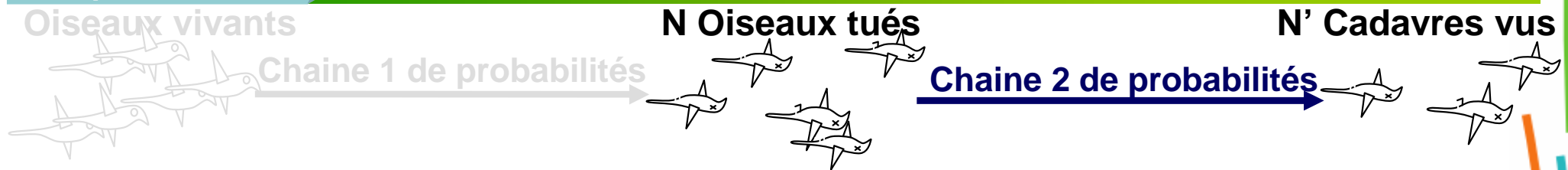
Paysage extérieur

Bermes

Autoroute



# Fondement théorique



- Probabilité de présence des espèces sur aire d'étude
  - Distribution des espèces, habitats et occupation du sol...
- Probabilité de présence des espèces sur les bermes et sur l'autoroute
  - Comportement et exigences écologiques, sensibilité spécifique aux impacts...
- Probabilité des espèces d'être percutées par le trafic
  - Facteurs Biologiques :
  - Facteurs Environnementaux :
- Probabilité de persistance du cadavre
  - position sur la chaussée ou la berme, saison (activité charognage), trafic...
- Probabilité de détection du cadavre
  - taille du cadavre, l'observateur, météorologie, méthodologie...

# Objectifs de la thèse

*Les objectifs de la thèse sont de décrire :*

- La problématique de la **mortalité aviaire sur les autoroutes**
- Les **biais lors des recensements des cadavres** afin d'affiner l'appréciation de la mortalité
- Les **facteurs biologiques** des oiseaux influençant la mortalité spécifique
- Les **facteurs environnementaux** influençant la mortalité aviaire
- Les **mesures d'atténuation** de ces impacts

# Aire d'étude

- 4 sections d'autoroutes

- A10 : 55 (113 km\*)

- A89 : 42 (74 km\*)

- A837 : 32 (34 km\*)

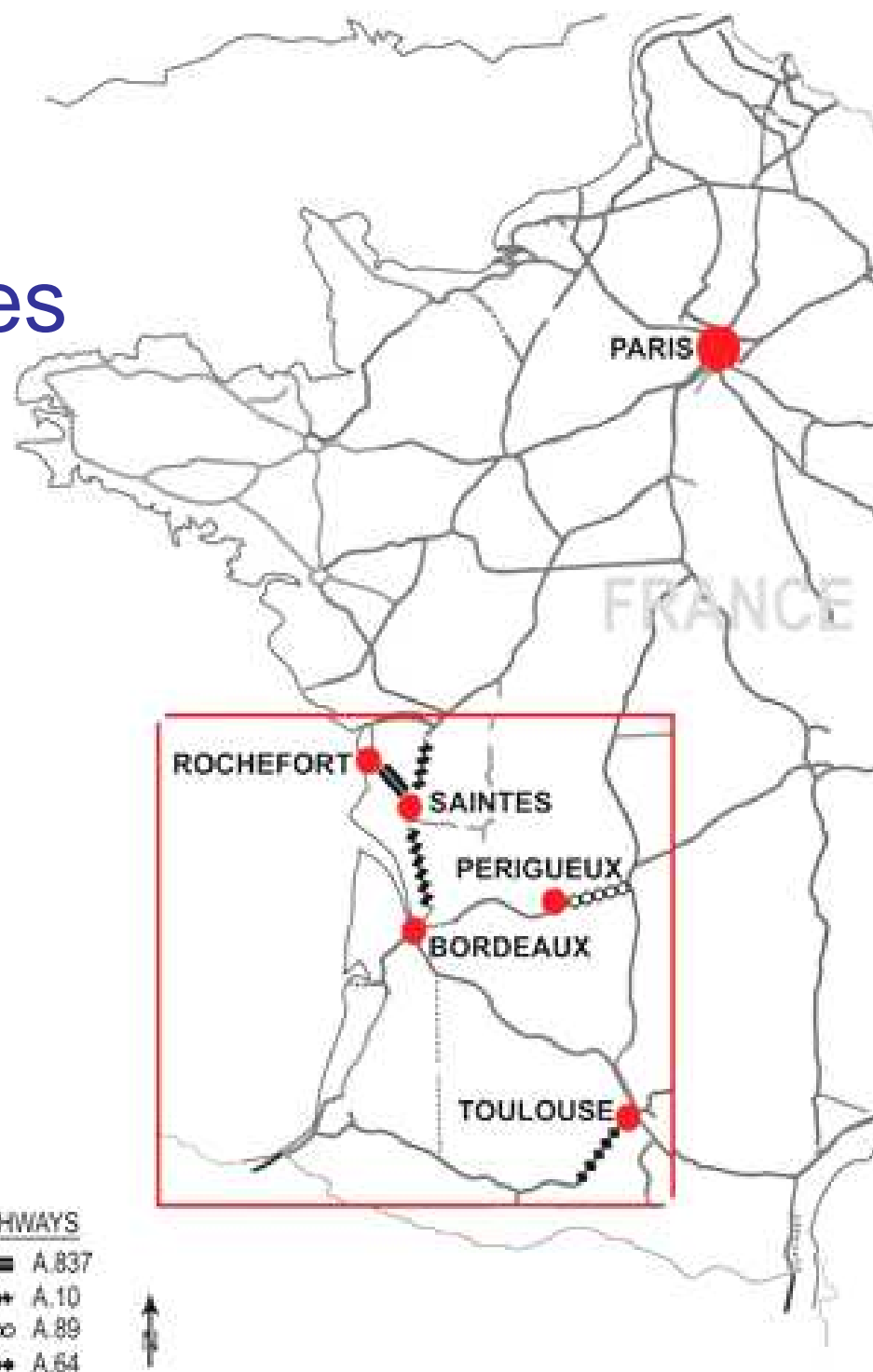
- A64 : 40 km

**Total : 169 (260 km\*)**

- 1 gradient d'intensité de trafic

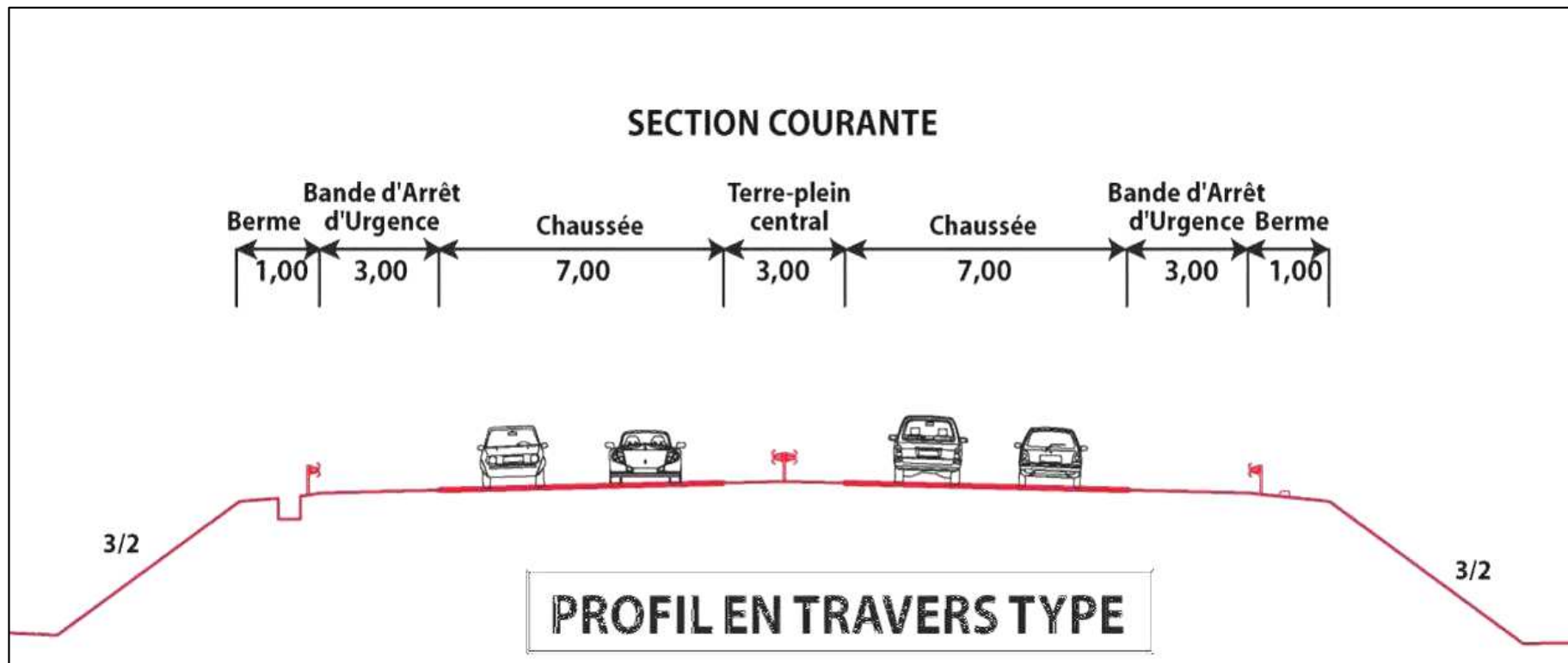
- De 8 000 à 30 000 Veh.jour<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup> (TMJA)

- 2006-2008 (2009\*)

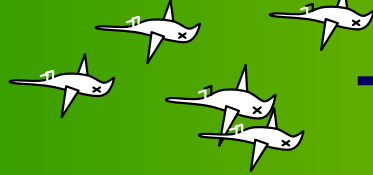


# Aire d'étude

## Coupe transversale d'infrastructure autoroutière

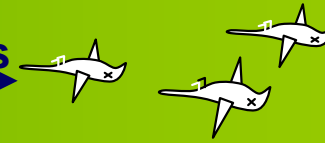


N Oiseaux tués



Chaine 2 de probabilités

N' Cadavres vus



# Partie I : Les facteurs biaisant les estimations de mortalité des oiseaux

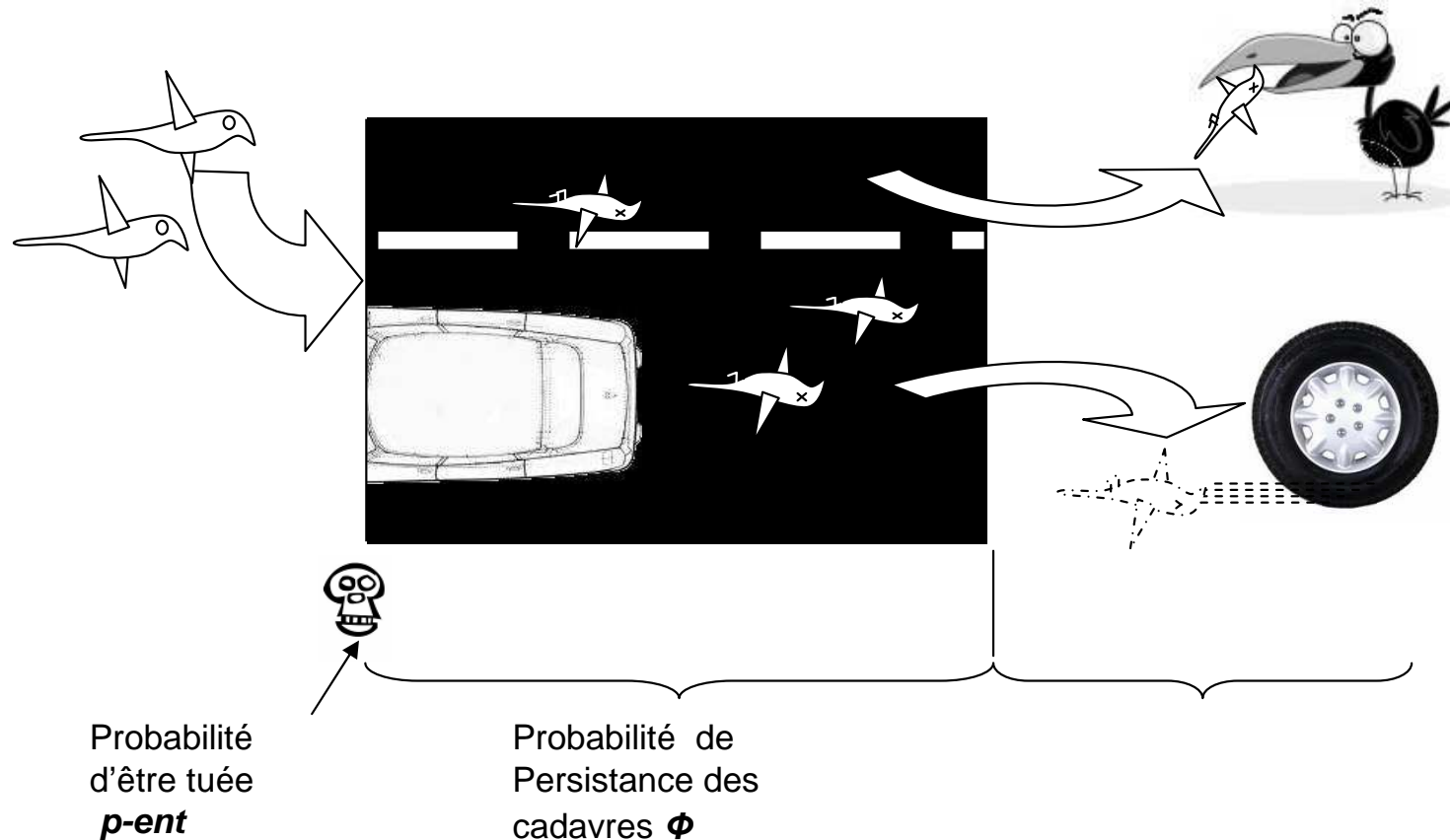




# Hypothèses

## Probabilités liées aux comptages de cadavres

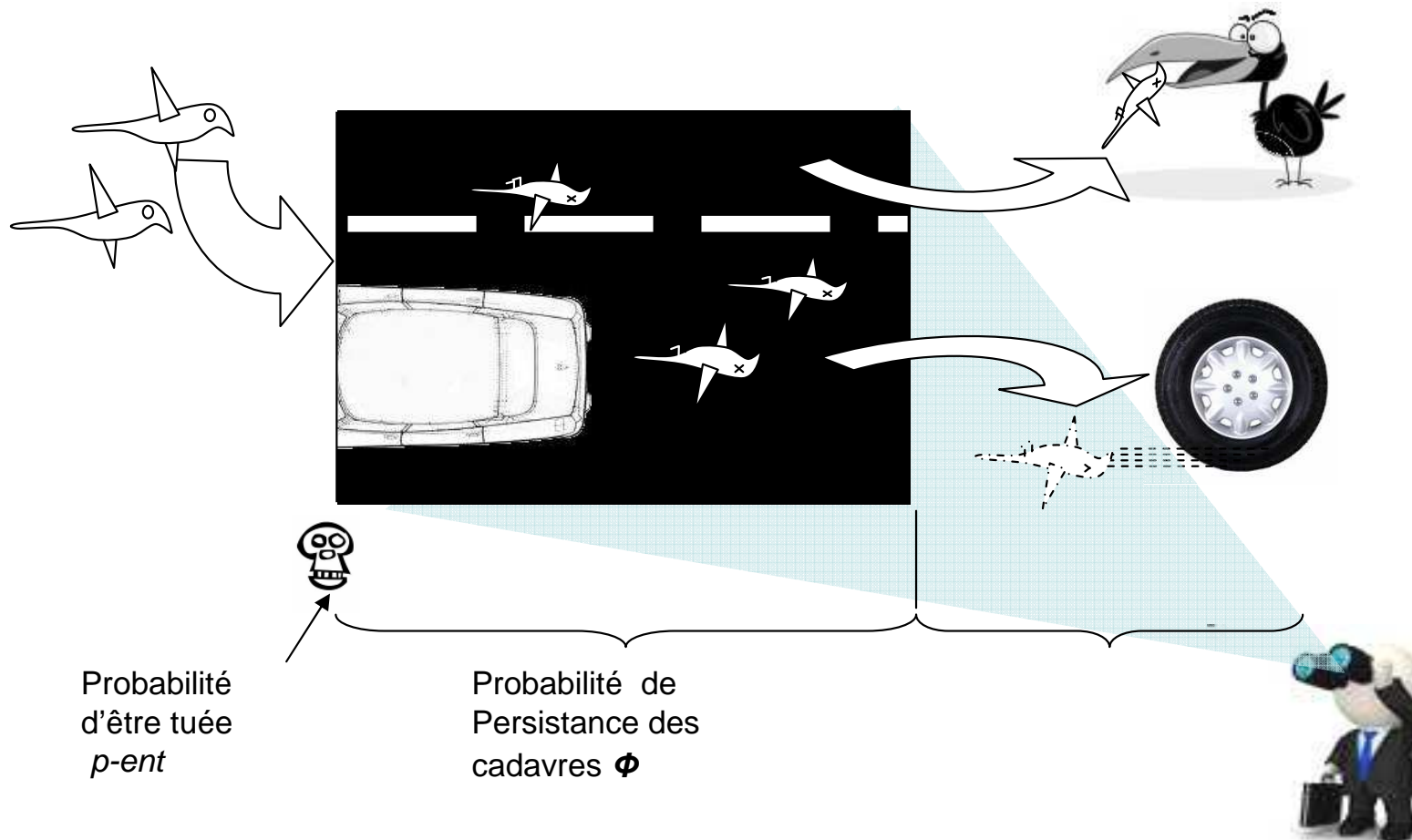
Les probabilités d'être tué, de persistance sur autoroute qui influent sur les estimations des cadavres



# Hypothèses

## Probabilités liées aux comptages de cadavres

Les probabilités d'être tué, de persistance sur autoroute influent sur les estimations des cadavres



# Hypothèses

## ***Facteurs intrinsèques et extrinsèques***

Des facteurs intrinsèques et extrinsèques peuvent influencer sur les probabilités de persistance et de capture :

### ***Facteurs intrinsèques des cadavres :***

- L'âge (frais ou vieux, i.e. < 3 jours >)
- Le caractère taxinomique / écologique
- La masse corporelle spécifique

### ***Facteurs extrinsèques :***

- L'année
- La saison
- Le secteur autoroutier étudié

# Méthodologie

## Comptage de cadavres « sauvages »

- 169 km en voiture / BAU (40-50 km.h<sup>-1</sup>)  
+ zones test à pied (sections de 5 km – tirage aléatoire)
- Cadavre positionné (PK±10m) - marqué individuellement (CMR)
- Cadavre frais ou vieux
- Groupes écologiques
  - Passeriformes
  - Falconiformes – Corvidae
  - Strigiformes
  - Autres (Gallinae, Anatidae,...)
  - Indéterminés
- Présence / absence à 5 passages sur 2,5 jours par session saisonnière de comptage (2006-2008)



## Comptage de cadavres expérimentaux

**Pour valider la mesure  
de  $\phi$  et  $p$  cadavres  
« sauvages » :**

- Cadavres expérimentaux  
= Poussins
- Positionnés tous les 1 km  
à la borne kilométrique



# Méthodologie

## *Estimation des probabilités de persistance et de détection*

**Histoires de capture analysées en utilisant le modèle Cormack-Jolly-Seber (Lebreton et al. 1992).**

**Principe :** séparer les estimations de probabilités de survie ( $\phi$ ) et de recapture ( $p$ ) de populations ouvertes.

Survie animal vivant  $\approx$  Persistance cadavre

# Méthodologie

## *Estimation du nombre $N$ de cadavres*

Estimation du nombre  $N$  de cadavres avec les probabilités suivantes (modèle POPAN, Schwarz & Arnason 1996) :

- Persistance des cadavres  $\phi$
- Capture des cadavres  $p$
- Probabilité d'être tuée sur la section étudiée  $p\text{-ent}$

*Seuls les cadavres frais sont pris en compte*

# Résultats - Cadavres «sauvages»

## Les espèces les plus tuées par le trafic

(résultats des comptages 2006-2008)

### Strigiformes :

Effraie des clochers *Tyto alba* (63)



### Passeriformes :

Rougegorge familier *Erithacus rubecula* (52)

Merle noir *Turdus merula* (46)

Moineau domestique *Passer domesticus* (34)



Guinard et al. 2012 - Biol. Cons.



# Résultats - Cadavres «sauvages»

## Comparaison comptages à pied et en voiture

Recensement	Position	Total Autoroutes	Pourcentage (%)
<b>A pied</b>	<u>TPC</u>	11	<b>3,4</b>
	Chaussée	12	3,7
	<u>BAU</u>	201	<b>61,3</b>
	Berme	104	31,6
<b>En voiture</b>	<u>TPC</u>	17	<b>7,7</b>
	Chaussée	32	14,5
	<u>BAU</u>	165	<b>75,0</b>
	Berme	6	2,8

Diagram illustrating comparisons between 'A pied' and 'En voiture' counts:

- TPC (A pied) vs TPC (En voiture): NS
- Chaussée (A pied) vs Chaussée (En voiture): Pied < Voiture\*
- BAU (A pied) vs BAU (En voiture): NS
- Berme (A pied) vs Berme (En voiture): Pied > Voiture\*\*\*

# Résultats - Cadavres «sauvages»

## Comparaison comptages à pied et en voiture

Recensement	Position	Total Autoroutes	Pourcentage (%)
<b>A pied</b>	TPC	11	3,4
	<u>Chaussée</u>	12	<b>3,7</b>
	BAU	201	61,3
	Berme	104	31,6
<b>En voiture</b>	TPC	17	7,7
	<u>Chaussée</u>	32	<b>14,5</b>
	BAU	165	75,0
	Berme	6	2,8

# Résultats - Cadavres «sauvages»

## Comparaison comptages à pied et en voiture

Recensement	Position	Total Autoroutes	Pourcentage (%)
<b>A pied</b>	TPC	11	3,4
	Chaussée	12	3,7
	BAU	201	61,3
	<u>Berne</u>	104	<b>31,6</b>
<b>En voiture</b>	TPC	17	7,7
	Chaussée	32	14,5
	BAU	165	75,0
	<u>Berne</u>	6	<b>2,8</b>

Diagram annotations:

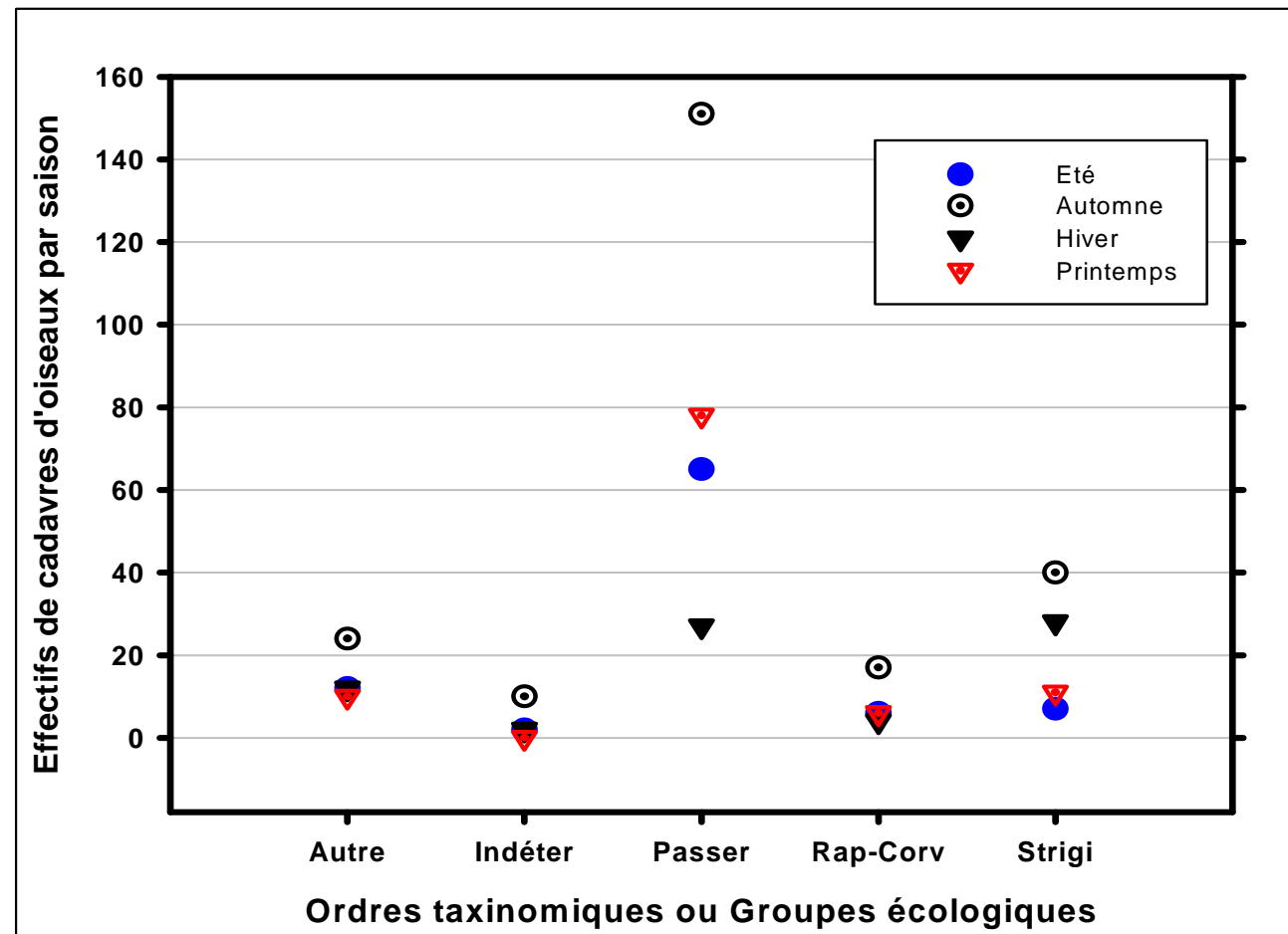
- Arrow from BAU (A pied) to NS
- Arrow from Chaussée (A pied) to NS
- Arrow from Chaussée (En voiture) to Pied < Voiture\*
- Arrow from BAU (En voiture) to NS
- Arrow from **31,6** (A pied) to **Pied > Voiture\*\*\***
- Arrow from **2,8** (En voiture) to **Pied > Voiture\*\*\***

Comptage en voiture manque 33% (sur bermes) de cadavres / au comptage à pied

# Résultats - Cadavres «sauvages»

## Résultats bruts : Saisons

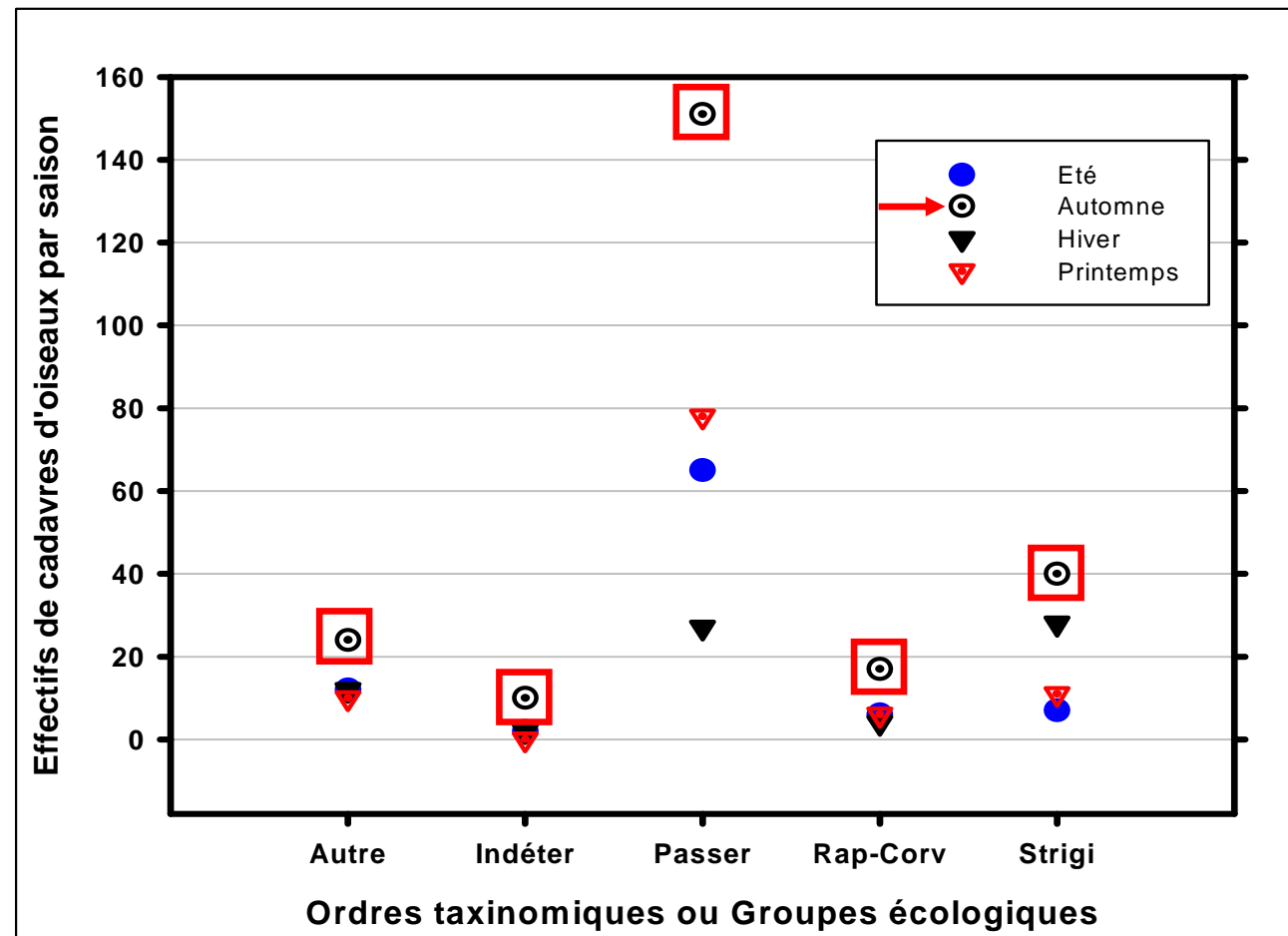
- Les cadavres sont les + nombreux...



# Résultats - Cadavres «sauvages»

## Résultats bruts : Saisons

- Les cadavres sont les + nombreux en **automne**



# Résultats - Cadavres «sauvages»

## Meilleurs modèles facteurs intrinsèques :

$\Phi(\text{AgeCad}, \text{Non-Passer}, \text{Passer}) p(.)$

- Les cadavres frais persistent moins longtemps que les vieux cadavres
- Les cadavres de Passeriformes persistent moins longtemps que les autres cadavres

$\Phi(\text{mass}^2) p(.)$

- Les cadavres légers persistent moins longtemps que les cadavres plus lourds

Dans les deux cas  $p(.)$  : taux de capture constant

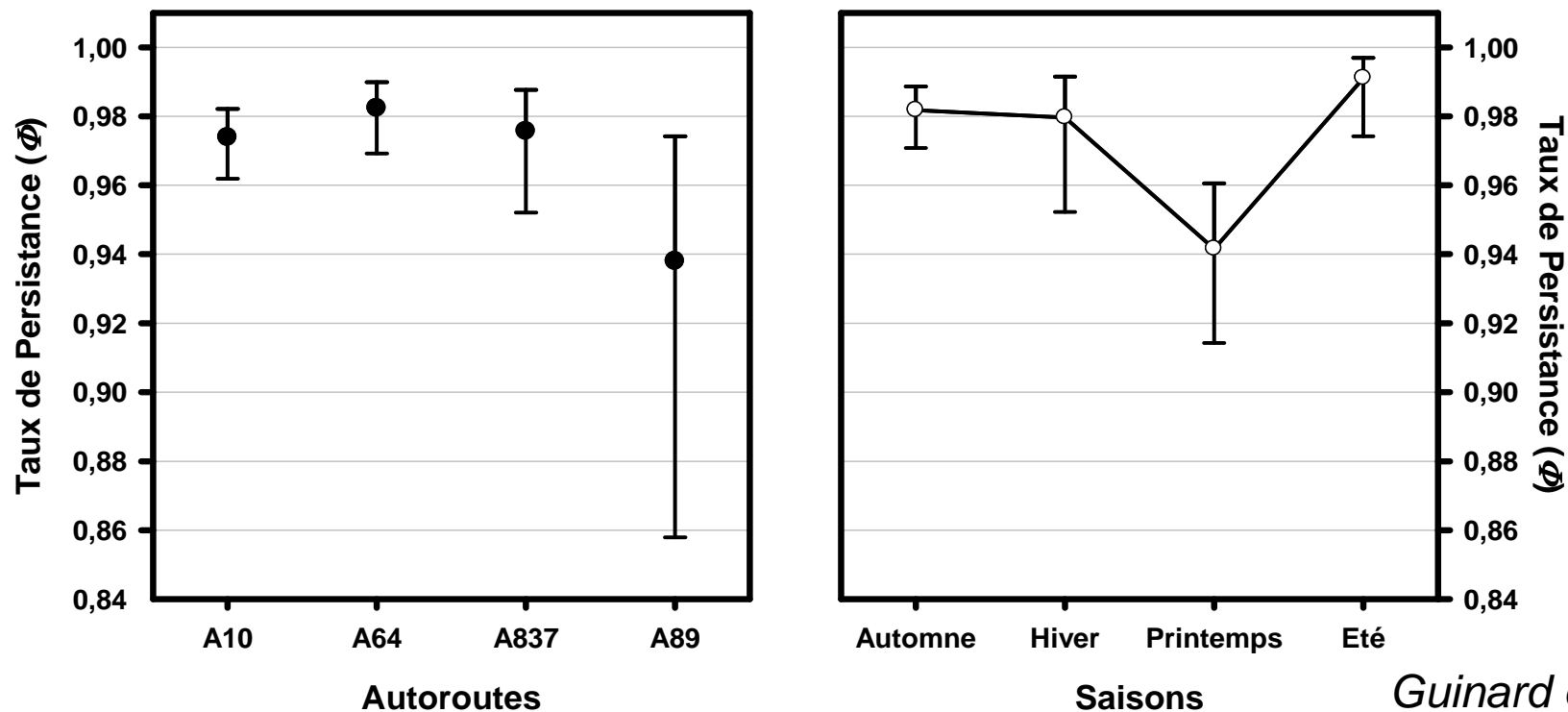
Guinard et al. 2012

# Résultats - Cadavres «sauvages»

## Meilleur modèle facteurs extrinsèques :

$$\Phi(\text{autoroute} * \text{saison}) p(.)$$

- Les cadavres persistent significativement moins longtemps au printemps
- Différence de persistance entre autoroutes



Guinard et al. 2012

# Résultats - Cadavres « Poussins »

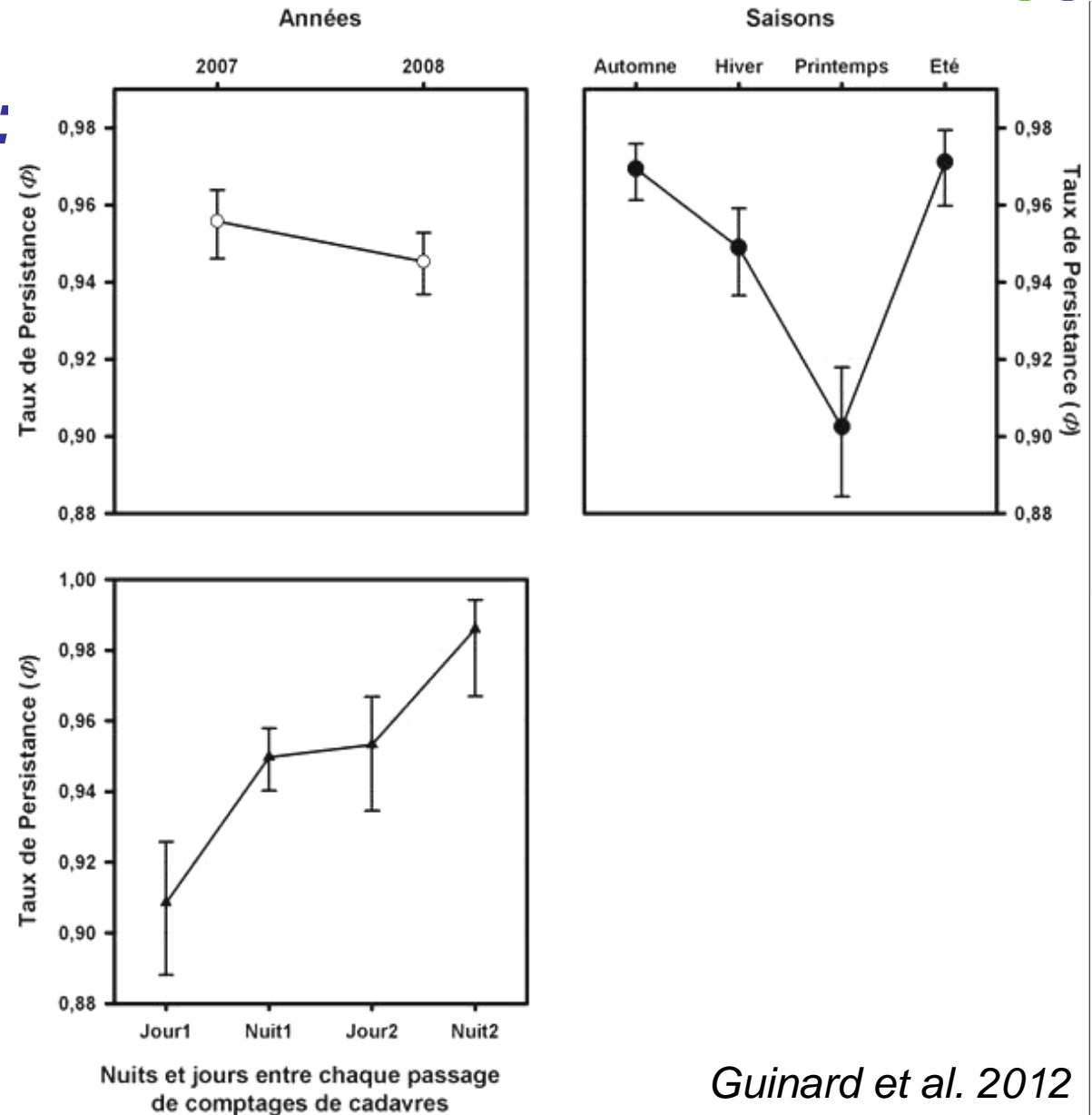
## Meilleur modèle facteurs extrinsèques:

$$\Phi(\text{an} * \text{saison} * t) p(g)$$

- Les cadavres de poussins persistent moins longtemps au printemps

- Léger effet annuel

- Les cadavres persistent moins longtemps le jour que la nuit



Guinard et al. 2012



# Discussion

## ***Facteurs intrinsèques impliqués dans les biais des comptages de cadavres :***

- Passeriformes persistent moins longtemps que les plus gros oiseaux (Strigiformes) car + faciles à enlever par les nécrophages
- La + faible persistance des cadavres légers (de la taille des Passeriformes) confirme le point précédent
- Les vieux cadavres persistent + longtemps car soit incrustés dans chaussée soit trop peu visibles et peu appétents

# Discussion

## ***Facteurs extrinsèques impliqués dans les biais des comptages de cadavres :***

- Persistance la + faible au printemps (nourrissage des jeunes par les nécrophages) puis en hiver (manque de nourriture) – (Selva et al. 2003, 2005)

→ les nécrophages n'iraient sur les autoroutes que quand ailleurs les ressources déficitaires car ces ressources sur autoroutes sont certaines MAIS risquées



- Détectabilité constante et forte

*Guinard et al. 2012*

# Discussion

## Cadavres expérimentaux (poussins)

- Persistance + faible le jour que la nuit : nécrophages diurnes (oiseaux) + efficaces que nocturnes (mammifères)



>



- Tendance à une variation interannuelle de la persistance de cadavres  $\approx$  variation interannuelle de l'activité des nécrophages ?

→ Réponse dans une étude pluriannuelle ultérieure

# Résultats – N POPAN

## Meilleur modèle facteurs intrinsèques : $\Phi(\text{Non-Passer, Passer})$ $p(\cdot)$ $p\text{-ent}(g)$

Tableau des estimations de  $\Phi$ ,  $p$ ,  $p\text{-ent}$  et  $N$  :

Probabilité	Paramètres	Estimation ( $\pm$ s.e.)	95% Intervalle de confiance	
			Min.	Max.
$\Phi$	« Passeriformes seuls »	0,955 $\pm$ 0,008	0,937	0,968
	« Non Passeriformes »	0,983 $\pm$ 0,007	0,966	0,994
$p$	-	0,957 $\pm$ 0,011	0,934	0,978
$p\text{-ent}$	« Passeriformes seuls »	0,161 $\pm$ 0,012	0,137	0,185
	« Strigiformes seuls »	0,207 $\pm$ 0,023	0,161	0,250
$N$	« Passeriformes seuls »	102,29 $\pm$ 1,197	101,041	105,422
	« Strigiformes seuls »	19,483 $\pm$ 0,497	19,020	20,839

# Résultats – N POPAN

## $\Phi(\text{Non-Passer, Passer}) p(.) p\text{-ent}(g)$

Tableau des estimations corrigées des effectifs de cadavres d'espèces

Ordre	E Brut Ordr	Genre sp.	E Brut sp	% sp	N Ordr	N' sp	N'/an <sup>-1</sup>	N'.km <sup>-1</sup> .an <sup>-1</sup>	N'/FRA.an <sup>-1</sup>
Strigif.	86	<i>T. alba</i>	63	73,26	<b>19,47</b>	14,26	2082,58	2,244	24910,16

**Effectif Ordre Brut**

# Résultats – N POPAN

## $\Phi(\text{Non-Passer, Passer}) p(.) p\text{-ent}(g)$

Tableau des estimations corrigées des effectifs de cadavres d'espèces

Ordre	E Brut Ordre	Genre sp.	E Brut sp	% sp	N Ordre	N' sp	N'/an <sup>-1</sup>	N'.km <sup>-1</sup> .an <sup>-1</sup>	N'/FRA.an <sup>-1</sup>
Strigif.	86	<i>T. alba</i>	63	73,26	<b>19,47</b>	14,26	2082,58	2,244	24910,16

**Effectif Espèce Brut**

# Résultats – N POPAN

## $\Phi$ (Non-Passer, Passer) $p(.)$ $p\text{-ent}(g)$

Tableau des estimations corrigées des effectifs de cadavres d'espèces

Ordre	E Brut Ordr	Genre sp.	E Brut sp	% sp	N Ordr	N' sp	N'/an <sup>-1</sup>	N'.km <sup>-1</sup> .an <sup>-1</sup>	N'/FRA.an <sup>-1</sup>
Strigif.	86	<i>T. alba</i>	63	73,26	<b>19,47</b>	14,26	2082,58	2,244	24910,16

**Pourcentage Espèce/Ordre**

# Résultats – N POPAN

## $\Phi(\text{Non-Passer, Passer}) p(.) p\text{-ent}(g)$

Tableau des estimations corrigées des effectifs de cadavres d'espèces

Ordre	E Brut Ordr	Genre sp.	E Brut sp	% sp	N Ordr	N' sp	N'/an <sup>-1</sup>	N'.km <sup>-1</sup> .an <sup>-1</sup>	N'/FRA.an <sup>-1</sup>
Strigif.	86	<i>T. alba</i>	63	73,26	<b>19,47</b>	14,26	2082,58	2,244	24910,16

**Effectif N POPAN / Ordre**



# Résultats – N POPAN

## $\Phi(\text{Non-Passer, Passer}) p(.) p\text{-ent}(g)$

Tableau des estimations corrigées des effectifs de cadavres d'espèces

Ordre	E Brut Ordr	Genre sp.	E Brut sp	% sp	$\times$ N Ordr	$=$ N' sp	N'/an <sup>-1</sup>	N'.km <sup>-1</sup> .an <sup>-1</sup>	N'/FRA.an <sup>-1</sup>
Strigif.	86	<i>T. alba</i>	63	73,26	19,47	14,26	2082,58	2,244	24910,16

**Effectif N' POPAN / sp**

# Résultats – N POPAN

## $\Phi(\text{Non-Passer, Passer}) p(.) p\text{-ent}(g)$

Tableau des estimations corrigées des effectifs de cadavres d'espèces

Ordre	E Brut Ordre	Genre sp.	E Brut sp	% sp	N Ordre	N' sp	N'/an <sup>-1</sup>	N'.km <sup>-1</sup> .an <sup>-1</sup>	N'/FRA.an <sup>-1</sup> *
Strigif.	86	<i>T. alba</i>	63	73,26	<b>19,47</b>	14,26	2082,58	2,244	24910,16

\* FRA = 11 100 km  
 d'autoroutes en France

# Résultats – N POPAN

## $\Phi(\text{Non-Passer, Passer}) p(.) p\text{-ent}(g)$

Tableau des estimations corrigées des effectifs de cadavres d'espèces

Ordre	E Brut Ordr	Genre sp.	E Brut sp	Npopan Ordr	N'popan sp	N'/FRA.an <sup>-1</sup> ± sd [min-max]	Interv confiance 95%
Strigif.	86	<i>T. alba</i>	63	19,47	14,26	24 910 ± 613	[24 332– 26 675]
					<b>Correction comptage à pied : 33%</b>	<b>37 179 ± 914</b>	<b>[36 317 – 39 814]</b>
Passer.	321	<i>E. rubecula</i>	52	102,26	16,57	28 929 ± 331	[28 584 – 29 827]
					<b>Correction comptage à pied : 33%</b>	<b>43 178 ± 494</b>	<b>[42 662 – 44 518]</b>

# Discussion

## *Estimations ajustées avec POPAN*

- Réaliste car intègre les probabilités de persistance, de détection et d'être tué (résultats idem études antérieures)
- Effraies des clochers un peu surestimées (paraissent longtemps fraîches sur les TPC)

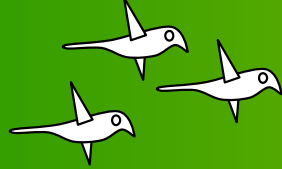
# Conclusion Partie I

- Comptages à pied vs. voiture :
  - Comptage à pied + efficace de ~30% que comptage en voiture  
MAIS seulement sur des sections <20 km
  - Comptage en voiture sur sections >20km (⇒ correction ~ 30%)
- Passeriformes + tués que Strigiformes même si Effraie des clochers est l'espèce la + tuée par le trafic
- Résultats bruts :
  - + de cadavres en automne car migration + taille pop max
  - Mais** si estimation nb de cadavres par saison est corrigée par la persistance saisonnière ⇒ nb cadavres corrigés de Passer. au printemps ~ nb corrigé de cadavres en automne

# Conclusion Partie I

- Probabilité de persistance sont affectées par plusieurs facteurs (taxon, autoroute, saison...)
- Effets intrinsèques (âge cadavres et classes taxinomiques/écologiques) > effets extrinsèques
  - Il est important de différencier les taxons et la fraîcheur des cadavres dans un comptage de cadavres pour une meilleure estimation du nombre de cadavres
    - Seuls les cadavres frais servent aux estimations POPAN
  - Mais il faut tout de même tenir compte de la persistance saisonnière à évaluer systématiquement

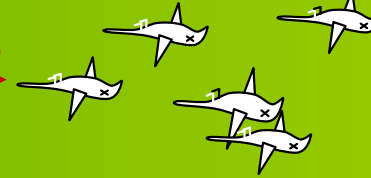
Oiseaux vivants



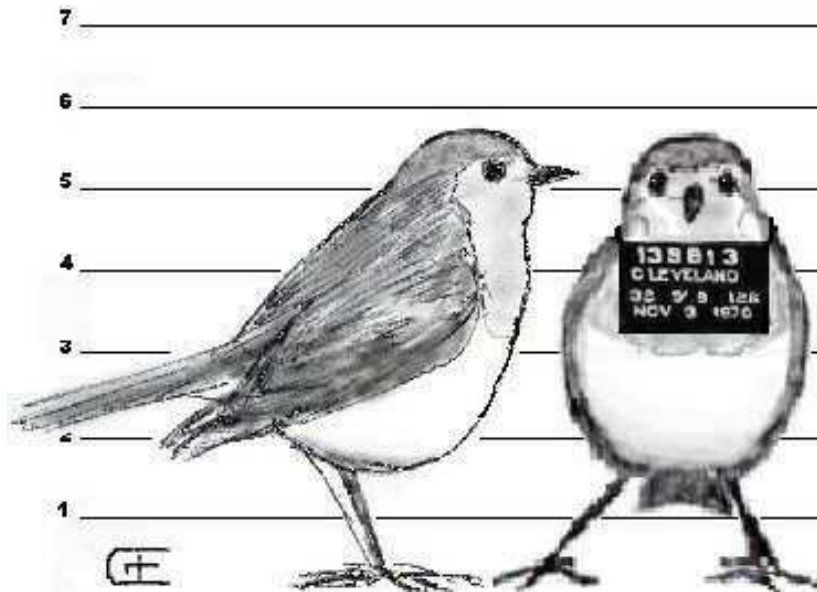
Chaine 1 de probabilités



N Oiseaux tués



# Partie II : Les facteurs biologiques et environnementaux influençant la mortalité aviaire



et / ou  
?



# ***Facteurs biologiques - Hypothèse***

## ***Facteurs biologiques « populationnels »***

Densité (Abondance)  $\nearrow$  avec collisions trafic

## ***Facteurs biologiques intrinsèques***

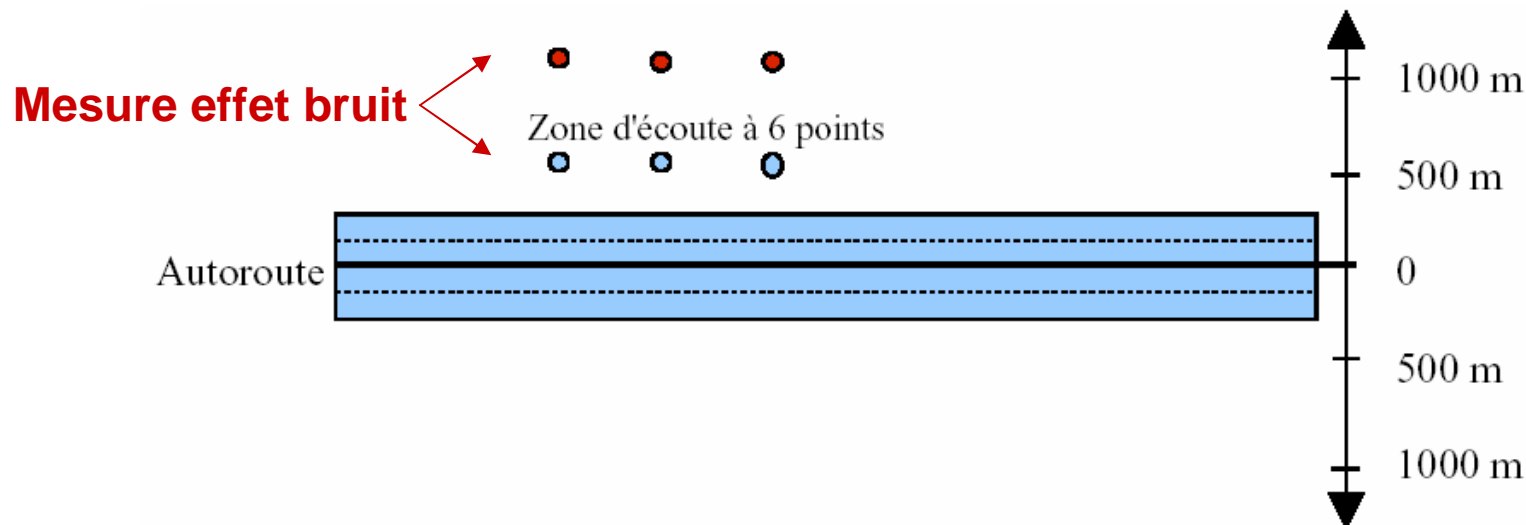
***« individuels » hors effet densité***

Des traits comportementaux ou anatomiques influent probabilité de collision avec le trafic



## Densité Passeriformes (2008-2009)

- **Comptage Point d'écoute type STOC sur zones adjacentes à A10, A837 et A89 (~~A64~~)**
  - zones de 6 points interdistantes 10-15 km placés sur des habitats représentatifs
  - 2 sessions / an (avril + mai-juin)
  - 5 mn / point
  - distance mesurée pour chaque oiseau détecté



# Facteurs biologiques - Statistiques

## Densité (Programme Distance) :

- Distance sampling
- Calage de relevés de densité proches des autoroutes avec les données STOC

## Modèle Linéaire Généralisé (GLM, Programme statistique R) :

log népérien de  $D_{sp} = \text{Nb}_{sp} \text{ Morts} / \text{Abondance}_{sp} \text{ Vivants}$   
en fonction de chacun des facteurs décrits ci-après

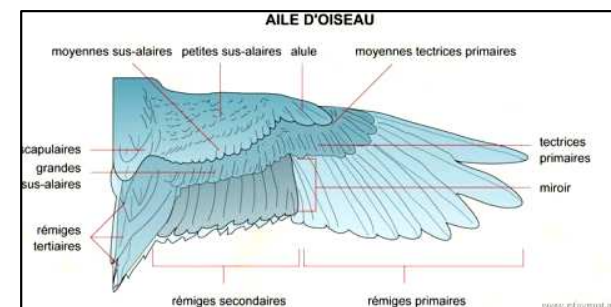
**Analyse statistique seulement sur les Passeriformes tués au printemps et en été !**

# Facteurs biologiques

## Facteurs individuels intrinsèques (bibliographie):

- Distance de Fuite face à un danger (m)  
(Blumstein 2006, Møller et al. 2010, 2011)
- Capacité à apprendre (L) :  

$$L = N_{sp_{t+1,2...}} \text{ re-capture} / N_{sp_t} \text{ 1ère capture}$$
 (données issues des campagnes de baguages du Museum National d'Histoire Naturelle)
- Manœuvrabilité en vol : forme alaire (formule)  
(Busse 1967, Cramp et al. 1984-1994)
- Sédentaire / Migrateur
- Régime alimentaire



# Résultats - Facteurs biologiques

Seule la **Distance de Fuite**, indépendamment de la densité, est déterminante sur les collisions des Passeriformes :

→ les espèces avec une courte distance de fuite ont une plus forte probabilité d'être tuées par le trafic



# Discussion - Facteurs biologiques

- La **Distance de Fuite** est un facteur précédemment identifié dans une autre étude (Møller et al. 2011)
  - C'est un facteur important à étudier en termes de conservation pour les espèces à statut menacé proches des autoroutes afin d'adapter les mesures d'atténuation

# Discussion - Facteurs biologiques

- **Les Turdidae** (Merle noir, Grive musicienne, Rougegorge familier) **sont les oiseaux les plus tués** indépendamment de leur densité :
  - Grande adaptabilité à leur environnement (Sol et al. 2002) et une large distribution
  - Prennent plus de risques (Møller 2010)
  - Décollent plus tard face à un danger (courte Dist. de fuite)
  - N'ont pas assez de temps pour éviter un véhicule



# Facteurs environnementaux

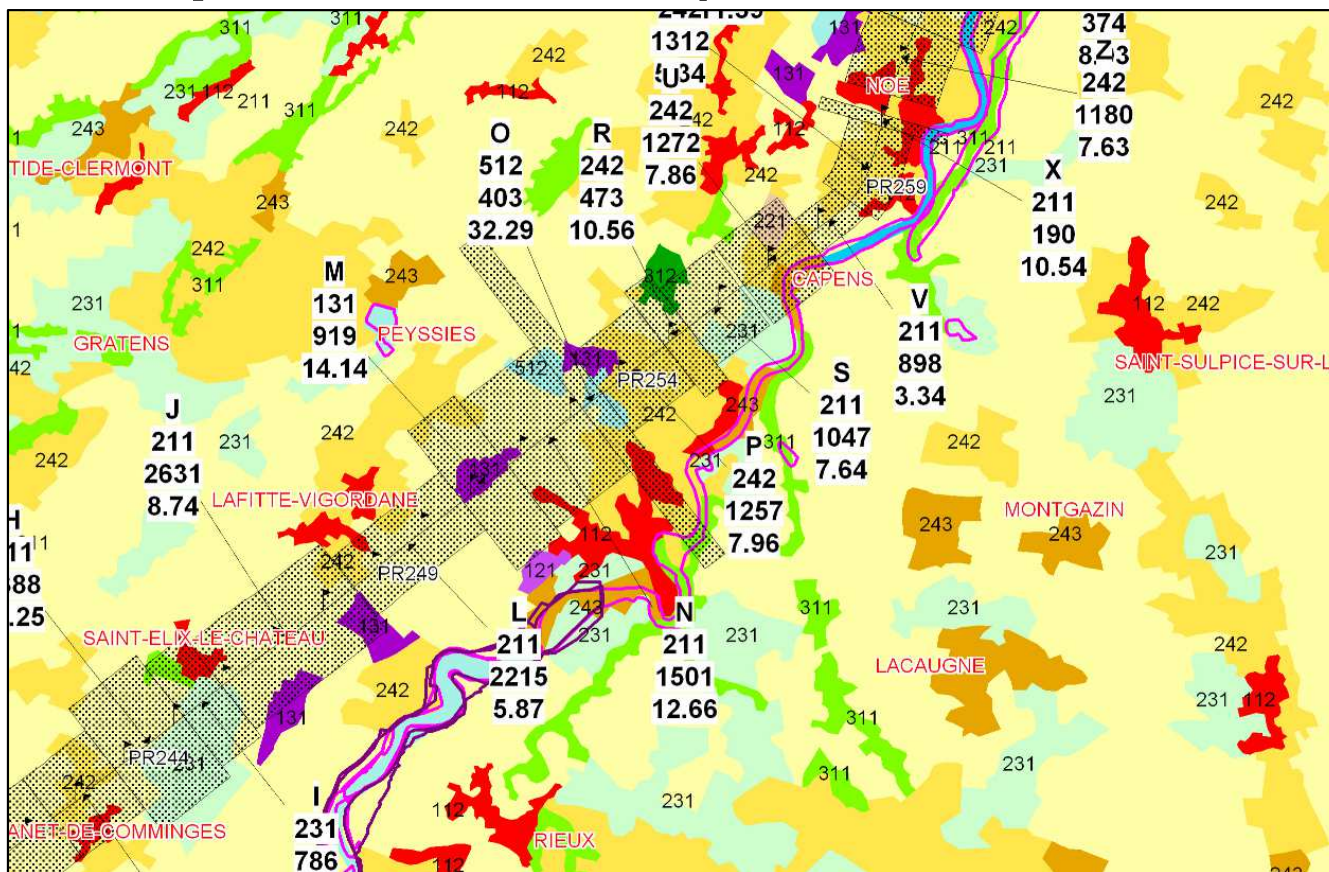
## Hypothèses :

***Chaque facteur environnemental en lien avec les autoroutes influe de façon différenciée et combinée sur la mortalité des groupes taxinomiques d'oiseaux***

# Facteurs environnementaux

## Carcasses géoréférencées en fonction de :

### 1. Types d'occupations du sol (Corine Land Cover (IFEN))



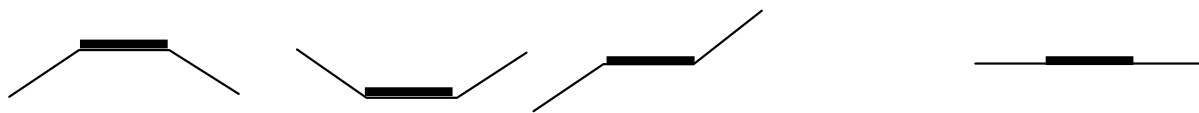
### 2. Intensité du trafic sur les sections autoroutières (voitures, poids lourds, tous véhicules)



# Facteurs environnementaux

- **3. Profil transversal des autoroutes**

- Remblai, Déblai, Mixte, au niveau du Terrain Naturel



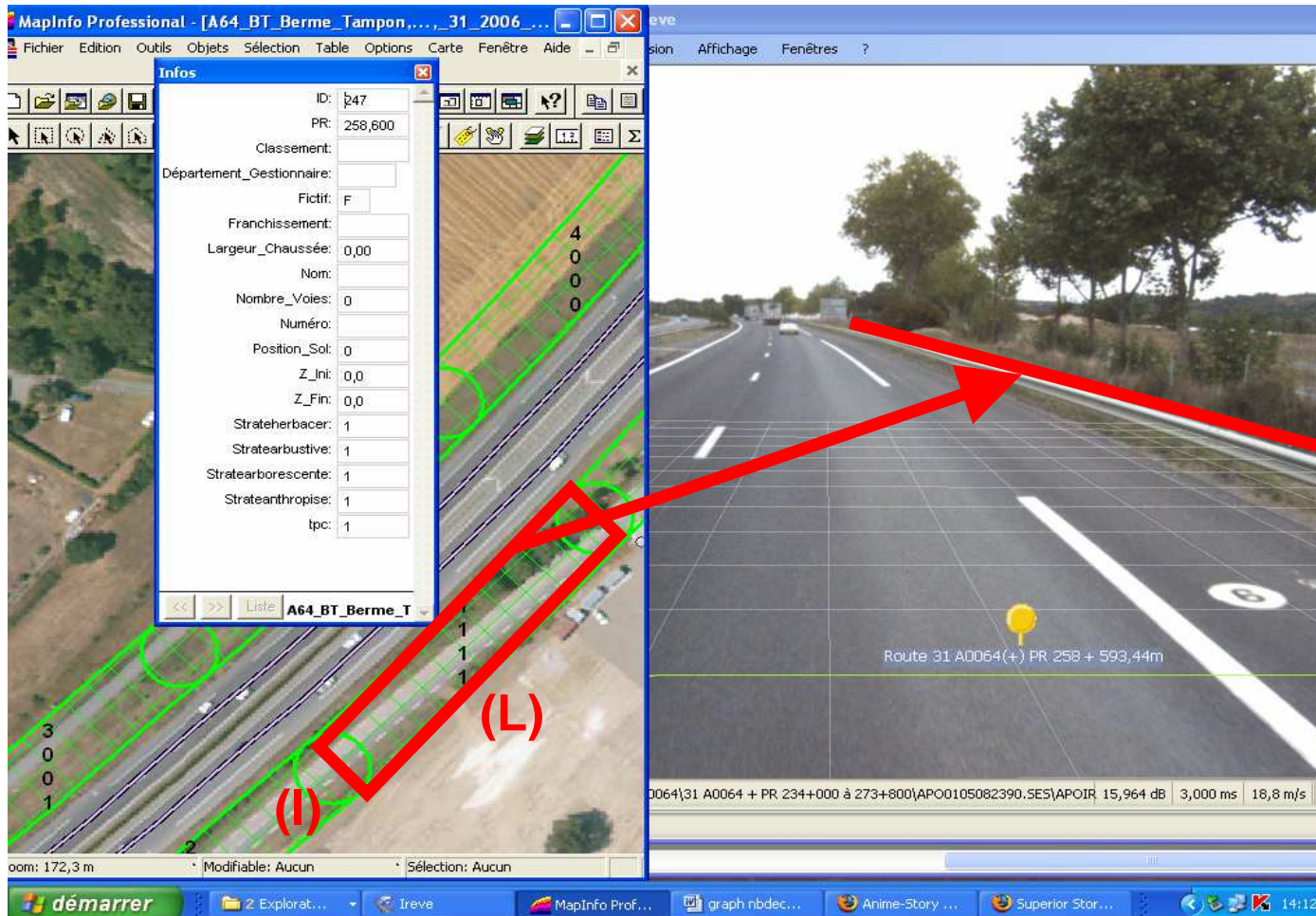
- **4. Structures de végétation des bermes**

- Herbacée / Arbustive / Arborée / Artificielle et Mixtes





# Facteurs environnementaux

Surface Unitaire échantillonnée : 100 m (L) x 20 m (l)




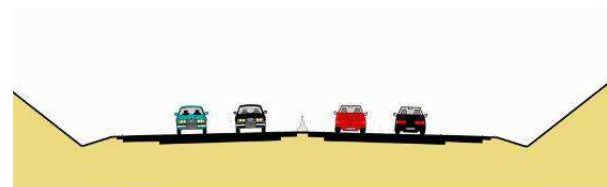
**Analyses statistiques : GLM Nb cadavres par surface unitaire et par 18km, longueur totale des sections autoroutières**

# Résultats - Facteurs environnementaux

	Passeriformes		Strigiformes	
Longueur Section	Facteurs environnt significatifs	Effets sur mortalité	Facteurs environnt significatifs	Effets sur mortalité
100 m	Cofacteur_Espèces	↗	Cofacteur_Espèces	↗
	+Bermes arbustives	(↗)	+ Hauteur Profil chaussée (m)	(↗)
18 km	-	-	Bermes Mixtes	↗
			+ Déblai 	(↘)
Lg totale de sections autoroutières	Déblai  + (Bermes Herb-Artif) (Bermes arborées)	↘ (↘) (↗)	-	-


## Tous oiseaux

Longueur Section	Facteurs environnt significatifs	Effets sur mortalité
100 m	Cofacteur_Espèces	↗
18 km	Déblai  Bermes avec arbres	↘
Lg totale de sections autoroutières		↗



**Nous n'avons détecté aucune influence du trafic ou de l'occupation du sol (du fait de la méthodologie ?).**

## Strigiformes :


- Les **bermes mixtes** sont **dangereuses** :
  - Strates végétation variées attractives de part l'abondance des ressources (rongeurs, perchoirs...)
  - Dérangements dus au trafic sur pistes et routes secondaires (= strate artificielle)  
⇒ pousseraient les oiseaux à voler vers autoroute
- Profil en **Déblai avantageux** : 
  - Strigiformes volent plus souvent au-dessus du trafic (effet additif avec les autres facteurs)

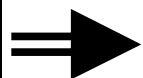
## Passeriformes :

- Bermes plantées **d'arbres dangereuses** :
  - Strates arborées = ressources abondantes (nourriture, perchoirs, matériaux pour nid...)
- Bermes avec **strates herbacées et artificielles avantageuses** :
  - Habitats moins attractifs
- Profils en **Déblai avantageux** :
  - Idem Strigiformes



## Strigiformes et Passeriformes

- Facteurs  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Communs} \\ \text{Spécifiques} \end{array} \right.$
- Présence d'arbres dans bermes dangereuse comme observé dans d'autres études (Orlowski 2005, 2008)
- Pas de profil apparemment dangereux mais un profil favorable : le déblai  (avec effet additif)
- Pas d'effet significatif du paysage
  - **MAIS** : pas assez de données, information lacunaire (densité de routes secondaires, de haies, de rivières)
- Pas d'effet du trafic sur les sections autoroutières : effet plus probable à l'échelle d'un réseau autoroutier



**Adapter les mesures d'atténuation sur chaque autoroute**

# *Conclusions et Perspectives*





## Conclusion - Mesures de réduction

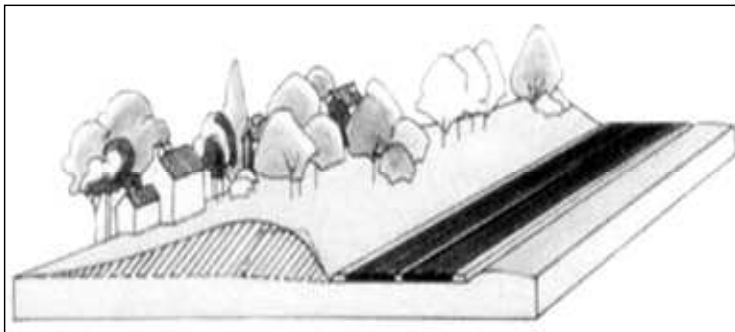
### **Pour de nouveaux projets autoroutiers au droit des zones d'importance avifaunistique :**

- Éviter les bermes plantées d'arbres
- Favoriser les déblais (voire merlons paysagers haut. 3m)

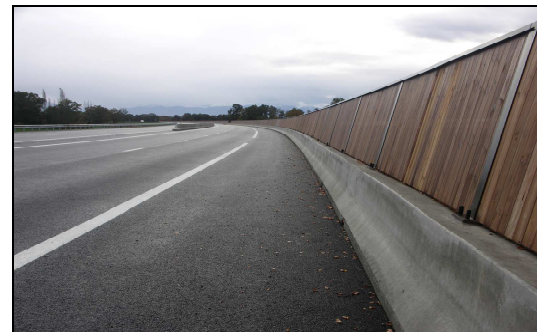
### **Pour les routes ou autoroutes existant au droit des points noirs de collisions avifaune :**

- Favoriser les merlons paysagers d'au moins 3 m de haut **(1)**; Si pas assez de largeur : murs acoustiques **(2)**
- Couper les arbres sur ces bermes

**(1)**



**(2)**



# Conclusion générale

- **Les probabilités de persistance des cadavres varient en fonction de divers facteurs (taxon, saison...)**
- D'autres études récentes sous d'autres latitudes ont des taux de persistance très  $\neq$  :
  - $\phi = 0,12$  (/1 jour) pour oiseaux, Teixeira et al. 2013 – Brésil
  - $\phi = 0,37$  et  $0,72$  (/1 jour) pour petits et gros oiseaux, Santos et al. 2011 – Portugal)
- **Standardiser** les méthodologies de comptage sur les autoroutes en France :
  - Pour permettre une estimation fiable du nombre d'oiseaux tués par le trafic
  - Pour permettre **comparaison entre paysages et entre grandes régions climatiques**

# Perspectives

- **Augmenter la masse des données en standardisant les méthodologies de comptage** pour évaluer l'effet du paysage et de l'occupation du sol traversés par les autoroutes
- Évaluer les impacts des **densités des routes secondaires, haies et rivières** sur les collisions des oiseaux avec le trafic autoroutier
- **Mesurer la densité des oiseaux** en bordure d'autoroutes **à toutes les saisons**
- Méthode potentiellement applicable sur d'autres groupes de Vertébrés
- Mettre en place des **protocoles similaires** sur les **routes à deux voies**
- Étudier l'effet source / puits des milieux autoroutiers sur la démographie des oiseaux dans contexte TVB

**Financé par : MEDDE / DGITM / DIT / DRN3**

**Remerciements :**

à la DIT, au SETRA, à ASF-VINCI et à la DIRSO/CEI Carbonne



**Merci de votre attention.**

# Facteurs biologiques

## Conditions d'utilisation

### CJS : Règle des « 3i »

- Individualité du marquage
- Indépendance des événements de capture et de survie :
  - tous les individus marqués vieux ou frais ont la même probabilité d'être capturés à  $t$  - Cas contraire : transience
  - tous les individus marqués ont la même probabilité de capture à  $t$  et à  $t+1$  - Cas contraire Trap happiness / shyness
  - tous les individus marqués ont la même probabilité de survie à  $t$  et à  $t+1$
- Indépendance des individus en termes de survie et de capture
- Tous les individus marqués sont ni manqués ni sur-contrôlés
- La période d'échantillonnage est très courte
- L'émigration est constante

### Jolly Seber et super-population : Règle des « 3i »

- Idem que CSJ si ce n'est que les règles s'étendent aux individus non marqués
- Super-population : nécessite  $p$ -ent en plus de  $\Phi$  et  $p$

# Facteurs biologiques

## Comparaison détection oiseaux sur IPA/STOC entre classes de distances :

```
[(glm(formula = cbind(D0_25, D25_100) ~ X, family = "binomial")]
```

### Facteurs X :

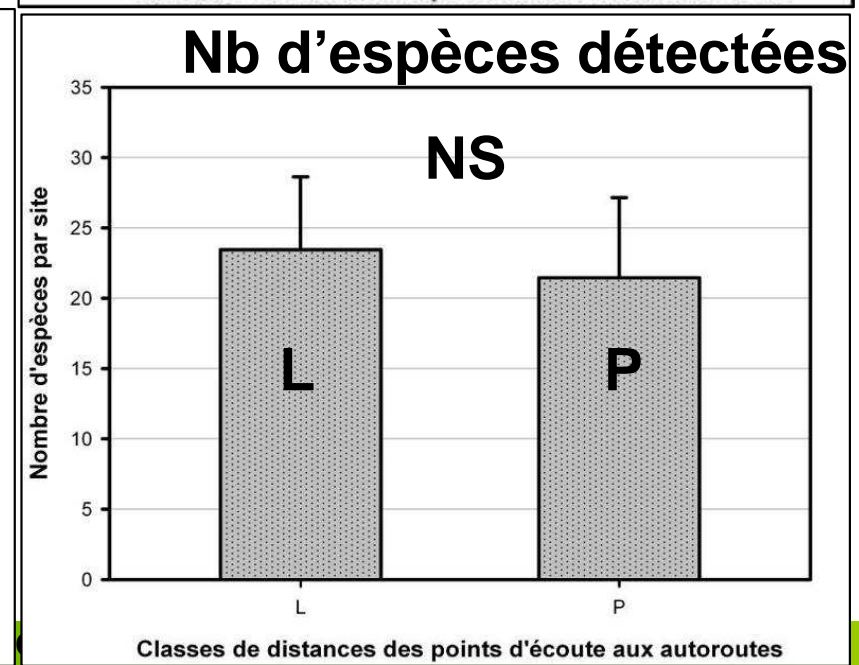
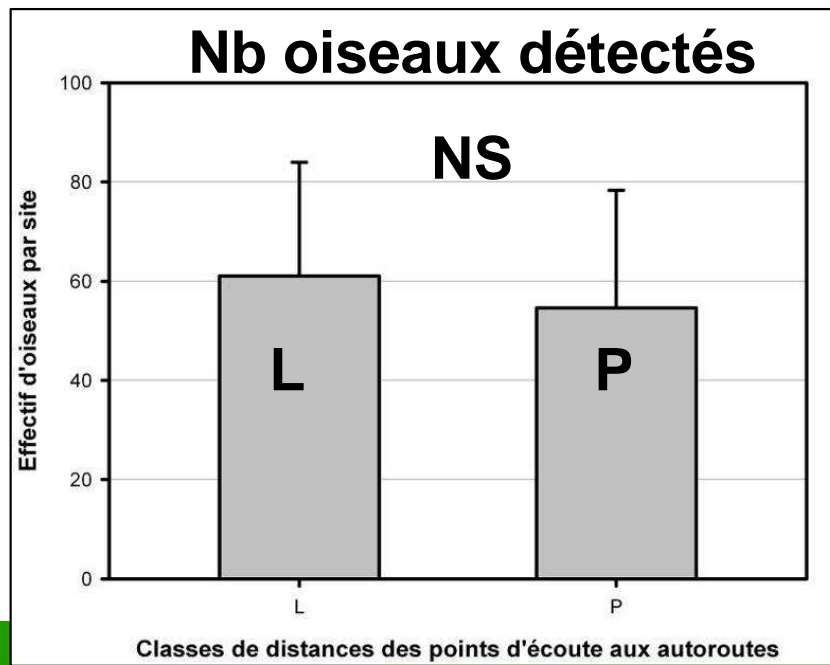
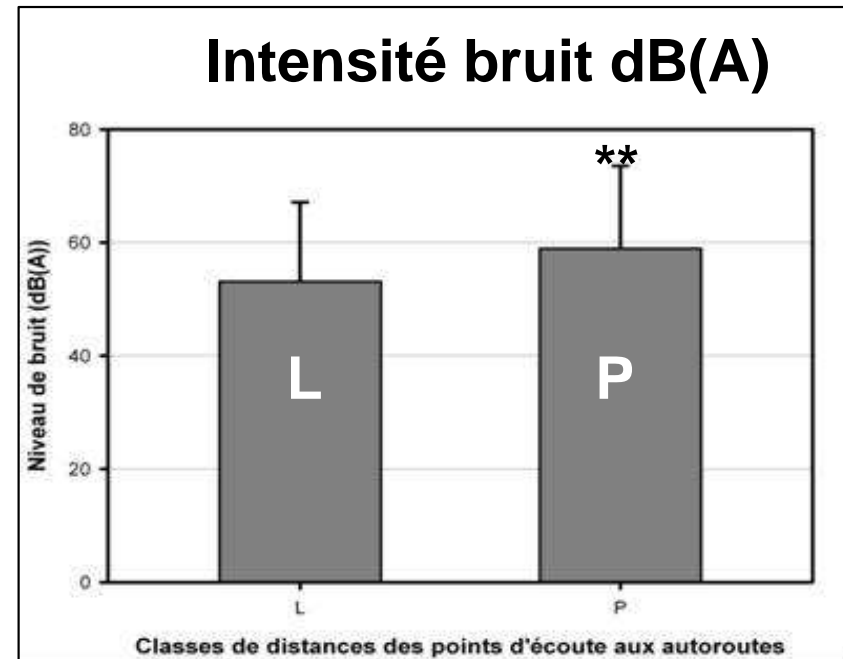
- L-P : point Loin ou Près de l'autoroute
- typologies d'occupation du sol CLC sur le site d'échantillonnage
- vu-entendu : chaque individu Passeriformes vu ou entendu sur les points d'écoute

**Seul le facteur « vu-entendu » influe sur le nombre d'individus contactés à 0-25m de distance de l'observateur par rapport à 25-100m**

# Facteurs biologiques

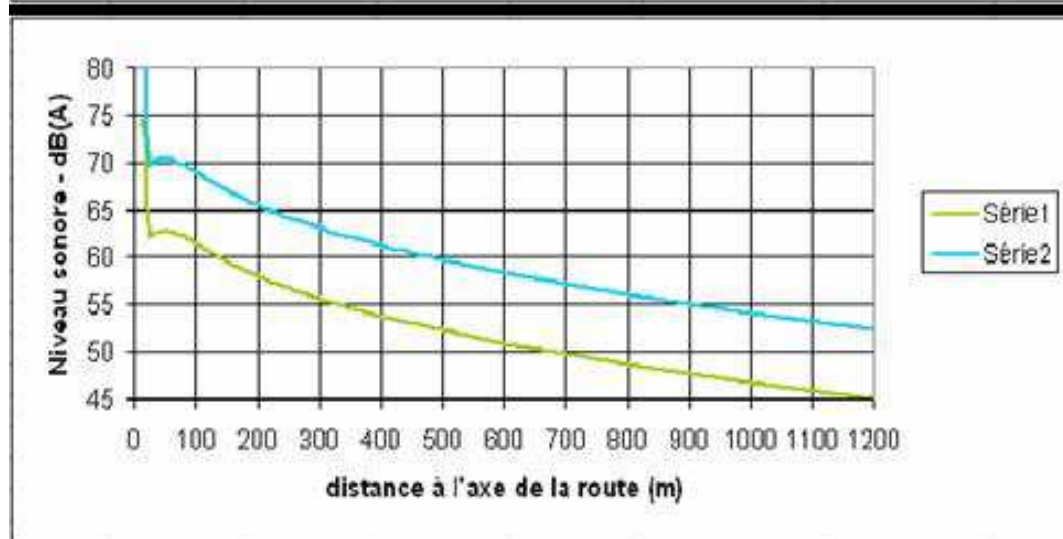
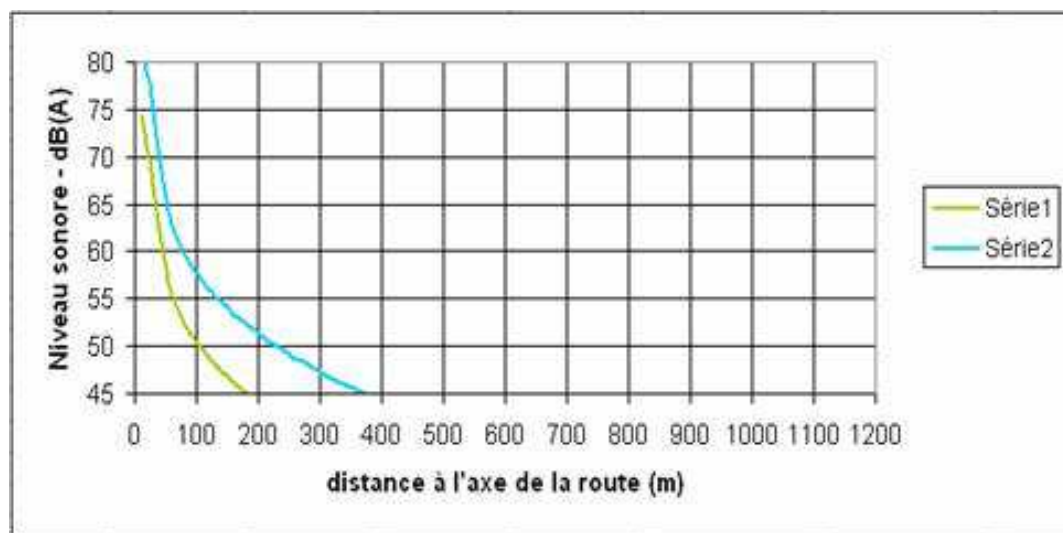
## Taux de détection et intensité du bruit du trafic:

- L : point loin de l'autoroute
- P : point près de l'autoroute



# Facteurs biologiques

## Profil en déblai



## Profil en Remblai

Intensité du bruit (dB(A)) en fonction de la distance à l'autoroute (m) pour des profils de chaussée en remblai et en déblai (SETRA)

- Décroissance rapide de l'intensité du bruit avec la distance,
- Décroissance moins rapide au droit d'une chaussée en remblai



# Facteurs biologiques

## Taille territoire sp / distance points d'écoute

- Largeur de la berme : moy. = 10-30m
  - Relevé STOC sur bermes : fort effet bruit / détection oiseaux: sous-estimation densité  $\Rightarrow$  dble échantillonnage (STOC + filet) ?... Sujet à traiter
- $\rightarrow$  Capture au filet : autre biais (sélection des moins craintifs)

*Difficile de distinguer si densité moindre détectée était réelle ou si cela était dû à l'effet du bruit sur la détection*

- Distance max. d'effet du bruit autoroutier sur densité oiseaux: 1600 -1800 m (Reijnen et Foppen 1991)
- Moyenne distance à l'autoroute points d'écoute proches: moy. =  $269 \pm 176$  m

# Facteurs biologiques

## Taille territoire sp / distance pts d'écoute

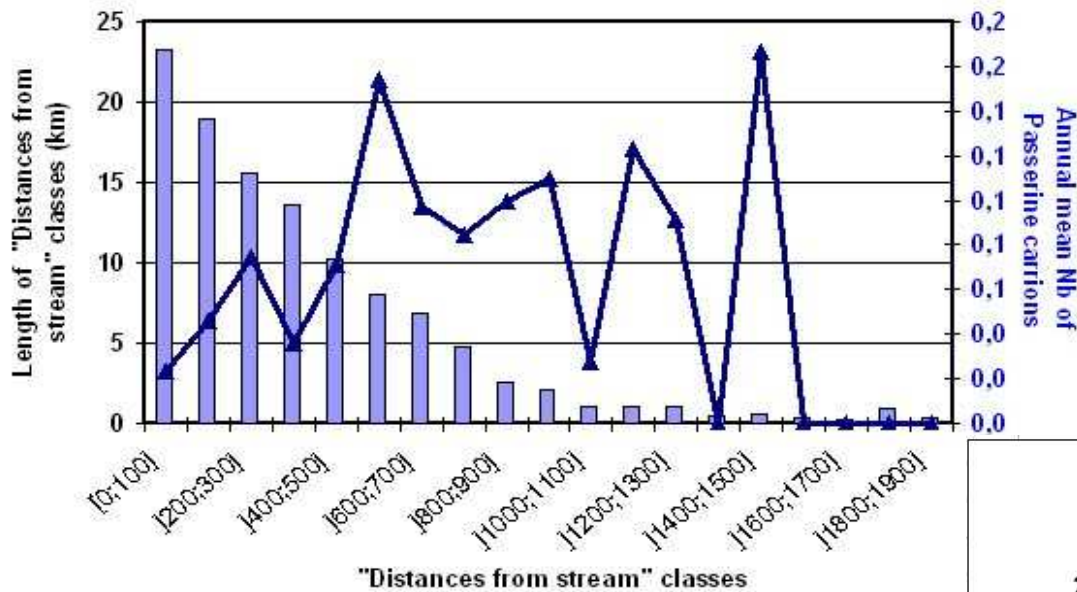
(Cramp et al. 1988 – 1994)

- **Rougegorge familier** : 0,2 – 0,7 ha, déplacement max 500 m durant la saison de reproduction
- **Merle noir** : 1 ha dans les bois, + grand en milieu ouvert
- **Moineau domestique** : déplacement max 500 m durant la saison de reproduction, 1 à 2 km hors saison reproduction
- **Grive musicienne** : 2 à 3 ha en campagne
- Fauvette à tête noire : 0,7 – 1,0 ha
- Mésange charbonnière : 0,8 - 0,9 ha voire 2 – 3 ha
- Mésange bleue : 0,5 ha

→ **Les pts écoutes en limite ou dans les territoires de Passeriformes occupant potentiellement les bermes**

# Facteurs environnementaux

Number of Passerine carrions and length of "Distances from stream" classes on A10



**Pas d'effet apparent du réseau hydrographique sur le nombre de collisions de Passeriformes et de Strigiformes sur l'A10**

Number of Strigiforme carrions and length of "Distances from stream" classes on A10

