

Adaptation et application de l'indice SPEAR aux études en mésocosmes lentiques:

Evaluation de la vulnérabilité des communautés d'invertébrés aquatiques aux pesticides

Marc ROUCAUTE, Arnaud AUBER,
Thierry CAQUET, Laurent LAGADIC

INRA

Ecotoxicologie et Qualité des Milieux
Aquatiques

UMR 985 Ecologie et Santé des Ecosystèmes
Rennes, France



SPEcies At Risk?

Evaluer la réponse des communautés d'invertébrés à l'exposition aux pesticides

(Liess & von der Ohe, 2005. *Environ. Toxicol. Chem.*, 24, 954-965)

➤ **Focalisation sur la partie vulnérable des communautés**

Developpé et testé en rivières

(Schäfer *et al.*, 2007. *Sci. Total Environ.*, 382, 278-285)



Principes du SPEAR

- Chaque taxon est classé comme vulnérable (SPEAR) ou non (SPENotAR).
- Le score de l'indice SPEAR correspond à la proportion des organismes vulnérables dans la communauté et est calculé suivant la formule :

$$SPEAR = \frac{\sum_{i=1}^S \log(n_i + 1) \times y_i}{\sum_{i=1}^S \log(n_i + 1)}$$

- n_i = abondance du taxon i , S = nombre de taxons et $y_i = 1$ si le taxon i est SPEAR et 0 si SPENotAR

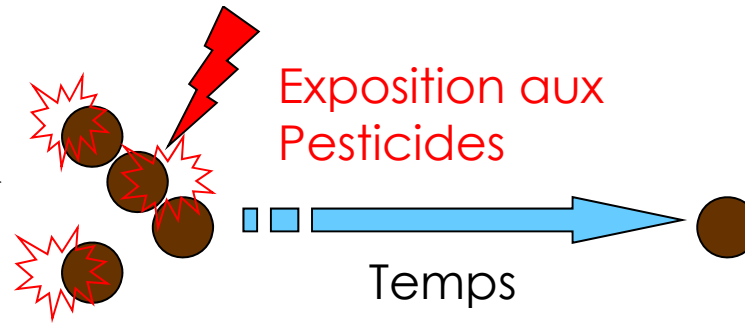
Pourquoi adapter l'indice SPEAR aux écosystèmes stagnants?

- Les écosystèmes stagnants sont également exposés
- Leur faune et leur fonctionnement sont différents de ceux des cours d'eau (*e.g.*, récupération)
- Les mésocosmes lenticques sont utilisés en évaluation du risque écotoxicologique des pesticides
- L'indice SPEAR pourrait donc permettre :
 - D'évaluer *a priori* la **vulnérabilité** des communautés
 - De caractériser *a posteriori* l'effet de l'**exposition** de ces communautés

⇒ **Vers le développement d'un indice LSPEAR adapté à l'ensemble des écosystèmes lenticques**



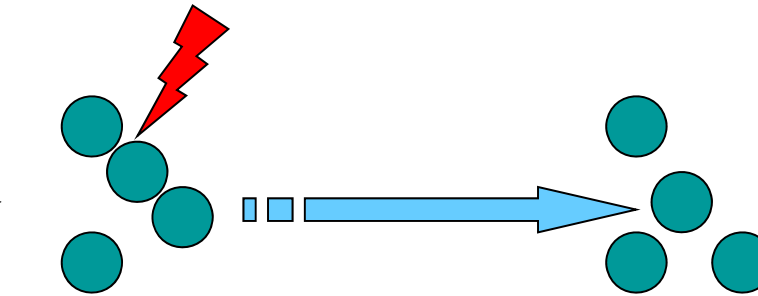
Qu'attendons-nous d'un LSPEAR?



Forte mortalité
Lente
récupération

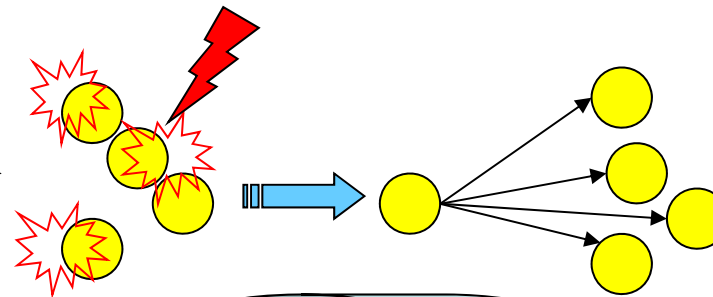
Qu'attendons-nous d'un LSPENotAR ?

Tolérance aux toxiques



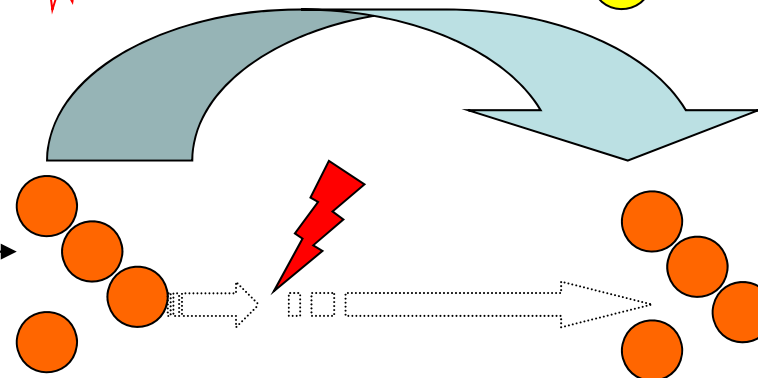
Pas ou peu de mortalité

Temps de génération court



Récupération rapide

Recolonisation depuis un milieu non contaminé et/ou à partir de stades protégés



Faible exposition et récupération rapide

Adaptation de la classification LSPEAR

Mise à jour de la base de données SPEAR

- Ajout de nouveaux taxons
- Mise à jour des temps de génération



Ce que nous avons gardé de l'indice SPEAR originel

- **Sensibilité** (S) :

$$S = \log \frac{LC50_{D.magna}}{LC50_{Taxon_i}} \geq -0,36 \text{ pour LSPEAR}$$



- LSPEAR Doivent avoir un **temps de generation** (G) ≥ 6 mois

Ce que nous avons enlevé

- Le critère de **mobilité** qui recouvrait la dérive
- La considération du printemps comme **période de risque maximal**

Ce que nous avons ajouté à l'indice SPEAR

La prise en compte de la saisonnalité pour la classification des insectes

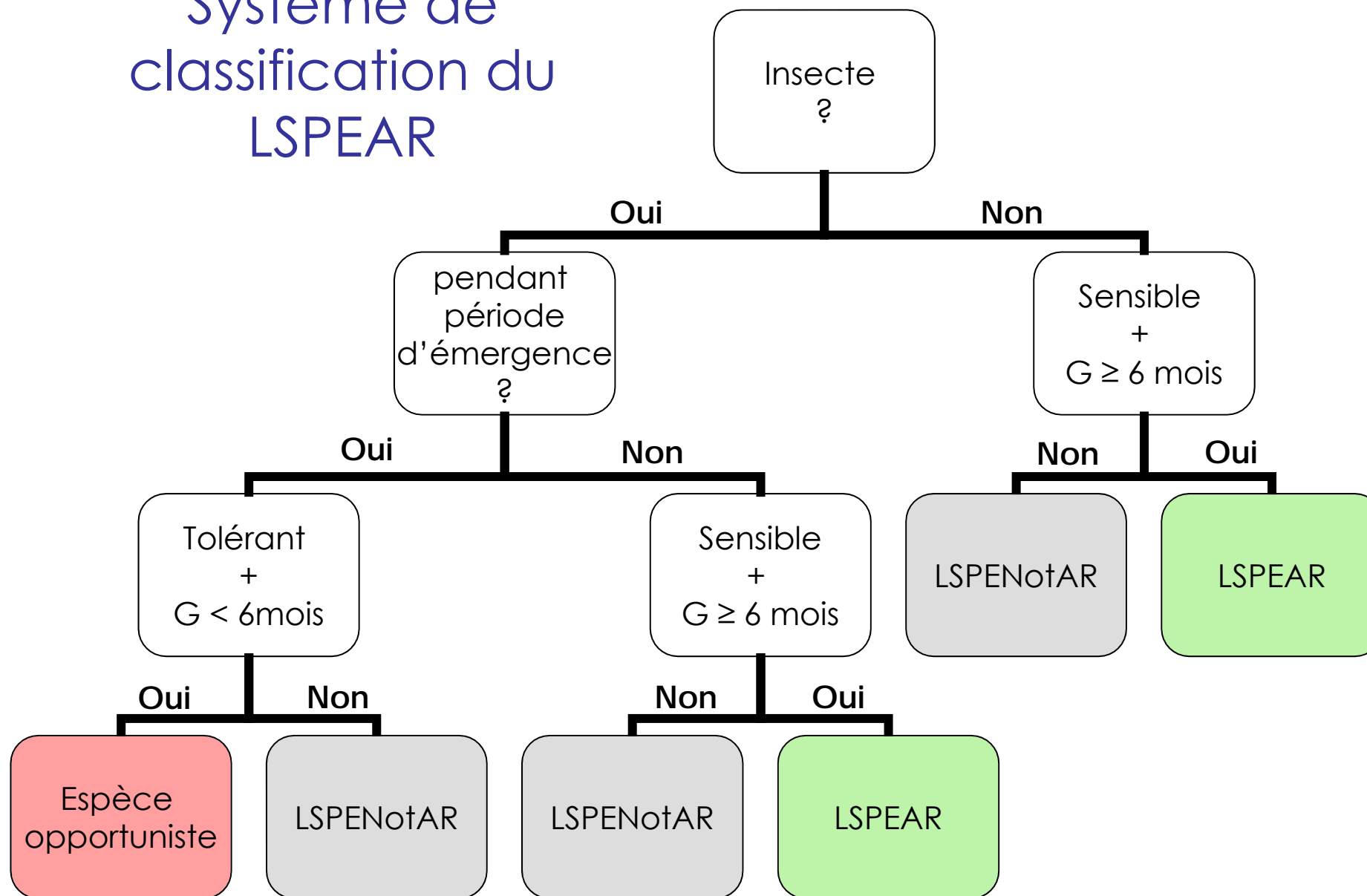
La dispersion aérienne est une source majeure de recolonisation des mesocosmes

(Caquet *et al.*, 2007. *Environ. Toxicol. Chem.*, **26**, 1280-1290)



- La classification des insectes dépend de la coincidence de la phénologie de l'émergence et de la date d'échantillonnage

Système de classification du LSPEAR



Calcul de l'indice LSPEAR

- Le score de l'indice LSPEAR correspond à la **proportion des organismes vulnérables moins celle des opportunistes** dans la communauté et est calculé suivant la formule :

$$LSPEAR = \frac{\sum_{i=1}^S \log(n_i + 1) \times y_i}{\sum_{i=1}^S \log(n_i + 1)}$$

- n_i = abondance du taxon i , S = nombre de taxons et $y_i = 1$ si le taxon i est LSPEAR, 0 si LSPENotAR et **-1 si opportuniste**
- Dans le cadre de nos études en mésocosmes, nous proposons de calculer le $\Delta LSPEAR$ suivant la formule :

$$\Delta LSPEAR = \overline{LSPEAR}_{\text{traités}} - \overline{LSPEAR}_{\text{témoins}}$$

Application à 2 années d'expérimentations en mésocosmes lenticques (octobre 2008-octobre 2010)

Plan experimental :

- 16 mares extérieures (9 m³): 4 témoins et 2 groupes de 6 mares contaminées
 - 2 années d'apports de pesticides hebdomadaires basés sur 2 itinéraires techniques appliqués à une succession pois-**blé-colza** :
1. Classique
 2. Bas-intrants pesticides

Paramètres :

- Résidus de pesticides dans l'eau
- Echantillonnage des communautés de macroinvertébrés toutes les 3 semaines.



Qui sont les LSPEAR?

Hiver seulement

Asellus aquaticus



Cloeon dipterum



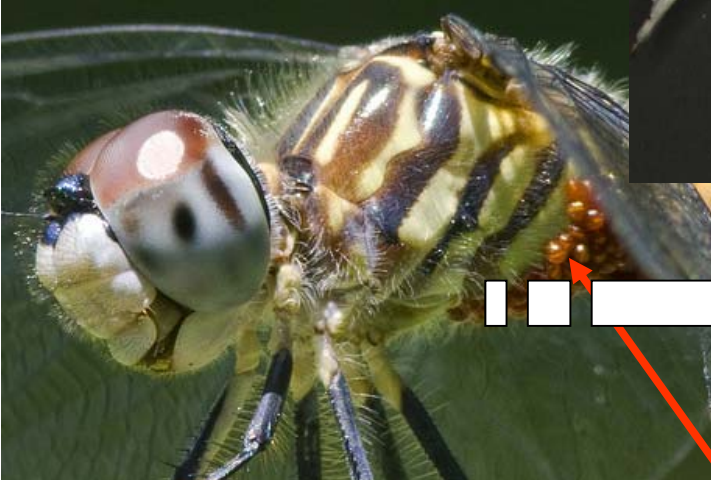
Coenagrion sp.



Ecnonmus tenellus



Parapoynx sp.



Eté: 3(2)/45 taxons

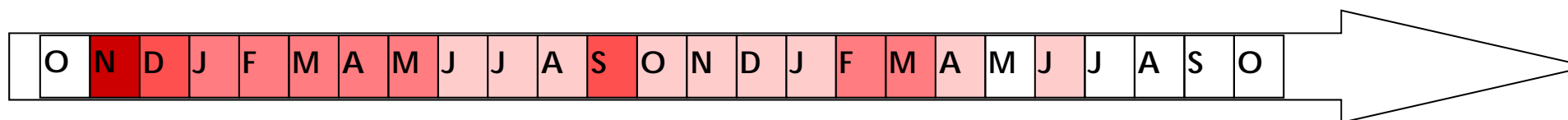
Hiver: 7/45 taxons

Résumé de l'exposition au pesticides

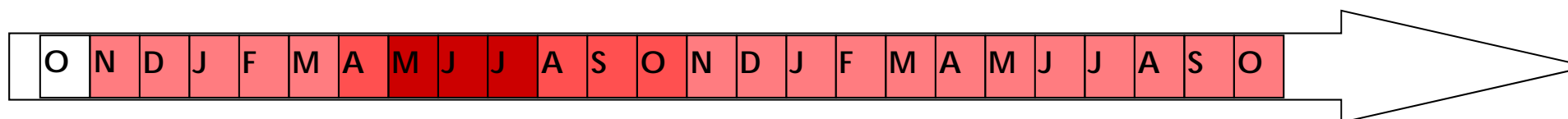
$$TU_{Daphnia} = \frac{C_{i,t}}{EC50_i}$$

$C_{i,t}$ est la concentration du pesticide i à la date t , et $EC50_i$ la concentration d'effet pour *Daphnia magna*

| | | | |
|---------------------|------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| TUmax D.magna >1 | TUmax D.magna 1-0,1 | TUmax D.magna 0,1-0,01 | TUmax D.magna 0,01-0,001 |
|---------------------|------------------------|---------------------------|-----------------------------|



Itinéraire Classique



Itinéraire bas intrants

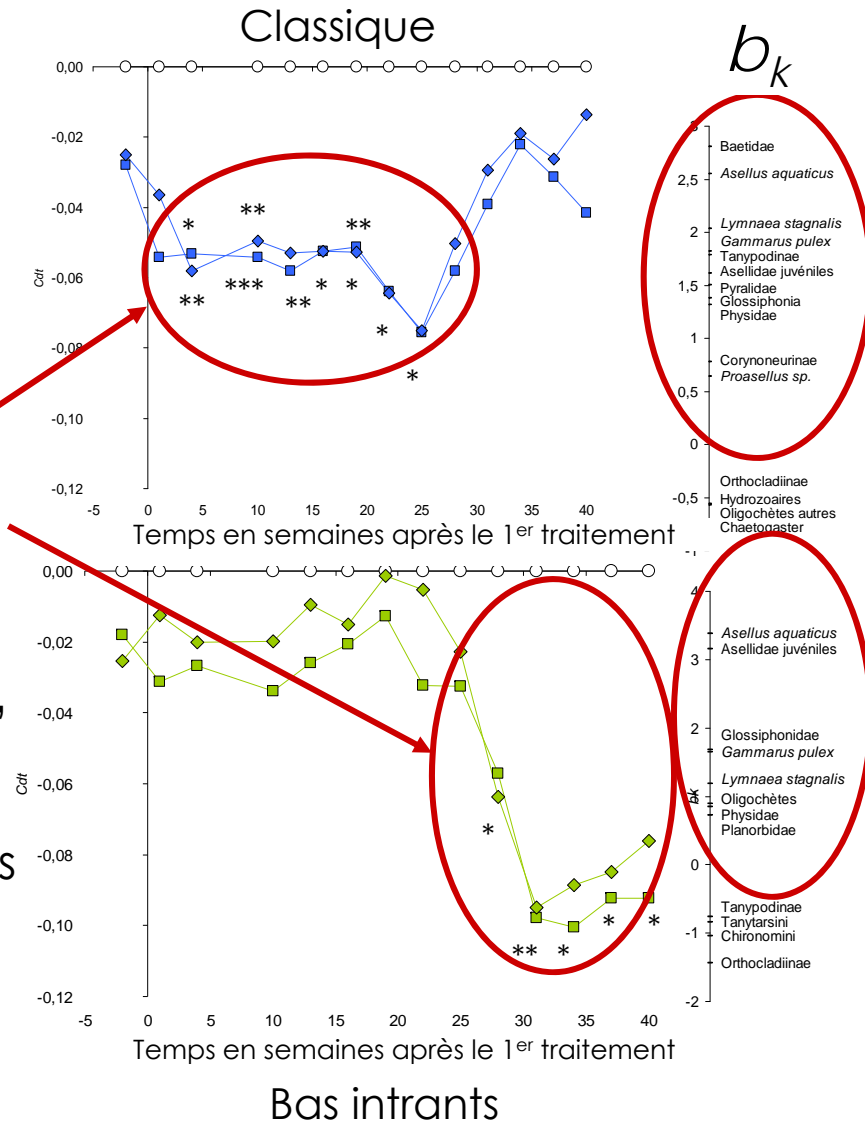
Comparaison des classifications SPEAR et LSPEAR

- Les changements au sein des communautés d'invertébrés ont été analysés au moyen de la 1^{ère} courbe de réponse principale (PC1)

Auber *et al.*, 2011. *Ecotoxicology*

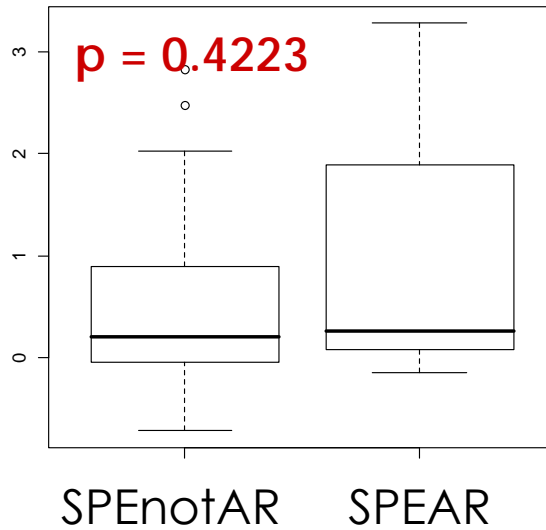
- Effets significatifs de :
 - L'itinéraire classique en **hiver**
 - L'itinéraire bas intrants au **Printemps et en été**

- Nous avons comparé les réponses des catégories "à risque" et "non à risque" des classifications SPEAR (rivière) et LSPEAR (milieux lenticules) par un test de non paramétrique de Kruskal-Wallis (KW) sur les valeurs de b_k (= **Le poids de chaque taxon dans la réponse présentée sur les graphes de la PC1**).



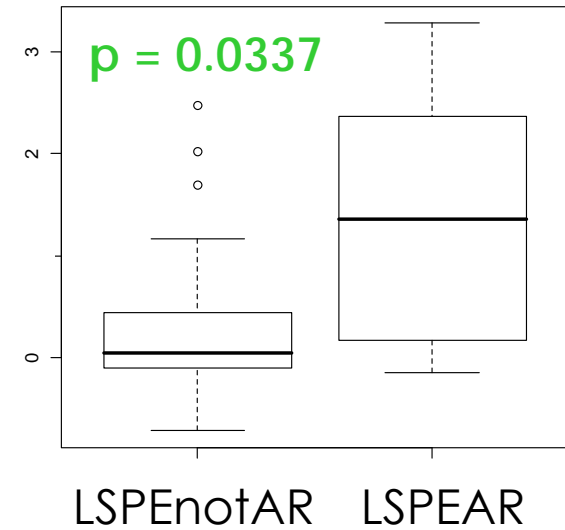
Classique

b_k
(28 octobre
au 5 Mai)



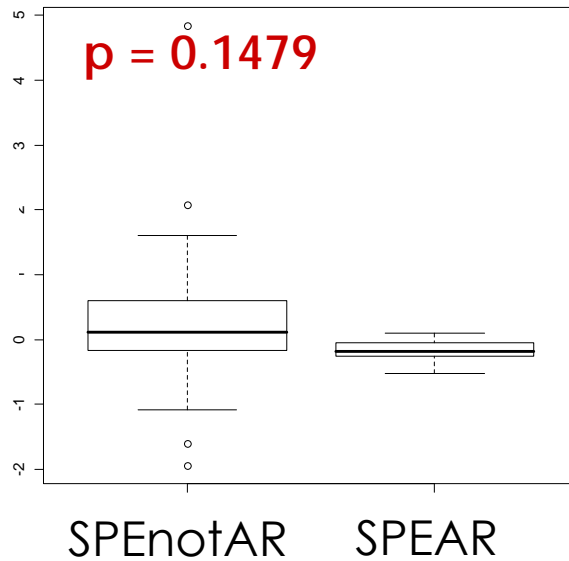
Classique

b_k
(28 octobre
au 5 mai)



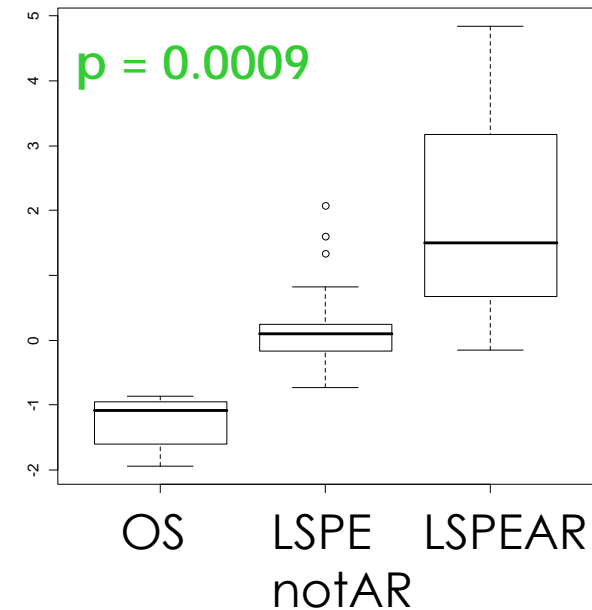
Bas intrants

b_k
(24 mars au
18 août)



Bas intrants

b_k
(24 mars au
18 août)



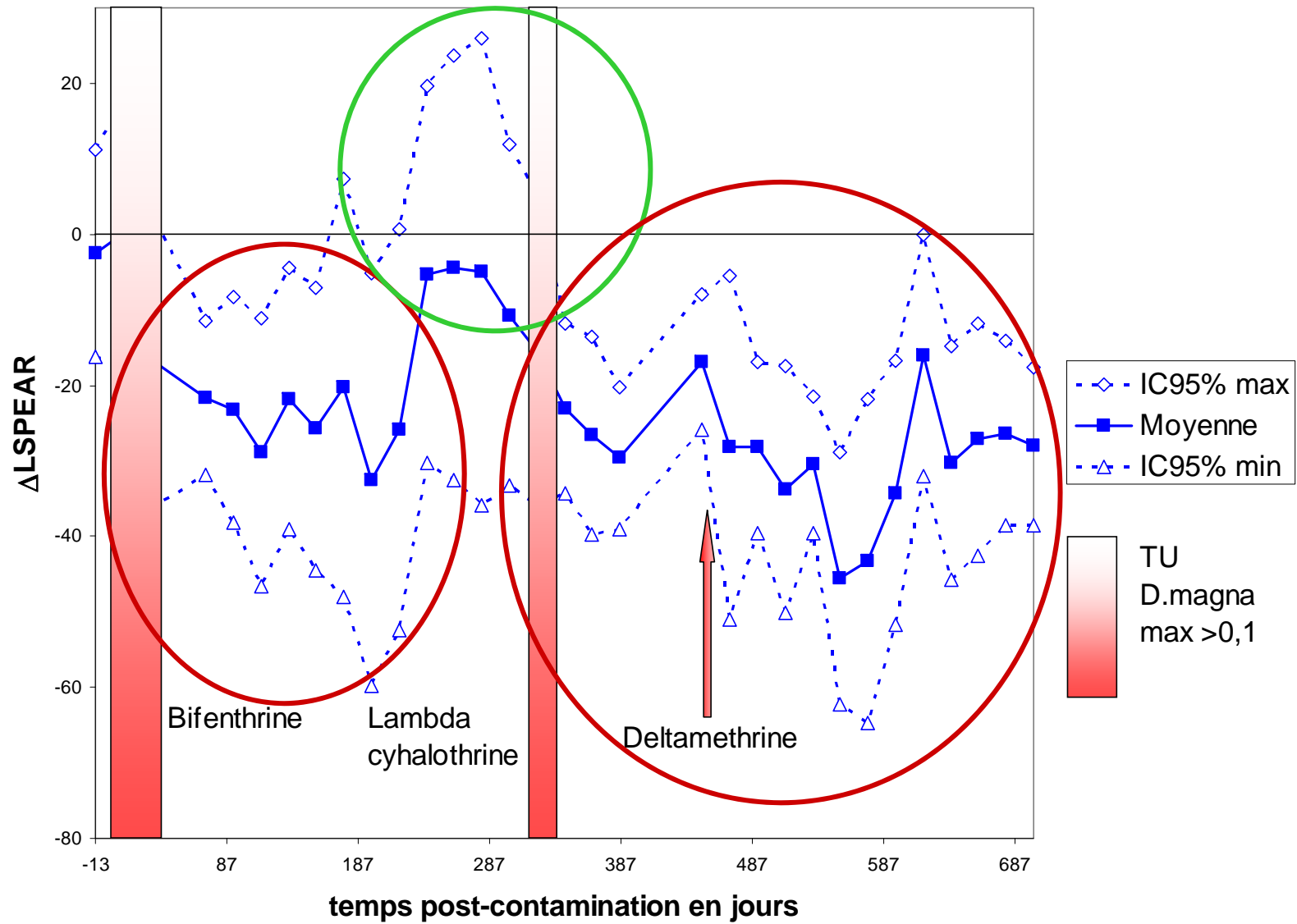
SPEAR (rivière)

LSPEAR (lentique)

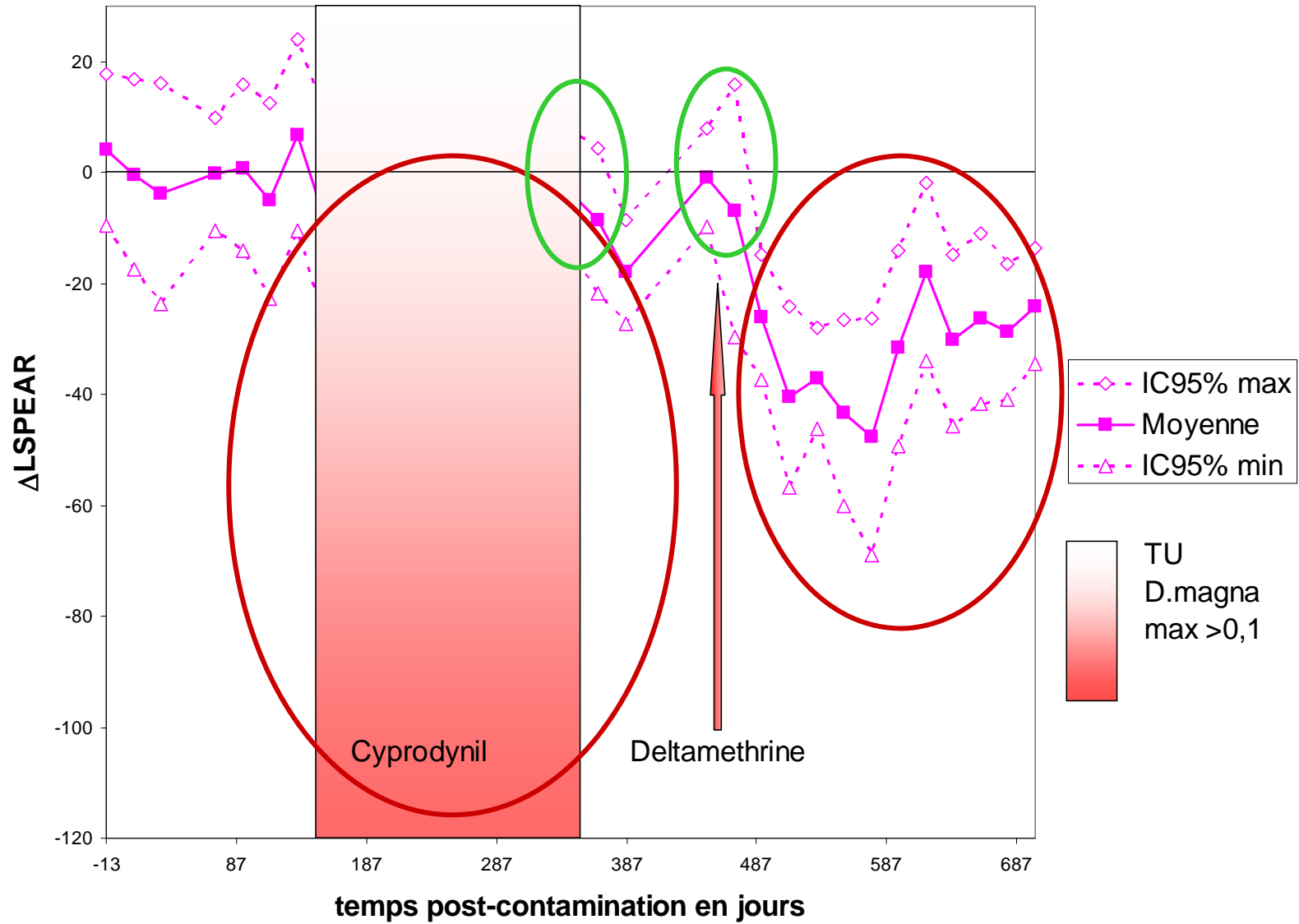
Résultats de l'application de l'indice LSPEAR

- Les valeurs de LSPEAR des mésocomes témoins et traités ont été comparées par une ANOVA ($\alpha=5\%$) et un test post-oc de Tuckey
- Les graphiques présentent le Δ LSPEAR et les bornes de l'intervalle de confiance à 95% données par le test de Tuckey
- Les phases de plus fortes contamination sont également figurée (TUmax *D.magna* ≥ 0.1)

Δ LSPEAR itinéraire Classique



Δ LSPEAR itinéraire bas-intrants



Conclusions et développements futurs

- L'indice LSPEAR a détecté l'impact des plus fortes concentrations de toxiques.
- La sélection *a priori* des traits pour estimer la vulnérabilité des taxons a bien fonctionnée.
- Les capacités de détection de l'indice LSPEAR doivent être évaluées sur un plus grand nombre d'études en mésocosmes.
- L'application de l'indice à des milieux naturels permettra :
 1. De positionner la vulnérabilité des mésocosmes par rapport aux mares naturelles
 2. D'évaluer l'exposition des communautés naturelles des milieux stagnants aux pesticides
- Les crustacés sont les principaux taxons LSPEAR. Ils doivent être présents (*i.e.*, introduits) dans les mésocosmes lenticules pour améliorer leur efficacité en tant qu'outils d'évaluation du risque écotoxicologique.



Merci