

## **Proposition de thèse : 2018-2021**

### **La culture dans l'évolution et la spéciation : approches comportementales et génomiques**

#### **Culture in evolution and speciation : behavioral and genomic approaches**

**Co-directeurs de thèse :** Guila Ganem, ISEM, UMR 5554, Université Montpellier, [guila.ganem@umontpellier.fr](mailto:guila.ganem@umontpellier.fr), tél : 0467143910. Carole Smadja, ISEM, UMR 5554, Université Montpellier, [carole.smadja@umontpellier.fr](mailto:carole.smadja@umontpellier.fr), tél : 0467149270.

**Ecole Doctorale :** GAIA, Université Montpellier (filiale EERGP) :

<https://gaia.umontpellier.fr/>

Rubrique Futur Doctorant puis Candidature ED GAIA

**But :** Tester le rôle d'une transmission culturelle des préférences sexuelles homogames impliquées dans l'isolement reproducteur et déterminer son impact sur l'expression des gènes impliqués dans la reconnaissance sexuelle. Ces questions seront abordées en utilisant la souris domestique comme modèle d'étude. Des préférences homogames ont évolué entre deux sous-espèces de la souris domestique chez des populations des deux sous-espèces proches de leur zone d'hybridation. On sait que l'empreinte olfactive à des stades précoces du développement post-natal de la souris pourrait influencer la transmission de ces préférences.

**Domaine scientifique :** Biologie évolutive, écologie comportementale, génomique

**Encadrement :** Guila Ganem (HDR, ISEM), Carole Smadja (ISEM)

**Contexte du projet :** L'imprégnation sexuelle est le processus par lequel la préférence sexuelle d'un individu est influencée par l'apprentissage, à un très jeune âge, d'un signal porté notamment par l'un des parents. Il s'agit d'un processus très répandu dans le monde animal (Irwin and Price, 1999; Chaffee et al., 2013; Kozak et al., 2011) et pouvant jouer un rôle important dans la spéciation (Servedio et al. 2009; Verzijden et al. 2012; Lachlan and Servedio 2004). Chez la souris domestique, le choix du partenaire sexuel repose au moins partiellement sur un système de reconnaissance de type olfactif, i.e. impliquant des signaux odorants et des récepteurs olfactifs (exprimés dans deux tissus : l'épithélium olfactif et l'organe voméronasal). Des populations naturelles de ce genre sont utilisées comme modèle pour l'étude des mécanismes de spéciation en présence de flux de gènes (voir paragraphe suivant). Différentes études ont montré que la divergence du système de reconnaissance sexuelle dans la zone hybride contribue à leur isolement reproductif.

Nous nous intéressons ici au mécanisme d'évolution des préférences sexuelles olfactives, et notamment au rôle de l'apprentissage sur la divergence des préférences sexuelles entre les deux sous-espèces. De nombreuses études témoignent de l'apprentissage olfactif chez la souris et des corrélats neurophysiologiques de cet apprentissage (Swaney et al. 2007). On sait par exemple que la manipulation de l'environnement olfactif de nouveaux nés peut entraîner des changements de leurs préférences olfactives une fois adultes, ainsi que des modifications de l'expression des gènes de récepteurs olfactifs potentiellement impliqués dans ces

mécanismes de reconnaissance (Broad and Keverne, 2012), suggérant ainsi l'importance de l'empreinte olfactive postnatale dans l'expression des préférences sexuelles.

Dans un contexte de spéciation, un tel processus pourrait favoriser l'évolution et le maintien de préférences homogames et ainsi contribuer à l'isolement reproductif (Servedio et al. 2009; Lachlan and Servedio 2004).

**Modèle d'étude** : Les deux sous-espèces européennes de souris domestique (*Mus musculus domesticus* et *M. m. musculus*) ont divergé en allopatrie pendant 0.5 million d'années avant de se rencontrer secondairement en Europe, où elles occupent à l'heure actuelle des zones géographiques distinctes mais s'hybrident le long d'un axe allant de la Scandinavie à la mer noire en passant par le Jutland (Danemark) et l'Allemagne. Des nombreuses études se sont intéressées aux caractéristiques de cette zone hybride. Nous savons que :

1) Il s'agit d'une zone dite de tension : en équilibre entre pressions de sélection et migration (Raufaste et al. 2005).

2) Des divergences génétiques accumulées en allopatrie entraînent une baisse de la fertilité des hybrides entre les deux sous-espèces (ex. Britton-Davidian et al. 2005; Turner et al. 2012). Ces hybrides sont également moins attractifs sexuellement que les types parentaux (Latour et al. 2014).

3) Cette sélection contre les hybrides est possiblement à l'origine de l'évolution de préférences sexuelles homogames (préférence pour se reproduire avec les individus de sa propre sous-espèce) observées dans les populations de la zone hybride (Ganem et al. 2008; Smadja and Ganem 2008; Smadja and Ganem 2005; Ganem et al. 2005; Smadja et al. 2004; Smadja and Ganem 2002; Bímová et al. 2011).

4) Les signaux impliqués dans l'expression de ces préférences homogames sont olfactifs et présents dans l'urine (Smadja et al. 2004; Smadja & Ganem 2005; (Hurst et al., in press).

5) Préférences et signaux sont au moins partiellement sous contrôle génétique (Ganem et al. 2008; Ganem et al. 2014).

### **Objectifs :**

- I) Tester l'existence d'une transmission culturelle des préférences sexuelles homogames, et en particulier le rôle d'une empreinte olfactive précoce dans l'expression de ces préférences à l'âge adulte
- II) Si une transmission culturelle est détectée, évaluer la part transmise par chacun des parents à leurs filles versus leur fils.
- III) Analyser le cas des hybrides.
- IV) Caractériser les changements d'expression, notamment au niveau de récepteurs olfactifs, pouvant être corrélés à cette imprégnation olfactive et pouvant être à l'origine de changements de préférences sexuelles.

### **Méthodologies :**

i) Manipulation de l'environnement olfactif des souris à la naissance par exposition à des odeurs particulières (ex. urines venant d'adultes de leur propre sous-espèce versus l'autre sous-espèce) et/ou par adoptions croisées.

ii) Tests comportementaux de préférence et de discrimination entre odeurs (tests de choix entre deux stimuli ; tests d'habituation-discrimination/généralisation; Smadja and Ganem, 2002, 2008), afin de tester si l'environnement olfactif a influencé l'expression des préférences sexuelles homogames à l'âge adulte.

iii) Analyse des patrons d'expression (par séquençage RNA-seq du transcriptome de l'organe voméronasal et de l'épithélium olfactif) afin de comparer les niveaux d'expression des récepteurs olfactifs chez les adultes ayant été exposés, au stade postnatal, à différentes odeurs.

#### Bibliographie :

- Bímová BV, Macholán M, Baird SJE, Munclinger P, Dufková P, Laukaitis CM, Karn RC, Luzynski K, Tucker PK, Piálek J (2011) Reinforcement selection acting on the European house mouse hybrid zone. *Molecular Ecology* 20(11):2403-2424
- Britton-Davidian J, Fel-Clair F, Lopez J, Alibert P, Boursot P (2005) Postzygotic isolation between the two European subspecies of the house mouse: estimates from fertility patterns in wild and laboratory-bred hybrids. *Biological Journal of the Linnean Society* 84:379-393
- Broad KD, Keverne EB. (2012) The Post-Natal Chemosensory Environment Induces Epigenetic Changes in Vomeronasal Receptor Gene Expression and a Bias in Olfactory Preference. *Behavior Genetics*. 42:461-71.
- Chaffee DW, Griffin H, Gilman RT, 2013. Sexual imprinting: what strategies should we expect to see in nature? *Evolution* 67:3588-3599. doi: 10.1111/evo.12226.
- Ganem G, Ginane C, Ostrowski M-F, Orth A (2005) Assessment of mate preference in the house mouse with reference to investigations on assortative mating. *Biological Journal of the Linnean Society* 84:461-471
- Ganem G, Litel C, Lenormand T (2008) Variation in mate preference across a house mouse hybrid zone. *Heredity* 100:594-601
- Ganem G., Rueff C. & Perriat-Sanguinet M. (2014) The Genetic Architecture of Chemosensory Cues Involved in Species Recognition: A Behavioral Approach in the House Mouse. *Behavior Genetics* **44**, 56-67.
- Hurst JL, Beynon RJ, Armstrong SD, Davidson AJ, Roberts SA, Gomez-Baena G, Smadja CM, Ganem G, in press. Molecular heterogeneity in major urinary proteins of *Mus musculus* subspecies: potential candidates involved in speciation *Scientific reports*.
- Irwin DE, Price T (1999) Sexual imprinting, learning and speciation. *Heredity*. 82:347-54.
- Kozak GM, Head ML, Boughman JW, 2011. Sexual imprinting on ecologically divergent traits leads to sexual isolation in sticklebacks. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 278:2604-2610. doi: 10.1098/rspb.2010.2466.
- Lachlan, R. F., and M. R. Servedio. 2004. Song learning accelerates allopatric speciation. *Evolution* (N. Y). 58:2049–2063.
- Latour Y., Perriat-Sanguinet M., Caminade P., Boursot P., Smadja C.M. & Ganem G. (2014) Sexual selection against natural hybrids may contribute to reinforcement in a house mouse hybrid zone. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **281**, 20132733; 1471-2954
- Raufaste N., Orth A., Belkhir K., Senet D., Smadja C., Baird S.J.E., Bonhomme F., Dod B. & Boursot P. (2005) Inference of selection and migration in the danish house mouse hybrid zone. *Biological Journal of the Linnean Society* **84**, 593-616.
- Servedio, M. R., S. A. Saether, and G. P. Saetre. 2009. Reinforcement and learning. *Evol. Ecol.* 23:109–123.
- Smadja C, Catalan J, Ganem G (2004) Strong premating divergence in a unimodal hybrid zone between two subspecies of the house mouse. *J Evol Biol* 17(1):165-176
- Smadja C, Ganem G (2002) Subspecies recognition in the house mouse: a study of two populations from the border of a hybrid zone. *Behav Ecol* 13(3):312-320
- Smadja C, Ganem G (2008) Divergence of odorant signals within and between the two European subspecies of the house mouse. *Behavioral Ecology* 19(1):223-230
- Smadja C, Ganem G (2005) Asymmetrical reproductive character displacement in the house mouse. *J Evol Biol* 18:1485-1493

Swaney WT, Curley JP, Champagne FA, Keverne EB. (2007) Genomic imprinting mediates sexual experience-dependent olfactory learning in male mice. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 104:6084-9.

Turner LM, Schwahn DJ, Harr B (2012) REDUCED MALE FERTILITY IS COMMON BUT HIGHLY VARIABLE IN FORM AND SEVERITY IN A NATURAL HOUSE MOUSE HYBRID ZONE. *Evolution* 66(2):443-458

Verzijden, M. N., C. ten Cate, M. R. Servedio, G. M. Kozak, J. W. Boughman, and E. I. Svensson. 2012. The impact of learning on sexual selection and speciation. *Trends Ecol. Evol.* 27:511–519.