

---

**Abstract : Adaptation in central and marginal populations : contribution of selection, connectivity and reproductive systems. Theoretical and empirical approaches on the kelp *Laminaria digitata*.**

In the context of climate change, many species are subject to a change in their range distribution. One of the major determinants of species' survival is based, among other things, on the adaptation of populations located at the range limits (or marginal populations). The adaptive potential of populations depends largely on their genetic diversity, which itself depends on historical and contemporary factors, such as connectivity between populations and the reproductive system of individuals. As part of my thesis, I first investigated the historical factors that may explain the geographical distribution of genetic diversity across the distributional range of the kelp *Laminaria digitata*. Subsequently, this study was combined with studies on spatio-temporal variation of populations, connectivity studies at the scale of the French coasts and an exploration of the phenomenon of local adaptation in the face of temperature by the means of a common garden experiment. In addition to marginal populations, we were also interested in the fate of populations located in the center of the species' distribution range, but isolated from gene flows by different barriers to dispersal (or isolated populations). The results show that genetic diversity at the scale of Brittany remains important, reflecting the fact that it was probably glacial refugia during the last ice age. Populations located at the Southern edge show a reduced genetic diversity, but still greater than that of isolated populations, which could have allowed adaptation to higher temperatures, as demonstrated by the common garden experiment. Finally, results from temporal analyses show that marginal and isolated populations show a stronger temporal genetic differentiation compared to central populations, suggesting a stronger effect of genetic drift and/or a higher permeability to migrants. In a second part of my thesis, I used theoretical approaches to understand the phenomenon of geographical parthenogenesis observed in a number of species, corresponding to an evolution towards an asexual mode of reproduction at the range limits. In particular, I studied the validity of two hypotheses based on different characteristics of marginal populations. The first hypothesis assumes that asexual reproduction is beneficial as it allows the maintenance of phenotypes adapted to extreme environmental conditions in the face of an influx of maladapted migrants, and was studied using a model in which a quantitative trait evolves along an environmental gradient. The second hypothesis assumes that asexual reproduction avoids inbreeding depression resulting from reproduction between related individuals in a structured population. This hypothesis was studied using an infinite island model, in which diploid individuals are characterized by a locus under selection and a locus affecting their mode of reproduction. The results of these two models show that - depending on the range of parameters considered - these hypotheses can indeed help to explain the phenomenon of geographical parthenogenesis.

---

**Résumé : Adaptation dans les populations centrales et marginales : contribution de la sélection, de la connectivité et du système de reproduction. Approche théorique et empirique sur l'espèce d'algue brune *Laminaria digitata*.**

Dans le cadre du changement climatique, de nombreuses espèces sont sujettes à un changement d'aire de distribution. Un des déterminants majeurs de la survie des espèces repose entre autres sur l'adaptation des populations situées en limite d'aire de distribution (ou populations marginales). Le potentiel adaptatif des populations dépend en grande partie de leur diversité génétique, qui dépend elle-même de facteurs historiques comme de facteurs contemporains, tels que la connectivité entre populations et le système de reproduction des individus. Dans le cadre de ma thèse, je me suis d'abord intéressée aux facteurs historiques pouvant expliquer la répartition géographique de la diversité génétique à travers l'aire de distribution de l'algue brune *Laminaria digitata*. Par la suite, cette étude a été combinée avec des études de la variation spatio-temporelle des populations, des études de connectivité à l'échelle des côtes françaises et d'une exploration du phénomène d'adaptation locale à la température au moyen d'une expérience en jardin commun. Outre les populations marginales, nous nous sommes également intéressés au devenir de populations situées au centre de l'aire de distribution, mais isolées des flux de gènes par différentes barrières à la dispersion (ou populations isolées). Les résultats montrent que la diversité génétique à l'échelle de la Bretagne reste importante, reflétant le fait qu'elle a probablement été une zone refuge durant la dernière période glaciaire. Les populations situées en limite d'aire Sud montrent une diversité génétique amoindrie, mais restant plus importante que celle des populations isolées, ce qui aurait pu permettre une adaptation à des températures plus élevées, telle que démontrée par l'expérience en jardin commun. Enfin, les analyses temporelles montrent que les populations marginales et isolées montrent une plus forte différenciation génétique temporelle par rapport aux populations centrales, suggérant un plus fort effet de la dérive génétique et/ou une plus forte perméabilité face aux migrants. Dans un deuxième volet de ma thèse, j'ai utilisé des approches théoriques pour comprendre le phénomène de parthénogenèse géographique observé dans un certain nombre d'espèces, correspondant à une évolution vers un mode de reproduction asexué en limite d'aire de distribution. En particulier, j'ai étudié la validité de deux hypothèses reposant sur différentes caractéristiques des populations marginales. La première hypothèse suppose que la reproduction asexuée permet de maintenir des adaptations à des conditions environnementales extrêmes face à un afflux de migrants maladaptés, et a été étudiée à l'aide d'un modèle d'évolution d'un trait quantitatif le long d'un gradient environnemental dans lequel les individus sont haploïdes. La deuxième hypothèse suppose que la reproduction asexuée permet d'éviter la dépression de consanguinité résultant des croisements entre individus apparentés en population structurée. Cette hypothèse a été étudiée à l'aide d'un modèle en îles infini, dans lequel les individus diploïdes sont caractérisés par un locus sous sélection et un locus affectant leur mode de reproduction. Les résultats de ces deux modèles montrent que - selon les gammes de paramètres considérées - ces hypothèses peuvent effectivement permettre d'expliquer le phénomène de parthénogenèse géographique.