

# *Dynamique des bassins d'avant-pays et collision dans les Alpes de l'Ouest : sources, routage et bilans sédimentaires*

**Bastien Huet**

---

## *Résumé*

La formation des bassins d'avant pays nord et ouest alpins résulte de la collision des plaques européenne et adriatique à partir de ~32-34 Ma et de l'exhumation progressive des Alpes internes au cours de l'Oligocène et des Alpes externes pendant le Miocène. Leur développement est classiquement divisé en deux phases distinctes : (1) un bassin sous-alimenté entre l'Eocène et le Rupélien moyen dit bassin de flysch, et (2) un bassin sur-alimenté à partir du Rupélien supérieur et jusqu'à la fin du Miocène dit bassin molassique.

L'évolution de la sédimentation et le calendrier *source to sink* au cours de ces phases et notamment au sein de la deuxième phase qui présentent de fortes variations spatio-temporelles sont moins documentés dans la partie ouest que dans la partie nord. Le but de ce travail de thèse est d'apporter de nouvelles données et de mieux comprendre le développement de ce bassin qui semble très segmenté. Ce manuscrit est constitué de trois volets principaux : une synthèse paléoenvironnementale de tous les bassins ouest alpins et la reconstitution du routage sédimentaire, l'identification des zones sources de la sédimentation et la quantification des budgets sédimentaires.

Le premier volet se focalise sur la réorganisation du routage sédimentaire entre l'Eocène et le Miocène inférieur. Pour la première fois, un calendrier chronostratigraphique précis et détaillé de tous les bassins oligocènes du sud-est de la France est proposé via l'acquisition de nouvelles données de terrain et de biostratigraphie, ainsi que la réinterprétation de données de subsurface. Ce travail a permis de mettre en évidence le rôle déterminant de l'orogénèse pyrénéo-provençale qui favorise l'export de matériel alpin en dehors du *foredeep* dès le Rupélien supérieur et de l'ECRIS qui crée des zones subsidentes dans la vallée du Rhône dès le Priabonien influençant le reste de la sédimentation oligo-miocène. Le prisme orogénique et l'exhumation des Alpes externes a causé, notamment au cours du Chattien, une diminution des apports des Alpes internes dans les bassins oligocènes. Ce travail a montré que le routage sédimentaire du SE de la France actuel commence à s'établir dès l'Oligocène supérieur, avec la mise en place d'un système longitudinal (paléo-Rhône) pérenne dans la vallée du Rhône s'écoulant vers le Golfe du Lion et approvisionné par deux systèmes transverses (paléo-Isère & paléo-Durance) majeures assurant la connexion avec les Alpes de l'ouest.

Dans le deuxième volet, des résultats de thermochronologie détritique confirment qu'à 30 Ma, une nouvelle source apparaît dans l'enregistrement sédimentaire des bassins rupéliens et dont l'origine est située dans le nord des Alpes internes. Cette source disparaît au Chattien dans le bassin d'avant pays ouest alpin (mais persiste dans son homologue nord alpin) remplacée par une source des zones internes du sud, en lien avec l'exhumation des Alpes externes causant une migration de la ligne de partage des eaux et une réorganisation partielle du réseau de drainage. Le Miocène est caractérisé par des apports permanents en provenance des Alpes internes bien que la sédimentation au cours de cette période soit fortement influencée par l'exhumation des Alpes externes. Nos résultats ont montré que le socle des Alpes externes devient une source au Tortonien.

Dans le troisième volet, nous montrons que les flux sédimentaires chutent effectivement à l'Aquitaniens moyen, jusqu'au Burdigalien supérieur, fait commun à l'ensemble du bassin d'avant pays pro *foreland*, et que nous avons relié à une diminution des apports lié à une réorganisation du réseau de drainage en lien avec l'exhumation des Alpes externes.

Le début du Langhien est caractérisé par une augmentation très rapide des volumes sédimentés, les taux volumiques resteront très hauts jusqu'au Tortonien inférieur. Nous avons relié cette augmentation à deux causes : une réadaptation du réseau de drainage et le recyclage du bassin d'avant pays nord alpin dans le bassin d'avant pays ouest alpin.

La fin du Miocène est caractérisée par de très faibles volumes sédimentés, impliquant que le bassin d'avant pays ouest alpin est devenu une zone de transfert sédimentaire et que l'essentiel du matériel alpin est désormais exporté vers le Golfe du Lion.

L'ensemble des résultats acquis nous a permis de proposer un modèle d'évolution paléoenvironnementale et *source to sink* du bassin d'avant pays ouest alpin composé de six phases entre l'Eocène et le Miocène supérieur, correspondant chacune à des changements majeurs dans l'enregistrement sédimentaire, regroupées en 3 étapes qui peuvent être discutées au regard de l'évolution du prisme orogénique alpin.

---

### *Abstract*

The formation of the North and West Alpine foreland Basins (NAFB and WAFB) results from the collision of the European and Adriatic plates starting at ~32-34 Ma and the progressive exhumation of the internal Alps during the Oligocene and the external Alps during the Miocene. Their development is classically divided into two distinct phases: (1) an underfilled basin between the Eocene and the middle Rupelian, known as the flysch basin, and (2) an overfilled basin from the upper Rupelian until the end of the Miocene, known as the molasse basin.

The evolution of the sedimentation and the source to sink framework during these phases, particularly within the second phase, which exhibits strong spatiotemporal variations, are less documented in the WAFB than in the NAFB. The aim of this work is to provide new data and a better understanding of the development of this basin, which appears strongly segmented. This manuscript consists of three main parts: a palaeoenvironmental synthesis of all west Alpine basins and the reconstruction of sediment routing, identification of sediment source areas and quantification of sediment budgets.

The first part focuses on the reorganization of sediment routing between the Eocene and the lower Miocene. For the first time, a precise and detailed chronostratigraphic synthesis of all Oligocene basins in southeastern France is proposed through an exhaustive literature review, the acquisition of new field and biostratigraphic data and the reinterpretation of subsurface data. This work highlights the crucial role of the Pyrenean-Provencal orogeny, which promotes the export of Alpine material outside the foredeep from the upper Rupelian and the ECRIS, which creates subsiding zones in the Rhone Valley from the Priabonian, influencing the rest of Oligo-Miocene sedimentation. The development of the orogenic wedge and the exhumation of the external Alps caused, particularly during the Chattian, a decrease in sedimentary inputs from the internal Alps into the Oligocene basins. This work shows that the current sediment routing in southeastern France began to form during the upper Oligocene, with the establishment of a long-lasting longitudinal system (paleo-Rhone) in the Rhone Valley flowing towards the Gulf of Lion and fed by two major transverse systems (paleo-Isere & paleo-Durance) ensuring connection with the Western Alps.

In the second part, detrital thermochronology results confirm that at 30 Ma, a new source appears in the sedimentary record of the Rupelian basins, originating from the northern internal Alps. This source almost disappears during the Chattian in the WAFB (but persists in the NAFB), replaced by a source from the internal zones of the south, related to the exhumation of the external Alps causing a migration of the drainage divide and a partial reorganization of the drainage network.

The Miocene is characterized by continuous inputs from the internal Alps although sedimentation during this period is strongly influenced by the exhumation of the external Alps. Our results show that the basement of the external Alps becomes a source during the Tortonian.

In the third part, we show that sediment fluxes indeed decrease in the middle Aquitanian, up to the upper Burdigalian, an event recorded in both WAFB and NAFB, which we link to a decrease in sedimentary inputs associated with a reorganization of the drainage network related to the exhumation of the external Alps. The beginning of the Langhian is characterized by a very rapid increase in sediment volumes, with volumetric rates remaining very high until the lower Tortonian. We link this increase to two causes: a readjustment of the drainage network and the recycling of sediment from the northern Alpine foreland basin into the western Alpine foreland basin. The end of the Miocene is characterized by very low sediment volumes, implying that the West Alpine Foreland Basin has become a sediment transfer zone and that most Alpine material is now exported to the Gulf of Lion.

Based on our results, we propose a palaeoenvironmental and source to sink reconstruction for the West Alpine Foreland Basin, comprising six phases between the Eocene and Upper Miocene, each corresponding to major changes in the sedimentary record, grouped into 3 stages that can be discussed in terms of the evolution of the Alpine orogenic wedge.