THESE D'HABILITATION

A

DIRIGER DES RECHERCHES

Guillaume Dupont-Nivet

UMR-CNRS 6118 Géosciences Rennes

Avant propos et remerciements. Je remercie les membres du jury qui ont accepté de juger ce travail. La recherche scientifique exposée dans cette these est le fruit de travaux en équipes. Les financements proviennent de multiples organismes internationaux. Que tous ceux qui par leur soutien scientifique, materiel ou amical ont permis l'elaboration et l'aboutissement de ce travail, se trouvent ici chaleureusement remerciés.

TABLE DES MATIERES

A. DOSSIER DE SYNTHÈSE
A1. Curriculum Vitae
A1.1. Etat civil
A.1.2. Discipline de recherche
A.1.3. Titres Universitaires et autres
A.1.4. Activités d'enseignements
A.1.5. Activités d'administration
A2. Synthèse des Activités
A.2.1. Les points forts de mes activités de recherche et résultats marquants depuis 5 ans
A.2.2. Liste des activités d'encadrement
A.2.3. Liste des activités de valorisation
A.2.4. Liste des participations à des ouvrages édités
A.2.5. Liste des Publications dans les revues avec comité de lecture
A.2.6. Publications en relation avec le milieu industriel
A.2.7. Mémoires et thèses
A.2.8. Participation à des conférences (1er auteur seulement)
A.2.9. Colloques ou conférences en tant qu'invité

B. DESCRIPTION DES TRAVAUX EFFECTUES
B.1. Parcours universitaire
B.2. Activités de recherche
B.3. Expertises
B.4. Collaborations et Administration

C. DESCRIPTION DES THEMES ET PROJETS DE RECHERCHE
C.1. Datations et quantifications des forçages externes et internes des paléoenvironnements dans le cadre des changements régionaux et globaux
C.2. Stratégie de recherche
C.3. Applications et Chantiers
C.4. Collision Inde-Asie: Paleolatitude, age et convergence.
C.5. Changements régionaux et globaux: Enregistrements paléogènes exceptionnels du Nord-Est Tibétain
C.6. Age et forçage du retrait marin de l'Asie
C.7. Conclusions et horizons
C.8. References bibliographiques

D. EXEMPLES ET APPLICATIONS PUBLIEES
D.1. Tectonique: Applications à la collision Inde-Asie
D.2. Tectonique: Applications à la géodynamique méditerranéenne
D.3. Tectonique: Applications à la géodynamique andine
E.1. Chronostratigraphie et paléo-environnements: Méthodes
E.2. Chronostratigraphie et paléo-environnements: Applications à la collision Inde Asie
E.3. Chronostratigraphie et paléo-environnements: Applications à la paléoanthropologie
E.4. Chronostratigraphie et paléo-environnements: Applications à la meditterannée

F. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A. DOSSIER DE SYNTHÈSE

A1. Curriculum Vitae

A1.1. Etat civil

Guillaume DUPONT-NIVET
39 ans
Né le 18 Mars 1971 à Paris (75015)
Marié, deux enfants

www.geo.uu.nl/~forth/people/Guillaume

Chargé de Recherche de 1ère classe au CNRS
UMR 6118, Laboratoire Géosciences Rennes
Université Rennes 1, Campus de Beaulieu, Bât. 15
35042 Rennes Cedex
Téléphone bureau : 02 23 23 53 56
Email : guillaume.dupont-nivet@univ-rennes1.fr

A.1.2. Discipline de Recherche

Thèmes	Forçages internes et externes des Paléoenvironnements, Changements Globaux.
Outils	Chronostratigraphie; Paléomagnétisme; Thermochronologie.
Projets	Interactions Tectonique-Climat et Collision Inde-Asie; Géodynamique Méditerranéenne; Paléoenvironnements des Hominidés.

A.1.3. Titres Universitaires et Autres

2010-présent	Chargé de Recherche de 1ère classe au CNRS, Géosciences Rennes, France.
2009-présent	Chaire Professorale, Université de Pékin, Chine.
2008-2010	Professeur Assistant, Université d'Utrecht, Pays-Bas (bourse 'Vidi').
2005-2008	Post-doc., Universités d'Utrecht et d'Amsterdam, Pays-Bas (bourse 'Veni').
2003-2005	Post-doc., Université d'Utrecht, Pays-Bas (Bourse individuelle 'Marie Curie').
2002-2003	Post-doc., University of California Los Angeles, USA.
1998-2002	Doctorat (Ph.D.) Geosciences, University of Arizona, USA.
1996-1997	Enseigne de vaisseau, Service Hydrographique et Océanographique de la Marine, Brest
1995-1996	D.E.A. Géologie, Géosciences Rennes, France.
1993-1995	Licence & Maîtrise de Géophysique, Paris 7/IPGP, Paris, France.
1991-1993	DEUG A, option Sciences de la Terre, Strasbourg, France.

A.1.4. Activités d'Enseignements

	Cours
2010-2011	Erosion et Géomorphologie (9 heures équ. TD - Cours M1- M2, Univ. Rennes 1).
2009-2010	Paléomagnétisme et applications (20 heures - Cours M1- M2, Peking University).
2005-2009	Paléomagnétisme et applications (15 heures - Cours M1- M2, Utrecht University).
2006-2009	Introduction sciences de la Terre (20 heures - Cours de L3, University College, Utrecht).

A.1.5. Activités d'Administration

	Révisions d'articles et bourses (NSF, Geology, EPSL, JGR, Tectonophysics, GJI, etc...).
	Échanges inter-universitaires Chine / Pays-Bas depuis 2004.
2011	Automatisation du laboratoire de paléomagnétisme de Géosciences Rennes.
2011	Editeur du volume spécial "Asian Climate and Tectonics" dans le Journal of Asian Earth Sciences.
2010	Organisateur du séminaire "Asian Climate and Tectonics", 80 participants, Utrecht, Pays-Bas.
2010	Animateur de la session "Eurasian Climate and Tectonics", Spring EGU, Autriche.
2009	Animateur session "Alpine-Mediterranean-Himalayan region", GP13, AGU, USA.
2008	Animateur session "Paleotethyan and Neotethyan Closure ", T33C, AGU, USA.
2007	Animateur session "Paleomagnetism and Orogenic Systems", GP12, AGU, USA.
2005	Animateur session "Asian Geodynamics", TS7.6/MPRG1, EGU, Autriche.
2002	Animateur session "*Tectonics and Structure of Tibet and China*", T51B, AGU, USA.
2000	Organisateur du symposium des sciences de la Terre de l'Université d'Arizona.

A2. Synthèse des Activités

A.2.1. Les points forts de mes activités de recherche et résultats marquants depuis 5 ans

2007: Publication dans *Nature* de mes résultats sur la transition climatique Eocène-Oligocène.
2008: Publication dans *Geology* de mes résultats sur le soulèvement tibétain.
2008: Publication dans *Science* de mes résultats sur la datation d'Hominidés.
2008: Bourse Vidi (600 k€) de la fondation scientifique néerlandaise (NWO).
2009: Chaire professorale et début des cours à l'Université de Pékin.
2009: Premier étudiant en thèse (Roderic Bosboom) et Postdoc (Hemmo Abels).
2010: Publication de mes résultats sur la collision Inde-Asie.
2010: Organisation du séminaire "Asian Climate and Tectonics".
2010: Recrutement CNRS sur concours CR1.
2011: Premières publications de mon étudiant et postdoc sur le retrait marin paléogène hors de l'Asie.
2011: Deuxième étudiant en thèse (HUANG Wentao en co-tutelle Univ. Pékin)

A.2.2. Liste des Activités d'Encadrement

Encadrements (comme encadrant principal)
Doctorat: L. Bougeois (2011); W. Yang (2011); W. Huang (2010); R. Bosboom (2009).
Master: Q. du Parc (2011); B. van der Berg (2010); J. Straathof (2009); R. Bosboom (2008); M.J. Sier (2008); V. Erens (2008); F. Saulus (2007).
Bachelor: V. Erens (2006); T. Karim (2005); M. Reitsma (2004).

A.2.3. Liste des activités de valorisation

2011	Bourse projet Kirghizstan (Programme Darius; 9 k€)
2010	Bourse Utrecht-Asia: séminaire "Asian Climate and Tectonics" (Utrecht Univ., 15 k€)
2008	Bourse individuelle 'Vidi' (NWO, 600 k€)
2005	Bourse individuelle 'Veni' (NWO, 200 k€)
2007-2010	Multiples Bourses d'échanges Pays-Bas / Chine (NWO-NSFC, 12 k€).
2008-2009	Bourse d'échanges Utrecht / Toulouse (Van Gogh NWO/EGIDE, 8 k€).
2004-2009	Bourses pour visiteurs chinois aux Pays-Bas (NWO, 9 k€).
2003	Bourse individuelle 'Marie Curie' (UE; 140 k€)
2002	*"Outstanding Student Research Award"* (Geological Society of America, 2.5 k$).
2001	"*Tom Hedrick Structure and Tectonic Award"* (Arizona Geodaze Symposium, 0.8 k$).

A.2.4. Liste des participations à des ouvrages édités

Editeur du volume spécial "Asian Climate and Tectonics" dans le *Journal of Asian Earth Sciences.* Publication prévu Juillet 2011.

Dupont-Nivet, G., and Krijgsman, W., (in press), *Magnetostratigraphic methods and applications*, in Busby, C., and Azor, A., eds., **Recent Advances in Tectonics of Sedimentary Basins**, Blackwell.

Quade, J., Levin, N., Simpson, S., Butler, R.F., McIntosh, W., Sileshi, S., Kleinasser, L., Dupont-Nivet, G., and Renne, P., (2008), *The geology of Gona*, in Quade, J., and Wynn, J.G., eds., The Geology of Early Humans in the Hoorn of Africa: **Geological Society of America Special Paper 446**.

Dupont-Nivet, G., Sier, M., Campisano, C.J., Arrowsmith, J.R., DiMaggio, E.N., Reed, K., Lockwood, C.A., Franke, C., and Huesing, S., (2008), *Magnetostratigraphy of the eastern Hadar Basin (Ledi-Geraru research area, Ethiopia), implications for hominin paleoenvironments*, in Quade, J., and Wynn, J.G., eds., The Geology of Early Humans in the Hoorn of Africa: **Geological Society of America Special Paper 446.**

Dupont-Nivet, G., Dai, S., Krijgsman, W., Erens, V., Reitsma, M., Langereis, C.G., Fang, X. (2008), *Timing and distribution of tectonic rotations in the northeastern Tibetan plateau*, in C. Burchfiel and E. Wang, eds, Continental Dynamics and Environmental Change of The Tibetan Plateau*:* **The Geological Society of America Special Paper 444**, 73-87.

A.2.5. Liste des publications dans les revues avec comité de lecture

IN REVISION, ACCEPTED FOR PUBLICATION

Joordens, J.C.A., Vonhof, H.B., Feibel, C.S., Lourens, L.J., Lubbe, H.J.L.v.d., Dupont-Nivet, G., Sier, M.J., Davies, G.R., and Kroon, D., (in revision), *An astronomically-tuned climate framework for hominins in the Turkana Basin*: **Earth and Planetary Science Letters**.

Chirouze, F., Dupont-Nivet, G., Huyghe, P., Beek, P.v.d., Chakraborti, T., Bernet, M., and Erens, V., (in revision), *Magnetostratigraphy of the Neogene Siwalik Group of far eastern Himalaya, Kameng section, Arunachal Pradesh, India*: **Journal of Asian Earth Sciences**.

Guilbaud, R., Bernet, M., Erens, V., Chirouze, F., Huyghe, P., and Dupont-Nivet, G., (in revision), *On the influence of diagenesis on the original petrographic composition of Miocene-Pliocene fluvial sandstone in the Himalayan foreland basin of western-central Nepal*: **Journal of Asian Earth Sciences**.

Xu, Y., Zhang, K., Wang, G., Jiang, S., Chen, F., Xiang, S., Dupont-Nivet, G., and Hoorn, C., (in revision), *Extended stratigraphy, palynology and depositional environments record the initiation of the Himalayan Gyirong Basin (Neogene China)*: **Journal of Asian Earth Sciences**.

IN PRESS

Chirouze, F., Bernet, M., Huyghe, P., Erens, V., Dupont-Nivet, G., and Senebier, F., (in revision), *Detrital thermochronology and sediment petrology of the middle Siwaliks Molasse along the Muksar Khola section in eastern Nepal*: **Journal of Asian Earth Sciences**. doi:10.1016/j.jseaes.2011.01.009.

Li, C., Guo, Z., and Dupont-Nivet, G., (in press), *Late Cenozoic tectonic deformation across the northern foreland of the Chinese Tian Shan*: **Journal of Asian Earth Sciences**, p. doi: 10.1016/j.jseaes.2010.08.009.

PUBLISHED

Li, C., Guo, Z., and Dupont-Nivet, G., (2011), *Magnetostratigraphy of the Northern Tian Shan foreland, Taxi He section, China:* **Basin Research,** doi : 10.1111/j.1365-2117.2010.00475.x.

Bosboom, R.E., Dupont-Nivet, G., Houben, A.J.P., Mandic, O., Villa., G., Stoica, M., Zachariasse, W.J., Krijgsman, W., Guo, Z., and Li, C., (2011), *Late Eocene sea retreat from the Tarim Basin (west China) and concomitant Asian paleoenvironmental change,* **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, doi: 10.1016/j.palaeo.2010.11.019.

Abels, H.A., Dupont-Nivet, G., Xiao, G., Bosboom, R.E. and W. Krijgsman, (2011), *Step-wise change of Asian interior climate preceding the Eocene–Oligocene Transition (EOT).* **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, doi: 10.1016/j.palaeo.2010.11.028.

Dupont-Nivet, G., D.J.J. Van Hinsbergen, and T.H. Torsvik, (2010), *Persistently low Asian paleolatitudes: implications for the Indo-Asia collision*, **Tectonics.**

Dupont-Nivet, G., Lippert, P.C., Van Hinsbergen, D.J.J., Meijers, M., and Kapp, P., (2010), *Paleolatitude and age of the Indo-Asia collision, paleomagnetic constraints***, Geophysical Journal International**.

Xiao, G., Z. Yao, F. Hilgen, H.A. Abels, and G. Dupont-Nivet, (2010) *Asian aridification linked to the first step of the Eocene-Oligocene climate Transition (EOT) in obliquity-dominated terrestrial records (Xining Basin, China)* **: Climate of the Past**, v. 6, p. 501-513.

Köhler, C.M., Krijgsman, W., van Hinsbergen, D.J.J., Heslop, D., Dupont-Nivet, G., (2009), *Concurrent tectonic and climatic changes recorded in upper Tortonian sediments from the Eastern Mediterranean*, **Terra Nova,** doi: 10.1111/j.1365-3121.2009.00916.x.

Dupont-Nivet, G., Hoorn, C., and Konert, M., (2009), *Erratum: Tibetan uplift prior to the Eocene-Oligocene climate transition: Evidence from pollen analysis of the Xining Basin*: **Geology**, v. 37, p. 506-.

Dupont-Nivet, G., Hoorn, C., Konert, M., (2008), *Tibetan uplift prior to the Eocene-Oligocene climate transition: Evidence from pollen analysis of the Xining Basin*: **Geology**, 36, 987-990.

van Hinsbergen, D.J.J., Dupont-Nivet, G., Nakov, R., K. Oud, K., and Panaiotu, C., (2008) *No significant post-Eocene rotation of the Moesian Platform and Rhodope (Bulgaria): Implications for the kinematic evolution of the Carpathian and Aegean arcs*: **Earth and Planetary Science Letters**, 273 (3-4), 345-358.

Simpson, S.W., J., Q., Levin, N., Butler, R.F., Dupont-Nivet, G., Everett, M., and Sileshi, S., (2008), *A Female Homo erectus Pelvis from Gona, Ethiopia*: **Science**, 322, 1089-1092.

Dupont-Nivet, G., Krijgsman, W., Langereis, C.G., Abels, H.A., Dai, S., Fang, X. (2007), *Tibetan Plateau aridification linked to global cooling at the Eocene-Oligocene transition*: **Nature**, v. 445, p. 635-638.

Dai, S., X. Fang, Dupont-Nivet, G., C. Song, J. Gao, W. Krijgsman, C. Langereis, and W. Zhang (2006) *Magnetostratigraphy of Cenozoic sediments from the Xining Basin: Tectonic implications for the northeastern Tibetan Plateau*; **Journal of Geophysical Research**, 111, B11102, doi:10.1029/ 2005JB004187.

Dupont-Nivet, G., Vasiliev, I., Langereis, C.G., Krijgsman, W. and Panaiotu, C. (2005). *Neogene tectonic evolution of the southern and eastern Carpathians constrained by paleomagnetism*: **Earth and Planetary Science Letters**, 236, 374– 387.

Dupont-Nivet, G., B. K. Horton, R. F. Butler, J. Wang, J. Zhou, and G. L. Waanders, (2004), *Paleogene clockwise tectonic rotation of the Xining-Lanzhou region, northeastern Tibetan plateau*: **Journal of Geophysical Research**, 109, doi:10.1029/2003JB002620

Horton, B. K., Dupont-Nivet, G., R. F. Butler, J. Wang, J. Zhou, and G. L. Waanders, (2004), *Mesozoic-Cenozoic evolution of the Xining-Minhe and Dangchang basins, northeastern Tibetan plateau: Magnetostratigraphic and biostratigraphic results*: **Journal of Geophysical Research**, 109, doi: 10.1029/2003JB002660.

Dupont-Nivet, G., Robinson, D., Butler, R. F., Yin, A., Zhang, Y., and Qiao, W. S, Melosh, J., (2004), *Concentration of crustal displacement along a weak Altyn Tagh fault: Evidence from paleomagnetism of the northern Tibetan Plateau*: **Tectonics**, 23, doi:10.1029/2002TC001397.

Washburn, Z., J.R. Arrowsmith, G. Dupont-Nivet, W.X. Feng, Y.Q. Zhang, and Z. Chen, (2004) *Paleoseismology of the Xorkol segment of the central Altyn Tagh Fault, Xinjiang, China*: **Annals of Geophysics**, 46 (5).

Dupont-Nivet, G., Butler, R. F., Yin, A., and Chen, X., (2003), *Paleomagnetism indicates no Neogene rotation of Northeastern Tibetan plateau*: **Journal of Geophysical Research**, 108, doi:10,1029/ 2003JB002399.

Robinson, D., Dupont-Nivet, G., Gehrels, G. E., Zhang, Y., (2003), *The Tula uplift, northwestern China: Evidence for regional tectonism of the northern Tibetan Plateau during late Mesozoic-early Cenozoic time*: **Geological Society of America Bulletin**, v. 31, p. 35-47.

Arriagada, C., Roperch, P., Mpodozis, C., Dupont-Nivet, G., Cobbold, P.R., Chauvin, C., and J. Cortes, (2003), *Paleogene Clockwise Rotations in the fore-arc of Central Andes, Antofagasta Region, Northern Chile*: **Journal of Geophysical Research**, 105, doi:10.1029/ 2001JB001598

Dupont-Nivet, G., Butler, R. F., Yin, A., and Chen, X., (2002), *Paleomagnetism indicates no Neogene rotation of the Qaidam Basin in North Tibet during Indo-Asian Collision*: **Geology**, v. 30, 263-266.

Dupont-Nivet, G., Guo, Z., Butler, R. F., and Jia, C., (2002), *Discordant paleomagnetic direction in Miocene rocks from the central Tarim Basin: Evidence for local deformation and inclination shallowing*: **Earth and Planetary Science Letters**, 199, 473-482.

A.2.6. Publications en relation avec le milieu industriel

Dupont-Nivet, G., (1998), *Carte 7032G, Natures de fond de l'Ile de Groix à Belle-Ile, abords de Lorient*, 1:50,000, **Etablissement Principal du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine**, Brest.

A.2.7. Mémoires et thèses

Dupont-Nivet, G., (2002), Constraints on the mechanism of the Altyn Tagh Fault from paleomagnetism, PhD. thesis, University of Arizona, 118 pp. Obtenue le 8 aout 2002, Tucson, AZ, USA. Directeur: R. F. Butler : butler@geo.arizona.edu

Dupont-Nivet, G.; (1997), Mise en évidence paléomagnétique de rotations tectoniques au Nord du Chili, Mémoire de D.E.A, Géosciences Rennes, pp.47. Promoteurs: A. Chauvin Annick.Chauvin@univ-rennes1.fr, P. Roperch properch@ird.fr.

A.2.8. Participation à des Conférences (1er auteur seulement)

Dupont-Nivet, G., Lippert, P.C., Van Hinsbergen, D.J.J., Meijers, M., and Kapp, P., (2010), *Paleolatitude and age of the Indo-Asia collision*, **EGU Spring meeting**.

Dupont-Nivet, G., D.J.J. Van Hinsbergen, and T.H. Torsvik, (2008), Persistently low Asian paleolatitudes: implications for the Indo-Asia collision, session T33C, **AGU Fall meeting**.

Dupont-Nivet, G., Krijgsman, W., Langereis, C.G., Abels, H.A., Dai, S. Fang, X. (2006), Climate change on the Tibetan Plateau at the Eocene-Oligocene transition, **International Conference on Continental Dynamics and Environmental Change of The Tibetan Plateau**, Abstracts with program, Chinese Academy of Sciences-Geological Society of America, Xining, China.

Dupont-Nivet, G., Krijgsman, W., Langereis, C.G., Dai, S. Fang, X. (2006); Eocene-Oligocene climatic transition: a record from the Tibetan Plateau, **EGU Spring meeting**; EGU06-A-01635.

Dupont-Nivet, G.; Krijgsman, Fang, X.; Dai, S.; (2005); Timing and Distribution of Crustal Rotations of the Tibetan Plateau: Implications on Geodynamic Reconstruction, **EGU Spring meeting**; MPRG7.

Dupont-Nivet, G.; I. Vasiliev, C. Langereis, W. Krijgsman, C. Panaiotu; (2004); Carpathian Rotation During Slab Roll Back and Detachment, **AGU Fall meeting**, T53B-0505.

Dupont-Nivet, G.; Reitsma, M.; Krijgsman, Fang, X.; Dai, S.; Cheng, Y.; (2004) Tectonic Rotation of Northeastern Tibetan Plateau: Refined age and Geodynamic Implications, **AGU Fall meeting**.

Dupont-Nivet, G., Horton, B. K.; Butler, R. F.; Wang , J.; Zhou, J.; Waander, G. L., (2003), Cenozoic Tectonic Evolution of the Xining-Lanzhou area (Northeastern Tibetan Plateau) Constrained by Paleomagnetism, Basin analysis and Thermochronology, **EGS-AGU-EUG Spring meeting**.

Dupont-Nivet, G., Horton, B. K., Butler, R. F., Wang, J., Zhou, J., Zhang, H., (2002), Cretaceous to Tertiary vertical-axis tectonic rotations of Northeastern Tibet preliminary paleomagnetic results, **AGU Fall meeting**. T51B-1148.

Dupont-Nivet, G., Horton, B. K., Butler, R. F., Wang, J., Zhou, J., Zhang, H., (2002), Preliminary paleomagnetic results from Cretaceous to Tertiary red beds of Northeastern Tibet. **GSA meeting**. 213-7.

Dupont-Nivet, G., Butler, R. F., Yin, A., Robinson, D., Zhang, Y., and Qiao, W. S., (2001), Paleomagnetism on arcuate structures along the Altyn Tagh fault: implications for the intracontinental deformation processes in Asia: Eos, Transactions, **AGU Fall meeting**, Abstract T12F-06.

Dupont-Nivet, G., Robinson, D., Butler, R. F., and Yin, A., (2001), Oroclinal bending south of the Altyn Tagh fault system: constraints for the total offset: **GSA Cordilleran meeting**, 97, 33; 3, p. 42.

Dupont-Nivet, G., Butler, R. F., and Yin, A., (2000), Preliminary paleomagnetic results from Tertiary strata adjacent to the Altyn Tagh fault, *in* Eos Trans. **AGU Fall meeting**, 81(48), p. F1137.

Dupont-Nivet, G., Roperch, P., Chauvin, A., Gauthier, P., Gérard, M., Carlier, G., (1996), Clockwise rotations in northern Chile: Oroclinal bending or in situ tectonic rotations? **International Symposium on Andean Geosciences**, ORSTOM editions, Paris, p. 355-358.

A.2.9. Colloques ou conférences en tant qu'invité

2011 Climat et Tectonique de l'Asie; ***Géocontact, Université de Rennes 1***.
2010 Asian Climate and Tectonics during the Indo-Asia collision; ***University de Pékin***.
2010 Interactions Tectonique-Climat pendant la collision Inde-Asie, ***Université de Lyon***.
2010 Geodynamic-Climate interactions during the Indo-Asia collision; ***Netherlands Research Center for Integrated Solid Earth Sciences (ISES.***.
2009 Climate and tectonic changes during the Indo-Asia collision, ***Netherlands Earth Science Congress (NAC)***.
2009 The Indo-Asia collision revisited, ***University de Pékin***.
2008 Palynological evidence for uplift of the Tibetan Plateau prior to the Eocene-Oligocene climate Transition**,** ***St.Johns College, Cambridge, U.K***.
2008 Middle Miocene exhumation of the Laji Shan, Northeastern Tibetan Plateau, ***Netherlands Earth Science Congress (NAC)***.
2008 Paléoenvironnements tectoniques and climatiques du Nord Est du plateau tibétain; ***Université de Toulouse***.
2008 The impact of the Indo-Asia collision on tectonic and paleoclimate, ***University de Pékin***.
2008 Tectonique et paléoclimat du plateau nord-est Tibétain, ***Université de Grenoble.***
2007 Dupont-Nivet, G., Juez-Larré, J., Andriessen, P.A.M., Foeken, J., (2007), Middle Miocene exhumation of the Laji Shan, Northeastern Tibetan Plateau, session T17, ***AGU Fall meeting***.
2007 Tibetan tectonics and paleoclimate, ***Université de Lanzhou, Chine.***
2007 Palynological potential of Chineese Eocene-Oligocene sequence, ***Universiteit van Amsterdam***.
2006 Géodynamique et Paléoclimat, ***Géosciences Montpellier***.
2006 Géodynamique et Paléoclimat, ***Géosciences Rennes***.
2006 Eocene-Oligocene climate change on the Tibetan Plateau, ***Netherlands Earth Science Congress (NAC).***
2006 Geodynamics and Paleoclimates of Asia, ***Vening-Meinesz School of Geodynamics, the Netherlands.***
2005 Tectonics of the NE Tibetan Plateau, ***Vrije Universiteit Amsterdam.***
2004 North Tibetan tectonics: Cinematic and Chronology, ***Plymouth University, U.K***.
2003 Dupont-Nivet, G., Martin-Hernandez, F.; Dekkers, M., Kodama, M., (2003), Shallowed vs. Concordant Paleomagnetic Inclinations in Asian red Beds: Tectonic Implications, ***AGU Fall meeting***.
2003 Tectonique du nord du plateau Tibétain, ***Géosciences Montpellier***.
2003 Tectonique du nord du plateau Tibétain, cinématique et chronologie, ***Ecole Normale Supérieure Paris.***
2003 Paleomagnetic and Thermochronologic results from the Tibetan plateau, ***UCLA, Los Angeles, USA.***

B. DESCRIPTIONS DES TRAVAUX EFFECTUES

B.1. Parcours universitaire

Après un DEA (Master) sur la tectonique andine obtenu à Géosciences Rennes avec Annick Chauvin et Pierrick Roperch (Paléomagnétisme), j'ai étudié la déformation tectonique liée à la collision Inde-Asie pendant ma thèse aux USA (4 ans) accomplie avec Robert F. Butler (Paléomagnétisme) à l'Université d'Arizona.
A la fin de ma thèse, j'ai monté un projet sur la déformation du nord-est tibétain qui m'a valu le prix de la "*Geological Society of America*" et m'a permis de commencer un postdoc d'un an à l'Université de Californie à Los Angeles (UCLA) avec Brian K. Horton (Sédimentologie - Stratigraphie - Analyse de bassin).
J'ai ensuite rejoint l'Université d'Utrecht avec Cor Langereis (Paléomagnétisme) et Wout Krijgsman (Cyclostratigraphie) grâce à mon nouveau projet sur la datation de bassins enregistrant le soulèvement du plateau tibétain qui m'a valu une bourse "Marie-Curie" pour un post-doc de deux ans.
Toujours à partir de l'Université d'Utrecht, j'ai étendu de trois ans mon projet grâce à une bourse "Veni" de l'organisation scientifique néerlandaise (NWO) en collaboration avec Paul Andriessen (Thermochronologie), Jef Vandenberghe (Traceurs Climatiques) et Carina Hoorn (Palynologie) de l'Université d'Amsterdam pour comprendre les interactions tectonique-climat liées au soulèvement tibétain.
En 2008, j'ai obtenue une bourse "Vidi" de l'organisation scientifique néerlandaise (NWO) pour former une équipe de recherche sur mes projets tibétains.
En 2010, j'intègre le CNRS en obtenant le concours de chargé de recherche de 1ere classe avec l'université de Rennes 1.

B.2. Activités de recherche

Mes activités de recherche sont résumées dans ce tableau synthétique.

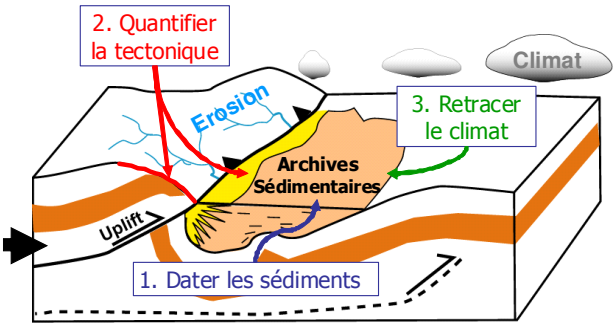
Thématiques	Outils	Projets
Tectonique et Géodynamique	Paléomagnétisme	Orocline Andin
		Collision Inde-Asie
		Géodynamique Méditerranéenne
	Thermochronologie	Plateau Tibétain
Age, climat et paléoenvironnements	Chronostratigraphie	Plateau Tibétain
		Age et Environnements des Hominidés
	Traceurs climatiques	Plateau Tibétain

Les publications associées sont organisées dans la partie D. "Exemples Et Applications Publiees" à la fin de cette these.

B.3. Expertises

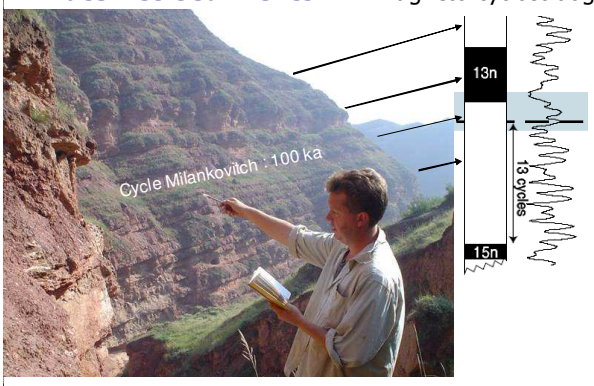
Pour résoudre les questions liées à mes thèmes de recherche (cf. C. Themes Et Projets De Recherche), j'ai développé mes compétences principalement en utilisant les outils du paléomagnétisme à des fins tectoniques pendant ma thèse avec une spécialisation pour la chronostratigraphie haute-résolution acquise après ma thèse. De plus, en collaborant avec des spécialistes, j'associe ces outils à l'analyse thermochronologique de l'exhumation ainsi qu'à différents indicateurs paléo-environnementaux dans les sédiments. Dans un bassin donné ayant enregistré la déformation tectonique,

Une approche pluridisciplinaire



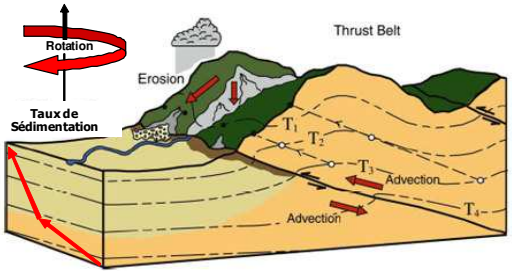
l'érosion et les variations climatiques. Le premier objectif est donc d'établir une chronostratigraphie haute-résolution des dépôts sédimentaires dans les bassins. Ensuite, pour déterminer les variations de l'environnement de déposition, les faciès sédimentaires et des indicateurs paléoclimatiques (traceurs bio-géochimiques) sont conjointement collectés et calés à la chronostratigraphie. La tectonique est indépendamment datée par les variations de taux d'accumulation sédimentaire, les mouvements tectoniques enregistrés avec les méthodes du paléomagnétisme, et la datation de l'exhumation en utilisant la thermochronologie. Finalement, ces données peuvent être comparées pour tester ou calibrer les modèles géomorphologiques ou climatiques.

1. Dater les sédiments: Magnéto-cyclostratigraphie



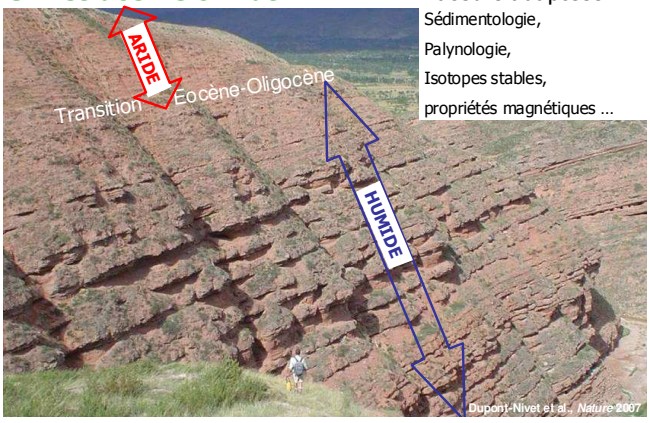
2. Quantifier la tectonique:

Paléomagnétisme & Thermochronologie (U-Th/He)



3. Retracer le climat: Traceurs adaptées:

Sédimentologie,
Palynologie,
Isotopes stables,
propriétés magnétiques ...



Les changements de polarité du champ magnétique terrestre enregistrés dans les roches au moment de leur formation, permet de dater par magnétostratigraphie les dépôts sédimentaires qui ont enregistrés une séquence caractéristique d'inversions du champ [*Dupont-Nivet and Krijgsman*, in press]. La magnétostratigraphie étant établie, la résolution temporelle peut être améliorée par datation cyclostratigraphique si l'on peut montrer que les traceurs paléo-environnementaux sont forcés par les cycles orbitaux ("cycles de Milankovitch"; [*Abels et al.*, 2010; *Dupont-Nivet et al.*, 2007c; *Xiao et al.*, 2010b]). Avec le calage magnétostratigraphique, les cycles de l'excentricité (~100 et 400 ka), de l'obliquité (~41 ka) et de précession (~21 ka) peuvent être reconnus et l'enregistrement cyclostratigraphique est corrélé aux variations de l'insolation terrestre calculées à partir des paramètres orbitaux du système solaire [*Laskar et al.*, 2004; *Laskar*, 2001].

L'étude de la direction du champ magnétique terrestre enregistrée dans les roches au moment de leur formation permet de reconstruire la paléo-position des continents et de quantifier la déformation crustale (rotations d'axe vertical et transports latitudinaux) au sein de ces continents. Sur des formations bien datées, le paléomagnétisme permet donc de reconstruire l'évolution des contraintes tectoniques dans l'espace et dans le temps [*Dupont-Nivet et al.*, 2002a; *Dupont-Nivet et al.*, 2003; *Dupont-Nivet et al.*, 2004a; *Dupont-Nivet et al.*, 2008a]. De plus, j'utilise la thermochronologie, en collaboration avec des experts, pour déterminer l'histoire de l'exhumation des chaînes de montagne en combinant des systèmes radiométriques ayant des températures de fermeture variées (systèmes U-Th/He, traces de fissions, et $^{39}Ar/^{40}Ar$ [*Dupont-Nivet et al.*, 2007a]). L'âge de l'exhumation et les variations du taux d'exhumation sont obtenus en échantillonnant soit un profil topographique sur les massifs exhumés, soit les sédiments des bassins drainant ces massifs.

Il peut être intéressant de combiner paléomagnétisme et thermochronologie pour plusieurs raisons. L'âge de dépôt précisément obtenu par magnétostratigraphie permet de déterminer le '*lag-time*' (différence entre âge d'exhumation et âge de dépôt; [*Chirouze et al.*, in press; *van der Beek et al.*, 2006]). De plus, les événements de rotation tectonique déterminés paléomagnétiquement sont indépendants de l'érosion (contrairement à l'exhumation déterminée par thermochronologie) et sont complémentaires et plus précis en âge (si l'âge des roches est déterminé convenablement) par rapport aux événements tectoniques d'exhumation déterminés par thermochronologie.

Les traceurs paléo-environnementaux permettent de déterminer les conditions lors du dépôt sédimentaire (et en particulier les conditions atmosphériques dans les bassins continentaux). Suivant le milieu de dépôt (lacustre,

fluvial, marin…), une gamme de traceurs adaptés peut être appliquée (sédimentologie, palynologie, granulométrie, propriétés magnétiques, isotopes stables, …) apportant des contraintes sur les conditions climatiques (températures, pluviométrie, taux de CO_2,…) [*Abels et al.*, 2010; *Dupont-Nivet et al.*, 2008b]. Je fais ce travail en collaboration avec des experts intéressés d'appliquer leurs traceurs à des enregistrements qui, étant bien datés, vont permettre d'apporter des réponses à des questions importantes (cf. B.4. 'Administration et Collaborations' ci-dessous). Grâce aux âges stratigraphiques précis, il est possible d'établir des corrélations entre les variations environnementales observées à l'échelle du bassin et les événements tectoniques ou climatiques d'âges connus à l'échelle régionale ou globale [*Dupont-Nivet et al.*, 2008b; *Dupont-Nivet et al.*, 2007b]. De cette manière le "signal" climatique peut être effectivement différencié du signal tectonique dans les enregistrements sédimentaires.

B.4. Collaborations et Administration

Mes projets en collaboration avec différentes équipes internationales (Chine, Pays-Bas, USA, France), m'ont permis de diversifier mes thèmes et outils de recherche.

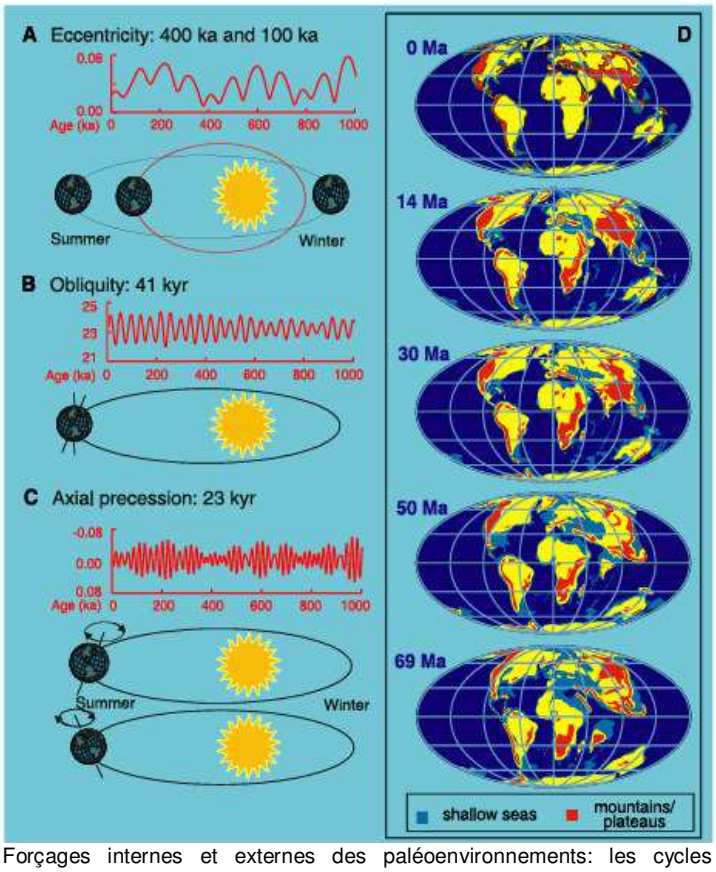
- Je construis depuis le début de ma thèse d'étroites collaborations avec les géologues chinois qui m'ont récemment offert une chaire de professeur à l'Université de Pékin. Ces collaborations me permettent un accès aisé aux zones d'études et aux données chinoises associées. En contrepartie, mes collaborateurs acquièrent connaissances et maîtrise des méthodes géologiques de pointe et des étudiants chinois sont formés en Europe (2 doctorants en co-tutelle à partir de 2011).
- Avec l'Université d'Arizona je suis impliqué sur un large projet (*'Continental Dynamic Project*') en cours à la *National Science Foundation* sur l'évolution du plateau tibétain dirigé par Paul Kapp et Peter DeCelles (C. 'Themes et Projets de Recherche').
- Les collaborations que je cultive avec les universités aux Pays-Bas me donnent accès aux projets de géodynamique (projets ISES avec Cor Langereis, Rinus Wortel, Wim Spakman) qui vont se développer en Asie dans les 5 années à venir. Je travaille dans différents laboratoires des universités d'Utrecht et d'Amsterdam à travers des collaborations établies avec palynologue (Henk Brinkhuis; Carina Hoorn), bio-géochimistes (Hubert Vonhof, Gert-Jan Reichart) et sédimentologues (Hemmo Abels, Frits Hilgen, Jef Vandenberghe), me permettent d'associer différents indicateurs paléo-environnementaux à mes travaux (cf. C. 'Themes et Projets de Recherche').
- Une collaboration en cours avec l'équipe de l'*Institute of Human Origins* de *l'Arizona State University* (ASU) m'a permis d'appliquer mes techniques de datation stratigraphique haute-résolution sur les fameuses sections à hominidé du rift Est Africain dans la région de Hadar. En continuation de ce projet j'ai été désigné pour prendre en main la partie datation magnéto- et cyclostratigraphique sur un important projet de forage (*International Continental Drilling Program*) dirigé par Andrew Cohen (*University of Arizona*). Le forage prévu en 2012 inclura la complète stratigraphie Pliocène sur différents bassins du rift. Je collabore également sur d'autres projets de datation sur le lac Turkana (Craig Feibel, Meave Leakey) et Gesher Benot Ya'aqov (Naama Goren).
- Je collabore avec les chercheurs de l'Université de Grenoble (Peter van der Beek, Pascale Huyghes) et l'Université de Dalhousie au Canada (Djordje Grugic et Isabelle coutand) sur les datations des séries sédimentaires Siwaliks pour déterminer le système exhumation-érosion-sédimentation pendant le soulèvement de l'Est Himalayen.
- A Toulouse, avec l'équipe paléomagnétique du LMTG (Jean-Luc Bouchez, Mélina Macouin) et le Laboratoire National des Champs Pulsés, je dirige un projet Van Gogh/Egide pour déterminer les propriétés magnétiques de l'hématite.

Depuis ma thèse et jusqu'à mon recrutement CNRS 2010, j'ai pu mener mes activités de recherche grâce à des financements (salaire et fonctionnement) obtenus sur des propres projets que j'ai rédigés et soumis à des organismes internationaux. De la même façon, j'obtiens le financement de mes étudiants en Licence, Master et PhD. (voir CV). J'ai aussi obtenu des financements pour organiser un séminaire international ('Asian Climate and Tectonics'; Utrecht, 26-29 Avril 2010, 80 participants) et pour de multiples visites et échanges avec mes collaborateurs internationaux.

C. THEMES ET PROJETS DE RECHERCHE

C.1. Datations et quantifications des forçages externes et internes des paléoenvironnements dans le cadre des changements régionaux et globaux

Quel est le défi des sciences de la terre et de l'environnement aujourd'hui? Depuis la révolution de la théorie de la tectonique des plaques, l'évolution des surfaces continentales a été associée aux interactions des plaques lithosphériques. Plus récemment, la révolution de la modélisation numérique a bousculé le paradigme de la tectonique en montrant l'importance des interactions entre processus externes (ex. climat, érosion, altération) et processus internes (ex. géodynamique, topographie dynamique). D'une part, les modèles climatiques montrent que les changements régionaux (moussons, aridification…) ainsi que globaux (refroidissement, pCO_2…) peuvent être attribués à des phénomènes d'origine interne par le biais de variations dans la distribution des reliefs, des mers et des continents [*Ramstein et al.*, 1997; *Ruddiman*, 2001; *Zachos et al.*, 2001; *Zachos and Kump*, 2005]. D'autre part, les modèles géomorphologiques montrent que ces processus internes peuvent être influencés en retour par les variations climatiques par le biais de l'érosion de la surface des continents [*Beaumont et al.*, 2001; *Bonnet and Crave*, 2003; *Copley et al.*, 2010; *Davy and Lague*, 2009; *Gallagher et al.*, 2008].



Forçages internes et externes des paléoenvironnements: les cycles astronomiques (A, B, C), la distribution des continents et la topographie (D) [*Zachos et al.*, 2001].

Ce qui faut aujourd'hui, pour tester et calibrer les modèles, c'est une méthodologie qui permette de différencier et de quantifier les contributions respectives des processus internes et externes sur les variations paleoenvironnementales observées pendant les changements régionaux et globaux. En utilisant les outils et l'expérience acquis pendant mes travaux antérieurs, je développe cette méthodologie dans le cadre de mes travaux de recherche présenté dans cette thèse.

C.2. Stratégie de recherche

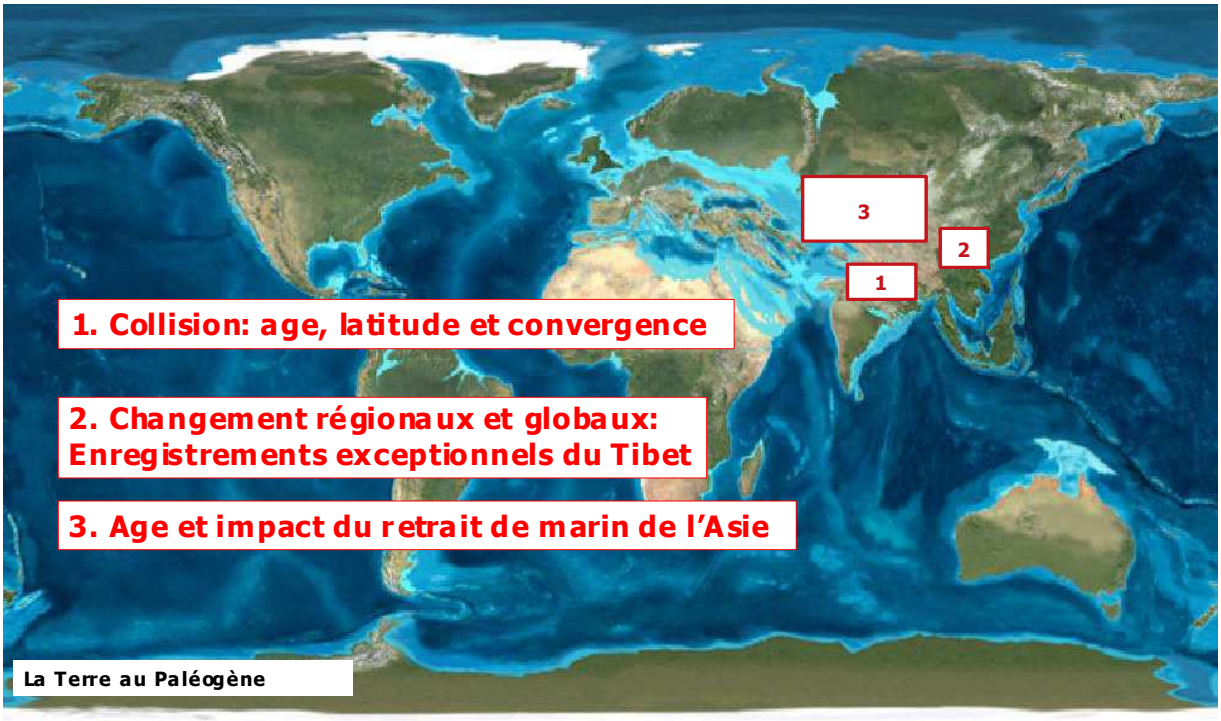
La clef de la méthodologie que je préconise est basée sur la chronologie fine par datation haute-résolution des enregistrements sédimentaires dans les bassins en utilisant les techniques de magnéto- et cyclo- stratigraphiques (voir B.3. Expertises). En effet, une résolution en âge suffisante permet de corréler (ou pas) des variations paleoenvironnementales locales aux cycles astronomiques modulés par la géométrie orbitale de la terre, aux archives marines du climat global ou aux évènements géodynamiques et tectoniques. Par exemple, c'est ce qui a permis de déterminer qu'une aridification du continent asiatique précédemment attribuée au soulèvement tibétain, est, en fait, précisément corrélée à un changement majeur du climat global: la transition Eocène-Oligocène datée à 34.0 Ma [*Dupont-Nivet et al.*, 2007c]. A l'inverse, cette méthode a permis de montrer que l'apparition à 38.3 Ma de pollens fossiles de conifères de haute altitude dans l'enregistrement asiatique ne correspondait pas a un changement climatique majeur et pouvais donc être associé au soulèvement tibétain [*Dupont-Nivet et al.*, 2008c]. Cette approche permet donc de distinguer et quantifier l'influence respective des forçages internes et externes des paléoenvironnements dans le cadre des changements régionaux et globaux.

Cette approche ne prend sa réelle mesure que dans le cadre d'une intégration stratigraphique multidisciplinaire en collaboration avec des spécialistes (voir B. Travaux Effectués).

C.3. Applications et Chantiers

Mon projet principal porte sur les forçages internes et externes des variations paleoenvironnementales dans le contexte de la collision Inde-Asie pendant les évènements climatiques globaux paléogènes. J'ai réunis une équipe de collaborateurs internationaux autour de ce projet présenté ci-dessous. De plus, je participe à deux autres projets appliquant mon expertise chrono-stratigraphique appliquée aux couplages tectonique-érosion-sédimentation dans l'Himalaya et les interactions climat-évolution dans les bassins à hominidés du rift Est Africain (voir B4. Collaborations et Administration').

Chantier Asie Paléogène



Contexte

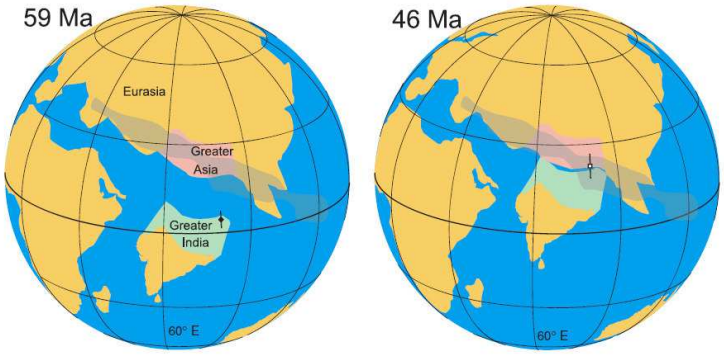
La collision Inde-Asie est l'évènement tectonique le plus important du Cénozoïque. Les modèles climatiques et tectoniques lui attribuent des répercussions environnementales majeures. Celles-ci sont à la fois régionales (soulèvement du plateau du Tibet, intensification des moussons, aridification de l'Asie continentale, retrait des mers épicontinentales,…) et globales (perturbation des circulations atmosphériques et océaniques, refroidissement et baisse du CO_2 atmosphérique par le biais de l'altération des produits de l'érosion,…). La collision Inde-Asie constitue donc un laboratoire idéal pour étudier les forçages internes et externes. De fait, c'est l'un des objets les plus étudié en Sciences de la Terre. Cependant, la plupart de ces études portent sur l'histoire néogène de la collision, alors que la période paléogène reste encore très peu connue. Pourtant, la période Paléogène est, à mon avis, la plus intéressante et la plus prometteuse pour comprendre les forçages internes et externes des paléoenvironnements pendant les évènements climatiques globaux qui la caractérise. En effet, bien que ce soit pendant cette période que la collision commence [*Aitchison et al.*, 2008; *Garzanti*, 2008], les enregistrements paléogènes de changements environnementaux associés (soulèvement du plateau, retrait marin, intensification des moussons, aridification et crises biotiques) sont très rares et mal datés [*Clift et al.*, 2004; *DeCelles et al.*, 2007; *Garzione et al.*, 2005; *Garzione*, 2008; *Graham et al.*, 2005; *Meng and McKenna*, 1998; *Rowley and Currie*, 2006]. Par conséquent, dans l'état actuel des connaissances, on ne sait pas si ces

événements ont réellement eu lieux, quelle a été leur importance, et surtout quand ils se sont manifestés. En particulier, ils sont datés avec une résolution insuffisante pour distinguer s'ils sont dus aux forçages internes ou aux évènements climatiques globaux paléogènes.
En effet, la période paléogène est riche en événements climatiques majeurs. Elle est caractérisée par un refroidissement global qui commence après 50 Ma (Early Eocene Climate Optimum', EECO) et culmine à la transition éocène-oligocène à 34 Ma [*Zachos et al.*, 2001]. Cet évènement abrupt marque l'extension de la calotte glaciaire sur l'antarctique qui fait passer le système climatique global de l'état 'greenhouse' à l'état 'icehouse' [*Bowen*, 2007; *Kump*, 2009]. Ces changements globaux, ainsi que d'autres événements marquant cette période ('Paleocene Eocene Thermal Maximum' PETM à 54 Ma et 'Mid-Eocene Climate Optimum', MECO à 39 Ma), sont potentiellement responsables des variations paleoenvironnementales enregistrées en Asie comme nous l'avons montré pour la transition éocène-oligocène [*Dupont-Nivet et al.*, 2007b]. De plus, ces changements globaux paléogènes sont devenus le centre d'intérêt des paléoclimatologues car leur étude permet de comprendre leurs possibles causes et contraindre les modèles climatiques dans un système à haut taux de CO_2 [*Bijl et al.*, 2009; *DeConto and Pollard*, 2003; *Huber*, 2008]. Ces modèles sont contraints grâce aux archives sédimentaires marines mais souffrent de la rareté d'enregistrements précisément datés en milieu continental (et épicontinental). Ces derniers sont primordiaux car ils permettent de contraindre directement les conditions atmosphériques (température, précipitations, variabilités, pCO_2) ainsi que l'état des surfaces continentales (chaînes de montagnes, plateaux, orogenèses, bassins, mers épicontinentales) qui influencent la circulation atmosphérique et les cycles bio-géochimiques [*Eldrett et al.*, 2009; *Zanazzi et al.*, 2007]. Les rares enregistrements asiatiques (épi)-continentaux sont donc essentiels pour la communauté paléoclimatologique comme le montre l'intérêt qu'ils suscitent [*Bowen*, 2007; *Dupont-Nivet et al.*, 2007b; *Unger*, April 2007].

Objectifs
Le projet comporte trois volets interdépendants ayant pour but d'identifier les forçages internes et externes des variations paleoenvironnementales dans le contexte de la collision Inde-Asie pendant le refroidissement global paléogène. L'objectif est d'étudier des bassins sédimentaires paléogènes bien ciblés afin de dater, de quantifier et de comprendre à la fois les forçages tectoniques régionaux liés à la collision Inde-Asie (retrait marin de l'Asie ou soulèvement tibétain) et aussi les forçages du climat global sur les environnements paléogène en Asie (ex. changements biotiques, moussons, aridification et refroidissement). En particulier, ces enregistrements pourront aider à cerner la cause encore énigmatique du refroidissement global paléogène menant à la transition éocène-oligocène. Finalement, en apportant des données magnéto et cyclo- stratigraphiques, ce projet pourra contribuer aux intercalibrations astronomique et radio-chronologique de l'échelle des inversions géomagnétiques qui est justement en construction pour la période paléogène [*Kuiper et al.*, 2008; *Palike et al.*, 2006].

C.3. Collision Inde - Asie : paleolatitudes, ages et convergence

La collision Inde-Asie provoque la communauté scientifique en raison de l'incapacité à établir des relations sans équivoque entre la tectonique, le climat et les changements environnementaux majeurs en Asie. Bien que la condition limite la plus fondamentale pour résoudre le problème soit l'âge de la collision elle-même, il est encore très controversé avec des estimations allant de 70 à 35 millions d'années [*Aitchison et al.*, 2007]. L'objectif de ce projet de dater la collision Inde-Asie plus précisément et de quantifier la déformation continentale associée. En utilisant l'état de l'art des méthodes paléomagnétiques sur les sites d'échantillonnage bien ciblées, nos résultats permettront la reconstruction des positions passées des continents avec une résolution sans précédent à travers le temps [*Dupont-Nivet et al.*, 2010a].

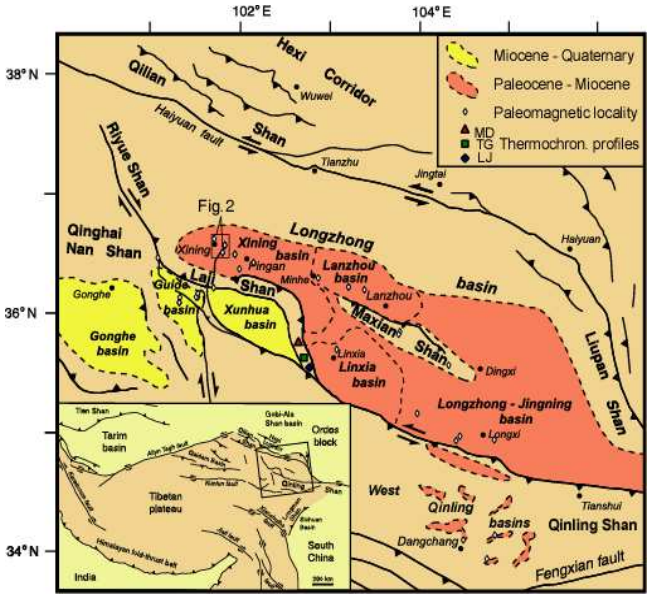


Palaeo-reconstructions basées sur les contraintes palaeomagnetiques pour la marge sud de l'Asie [*Dupont-Nivet et al.*, 2010a] au début de la collision ca. 46 Ma (this study) et la marge nord de l'inde ca. 59 Ma [*Patzelt et al.*, 1996] par rapport àux positions de l'Inde et l'Asie [*Torsvik et al.*, 2008]. En grisé est indiqué la zone de hautes vitesses tomographiques interpretée comme les slabs subductés pendant la fermeture néo-tethysienne [*van der Voo et al.*, 1999].

Nos reconstructions seront guidées par des contraintes indépendantes de l'emplacement des anomalies tomographiques et constituerons les éléments de bases pour la contraindre les modèles tectoniques régionaux (collision, l'exhumation, déformation de la croûte, formation de bassins) et leur impact sur l'environnement (retraits marins, aridification, refroidissement, intensification des moussons, événements biotiques). En plus de fournir les conditions aux limites pour la modélisation tectonique de collision continentale, nos résultats attendus sont essentiels pour la modélisation des événements climatiques particuliers du Paléogène (le maximum thermique Paléocène-Eocène, transition climatique Eocène-Oligocène...).
Les résultats tectoniques seront intégrés aux modèles géodynamiques de la collision Inde-Asie en associant le paléomagnétisme, les reconstructions tectoniques et la tomographie [*Dupont-Nivet et al.*, 2010b]. Ces résultats seront comparés aux modèles d'érosion/exhumation sur le nord de la collision Inde-Asie en collaboration avec M. Jolivet de Géosciences Rennes. Les données obtenues - contraignant dans le temps la paléogéographie Asiatique pendant la période paléogène - seront utilisées en collaboration pour tester les modèles de changement globaux et calibrer les modèles de circulation généralisés (cf. ci-dessous).

C.4. Changements régionaux et globaux: Enregistrements paléogènes exceptionnels du Nord-Est Tibétain

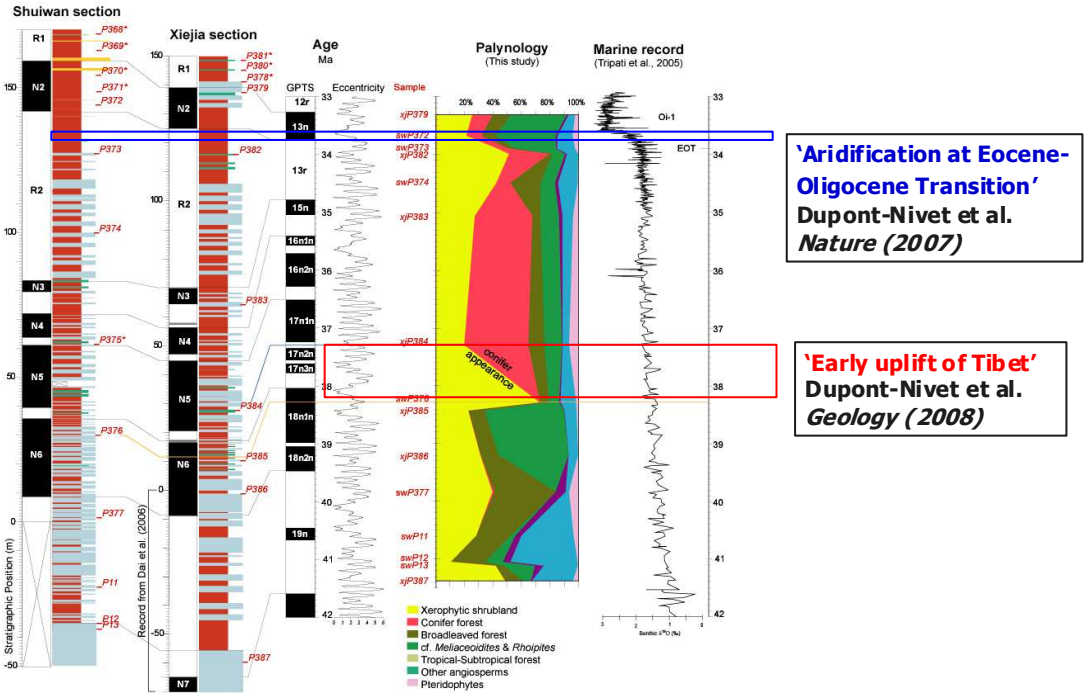
Contexte
Les enregistrements sédimentaires continentaux des changements globaux du Paléogènes sont très recherchés car ils recèlent de traceurs atmosphériques qui manquent aux enregistrements marins. Malheureusement, ces enregistrements continentaux sont extrêmement rares. Malgré l'importance des événements paléogéographiques qui marquent cette période en Asie, le peu d'enregistrements paléogènes existants sont inadéquates et mal datés [*Clift et al.*, 2004; *DeCelles et al.*, 2007; *Garzione et al.*, 2005; *Garzione*, 2008; *Graham et al.*, 2005; *Meng and McKenna*, 1998; *Rowley and Currie*, 2006]. Les séries sédimentaires du bassin de Xining que nous avons datées (~55-17 Ma [*Abels et al.*, 2010; *Dai et al.*, 2006]) sont exceptionnelles car (1) elles ont été déposées dans un environnement lacustre distal qui est idéal pour enregistrer les variations climatiques, (2) elles constituent un enregistrement continu à travers la transition éocène-oligocène et potentiellement d'autres changements climatiques majeurs (MECO, EECO, PETM).



Contexte géologique du Nord-est tibétain montrant les deux systèmes de bassins et indiquant l'échantillonnage paléomagnétique ainsi que la localisation des sections sédimentaires. Ces bassins sont séparés par la chaîne du Laji Shan.

Deux phases de déformation sont identifiées par des rotations tectoniques enregistrées à l'Eocène et au Miocène dans les sédiments que nous avons datés par magnétostratigraphie [*Dai et al.*, 2007; *Dupont-Nivet et al.*, 2008a]. De ~55 Ma à 17 Ma, des taux d'accumulation sédimentaire faibles (2.2 cm/ka) indiquent qu'après l'initiation du bassin, la déformation est restée distale et peu importante pendant cette période. Après 17 Ma, les taux d'accumulation augmentent d'un ordre de grandeur dans les bassins à l'ouest de la chaîne du Laji Shan, suggérant qu'à cette période la déformation liée à la collision continentale de l'Inde avec l'Asie s'est propagée jusqu'à la marge Nord-est tibétaine au Miocène moyen [*Fang et al.*, 2005]. Les résultats thermochronologiques (U-Th/He et traces de fission) obtenus avec mes collaborateurs de l'Université libre d'Amsterdam (P. Andriessen) sur les échantillons prélevés sur les massifs du Laji Shan indiquent deux phases d'exhumation, à l'Eocène et au Miocène moyen [*Dupont-Nivet et al.*, 2007a]. Ces âges sont en accord avec la phase de rotation tectonique et l'augmentation des taux d'accumulations estimés avec le paléomagnétisme entre 17 et 11 Ma et suggèrent donc que cette rotation a été accommodée par les structures exhumées du Laji Shan séparant les deux systèmes de bassins.

Une grande partie de nos recherches est maintenant focalisée sur l'enregistrement paléoenvironnemental exceptionnel du bassin de Xining avant la déformation Miocène. Nos observations suggèrent une aridification progressive de l'Éocène moyen culminant à la transition éocène-oligocène indiquée dans les sédiments par une transition graduelle de carbonates lacustres plus humide à des gypses lacustres de type *playa* plus aride. Pendant cet intervalle, les alternances cycliques de gypse/carbonate et d'argiles rouges suggèrent un forçage astronomique des conditions évaporitiques [*Abels et al.*, 2010; *Dupont-Nivet et al.*, 2007c; *Xiao et al.*, 2010a]. Avec des traceurs climatiques appropriés, nous avons montré qu'une aridification, indiquée par la disparition régionale de dépôts cycliques de type *playa* (Fig. 4), s'est produite précisément au début de la transition éocène-oligocène [*Dupont-Nivet et al.*, 2007b]. Un progrès déterminant a été d'obtenir des enregistrements continentaux qui montrent un refroidissement atmosphérique de l'hémisphère Nord associé à la transition [*Bowen*, 2007; *Dupont-Nivet et al.*, 2007b; *Ivany et al.*, 2000; *Zanazzi et al.*, 2007]. Ces résultats réfutent l'hypothèse d'une origine uniquement marine de la transition éocène-oligocène liée à des changements de volume de glace antarctique [*Grimes et al.*, 2005; *Kohn et al.*, 2004]. Aussi, ces nouvelles découvertes suggèrent fortement que c'est la réduction de la concentration en CO_2 dans l'atmosphère [*DeConto and Pollard*, 2003] qui est la cause principale pour la transition éocène-oligocène plutôt que l'ouverture de passages océaniques circum-antarctiques qui sont plus influents de l'Oligocène supérieure au Miocène [*Kennett*, 1977; *Lagabrielle et al.*, 2009].



Enregistrements continentaux du Nord-Est tibétain corrélés par datation haute-résolution à l'enregistrement climatique marin. L'aridification, exprimée par la disparition d'horizons lacustres de gypse, est clairement corrélable au refroidissement globale à la transition Éocène-Oligocène à 34 Ma [*Dupont-Nivet et al.*, 2007b]. Par contre, l'apparition des conifères, identifiée par analyse palynologique ca. 38 Ma, ne correspond pas à un évènement climatique globale mais traduit probablement le soulèvement Tibétain associé aux évènements tectoniques Paléogènes régionaux [*Dupont-Nivet et al.*, 2008c].

De plus, nous avons découvert que ces gypses lacustres ont préservé de façon exceptionnelle les pollens fossiles. Leur étude palynologique indiquent un changement important de végétation probablement lié à un soulèvement orographique autour 38 Ma [*Abels et al.*, 2010; *Dupont-Nivet et al.*, 2008b; *Dupont-Nivet et al.*, 2009]. Avec les hautes paléo-altitudes enregistrées dans le sud du Tibet [*Rowley and Currie*, 2006] et la déformation tectonique dans le centre et le nord du Tibet [*Dupont-Nivet et al.*, 2004b; *Horton et al.*, 2004; *Spurlin et al.*, 2005], ces observations indiqueraient qu'un soulèvement tibétain paléogène a amorcé le changement climatique avant d'atteindre les condition seuils pour la transition à 34 Ma. Parallèlement, un

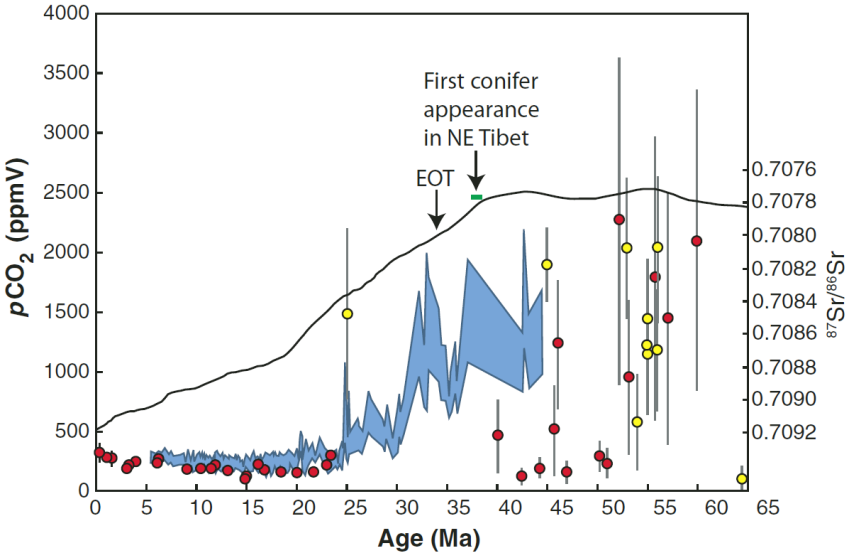
soulèvement important du plateau Tibétain dès 38 Ma [*Dupont-Nivet et al.*, 2008b; *Garzione*, 2008] est en accord avec l'hypothèse que la réduction des taux de CO_2 atmosphérique répondant à l'altération des silicates pendant l'érosion associée à la collision Inde-Asie [*DeConto and Pollard*, 2003; *Kump and Arthur*, 1997; *Ruddiman and Kutzbach*, 1989].

Objectifs

Grace à l'enregistrement sédimentaire exceptionnel que nous avons mis en évidence et daté dans les séries paléogènes du Nord-Est tibétains, nous sommes en mesure de résoudre des questions majeures sur la signification des variations environnementales Asiatiques. Ces variations sont elles associées aux forçages internes régionaux (soulèvement tibétain, retrait marin…) ou aux changements globaux (PETM, EECO, MECO, transition éocène-oligocène)? Ces variations ont-elles engendré des évènements biotiques en Asie? Quelle est leur relation avec l'installation et l'intensification du système de mousson asiatique? Quel sont les conditions atmosphériques lors de ces changements? Quelles sont les relations océan-atmosphères indiquées par la comparaison de ces variations aux enregistrements marins? Peut-on confirmer, infirmer ou développer les hypothèses et modèles sur les causes de ces changements régionaux et globaux?

D'une part, nous planifions d'étudier les variations paléo-environnementales pendant l'intervalle particulièrement bien daté qui inclus la transition éocène-oligocène et son prélude pendant l'Éocène supérieur. En collaboration avec les spécialistes déjà impliqués, l'analyse multi-traceurs haute-résolution suivante sera appliquée à chacune des alternances cycliques dans cet intervalle: (1) Lithofaciès; (2) Palynologie; (3) Granulométrie et propriétés magnétiques; (4) Isotopes stables sur carbonate, gypse et argile. Pour évaluer le forçage astronomique, une analyse cyclostratigraphique sera appliquée à cette large base de données. Ceci permettra de résoudre les nouvelles questions ouvertes par nos résultats précédant [*Dupont-Nivet et al.*, 2008c; *Dupont-Nivet et al.*, 2007b]. Peut on établir une relation entre cette transition et les changements dans la flore et les mammifères fossiles continentaux du 'Mongolian remodelling' [*Meng and McKenna*, 1998; *Wang et al.*, 1990]? La réponse atmospherique enregistrée est-elle en accord avec les modèles basés sur l'enregistrement marin (1ere étape: chute de température, 2eme étape 200 kyr plus tard: chute du taux de CO_2) [*Pearson et al.*, 2009]? L'aridification à la transition éocène-oligocène peut-elle être attribuée au refroidissement global des eaux de surface des océans entraînant une réduction du transport d'humidité dans l'intérieur de l'Asie continentale? Ou, l'aridification est-elle reliée à un retrait marin de l'Asie provoqué par l'abaissement du niveau marin gouverné par la glaciation antarctique (voir chantier suivant)?

D'autre part, en se basant sur l'expérience acquise avec ces traceurs, l'étude sera étendue à la partie inférieure de ces séries sédimentaire exceptionnelles. Celle-ci offrent un énorme potentiel de recherche qui permettra d'estimer les variations paleoenvironnementales (soulèvement, aridification, moussons,…) à long terme jusqu'au début de la collision Inde-Asie ainsi que d'explorer le possible enregistrement d'autres changements climatiques globaux (MECO, EECO, PETM) et leurs répercussions sur les paléoenvironnements asiatiques.

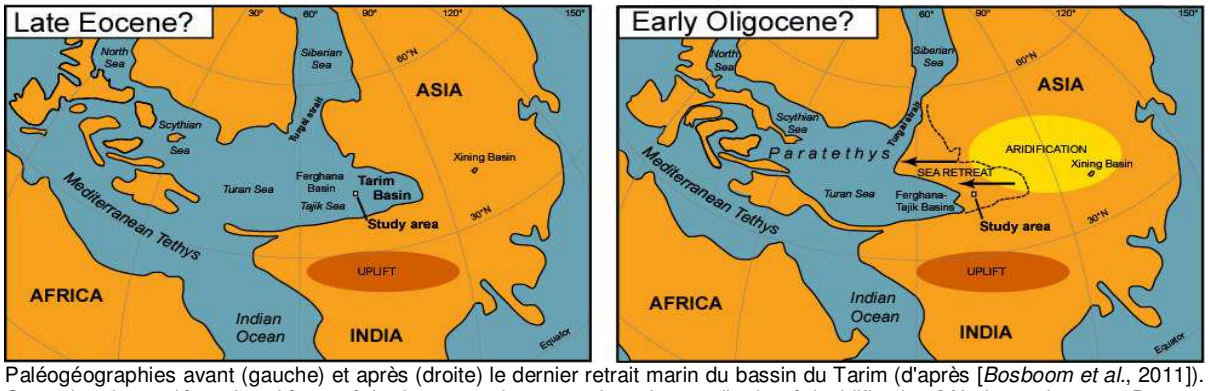


Une relation entre soulèvement tibétain et pCO_2 [*Garzione*, 2008]? Sr marin (courbe noir) et compilation de traceurs pCO_2 atmosphériques en ppmV (parts per million by volume). Rouge - boron isotopes, jaune- carbonates pédogéniques, bleu- alkenones. Vert - Apparition de conifères de haute altitude au Tibet [*Dupont-Nivet et al.*, 2008b]. EOT - Transition éocène-oligocène.

C.5. Age et forçage du retrait marin de l'Asie

Contexte

Le but de ce projet est de déterminer l'âge, la cause et les effets du retrait vers l'ouest de la mer épicontinentale qui couvrait l'Eurasie paléogène. Les modèles climatiques suggèrent que le forçage du retrait de cette mer sur l'environnement asiatique (aridification et intensification des moussons) était du même ordre de grandeur que l'effet du soulèvement tibétain [*Ramstein et al.*, 1997; *Zhang et al.*, 2007]. Malgré son importance, il est étonnant de constater que le retrait de cette mer épicontinental reste quasiment inexploré [*Popov et al.*, 2004]. A son extrémité orientale, la déposition marine commence à la fin du Crétacé par une transgression vers l'Est enregistrée par des dépôts marins couvrant la majeure partie du bassin du Tarim. Il est supposé que cette mer était connectée aux bassins que l'on trouve aujourd'hui à l'ouest du Pamir: à la dépression Tadjike connectée par la vallée de l'Alai et au bassin du Ferghana connecté par le bassin de Tuyon. Cette mer Tadjike épiréique est alors considérée comme l'extension orientale de la mer de Turan ou l'extension orientale de la Paratéthys [*Popov et al.*, 2004]. Le bassin du Tarim, situé à son extrémité orientale, est idéal pour enregistrer les fluctuations de cette mer.



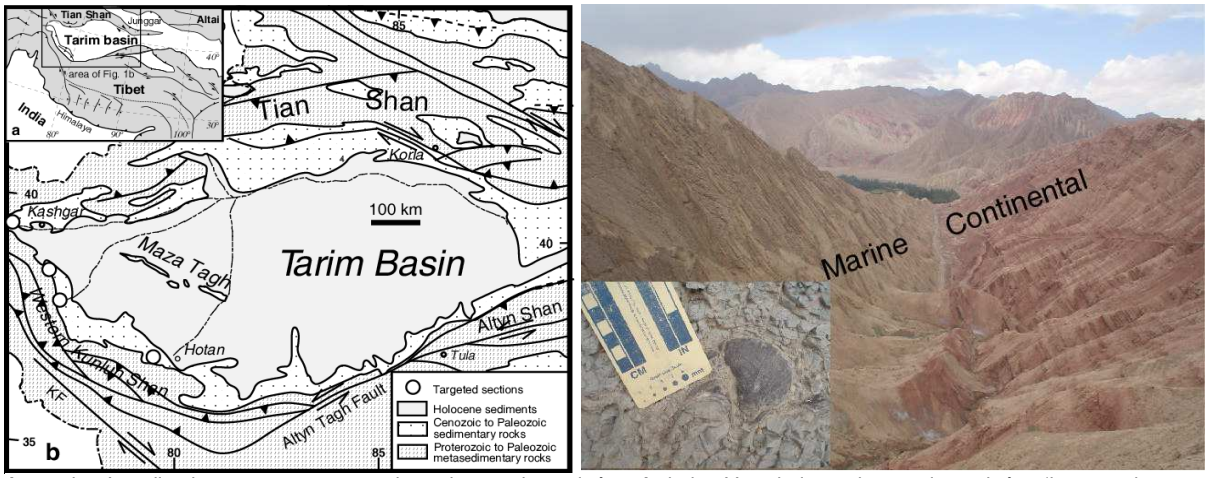
Paléogéographies avant (gauche) et après (droite) le dernier retrait marin du bassin du Tarim (d'après [*Bosboom et al.*, 2011]). Ce projet vise a déterminer l'âge précis de ce retrait pour estimer la contribution à l'aridification [*Abels et al.*, 2010; *Dupont-Nivet et al.*, 2007b] et l'intensification des moussons des forçages internes (soulèvement tibétain [*Dupont-Nivet et al.*, 2008c]) et externes (retrait marin) pendant la transition Eocène-Oligocène comme le prévoient les modèles climatiques [*Ramstein et al.*, 1997; *Zhang et al.*, 2007]. Reconstructions d'après [*Popov et al.*, 2004; *Torsvik et al.*, 2008].

Les dépôts continentaux et marins y enregistrent cinq cycles de transgression-régression de la fin du Crétacé jusqu'à la dernière régression vers l'Oligocène [*Lan and Wei*, 1995; *Mao and Norris*, 1988]. Ces fluctuations de milieu marin à continental sont exprimées par des alternances de dépôts clastiques rouges continentaux avec des calcaires gréseux à argileux riches en bivalves. La rare documentation existante indique que le contenu paléontologique dans les successions marines est riche et varié (foraminifères, dinoflagellés, ostracodes, bivalves, pollen, nano-fossiles), ce qui est prometteur pour la datation ainsi que pour la caractérisation de l'environnement de dépôt par les experts associés à ce projet [*Bosboom et al.*, 2011; *Jin et al.*, 2003; *Mao and Norris*, 1988]. Une importante transition finale est clairement exposée régionalement dans la stratigraphie. L'interprétation traditionnelle de cette dernière régression vers l'ouest est qu'elle correspond au chevauchement du Pamir dans la partie occidentale de la vallée de l'Alai pendant la collision Inde-Asie [*Burtman*, 2000; *Burtman and Molnar*, 1993; *Burtman et al.*, 1996; *Coutand*, 2002; *Strecker et al.*, 2003]. Toutefois, une origine glacio-eustatique en relation avec la formation de la calotte antarctique à la transition éocène-oligocène a aussi à été proposée pour cette dernière régression [*Dupont-Nivet et al.*, 2007b]. Pour tester ces hypothèses, les fluctuations marines ainsi que l'activité tectonique paléogène doivent être mieux contrainte dans le temps. En particulier, l'âge de la dernière régression qui a été attribuée à l'Eocène moyen d'après les nannofossiles calcaires, à l'Oligocène inferieur d'après les bivalves et jusqu'à l'Oligocène supérieur d'après les foraminifères benthiques [*Lan and Wei*, 1995; *Mao and Norris*, 1988; *Zhong et al.*, 1995]. Du point de vue tectonique, des données de traces de fission sur apatites détritiques [*Sobel and Dumitru*, 1997] indiquent une phase principale d'exhumation à 25-20 Ma, et suggèrent une déformation plus ancienne encore mal contrainte entre ~46 Ma [*Yin et al.*, 2002] et ~30 Ma [*Sobel and Dumitru*, 1997]. Les études paléomagnétiques précédentes indiquent des rotations tectoniques enregistrées à l'Ouest du bassin du Tarim [*Chen et al.*, 1992; *Dupont-Nivet et al.*, 2002b; *Gilder et al.*, 1996; *Rumelhart et al.*, 1999]. Cependant, du fait des imprécisions sur l'âge des roches

échantillonnées et du faible nombre d'études paléogènes, on ignore encore si les rotations sont localement associées au cisaillement dextre le long du Kunlun occidental ou si elles peuvent être liées à une rotation en bloc du bassin du Tarim.

Objectifs

Pour comprendre ce qui a gouverné les environnements eurasiatiques, il est donc nécessaire de dater précisément et de quantifier ce retrait marin. Une résolution suffisante sur la datation permettra de déterminer si les changements environnementaux observés à l'échelle régionale (en particulier dans le NE tibétain, cf. chantier précédent) peuvent être associés à des variations glacio-eustatiques ou à la géodynamique [*Dupont-Nivet et al.*, 2007b; *Garzione et al.*, 2004; *Graham et al.*, 2005; *Meng and McKenna*, 1998]. D'une part, ce retrait pourrait être expliqué par la baisse de ~70 m du niveau marin associée à la glaciation de l'Antarctique à la transition éocène-oligocène [*Katz et al.*, 2008]. D'autre part, la régression pourrait être uniquement liée à la tectonique pendant la collision Inde-Asie fermant la connexion de cette mer aux océans par la progradation tectonique vers le nord le long des chaînes du Pamir et du Kunlun occidental [*Burtman and Molnar*, 1993]. Précédant cette dernière régression, d'autres incursions marines paléogènes offrent l'opportunité d'explorer leur possible influence sur les paléoenvironnements régionaux ou l'enregistrement de changements climatiques globaux (MECO, EECO, PETM). De plus, l'étude pourra être étendue à l'ouest (Kirghizstan, Ouzbékistan) pour retracer le retrait marin dans l'espace et dans le temps.



A gauche: Localisation et contexte tectonique des sections visées. A droite: Vue de l'une des sections visées (la route donnant l'échelle). L'encart montre un bivalve caractéristique des sédiments marins [*Bosboom et al.*, 2011].

En premier lieu, il s'agira d'étudier l'excellent enregistrement du retrait marin que nous avons commencé à explorer dans le bassin du Tarim [*Bosboom et al.*, 2011]. Pendant une mission de reconnaissance dans le bassin du Tarim, nous avons repéré des sections sédimentaires distantes de plusieurs centaines de km ayant enregistrées la régression marine. Ces sections sont exceptionnellement bien exposées et accessibles le long des routes et des vallées. Nos observations sur les faciès et le contenu paléontologique indiquent une remarquable continuité du dépôt avant et après le passage du milieu marin au milieu continental. Les strates sont exposées suivant de larges plis associés à des structures liées au Kunlun occidental. Il s'agira en premier lieu de documenter les sections sédimentaires visées et de collecter des échantillons pour la datation magnéto-cyclo stratigraphique, les traceurs climatiques (température, variabilité climatique, pCO_2), la thermochronologie détritique, les analyses paléontologiques (pollens, foraminifères, ostracodes, macro- et nano-fossiles). Des travaux publiés et nos premières analyses indiquent que ces sédiments sont excellents pour les datations bio- et magnétostratigraphiques [*Bosboom et al.*, 2011; *Yin et al.*, 2002]. Une analyse séquentielle de la stratigraphie basée sur les excellents profils sismiques régionaux est envisagée pour retracer les variations du niveau de base. Nous continuerons nos travaux préliminaires qui indiquent que la géochimie des bivalves marins convient pour une étude sclérochronologique de la variabilité climatique. De plus, pour estimer la contribution tectonique, une étude des rotations paléomagnétiques sera entreprise ainsi qu'un échantillonnage thermochronologique le long de profils topographiques sur les massifs granitiques du Kunlun occidental.

En second lieu, en se basant sur l'expérience acquise sur la dernière régression, il s'agira de dater et étudier les incursions marines précédentes qui sont exposées sur les mêmes sections du bassin du Tarim. L'objectif est de déterminer leurs possibles relations avec un forçage interne régional, avec les paléoenvironnements régionaux ou avec des événements globaux paléogènes (MECO, EECO, PETM). Finalement, basée sur l'expérience acquise dans le bassin du Tarim, l'étude des dépôts marins sera étendue à l'ouest où ils restent importants jusqu'au Miocène inferieure (jusqu'à 1300 m d'épaisseur dans la dépression Tadjike et la vallée de l'Alai, 2000 m dans le bassin du Ferghana) [*Burtman*, 2000]. Cela permettra de suivre dans l'espace et dans le temps le retrait marin et l'isolation de la Paratéthys afin de déterminer leurs possibles causes et répercussions paléo-environnementales.

C.6. Conclusions et horizons

Ces trois études complémentaires permettront d'identifier et dater précisément l'évolution paléoenvironnementale et tectonique pendant la période paléogène au nord de la collision Inde-Asie. Les contributions respectives de la tectonique (collision, soulèvement tibétain, retrait marin de l'Asie) et du climat (refroidissement global, aridification) pourront être quantifiées et leurs interactions pourront être identifiées.
Les données obtenues - contraignant dans le temps les conditions atmosphériques et les paléogéographies Asiatiques pendant la période paléogène - seront utilisées pour tester les modèles de changements globaux et calibrer les modèles climatiques en collaboration. Les résultat de chronostratigraphie seront intégrés aux inter-calibrations astronomiques et radiochronologiques pour la construction de l'échelle des inversions géomagnétiques qui est en construction pour la période paléogène en collaboration [*Kuiper et al.*, 2008; *Palike et al.*, 2006]. Les résultats tectoniques seront intégrés aux modèles géodynamiques de la collision Inde-Asie en associant le paléomagnétisme, les reconstructions tectoniques et la tomographie. Ces résultats seront comparés aux modèles d'érosion/exhumation sur le sud de la collision Inde-Asie.

D. EXEMPLES ET APPLICATIONS PUBLIEES

D.1. Tectonique: Applications à la collision Inde-Asie

Dupont-Nivet, G., Guo, Z., Butler, R. F., and Jia, C., (2002), *Discordant paleomagnetic direction in Miocene rocks from the central Tarim Basin: Evidence for local deformation and inclination shallowing*: **Earth and Planetary Science Letters**, 199, 473-482.

Dupont-Nivet, G., Butler, R. F., Yin, A., and Chen, X., (2002), *Paleomagnetism indicates no Neogene rotation of the Qaidam Basin in North Tibet during Indo-Asian Collision*: **Geology**, v. 30, 263-266.

Dupont-Nivet, G., Butler, R. F., Yin, A., and Chen, X., (2003), *Paleomagnetism indicates no Neogene rotation of Northeastern Tibetan plateau*: **Journal of Geophysical Research**, 108, doi:10,1029/ 2003JB002399.

Dupont-Nivet, G., B. K. Horton, R. F. Butler, J. Wang, J. Zhou, and G. L. Waanders, (2004), *Paleogene clockwise tectonic rotation of the Xining-Lanzhou region, northeastern Tibetan plateau*: **Journal of Geophysical Research**, 109, doi:10.1029/2003JB002620

Dupont-Nivet, G., Dai, S., Krijgsman, W., Erens, V., Reitsma, M., Langereis, C.G., Fang, X. (2008), *Timing and distribution of tectonic rotations in the northeastern Tibetan plateau*, in C. Burchfiel and E. Wang, eds, Continental Dynamics and Environmental Change of The Tibetan Plateau*:* **The Geological Society of America Special Paper 444**, 73-87.

Dupont-Nivet, G., Robinson, D., Butler, R. F., Yin, A., Zhang, Y., and Qiao, W. S, Melosh, J., (2004), *Concentration of crustal displacement along a weak Altyn Tagh fault: Evidence from paleomagnetism of the northern Tibetan Plateau*: **Tectonics**, 23, doi:10.1029/2002TC001397.

Washburn, Z., J.R. Arrowsmith, G. Dupont-Nivet, W.X. Feng, Y.Q. Zhang, and Z. Chen, (2004) ***Paleoseismology of the Xorkol segment of the central Altyn Tagh Fault, Xinjiang, China*: Annals of Geophysics,** 46 (5).

Robinson, D., Dupont-Nivet, G., Gehrels, G. E., Zhang, Y., (2003), *The Tula uplift, northwestern China: Evidence for regional tectonism of the northern Tibetan Plateau during late Mesozoic-early Cenozoic time*: **Geological Society of America Bulletin**, v. 31, p. 35-47.

Dupont-Nivet, G., Lippert, P.C., Van Hinsbergen, D.J.J., Meijers, M., and Kapp, P., (2010), *Paleolatitude and age of the Indo-Asia collision, paleomagnetic constraints,* **Geophysical Journal International**, vol. 182, doi: 10.1111/j.1365-246X.2010.04697.x

Dupont-Nivet, G., D.J.J. Van Hinsbergen, and T.H. Torsvik, (2010), *Persistently low Asian paleolatitudes: implications for the Indo-Asia collision*, **Tectonics,** vol. 29, TC5016, doi:10.1029/2008TC002437.

D.2. Tectonique: Applications à la géodynamique méditerranéenne

Dupont-Nivet, G., Vasiliev, I., Langereis, C.G., Krijgsman, W. and Panaiotu, C. (2005). *Neogene tectonic evolution of the southern and eastern Carpathians constrained by paleomagnetism*: **Earth and Planetary Science Letters**, 236, 374– 387.

van Hinsbergen, D.J.J., Dupont-Nivet, G., Nakov, R., K. Oud, K., and Panaiotu, C., (2008) *No significant post-Eocene rotation of the Moesian Platform and Rhodope (Bulgaria): Implications for the kinematic evolution of the Carpathian and Aegean arcs*: **Earth and Planetary Science Letters**, 273 (3-4), 345-358.

D.3. Tectonique: Applications à la géodynamique andine

Arriagada, C., Roperch, P., Mpodozis, C., Dupont-Nivet, G., Cobbold, P.R., Chauvin, C., and J. Cortes, (2003), *Paleogene Clockwise Rotations in the fore-arc of Central Andes, Antofagasta Region, Northern Chile*: **Journal of Geophysical Research**, 105, doi:10.1029/ 2001JB001598

E.1. Chronostratigraphie et paléo-environnements: Méthodes

Dupont-Nivet, G., and Krijgsman, W., (in press), *Magnetostratigraphic methods and applications*, in Busby, C., and Azor, A., eds., **Recent Advances in Tectonics of Sedimentary Basins**, Blackwell.

E.2. Chronostratigraphie et paléo-environnements: Applications à la collision Inde Asie

Horton, B. K., Dupont-Nivet, G., R. F. Butler, J. Wang, J. Zhou, and G. L. Waanders, (2004), *Mesozoic-Cenozoic evolution of the Xining-Minhe and Dangchang basins, northeastern Tibetan plateau: Magnetostratigraphic and biostratigraphic results*: **Journal of Geophysical Research**, 109, doi: 10.1029/2003JB002660.

Dai, S., X. Fang, Dupont-Nivet, G., C. Song, J. Gao, W. Krijgsman, C. Langereis, and W. Zhang (2006) *Magnetostratigraphy of Cenozoic sediments from the Xining Basin: Tectonic implications for the northeastern Tibetan Plateau*; **Journal of Geophysical Research**, 111, B11102, doi:10.1029/ 2005JB004187.

Dupont-Nivet, G., Krijgsman, W., Langereis, C.G., Abels, H.A., Dai, S., Fang, X. (2007), *Tibetan Plateau aridification linked to global cooling at the Eocene-Oligocene transition*: **Nature**, v. 445, p. 635-638.

Dupont-Nivet, G., Hoorn, C., Konert, M., (2008), *Tibetan uplift prior to the Eocene-Oligocene climate transition: Evidence from pollen analysis of the Xining Basin*: **Geology**, 36, 987-990.

Dupont-Nivet, G., Hoorn, C., and Konert, M., (2009), *Erratum: Tibetan uplift prior to the Eocene-Oligocene climate transition: Evidence from pollen analysis of the Xining Basin*: **Geology**, v. 37, p. 506-.

Xiao, G., Z. Yao, F. Hilgen, H.A. Abels, and G. Dupont-Nivet, (2010) *Asian aridification linked to the first step of the Eocene-Oligocene climate Transition (EOT) in obliquity-dominated terrestrial records (Xining Basin, China)* **: Climate of the Past**, v. 6, p. 501-513.

Abels, H.A., Dupont-Nivet, G., Xiao, G., Bosboom, R.E. and W. Krijgsman, (2011), *Step-wise change of Asian interior climate preceding the Eocene–Oligocene Transition (EOT).* **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, doi: 10.1016/j.palaeo.2010.11.028.

Bosboom, R.E., Dupont-Nivet, G., Houben, A.J.P., Mandic, O., Villa., G., Stoica, M., Zachariasse, W.J., Krijgsman, W., Guo, Z., and Li, C., (2011), *Late Eocene sea retreat from the Tarim Basin (west China) and concomitant Asian paleoenvironmental change,* **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, doi: 10.1016/j.palaeo.2010.11.019.

Chirouze, F., Dupont-Nivet, G., Huyghe, P., Beek, P.v.d., Chakraborti, T., Bernet, M., and Erens, V., (in revision), *Magnetostratigraphy of the Neogene Siwalik Group of far eastern Himalaya, Kameng section, Arunachal Pradesh, India*: **Journal of Asian Earth Sciences**.

Chirouze, F., Bernet, M., Huyghe, P., Erens, V., Dupont-Nivet, G., and Senebier, F., (in press), *Detrital thermochronology and sediment petrology of the middle Siwaliks Molasse along the Muksar Khola section in eastern Nepal*: **Journal of Asian Earth Sciences**. doi:10.1016/j.jseaes.2011.01.009

Guilbaud, R., Bernet, M., Erens, V., Chirouze, F., Huyghe, P., and Dupont-Nivet, G., (in revision), *On the influence of diagenesis on the original petrographic composition of Miocene-Pliocene fluvial sandstone in the Himalayan foreland basin of western-central Nepal*: **Journal of Asian Earth Sciences**.

Xu, Y., Zhang, K., Wang, G., Jiang, S., Chen, F., Xiang, S., Dupont-Nivet, G., and Hoorn, C., (in revision), *Extended stratigraphy, palynology and depositional environments record the initiation of the Himalayan Gyirong Basin (Neogene China)*: **Journal of Asian Earth Sciences**.

Li, C., Guo, Z., and Dupont-Nivet, G., (2011), *Magnetostratigraphy of the Northern Tian Shan foreland, Taxi He section, China:* **Basin Research,** doi : 10.1111/j.1365-2117.2010.00475.x.

Li, C., Guo, Z., and Dupont-Nivet, G., (in press), *Late Cenozoic tectonic deformation across the northern foreland of the Chinese Tian Shan*: **Journal of Asian Earth Sciences**, p. doi: 10.1016/j.jseaes.2010.08.009.

E.3. Chronostratigraphie et paléo-environnements: Applications à la paléoanthropologie

Quade, J., Levin, N., Simpson, S., Butler, R.F., McIntosh, W., Sileshi, S., Kleinasser, L., Dupont-Nivet, G., and Renne, P., (2008), *The geology of Gona*, in Quade, J., and Wynn, J.G., eds., The Geology of Early Humans in the Hoorn of Africa: **Geological Society of America Special Paper 446**.

Dupont-Nivet, G., Sier, M., Campisano, C.J., Arrowsmith, J.R., DiMaggio, E.N., Reed, K., Lockwood, C.A., Franke, C., and Huesing, S., (2008), *Magnetostratigraphy of the eastern Hadar Basin (Ledi-Geraru research area, Ethiopia), implications for hominin paleoenvironments*, in Quade, J., and Wynn, J.G., eds., The Geology of Early Humans in the Hoorn of Africa: **Geological Society of America Special Paper 446.**

Simpson, S.W., J., Q., Levin, N., Butler, R.F., Dupont-Nivet, G., Everett, M., and Sileshi, S., (2008), *A Female Homo erectus Pelvis from Gona, Ethiopia*: **Science**, 322, 1089-1092.

Joordens, J.C.A., Vonhof, H.B., Feibel, C.S., Lourens, L.J., Lubbe, H.J.L.v.d., Dupont-Nivet, G., Sier, M.J., Davies, G.R., and Kroon, D., (in revision), *An astronomically-tuned climate framework for hominins in the Turkana Basin*: **Earth and Planetary Science Letters**.

E.4. Chronostratigraphie et paléo-environnements: Applications à la meditterannée

Köhler, C.M., Krijgsman, W., van Hinsbergen, D.J.J., Heslop, D., Dupont-Nivet, G., (2009), *Concurrent tectonic and climatic changes recorded in upper Tortonian sediments from the Eastern Mediterranean*, **Terra Nova,** doi: 10.1111/j.1365-3121.2009.00916.x.

F. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abels, H. A., G. Dupont-Nivet, G. Q. Xiao, R. E. Bosboom, and W. Krijgsman, Step-wise lithofacies changes precluding the Eocene – Oligocene transition at the northeastern margin of the Tibetan Plateau, in *EGU General Assembly 2010*, vol. 12, pp. EGU2010-5060, Geophysical Research Abstracts, Vienna, 2010.

Aitchison, J. C., J. R. Ali, and A. M. Davis, When and where did India and Asia collide?, *Journal of Geophysical Research, 112*, B05423, doi:10.1029/2006JB004706, 2007.

Aitchison, J. C., J. R. Ali, and A. M. Davis, Reply to comment by Eduardo Garzanti on "When and where did India and Asia collide?", *Journal of Geophysical Research, 113*, B04412, doi:10.1029/2007JB005431, 2008.

Beaumont, C., R. A. Jamieson, M. H. Nguyen, and B. Lee, Himalayan tectonics explained by extrusion of a low-viscosity crustal channel coupled to focused surface denudation, *Nature, 414*, 738-742, 2001.

Bijl, P. K., S. Schouten, A. Sluijs, G. J. Reichart, J. C. Zachos, and H. Brinkhuis, Early Palaeogene temperature evolution of the southwest Pacific Ocean, *Nature, 461*(7265), 776-779, 2009.

Bonnet, S., and A. Crave, Landscape response to climate change: Insights from experimental modeling and implications for tectonic versus climatic uplift of topography, *Geology, 31*(2), 123-126, 2003.

Bosboom, R. E., G. Dupont-Nivet, A. J. P. Houben, H. Brinkhuis, G. Villa, O. Mandic, M. Stoica, W. J. Zachariasse, Z. Guo, C. Li, and W. Krijgsman, Late Eocene sea retreat from the Tarim Basin (west China) and concomitant Asian paleoenvironmental change, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 299*(3-4), 385-398, doi: 10.1016/j.palaeo.2010.11.019, 2011.

Bowen, G. J., When the world turned cold, *Nature, 445*, 607-608, 2007.

Burtman, V. S., Cenozoic crustal shortening between the Pamir and Tien Shan and a reconstruction of the Pamir-Tien Shan transition zone for the Cretaceous and Palaeogene, *Tectonophysics*, 2000.

Burtman, V. S., and P. Molnar, Geological and geophysical evidence for deep subduction of continental crust beneath the Pamir, *Geological Society of America Special Paper, 281*, 76p., 1993.

Burtman, V. S., S. F. Skobelev, and P. Molnar, Late Cenozoic slip on the Talas-Ferghana fault, the Tien Shan, central Asia, *Geological Society of America Bulletin, 108*(8), 1004, 1996.

Chen, Y., J.-P. Cogné, and V. Courtillot, New Cretaceous paleomagnetic results from the Tarim basin, northwestern China, *Earth and Planetary Science Letters, 114*, 17-38, 1992.

Chirouze, F., M. Bernet, P. Huyghe, V. Erens, G. Dupont-Nivet, and F. Senebier, Detrital thermochronology and sediment petrology of the middle Siwaliks Molasse along the Muksar Khola section in eastern Nepal, *Journal of Asian Earth Sciences*, doi:10.1016/j.jseaes.2011.01.009, in press.

Clift, P. D., G. D. Layne, and J. Blusztajn, Marine sedimentary evidence for monsoon strengthening, Tibetan uplift and drainage evolution in Asia, *Continent-Ocean Interactions in the East Asian Marginal Seas, AGU monograph 149*, 255-282, 2004.

Copley, A., J. P. Avouac, and J. Y. Royer, The India-Asia collision and the Cenozoic slowdown of the Indian plate: Implications for the forces driving plate motions, *Journal of Geophysical Research*, doi:10.1029/2009JB006634, 2010.

Coutand, I., Late Cenozoic tectonic development of the intramontane Alai Valley, (Pamir-Tien Shan region, central Asia): An example of intracontinental deformation due to the Indo-Eurasia collision., *Tectonics, 21*(6), 1-19, 2002.

Dai, S., X. Fang, G. Dupont-Nivet, W. Krijgsman, V. Erens, M. Reitsma, and C. G. Langereis, Timing and distribution of tectonic rotations in the northeastern Tibetan plateau, in *AGU Fall meeting*, pp. [Abstract] GP43C-1489, San Francisco, 2007.

Dai, S., X. M. Fang, G. Dupont-Nivet, C. H. Song, J. P. Gao, W. Krijgsman, C. Langereis, and W. L. Zhang, Magnetostratigraphy of Cenozoic sediments from the Xining Basin: Tectonic implications for the northeastern Tibetan Plateau, *Journal of Geophysical Research-Solid Earth, 111*(B11), 2006.

Davy, P., and D. Lague, Fluvial erosion/transport equation of landscape evolution models revisited, *Journal of Geophysical Research-Earth Surface, 114*, 2009.

DeCelles, P. G., J. Quade, P. Kapp, M. Fan, D. L. Dettman, and D. Lin, High and dry in central Tibet during the Late Oligocene, *Earth and Planetary Science Letters, 253*, 389-401, 2007.

DeConto, R. M., and D. Pollard, Rapid Cenozoic glaciation of Antarctica induced by declining atmospheric CO2, *Nature, 421*(6920), 245-249, 2003.

Dupont-Nivet, G., R. F. Butler, A. Yin, and X. Chen, Paleomagnetism indicates no Neogene rotation of the Qaidam Basin in North Tibet during Indo-Asian Collision, *Geology, 30*(3), 263-266, 2002a.

Dupont-Nivet, G., R. F. Butler, A. Yin, and X. Chen, Paleomagnetism indicates no Neogene rotation of the Northeastern Tibetan plateau, *Journal of Geophysical Research, 108*(B8), doi:10,1029/2003JB002399, 2003.

Dupont-Nivet, G., R. F. Butler, A. Yin, D. Robinson, Y. Zhang, W. S. Qiao, and J. Melosh, Concentration of crustal displacement along a weak Altyn Tagh fault: Evidence from paleomagnetism of the northern Tibetan Plateau, *Tectonics, 23*, doi:10.1029/2002TC001397, 2004a.

Dupont-Nivet, G., S. Dai, X. Fang, W. Krijgsman, V. Erens, M. Reitsma, and C. Langereis, Timing and distribution of tectonic rotations in the northeastern Tibetan Plateau, in *Special Paper 444:*

Investigations into the Tectonics of the Tibetan Plateau, edited by E. Wang and C. Burchfiel, pp. 73-87, Geological Society of America, Boulder, 2008a.

Dupont-Nivet, G., Z. Guo, R. F. Butler, and C. Jia, Discordant paleomagnetic direction in Miocene rocks from the central Tarim Basin: Evidence for local deformation and inclination shallowing, *Earth and Planetary Science Letters, 199*, 473-482, 2002b.

Dupont-Nivet, G., C. Hoorn, and M. Konert, Tibetan uplift prior to the Eocene-Oligocene climate transition: evidence from pollen analysis of the Xining Basin, *Geology, 36*(12), 987–990; doi: 10.1130/GS25063A.1, 2008b.

Dupont-Nivet, G., C. Hoorn, and M. Konert, Tibetan uplift prior to the Eocene-Oligocene climate transition: Evidence from pollen analysis of the Xining Basin, *Geology, 36*, 987-990, 2008c.

Dupont-Nivet, G., C. Hoorn, and M. Konert, Erratum: Tibetan Uplift Prior to The Eocene-Oligocene Climate Transition: Evidence From Pollen Analysis of The Xining Basin 10.1130/0091-7613-37.6.506, *Geology, 37*(6), 506-, 2009.

Dupont-Nivet, G., B. K. Horton, J. Zhou, G. L. Waanders, R. F. Butler, and J. Wang, Paleogene clockwise tectonic rotation of the Xining-Lanzhou region, northeastern Tibetan Plateau, *Journal of Geophysical Research, 109, B04401, 10.1029/2003JB002620*, 2004b.

Dupont-Nivet, G., J. Juez-Larré, P. A. M. Andriessen, J. Foeken, and X. Jiang, Middle Miocene exhumation of the Laji Shan, Northeastern Tibetan Plateau, in *Fall AGU*, pp. [Abstract] T12D-05, San Francisco, 2007a.

Dupont-Nivet, G., and W. Krijgsman, Magnetostratigraphic methods and applications, in *Recent Advances in Tectonics of Sedimentary Basins*, edited by C. Busby and A. Azor, Blackwell, in press.

Dupont-Nivet, G., W. Krijgsman, C. G. Langereis, H. A. Abels, S. Dai, and X. Fang, Tibetan plateau aridification linked to global cooling at the Eocene-Oligocene transition, *Nature, 445*(7128), 635-638, 2007b.

Dupont-Nivet, G., W. Krijgsman, C. G. Langereis, H. A. Abels, S. Dai, and X. M. Fang, Tibetan plateau aridification linked to global cooling at the Eocene-Oligocene transition, *Nature, 445*(7128), 635-638, 2007c.

Dupont-Nivet, G., P. C. Lippert, D. J. J. van Hinsbergen, M. J. M. Meijers, and P. Kapp, Palaeolatitude and age of the Indo-Asia collision: palaeomagnetic constraints, *Geophysical Journal International, 182*(3), 1189-1198, 2010a.

Dupont-Nivet, G., D. J. J. van Hinsbergen, and T. H. Torsvik, Persistently low Asian paleolatitudes: Implications for the India-Asia collision history, *Tectonics, 29*(5), TC5016, doi: 10.1029/2008TC002437, 2010b.

Eldrett, J. S., D. R. Greenwood, I. C. Harding, and M. Huber, Increased seasonality through the Eocene to Oligocene transition in northern high latitudes, *Nature, 459*(7249), 969-U91, 2009.

Fang, X., M. Yan, R. Van der Voo, D. K. Rea, C. Song, J. M. Pares, J. Gao, J. Nie, and S. Dai, Late Cenozoic deformation and uplift of the NE Tibetan Plateau: Evidence from high-resolution magnetostratigraphy of the Guide Basin, Qinghai Province, China, *Geological Society of America Bulletin, 117*, 1208-1225 doi: 101130/B25727.1, 2005.

Gallagher, K., S. Jones, and J. Wainwright, The Earth's dynamic surface: an overview, *Geological Society, London, Special Publications, 296*(1), 1-5, 10.1144/SP296.1, 2008.

Garzanti, E., Comment on “When and where did India and Asia collide?” by Jonathan C. Aitchison, Jason R. Ali, and Aileen M. Davis, *Journal of Geophysical Research, 113*, B04411, doi:10.1029/2007JB005276, 2008.

Garzione, C., M. J. Ikari, and A. R. Basu, Source of Oligocene to Pliocene sedimentary rocks in the Linxia basin in northeastern Tibet from Nd isotopes: Implications for tectonic forcing of climate, *Geological Society of America Bulletin, 117*(9), 1156-1166; doi: 10.1130/B25743.1, 2005.

Garzione, C. N., Surface uplift of Tibet and Cenozoic global cooling, *Geology, 36*(12), 1003-1004, 2008.

Garzione, C. N., D. L. Dettman, and B. K. Horton, Carbonate oxygen isotope paleoaltimetry: evaluating the effect of diagenesis on paleoelevation estimates for the Tibetan plateau, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 212*(1-2), 119-140, 2004.

Gilder, S., X. Zhao, R. Coe, Z. Meng, V. Courtillot, and J. Besse, Paleomagnetism and tectonics of the southern Tarim Basin, northwestern China, *Journal of Geophysical Research, 101*(B10), 22015-22031, 1996.

Graham, S. A., C. P. Chamberlain, Y. J. Yue, B. D. Ritts, A. D. Hanson, T. W. Horton, J. R. Waldbauer, M. A. Poage, and X. Feng, Stable isotope records of Cenozoic climate and topography, Tibetan plateau and Tarim basin, *American Journal of Science, 305*(2), 101-118, 2005.

Grimes, S. T., J. J. Hooker, M. E. Collinson, and D. P. Mattey, Summer temperatures of late Eocene to early Oligocene freshwaters, *Geology, 33*(3), 189-192, 2005.

Horton, B. K., G. Dupont-Nivet, J. Zhou, G. L. Waanders, R. F. Butler, and J. Wang, Mesozoic-Cenozoic evolution of the Xining-Minhe and Dangchang basins, northeastern Tibetan plateau: Magnetostratigraphic and biostratigraphic results, *Journal of Geophysical Research, 109, B04402, doi:10.1029/2003JB002913*, 2004.

Huber, M., CLIMATE CHANGE: A Hotter Greenhouse?, *Science, 321*(5887), 353-354, 10.1126/science.1161170, 2008.

Ivany, L. C., W. P. Patterson, and C. L. Kyger, Cooler winters as a possible cause of mass extinctions at the Eocene/Oligocene boundary, *Nature, 407*, 887-890, 2000.

Jin, X., J. Wang, B. Chen, and L. Ren, Cenozoic depositional sequences in the piedmont of the west Kunlun and their paleogeographic and tectonic implications, *Journal of Asian Earth Sciences, 21*(7), 755-765, 2003.

Katz, M. E., K. G. Miller, J. D. Wright, B. S. Wade, J. V. Browning, B. S. Cramer, and Y. Rosenthal, Stepwise transition from the Eocene greenhouse to the Oligocene icehouse, *Nature Geosciences, 1*(5), 329-334, 2008.

Kennett, J. P., Cenozoic evolution of Antarctic glaciation, the circum-Antarctic oceans and their impact on global paleoceanography, *J. Geophys. Res., 82*, 3843-3859, 1977.

Kohn, M. J., J. A. Josef, R. Madden, R. Kay, G. Vucetich, and A. A. Carlini, Climate stability across the Eocene-Oligocene transition, southern Argentina, *Geology, 32*(7), 621-624, 2004.

Kuiper, K. F., A. Deino, F. J. Hilgen, W. Krijgsman, P. R. Renne, and J. R. Wijbrans, Synchronizing Rock Clocks of Earth History, *Science, 320*(5875), 500-504, doi: 10.1126/science.1154339, 2008.

Kump, L. R., Tipping Pointedly Colder, *Science, 323*, doi: 10.1126/science.1170613, 2009.

Kump, L. R., and M. A. Arthur, Global chemical erosion during the Cenozoic : weatherability balances the budget, in *Tectonics, Uplift and Climate Change*, edited by W. F. Ruddiman, pp. 399-426, Plenum Publishing Co, New-York, 1997.

Lagabrielle, Y., Y. Godderis, D. Y., J. Malavieille, and S. M., The tectonic history of Drake Passage and its possible impacts on global climate, *Earth and Planetary Science Letters*, doi:10.1016/j.epsl.2008.12.037, 2009.

Lan, X., and J. Wei, Late Cretaceous-early Tertiary marine bivalve fauna from the western Tarim Basin, in *Chinese Science Publishing House*, pp. 212, Beijing, 1995.

Laskar, J., P. Robutel, F. Joutel, M. Gastineau, A. C. Correia, and B. Levrard., A long-term numerical solution for the insolation quantities of the Earth, *Astronomy & Astrophysics*, DOI: 10.1051/0004-6361:20041335, 2004.

Laskar, J. A. s. f. p. s., Astronomical solutions for paleoclimatic studies, *EOS Transactions, American Geophysical Union, Fall Meeting Supplement, 82*, Abstract U11A-01., 2001.

Mao, S., and G. Norris, Late Cretaceous-early Tertiary dinoflagellates and acritarchs from the Kashi area, Tarim Basin, Xinjiang Province, China, in *Life Science Contributions*, vol. 150, pp. 93, Royal Ontario Museum, 1988.

Meng, J., and M. C. McKenna, Faunal turnovers of Palaeogene mammals from the Mongolian Plateau, *Nature, 394*, 364-367, 1998.

Palike, H., R. D. Norris, J. O. Herrle, P. A. Wilson, H. K. Coxall, C. H. Lear, N. J. Shackleton, A. K. Tripati, and B. S. Wade, The Heartbeat of the Oligocene Climate System, *Science, 314*(5807), 1894-1898, 2006.

Patzelt, A., H. Li, J. Wang, and E. Appel, Palaeomagnetism of Cretaceous to Tertiary sediments from southern Tibet: evidence for the extent of the northern margin of India prior to the collision with Eurasia, *Tectonophysics, 259*, 259-284, 1996.

Pearson, P. N., G. L. Foster, and B. S. Wade, Atmospheric carbon dioxide through the Eocene–Oligocene climate transition, *Nature, 461*, doi:10.1038/nature08447, 2009.

Popov, S., F. Rögl, A. Y. Rozanov, F. F. Steininger, I. G. Shcherba, and M. Kovac, Lithological-Paleogeographic maps of Paratethys 10 Maps Late Eocene to Pliocene, *Courier Forschungsinstitut Senckenberg, 250*, 1-42, 2004.

Ramstein, G., F. Fluteau, J. Besse, and S. Joussaume, Effect of orogeny, plate motion and land–sea distribution on Eurasian climate change over the past 30 million years, *Nature, 386*, 788-795, 1997.

Rowley, D. B., and B. S. Currie, Palaeo-altimetry of the late Eocene to Miocene Lunpola basin, central Tibet, *Nature, 439*, 677-681 doi:10.1038/nature04506, 2006.

Ruddiman, W. F., Earth's Climate Past and Future, pp. 465, W.H. Freeman & Sons, New York, 2001.

Ruddiman, W. F., and Kutzbach, Forcing of Late Cenozoic northern hemisphere climate by plateau uplift in southern Asia and the American west, *Journal of Geophysical Research, 94*, 18,409-18427, 1989.

Rumelhart, P. E., A. Yin, E. Cowgill, R. F. Butler, Q. Zhang, and X.-F. Wang, Cenozoic vertical-axis rotation of the Altyn Tagh fault system, *Geology, 27*(9), 819-822, 1999.

Sobel, E. R., and T. A. Dumitru, Thrusting and exhumation around the margins of the western Tarim basin during the India-Asia collision, *Journal of Geophysical Research, 102*(B3), 5043-5063, 1997.

Spurlin, M. S., A. Yin, B. K. Horton, J. Zhou, and J. Wang, Structural evolution of the Yushu-Nangqian region and its relationship to syncollisional igneous activity, east-central Tibet, *Geological Society of America Bulletin, 117*, 1293–1317; doi: 10.1130/B25572.1, 2005.

Strecker, M. R., G. E. Hilley, J. R. Arrowsmith, and I. Coutand, Differential structural and geomorphic mountain-front evolution in an active continental collision zone: The northwest Pamir, southern Kyrgyzstan, *Geological Society of America Bulletin, 115*(2), 166-181, 2003.

Torsvik, T. H., R. Dietmar Müller, R. Van der Voo, B. Steinberger, and C. Gaina, Global plate motion frames: toward a unified model, *Reviews of Geophysics, 46*, doi:10.1029/2007RG000227, RG3004, 2008.

Unger, K., Two continents, one conclusion, in *Geotimes*, vol. Coping With a Changing Earth, April 2007.

van der Beek, P., X. Robert, J.-L. Mugnier, M. Bernet, P. Huyghe, and E. Labrin, Late Miocene - Recent exhumation of the central Himalaya and recycling in the foreland basin assessed by apatite fission-track thermochronology of Siwalik sediments, Nepal, *Basin Research, 18*(4), 413-434, 2006.

van der Voo, R., W. Spakman, and H. Bijwaard, Mesozoic subducted slabs under Siberia, *Nature, 397*, 246-249, 1999.

Wang, D.-N., X.-Y. Sun, and Y.-N. Zhao, Late Cretaceous to Tertiary palynofloras in Xinjiang and Qinghai, China, *Review of Palaeobotany and Palynology, 65*(1-4), 95-104, 1990.

Xiao, G., H. A. Abels, Z. Yao, G. Dupont-Nivet, and F. J. Hilgen, Asian aridification linked to the first step of the Eocene-Oligocene climate Transition (EOT) in obliquity-dominated terrestrial records (Xining Basin, China), *Climate of the Past Dicsussions, 6*, 627-657, 2010a.

Xiao, G. Q., H. A. Abels, Z. Q. Yao, G. Dupont-Nivet, and F. J. Hilgen, Asian aridification linked to the first step of the Eocene-Oligocene climate Transition (EOT) in obliquity-dominated terrestrial records (Xining Basin, China), *Climate of the Past, 6*(4), 501-513, 2010b.

Yin, A., P. E. Rumelhart, R. F. Butler, E. Cowgill, T. M. Harrison, D. A. Foster, R. V. Ingersoll, Q. Zang, X.-Q. Zhou, X.-F. Wang, A. Hanson, and A. Raza, Tectonic history of the Altyn Tagh fault system in northern Tibet inferred from Cenozoic sedimentation, *Geological Society of America Bulletin, 114*(10), 1257-1295, 2002.

Zachos, J., M. Pagani, L. Sloan, E. Thomas, and K. Billups, Trends, Rhythms, and Aberrations in Global Climate 65 Ma to Present, *Science, 292*(5517), 686-693, 2001.

Zachos, J. C., and L. R. Kump, Carbon cycle feedbacks and the initiation of Antarctic glaciation in the earliest Oligocene, *Global and Planetary Change, 47*, 51-66, 2005.

Zanazzi, A., M. J. Kohn, B. J. MacFadden, and D. O. Terry, Large temperature drop across the Eocene-Oligocene transition in central North America, *445*(7128), 639-642, 2007.

Zhang, Z., H. Wang, Z. Guo, and D. Jiang, What triggers the transition of palaeoenvironmental patterns in China, the Tibetan Plateau uplift or the Paratethys Sea retreat?, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 245*(3-4), 317-331, 2007.

Zhong, R., C. J. Wu, H. R. Zhong, and B. Li, (in chinese) Field survey report in the Maza Tagh area: southern margin of the Bachu uplift of the Tarim Basin, pp. 116, Tarim Petroleum Exploration Company, 1995.