

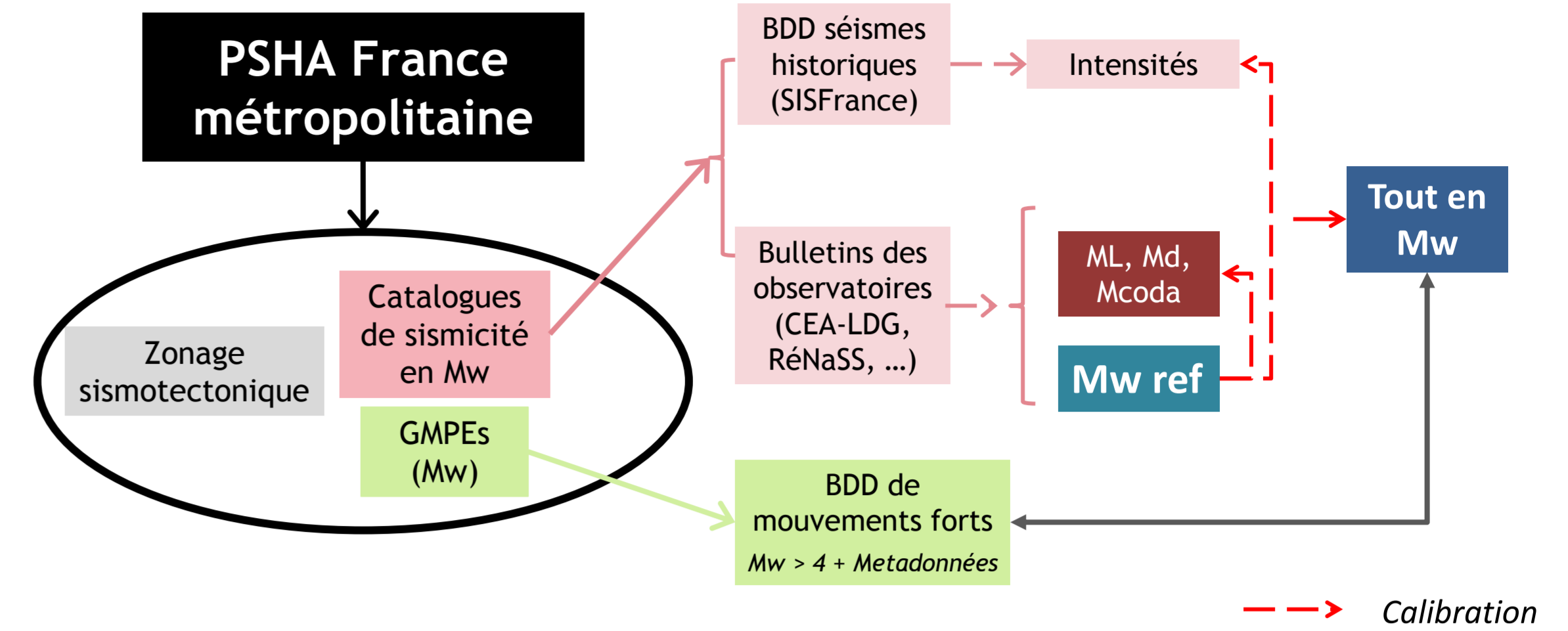
# Catalogue de sismicité instrumentale en Mw pour la France métropolitaine : construction d'un jeu de référence en Mw unifiées

Aurore Laurendeau (aurore.laurendeau@irsn.fr), Christophe Clément, Oona Scotti

## PROBLEMATIQUE

L'évaluation de l'aléa sismique probabiliste (PSHA) est basée sur la distribution **magnitude-fréquence des séismes** (loi de Gutenberg-Richter). Un PSHA requiert la mise en œuvre de **catalogues de sismicité** dans lesquels tous les séismes sont décrits à partir d'une même échelle de magnitude. Cette échelle de magnitude doit être **compatible** avec celle utilisée pour développer des modèles de prédiction des mouvements sismiques (GMPEs). Il existe différentes échelles de magnitude mais depuis plusieurs années, la **magnitude de moment (Mw)** s'impose comme la **magnitude de référence**.

En France métropolitaine, plusieurs services d'observation (CEA-LDG, RéNaSS, ...) recensent dans des bulletins les événements sismiques en les caractérisant à partir de **magnitudes empiriques**, tels que la magnitude locale du LDG par exemple,  $ML_{LDG}$ . Un **nombre restreint** d'événements sismiques est décrit par une estimation « directe » de la Mw. Pour constituer un catalogue de sismicité en Mw en France métropolitaine, **des lois de conversion** sont nécessaires pour déduire Mw d'une autre échelle de magnitude (e.g.,  $ML_{LDG}$ ) ou des intensités macrosismiques. **Le jeu de données de Mw de référence a donc un impact majeur dans la constitution du catalogue final.**



## Construction d'un jeu de référence en Mw

Les Mw « directes » sont collectées auprès de plusieurs instituts sismologiques ou études spécifiques. Plusieurs valeurs de Mw peuvent être estimées pour un même événement sismique suivant les méthodes de calcul, les données d'entrée et les réseaux sismologiques utilisés. **Une stratégie doit être établie pour définir les Mw qui constitueront le jeu de Mw de référence.**

Dans ce travail, nous avons adapté au cas de la France métropolitaine la stratégie mise en place par Gasperini et al. (2012) pour le catalogue italien ou par Konstantinou (2015) dans le cas grec. Cette stratégie consiste à comparer les estimations des Mw des différents instituts en se fixant une référence, **choisie ici comme la Mw du GCMT**. Dans notre cas, les Mw sont **comparées successivement** selon leur provenance en donnant priorité aux estimations des Mw estimées par les observatoires mondiaux par rapport aux estimations de Mw les plus régionales. Les biais des différentes estimations de Mw sont corrigés et les Mw sont ajoutées au fur et à mesure au jeu de référence.

### Inventaires des sources de Mw employées par ordre de priorité

Observatoire / Etude	Période	Gamme de Mw	Région	Valeur-p (différence moyenne=0)	Valeur-p (pente=1)	Correction appliquée	$\sigma$ inter-méthodes	Sélection par catégorie	Nombre de données ajoutées (EUR/ FR ext)	
<b>Mw_ref1</b>	1. GCMT	1976-	5.5Mw	Monde				Sélection suivant l'ordre de préférence de 1 à 3 en fonction de la disponibilité	2843/51	
	2. RCMT	1997-	4.5sMw5.5	Europe						
	3. Italian CMT	1976-2015	4.0sMw	Italie						
<b>Mw_ref2</b>	GEOFON	2008-	4.0sMw	Monde	<0.01	0.08	+0.09		67/ 4	
	NEIC (Mwr)	2008-	3.5sMw5.5	Monde (ici Europe)	<0.01	<0.01	$Mw_{ref} = 0.936.Mw + 0.419$	0.10		
	Sismoazur - FMNEAR	2014-	2.8sMw	Europe du sud-Méditerranée	<0.01	<0.01	$Mw_{ref} = 0.896.Mw + 0.695$	0.07		
	INGV-TDMT	2004-	2.8sMw	Italie	<0.01	<0.01	$Mw_{ref} = 0.952.Mw + 0.451$	0.12	Moyenne pondérée	
	IAG	1984-2013	3.2sMw	Ibérie - Maghreb	0.22	<0.01	$Mw_{ref} = 0.916.Mw + 0.424$	0.14		
	IGN-TDMT	2002-	3.1sMw	Espagne	<0.01	0.21	+0.10	0.13		
	SED-TDMT	1999-2015	2.8sMw	Suisse	0.22	0.46	-	0.15		
<b>Mw_ref3</b>	Etudes spécifiques sur de larges jeux de données	SED specific studies selected in this order of preference (similar to ECOS): 1. Bernardi et al. (2005); 2. Baer et al. (2007); 3. Braumiller et al. (2005); 4. Braumiller et al. (2002); Delouis et al. (2009); Chevrot et al. (2011)			<0.01	0.36	-0.07	0.11	Moyenne pondérée	42/29
<b>Mw_ref5</b>	Mw ne pouvant être comparées à la référence	IRSN-Durance (1998-2007); Godano et al. (2013) (2010-10-13; 2010-11-12); Autres études spécifiques (Grünthal and Wahlström (2003); Larroque et al. (2009); Nechtschein and Lesueur (2011); Diehl et al. (2018); ISC GEM bibliog;	Durance; Sempyre					Directe (pas d'événements communs entre ces études)	532/502	

## Inter-comparaison des estimations de Mw

Les estimations des Mw de différents observatoires sont inter-comparées à l'échelle de l'Europe afin d'avoir un nombre suffisant de données. Plusieurs régressions sont réalisées :

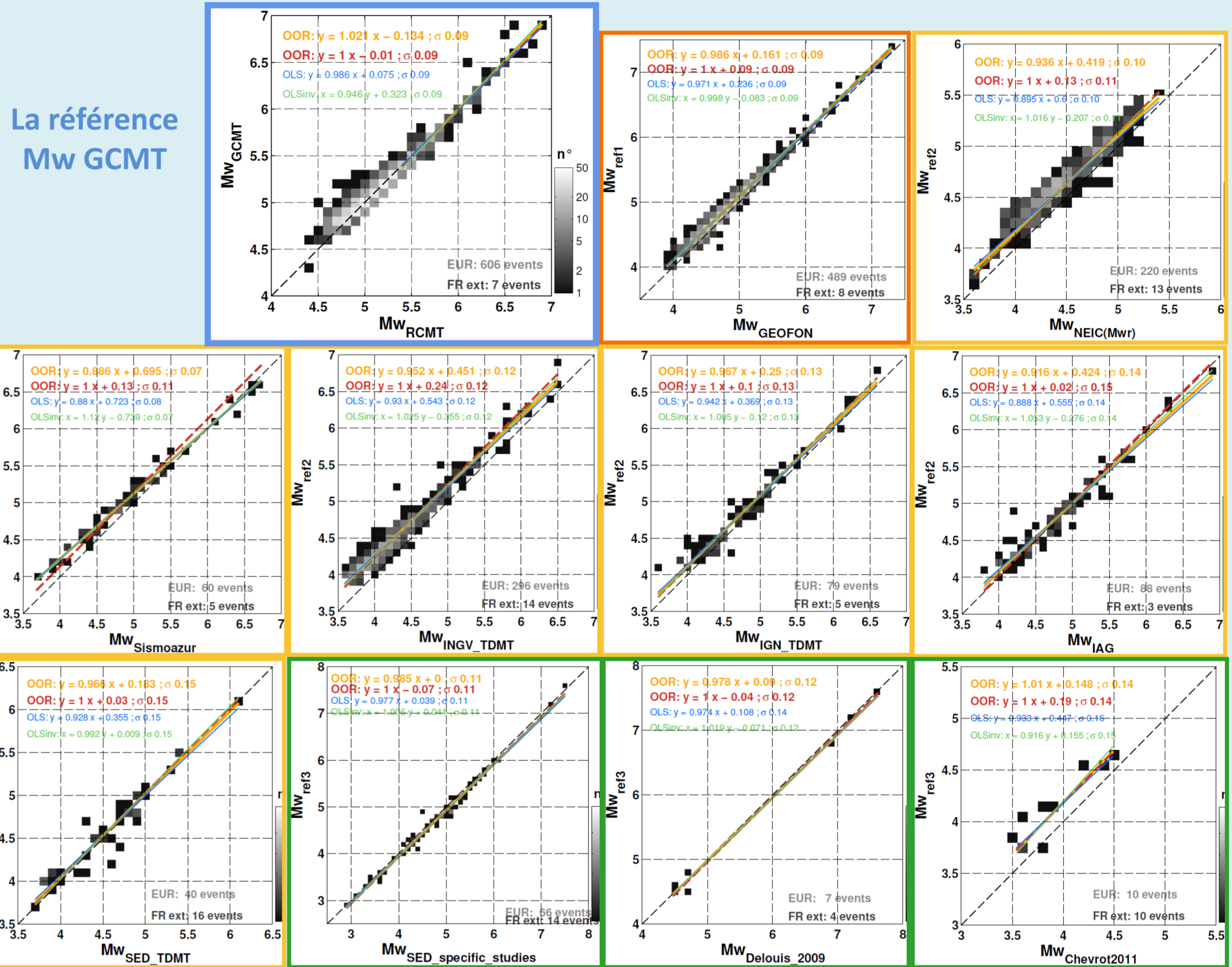
- OOR : Régression orthogonale sous l'hypothèse de variances similaires ( $n=1$ ) entre les deux jeux de données :  $Y=aX+b$
- OOR avec une pente de 1 :  $Y=X+b$
- OLS : régression des moindres carrés :  $Y \leftarrow aX+b$
- OLS inv :  $X \leftarrow cY+d$

Deux tests statistiques sont réalisés afin de tester :

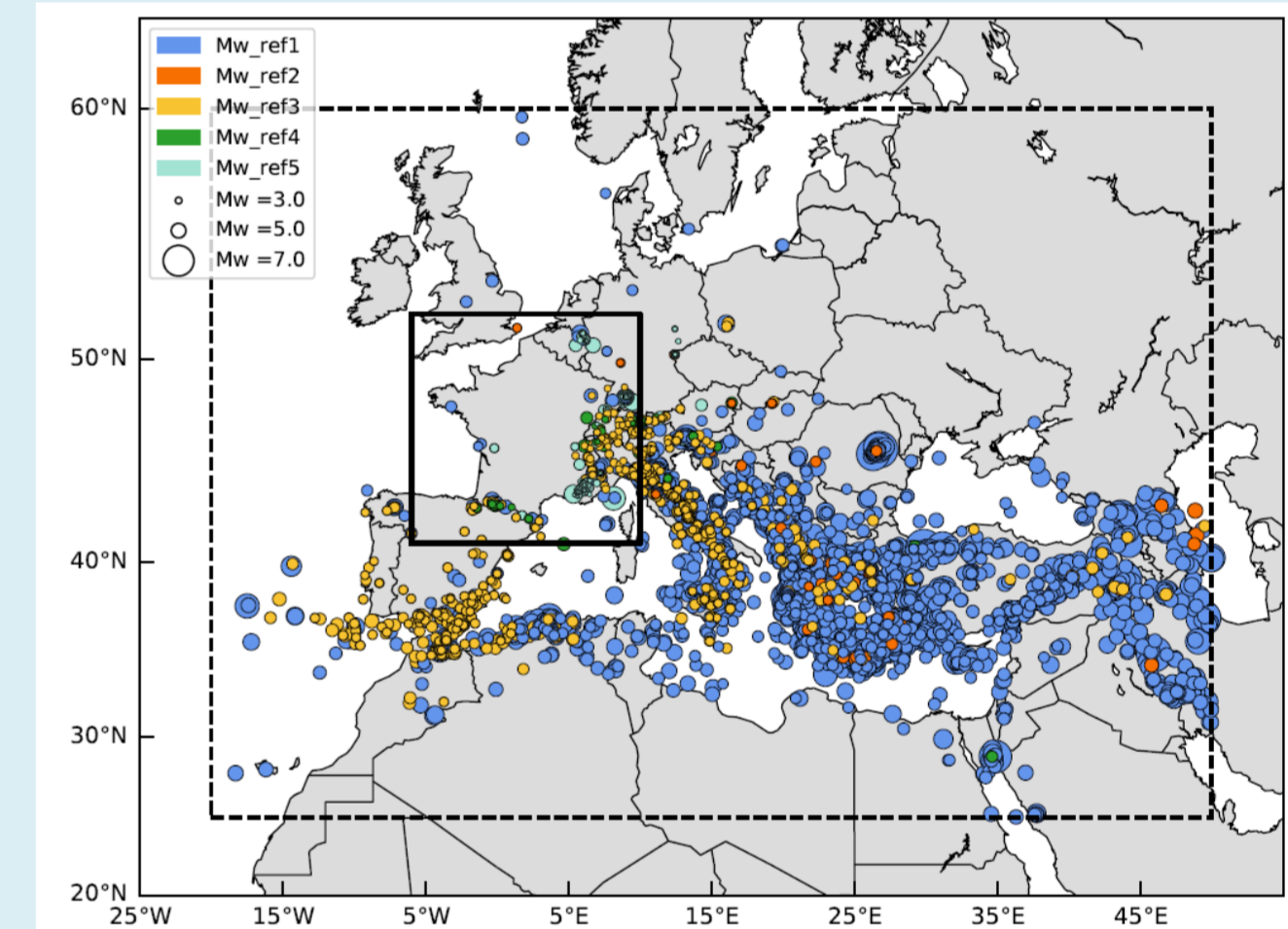
1. si  $\Delta M$  est proche de 0 et donc si un écart systématique entre les 2 types de Mw doit être corrigé
2. si la pente de régression est proche de 1 et donc si une correction d'échelle doit être réalisée.

Le niveau de significativité du test est choisi à 0.01.

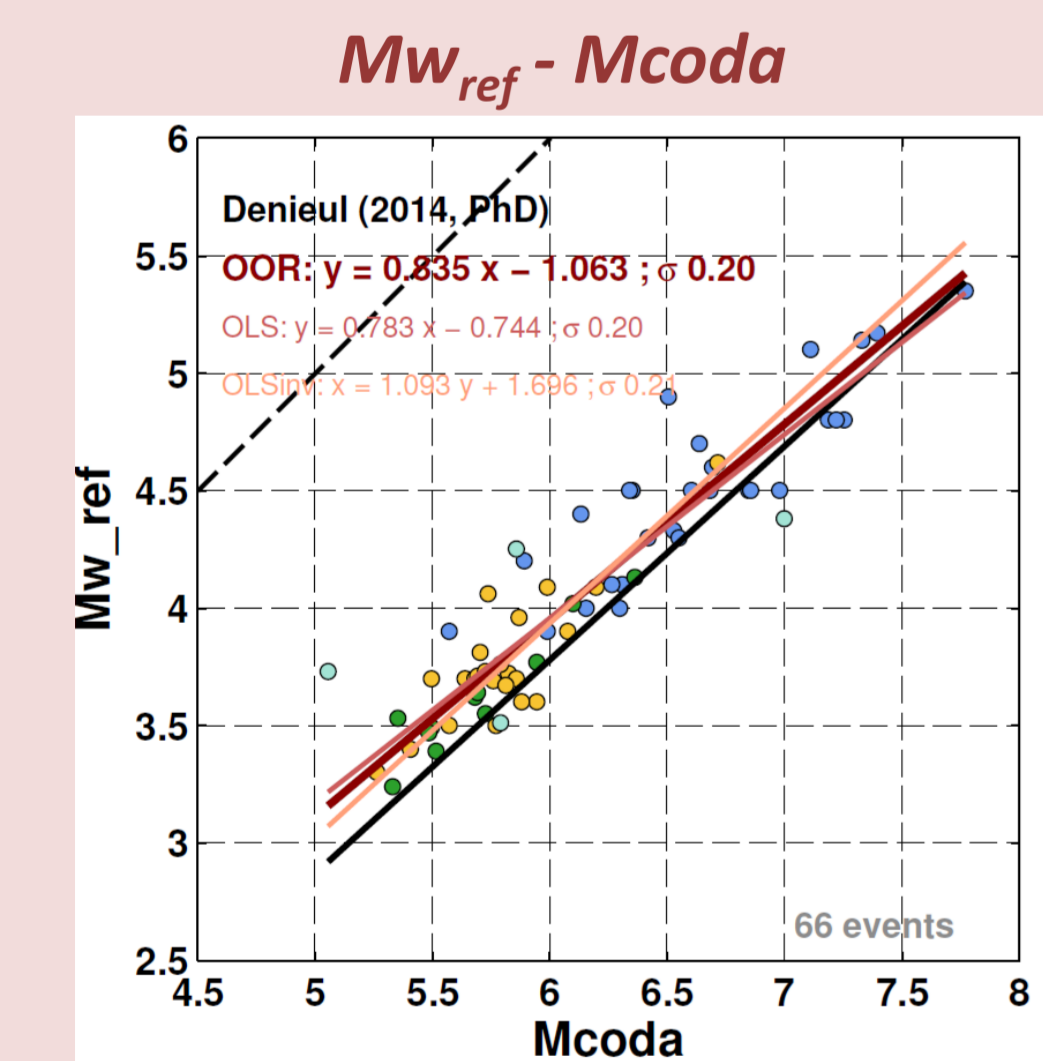
- ✓ Des écarts systématiques ou des différences de lois d'échelles peuvent apparaître entre les Mw estimées par différents instituts. Pour constituer un jeu de données de Mw uniformes, il apparaît nécessaire de se fixer une Mw de référence et de corriger les biais.
- ✓ Les Mw des réseaux régionaux semblent montrer pour la majorité des différences de lois d'échelles (différence de pente).
- ✓ Cette étude est limitée par l'indisponibilité dans les bases de données de Mw des incertitudes associées ou de critères de qualité communs.



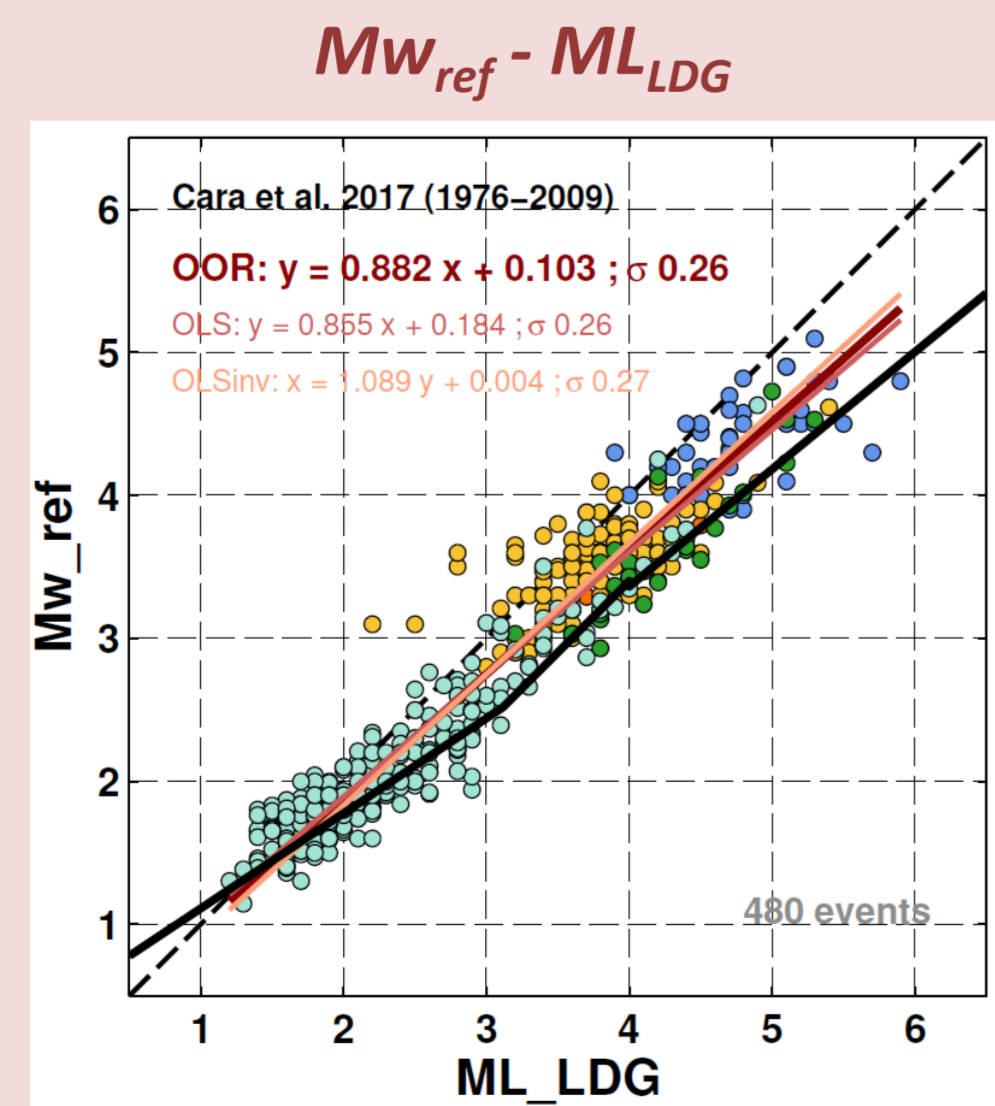
### Jeu de données en Mw



## Vers des nouvelles lois de calibration ?



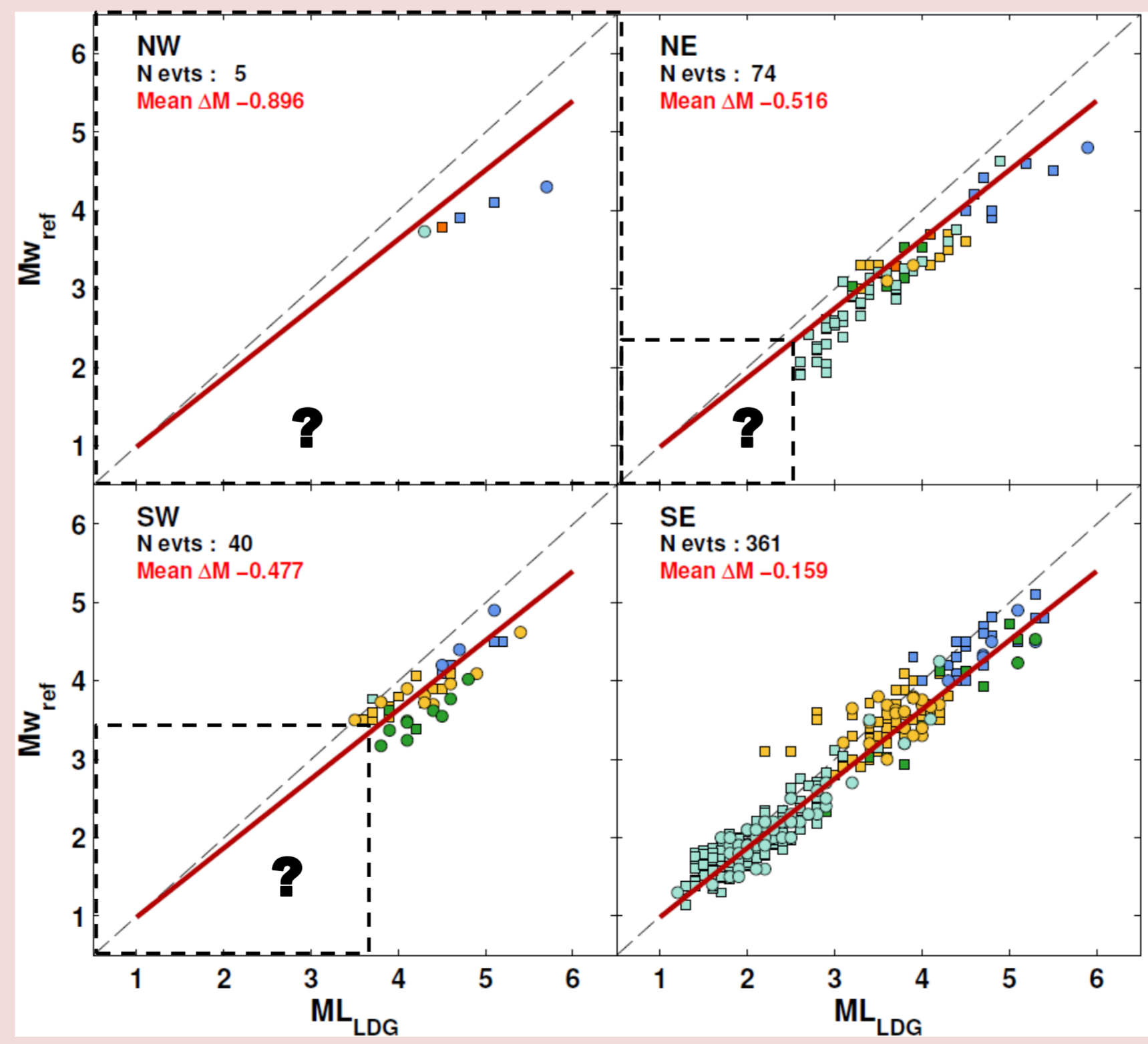
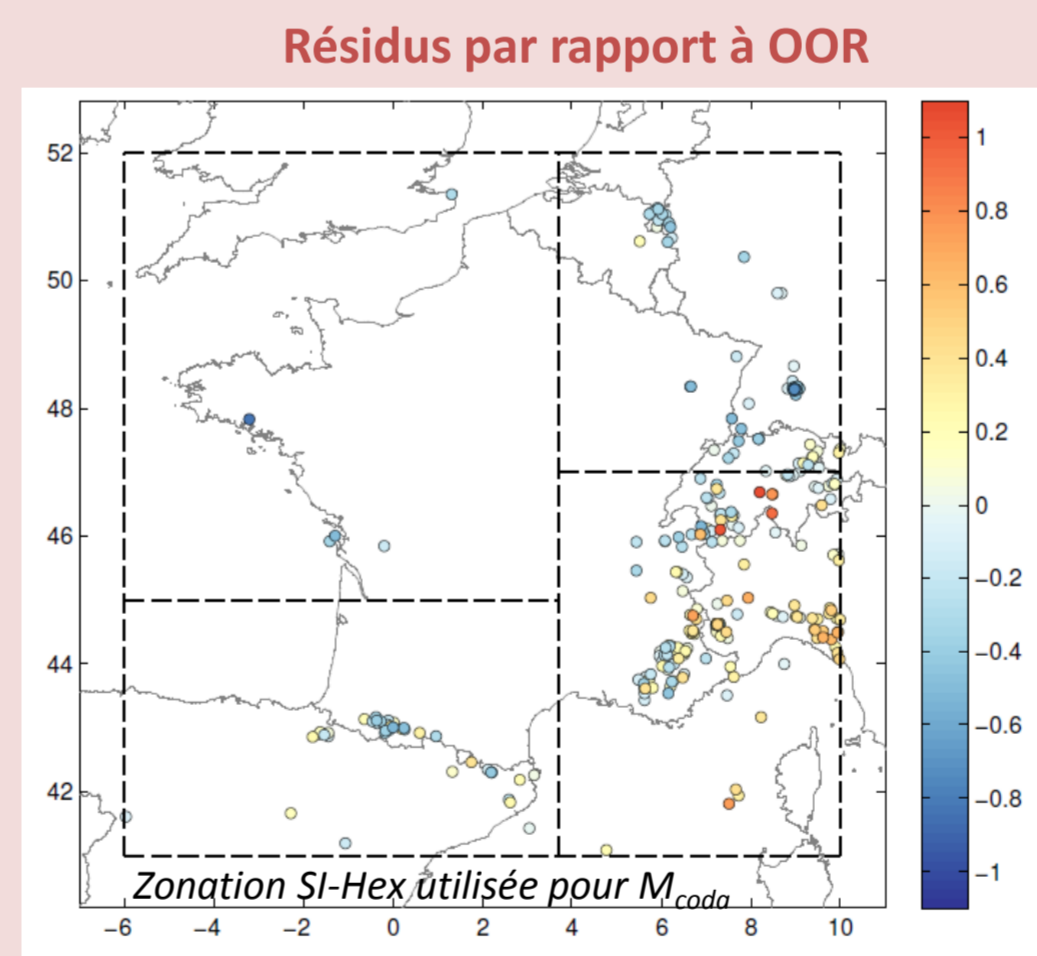
- Deniel (2014) a défini une nouvelle échelle de magnitude empirique  $M_{coda}$  à partir des enregistrements du LDG
- Nous déterminons une relation de calibration avec une pente un peu différente et surtout prédisant des valeurs de Mw plus grandes



- La comparaison de  $ML_{LDG}$  et  $Mw_{ref}$  à l'échelle nationale montre qu'une relation linéaire permettrait d'expliquer les données
- La comparaison avec le modèle de Cara et al. (2017) utilisé pour établir le catalogue SI-Hex montre que celui-ci sous-estime les Mw sur quasiment toute la gamme de magnitude

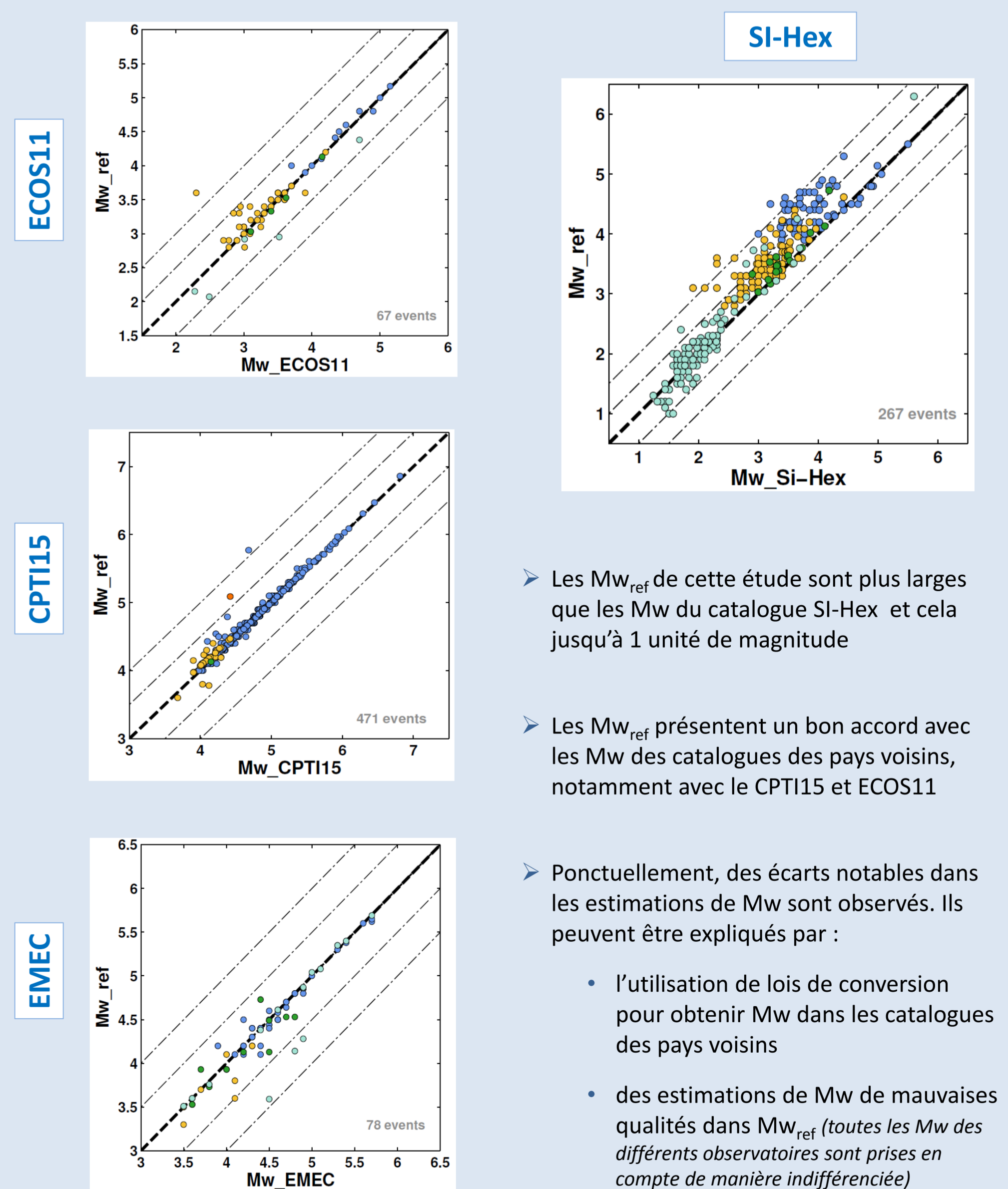
## Question de la régionalisation de la loi de conversion pour la $ML_{LDG}$

- Des tendances régionales sont observées pour  $Mw_{ref} - ML_{LDG}$  avec des écarts moyens différents en fonction des régions
- La disparité du nombre de données par région va influencer le modèle national. Très peu de  $Mw_{ref}$  sont disponibles dans certaines régions et pour les faibles  $Mw_{ref}$



Régionalisation utilisée pour  $M_{coda}$

## Cohérence avec les autres catalogues de $Mw_{ref}$



- Les  $Mw_{ref}$  de cette étude sont plus larges que les Mw du catalogue SI-Hex et cela jusqu'à 1 unité de magnitude
- Les  $Mw_{ref}$  présentent un bon accord avec les Mw des catalogues des pays voisins, notamment avec le CPTI15 et ECOS11
- Ponctuellement, des écarts notables dans les estimations de Mw sont observés. Ils peuvent être expliqués par :
  - l'utilisation de lois de conversion pour obtenir Mw dans les catalogues des pays voisins
  - des estimations de Mw de mauvaises qualités dans  $Mw_{ref}$  (toutes les Mw des différents observatoires sont prises en compte de manière indifférenciée)

## Conclusions - Perspectives

- Un jeu de données de Mw de référence a été construit suivant une stratégie d'homogénéisation des Mw déjà appliquée en Italie, en Grèce et entre le Japon et Taïwan. Ces Mw de référence sont cohérentes avec les Mw estimées dans les catalogues italiens (CPTI) et Suisse (ECOS).
- A partir de ce jeu de référence, un catalogue pourra être construit à partir de ce jeu de magnitudes converties.
- Des nouvelles estimations de Mw pour la France métropolitaine et principalement dans le NW de la France, aiderait à définir des lois de conversion de magnitude plus représentatives des effets régionaux.
- Il est nécessaire de disposer des incertitudes associées aux estimations de Mw afin d'une part de pouvoir sélectionner les meilleures Mw et d'autre part de prendre en compte les incertitudes associées aux estimations de Mw lors de la régression.

## Références principales :

- Cara M, Cansi Y, Schlupp A et al (2015). SI-Hex: a new catalogue of instrumental seismicity for metropolitan France. Bull. Soc. Géol. France 186:3-19
- Cara, M., Deniel, M., Sébe, O., Delouis, B., Cansi, Y., & Schlupp, A. (2017). Magnitude Mw in metropolitan France. JS, 21(3), 551-565.
- Deniel M., Moment sismique et coda d'ondes crustales, Thèse de doctorat, Université de Strasbourg, 2014.
- Fäh D, Giardini D, Kastli P, et al (2011) ECOS-09 Earthquake Catalogue of Switzerland Release 2011. Report and Database. Public catalogue, 17.4. 2011. Report SED/RISK
- Gasperini, P., Lollì, B., Vannucci, G., & Boschi, E. (2012). A comparison of moment magnitude estimates for the European-Mediterranean and Italian regions. GJI, 190(3), 1733-1745.
- Grünthal, G., & Wahlström, R. (2012). The European-Mediterranean earthquake catalogue (EMEC) for the last millennium. JS, 16(3), 535-570.
- Konstantinou, K. I. (2015). Moment magnitude estimates for earthquakes in the Greek region: A comprehensive comparison. BSSA, 105(5), 2555-2562.
- Rovida A, Locati M, Camassi R, et al (2016) Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione CPTI15