

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Enhancing nuclear safety

Catalogue de sismicité instrumental unifié en Mw pour la France métropolitaine

La problématique des conversions de magnitude



MEMBER OF

ETSON

EUROPEAN
TECHNICAL SAFETY
ORGANISATIONS
NETWORK

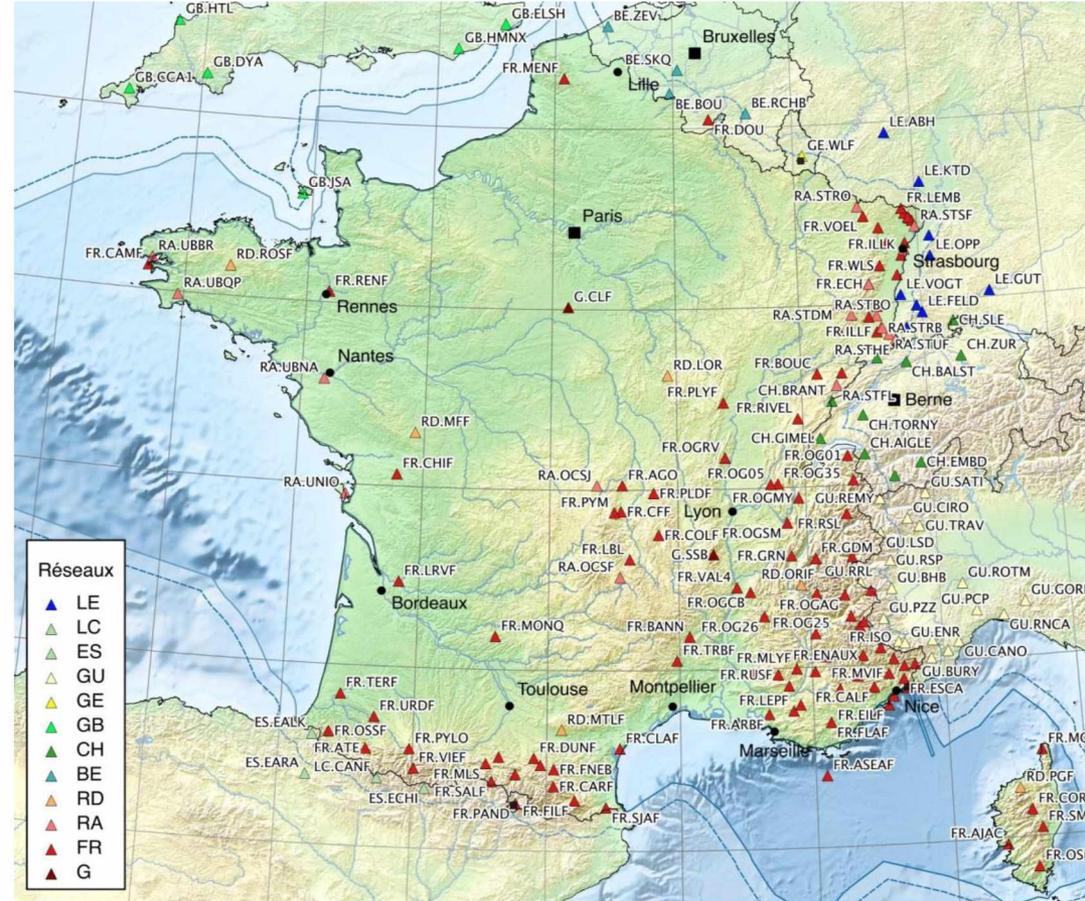
Colloque AFPS 2019 -
Strasbourg
25/09/2019
Aurore Laurendeau
Christophe Clément
Oona Scotti
IRSN

Les données françaises

Plusieurs services d'observation fournissant chacun son propre bulletin :

- CEA-LDG
- RéNaSS
- OMP
- SISmalp
- Sismoazur
- ...

Les événements y sont décrits à partir de magnitudes empiriques (ML, Md) utilisant chacune sa propre définition



Source : <https://renass.unistra.fr/informations/les-stations>

⇒ Données pas adaptées au calcul PSHA ⇒ Mw ⇒ GMPEs

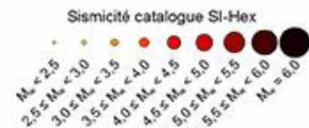
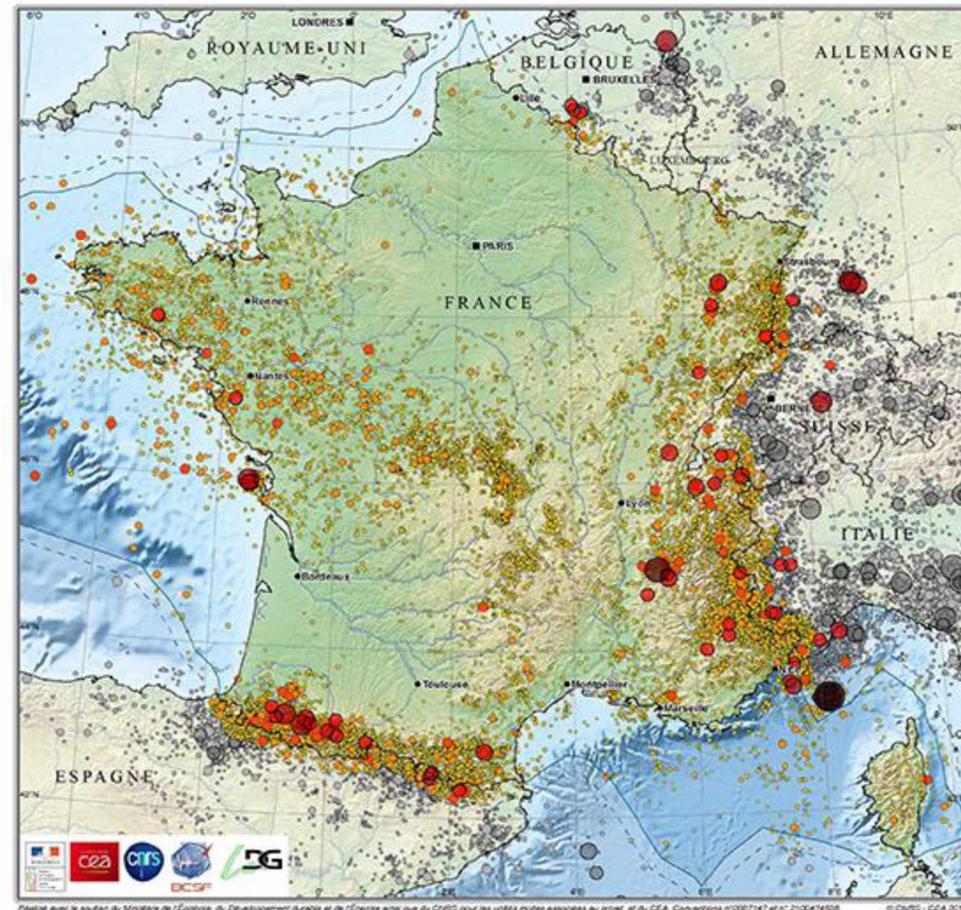
SI-Hex : Un catalogue instrumental en Mw

- Fusion de l'ensemble des données collectées par les différents services d'observation français permettant une **meilleure localisation** des événements sismiques

- Homogénéisation des magnitudes à une même échelle Mw

- À partir de plusieurs stratégies

Sismicité Instrumentale de l'Hexagone 1962-2009

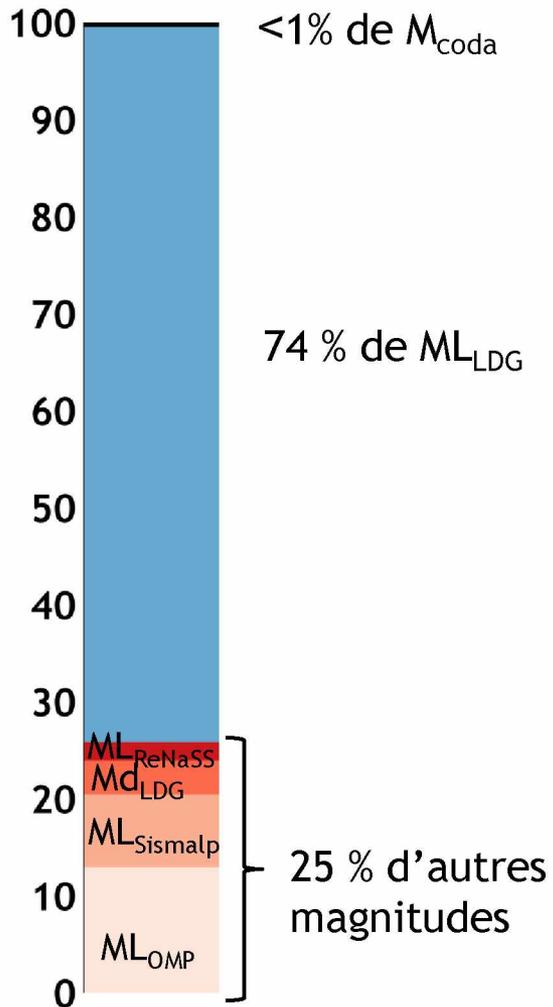


En couleur : épicentres des séismes d'origine naturelle dans la zone SI-Hex (France métropolitaine et zone économique exclusive en mer (ZEE), avec élargissement de 20 km), ainsi que les séismes ressentis en France avec une intensité EMS-98 \geq IV (BCSF). En gris : épicentres des séismes hors zone pour lesquels une magnitude M_w a été calculée dans le cadre du projet SI-Hex.

Cara et al. (2015)

SI-Hex : Stratégies de définition de Mw

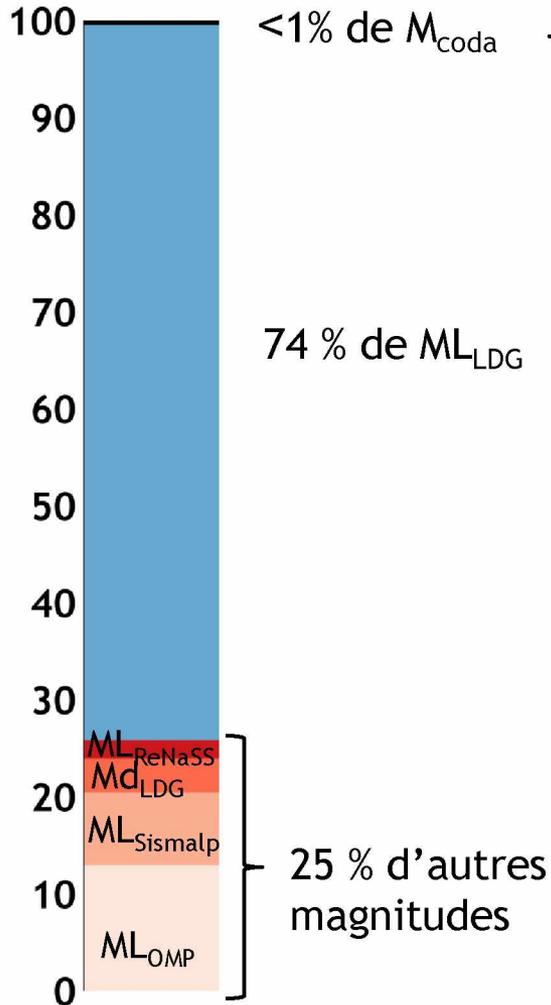
Magnitudes d'origine



D'après Cara et al. (2017)

SI-Hex : Stratégies de définition de Mw

Magnitudes
d'origine

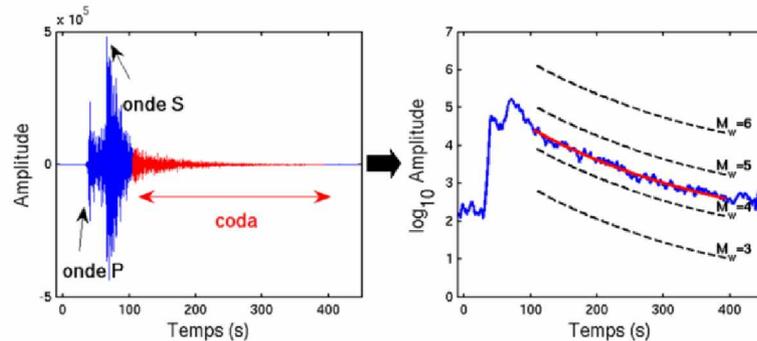


D'après Cara et al. (2017)

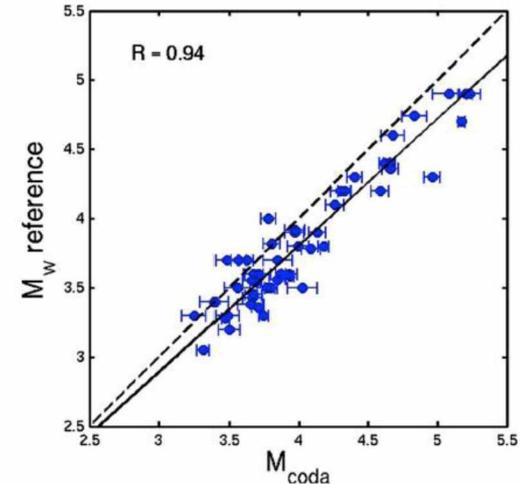
■ M_{coda} estimée pour $M_{LDG} \geq 4$

Denieul (2014),
Denieul et al. (2015),
Cara et al. (2017)

1. M_{coda} est une nouvelle échelle de magnitude empirique estimée à partir de l'amplitude de l'enveloppe de la coda

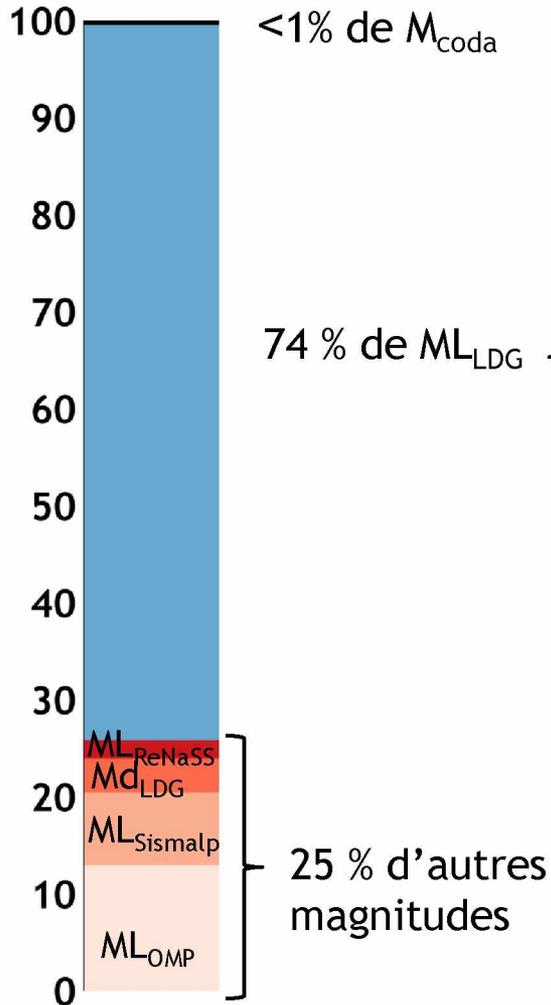


2. M_{coda} est convertie à M_w en utilisant un jeu de données de M_w provenant principalement d'études spécifiques françaises



SI-Hex : Stratégies de définition de Mw

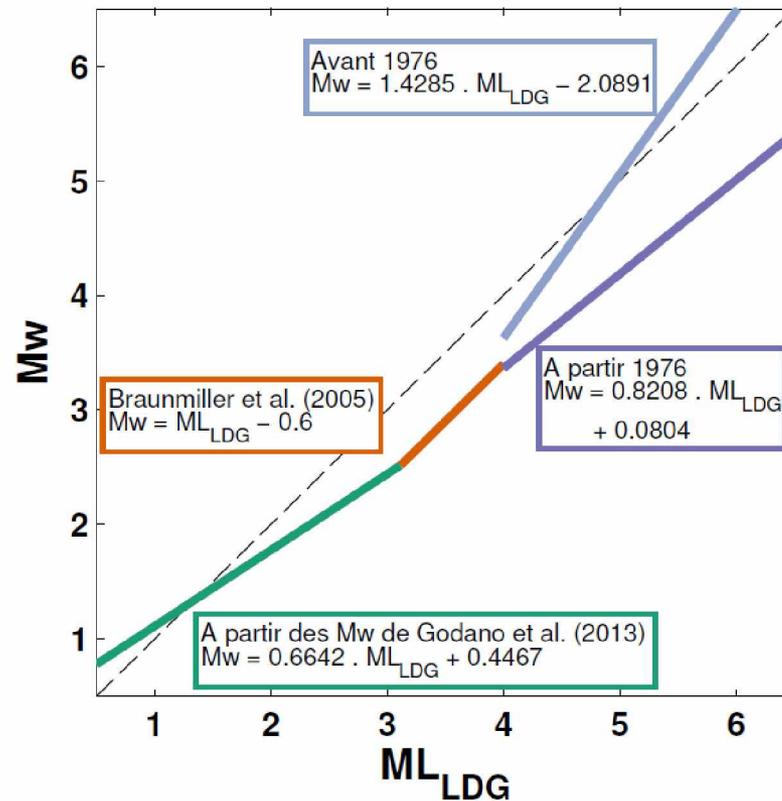
Magnitudes
d'origine



D'après Cara et al. (2017)

Conversion de la ML_{LDG} :

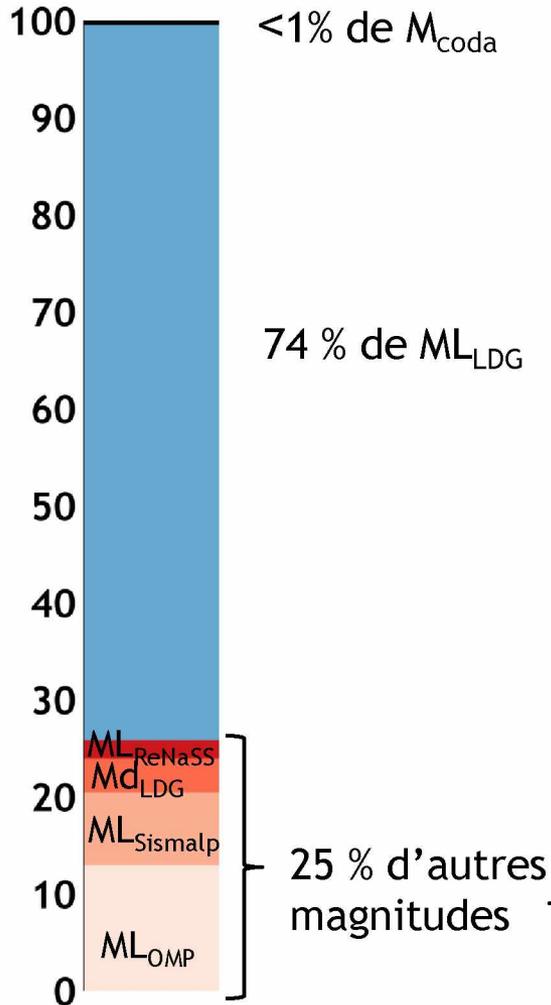
4 relations de conversion en fonction des gammes de magnitude et période



D'après Cara et al. (2017)

SI-Hex : Stratégies de définition de Mw

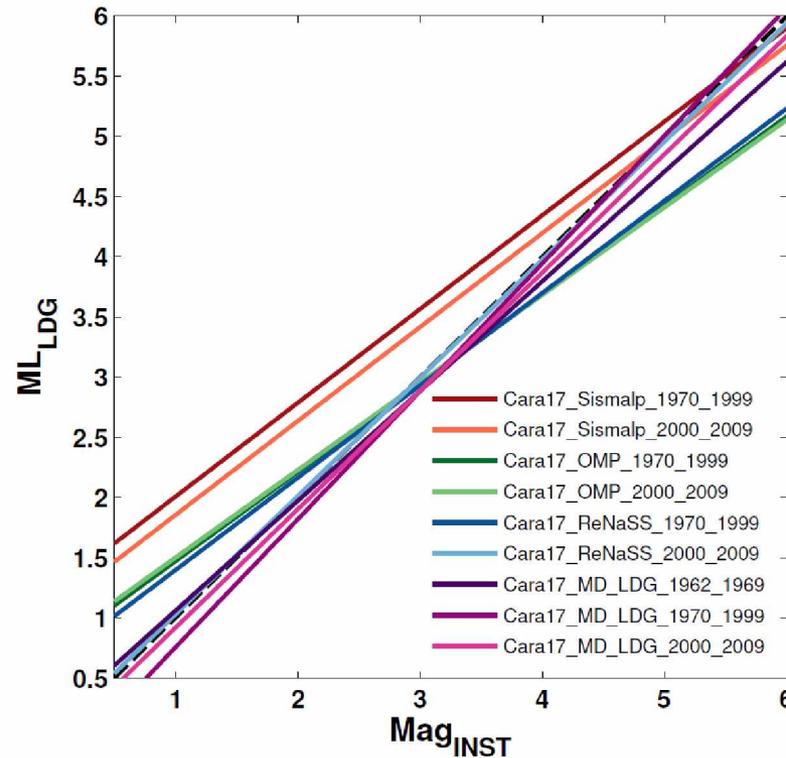
Magnitudes
d'origine



D'après Cara et al. (2017)

Double conversion $\text{Mag} \Rightarrow ML_{\text{LDG}} \Rightarrow Mw$

9 relations de conversion pour prédire la ML_{LDG} à partir de ces 4 autres sources de magnitude pour 2 à 3 périodes temporelles

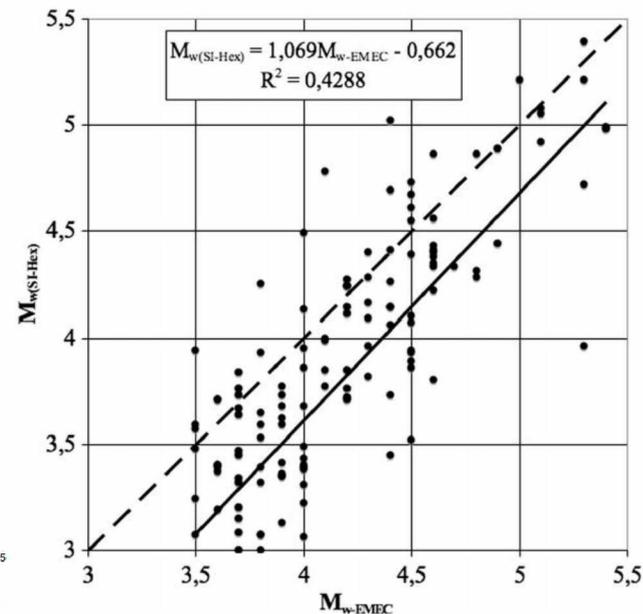
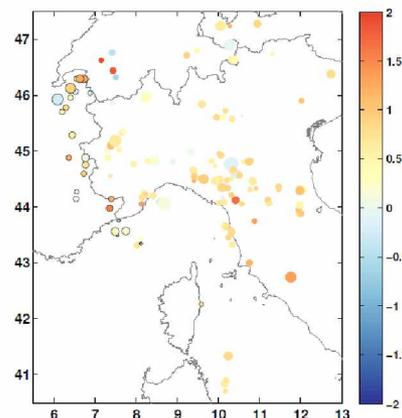
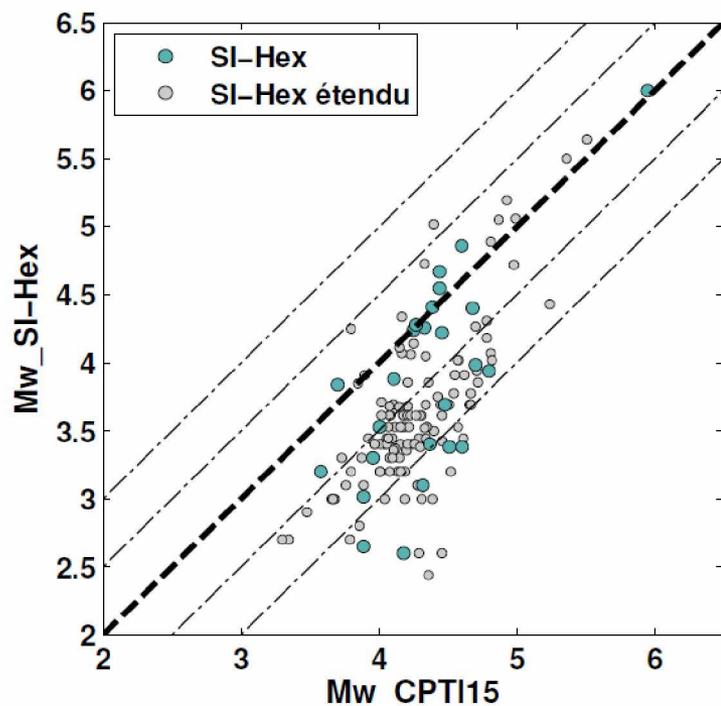


D'après Cara et al. (2017)

SI-Hex : Comparaison avec d'autres catalogues

■ Incohérence des valeurs de Mw avec celles des catalogues des pays voisins :

- Cara et al. (2017) ont constaté que les Mw de SI-Hex sont en moyenne 0,3 unité plus faibles que les Mw du catalogue européen EMEC (2012)

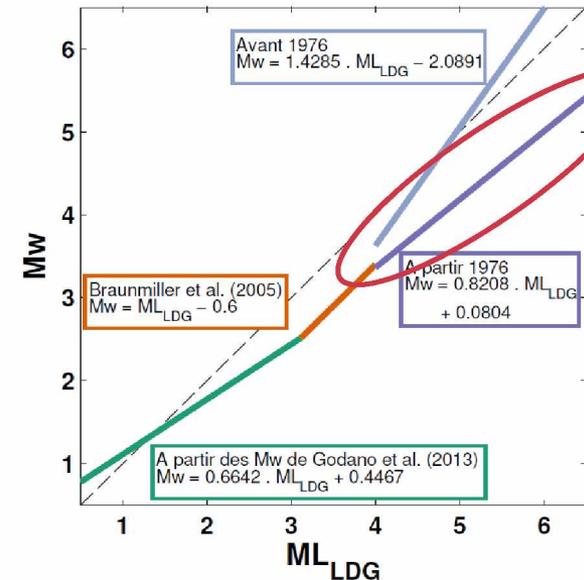


Cara et al. (2017)

- La comparaison avec le catalogue italien CPTI15 montre des écarts encore plus importants (>0.5)

Quelles raisons pourraient expliquer les écarts observés entre les valeurs de M_w de SI-Hex et celles des catalogues des pays voisins ?

- **Manque de traçabilité** à la fois des magnitudes origines et à la fois stratégies d'estimation de M_w employées dans SI-Hex
- Utilisation d'autres jeux de données, notamment celui fourni dans la thèse de Denieul (2014) avec les M_w_{coda} et les ML_{LDG} , afin d'illustrer 3 sources d'incertitude potentielles :
 - La procédure de régression
 - L'utilisation de doubles conversions
 - Les hétérogénéités liées aux effets régionaux

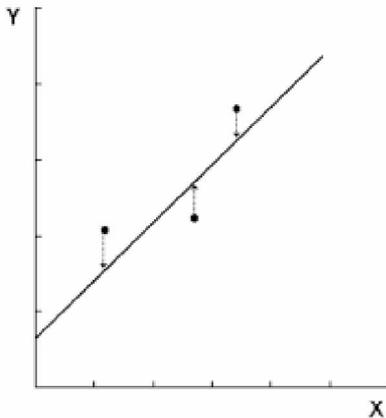


SI-Hex : quelle régression ?

D'après Castellaro et al. (2006)

⇒ **La régression orthogonale est recommandée dans la littérature dans le cas de la problématique de conversion de magnitude**

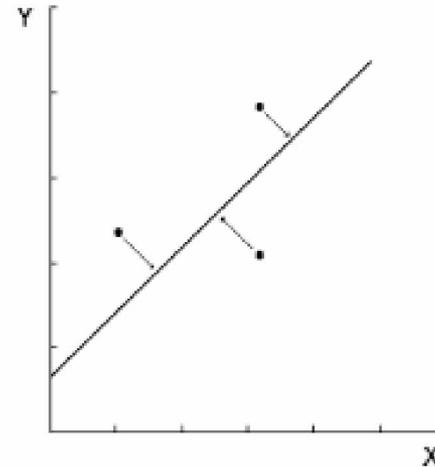
Régression des moindres carrés (OLS)



$$Y \leftarrow aX+b$$

- X est une variable explicative de Y
- X est connue avec une meilleure précision que Y
- L'équation est valable seulement dans un sens

Régression orthogonale (OR)



$$Y = aX+b \Leftrightarrow X=cY+d$$

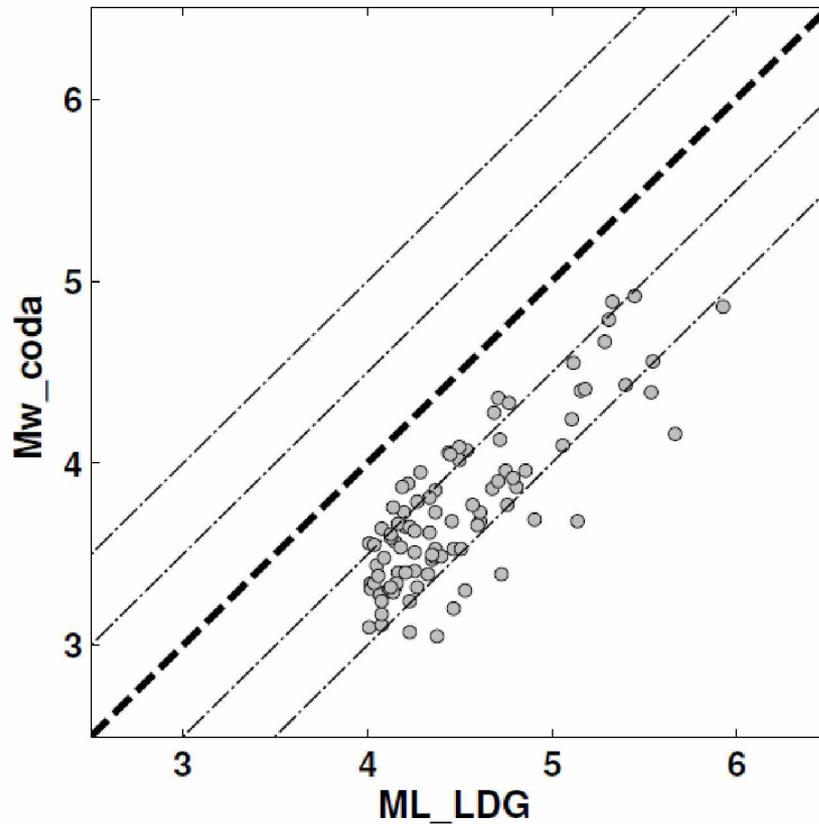
- Les deux variables sont indépendantes
- Les erreurs associées à X et Y doivent être considérées
- L'équation est valable dans les deux sens

OOR: variance supposée identique

GOR: prise en compte des incertitudes

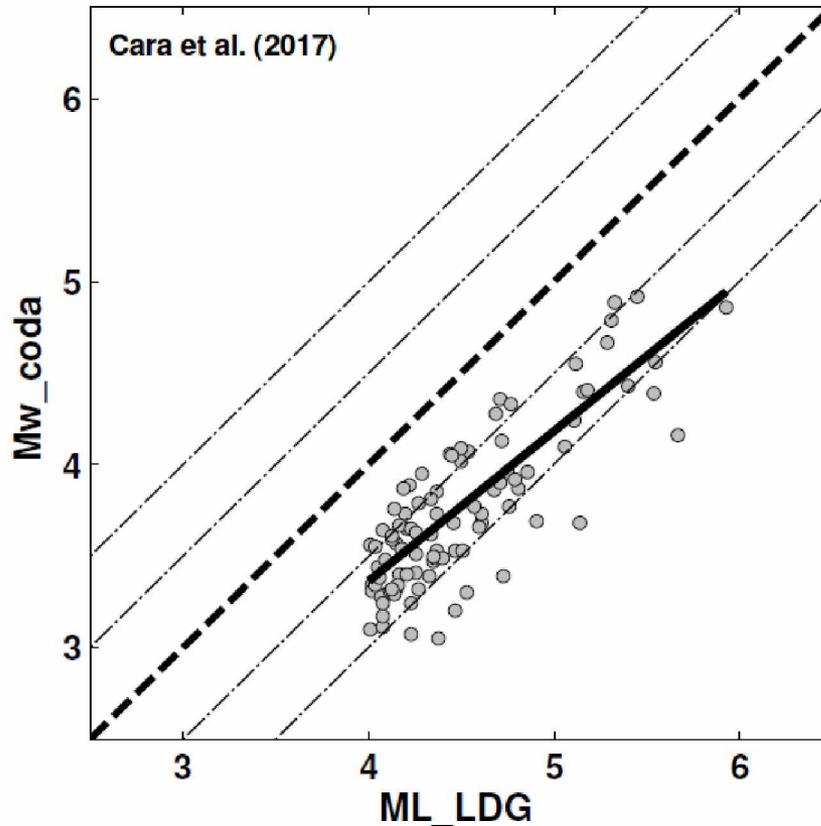
SI-Hex : quelle régression ?

*D'après les données de Denieul (2014, PhD)
avec sélection similaire à Cara et al. (2017)*



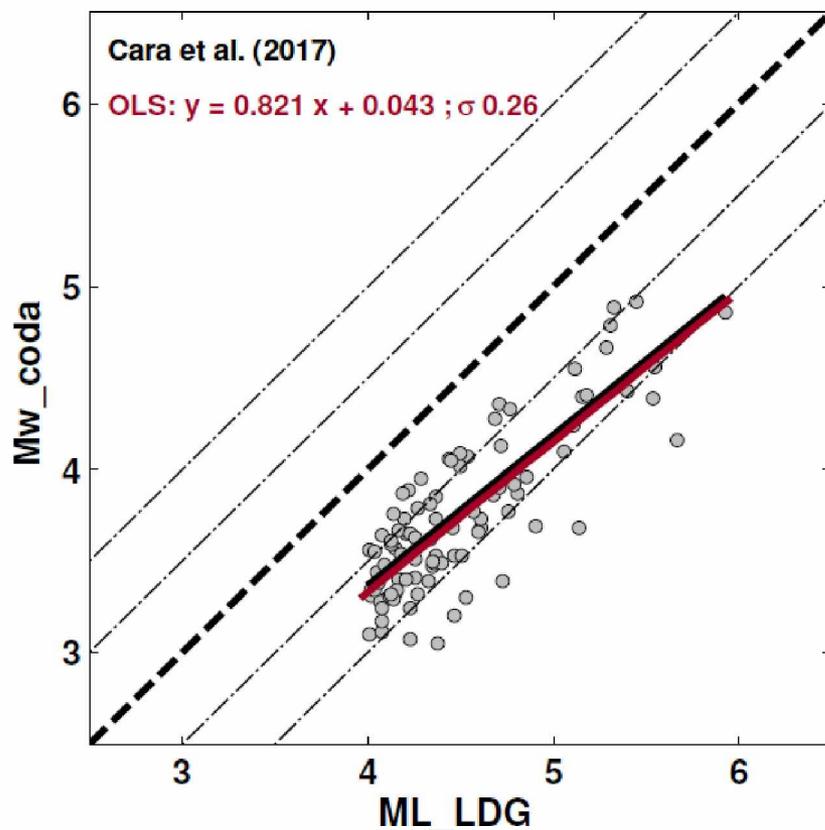
SI-Hex : quelle régression ?

*D'après les données de Denieul (2014, PhD)
avec sélection similaire à Cara et al. (2017)*



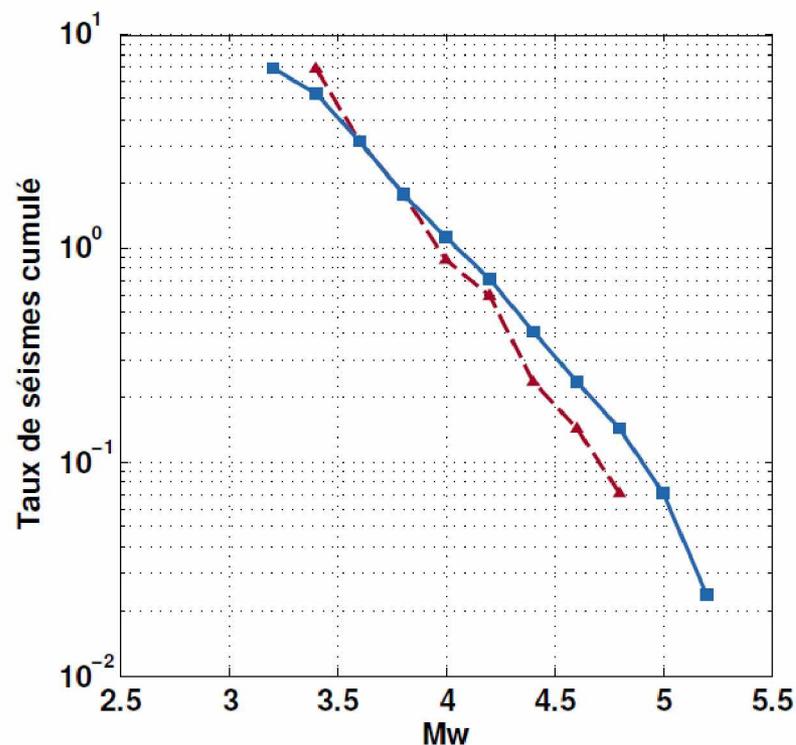
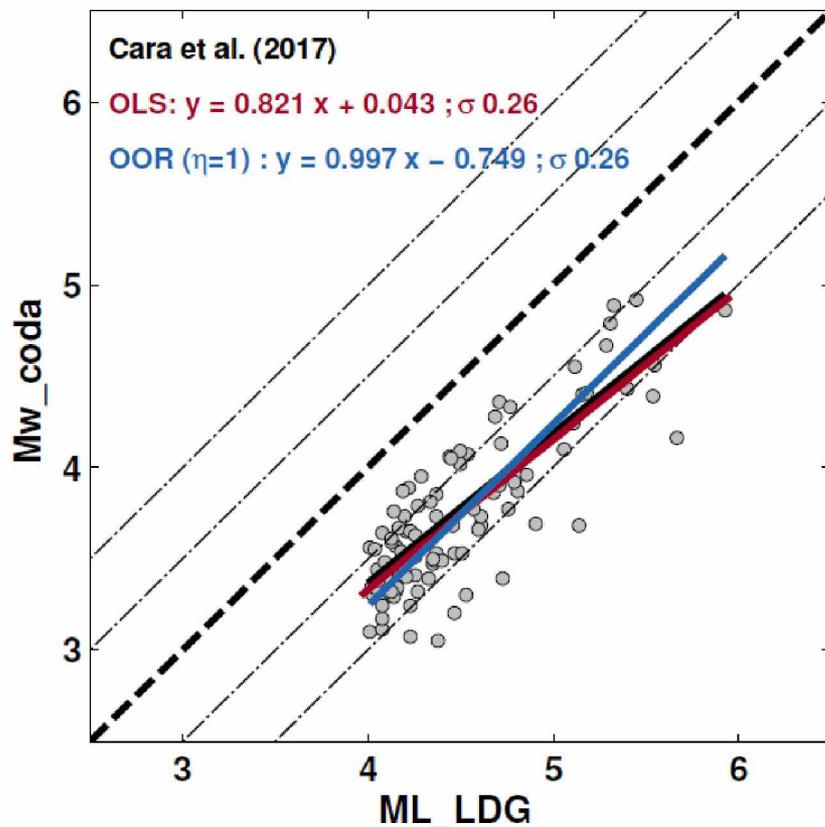
SI-Hex : quelle régression ?

D'après les données de Denieul (2014, PhD)
avec sélection similaire à Cara et al. (2017)



SI-Hex : quelle régression ?

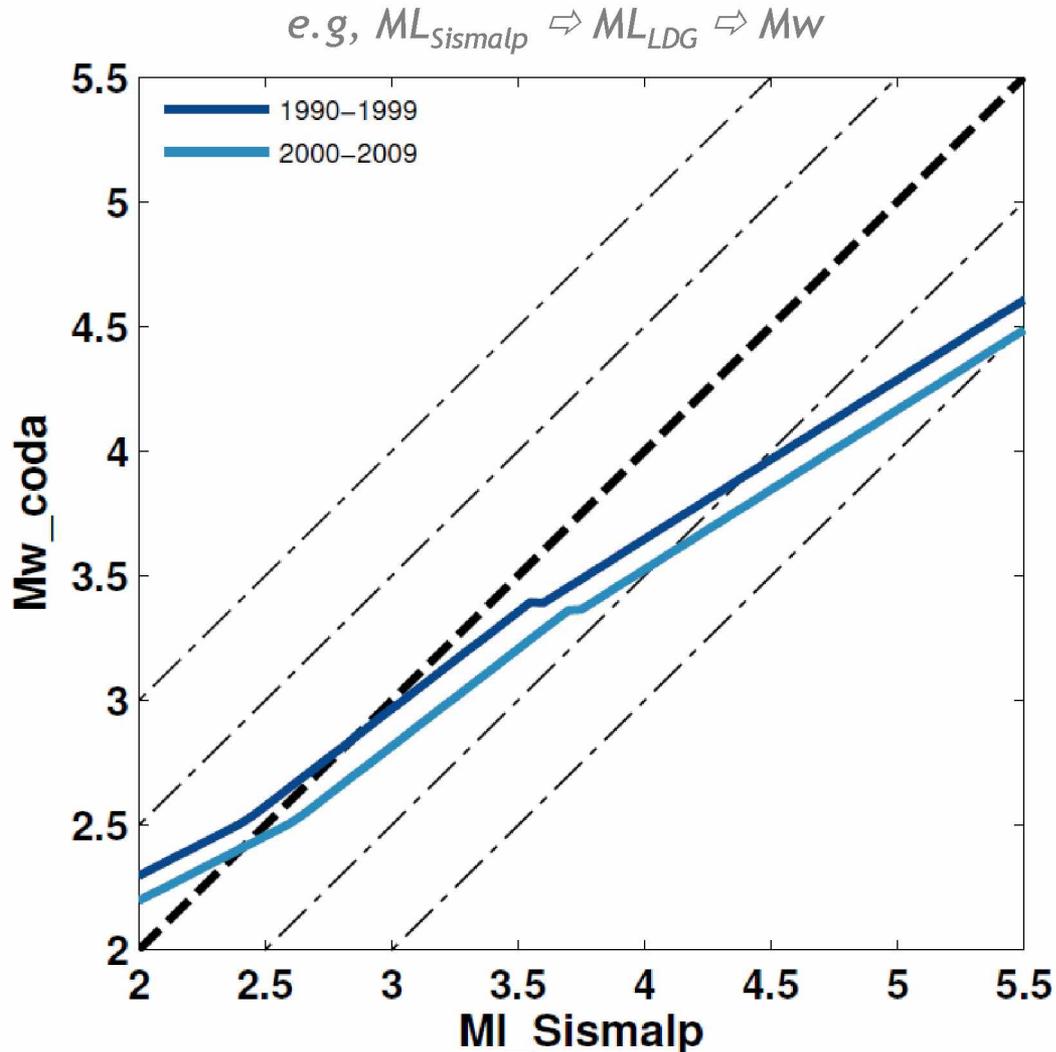
D'après les données de Denieul (2014, PhD)
avec sélection similaire à Cara et al. (2017)



- Avec la régression orthogonale, la pente de conversion est plus proche de 1
- Les statistiques sont améliorés

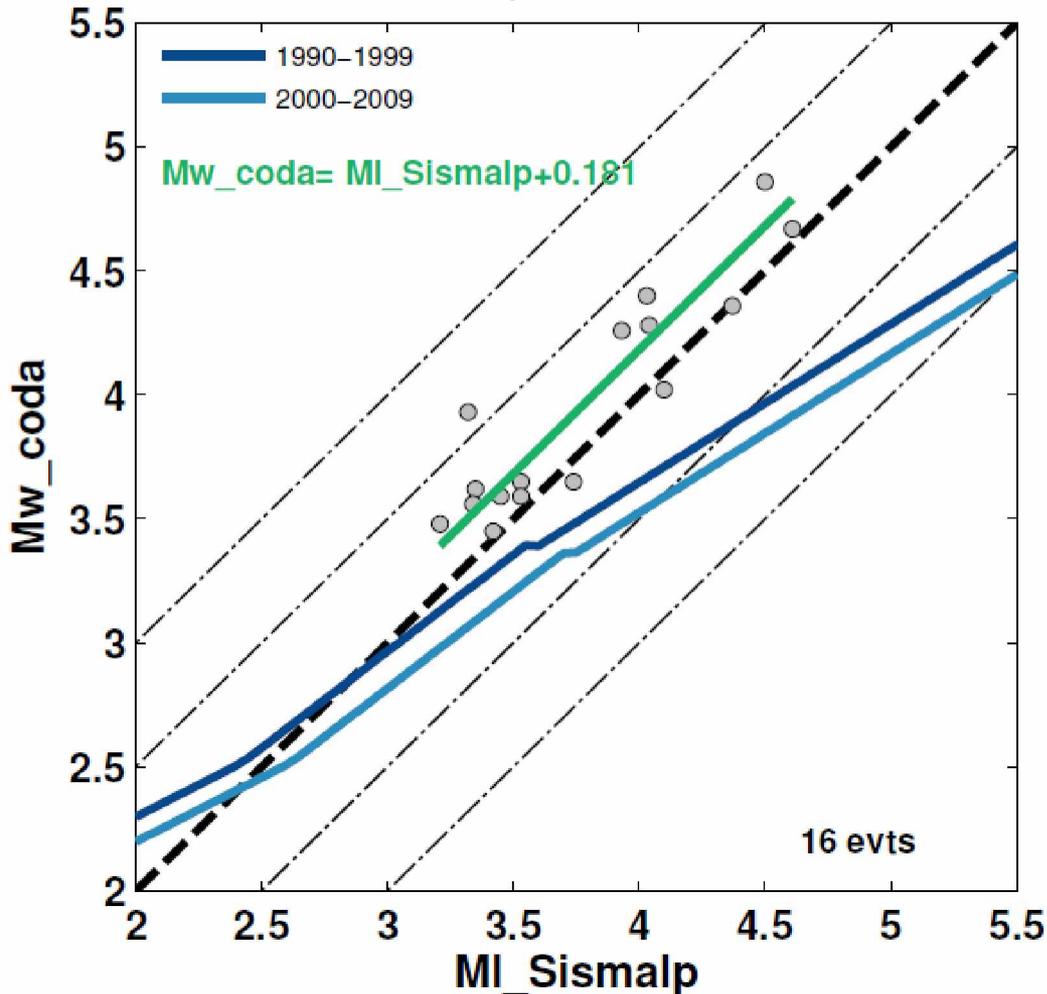
SI-Hex : double conversion

25 % des événements sont concernées



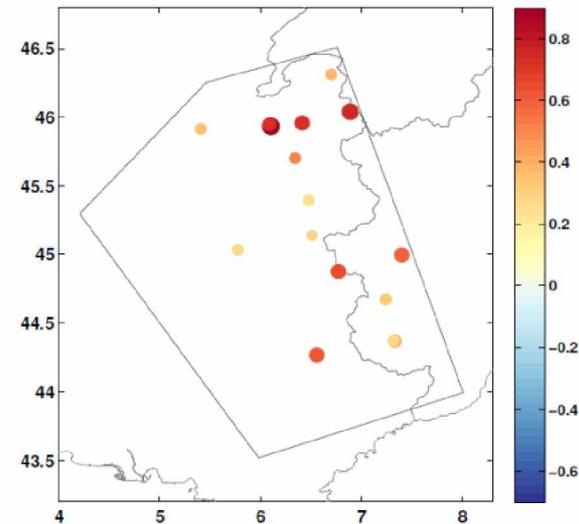
SI-Hex : double conversion

e.g, $M_{L_{Sismalp}} \Leftrightarrow M_{L_{LDG}} \Leftrightarrow M_W$



25 % des événements sont concernées

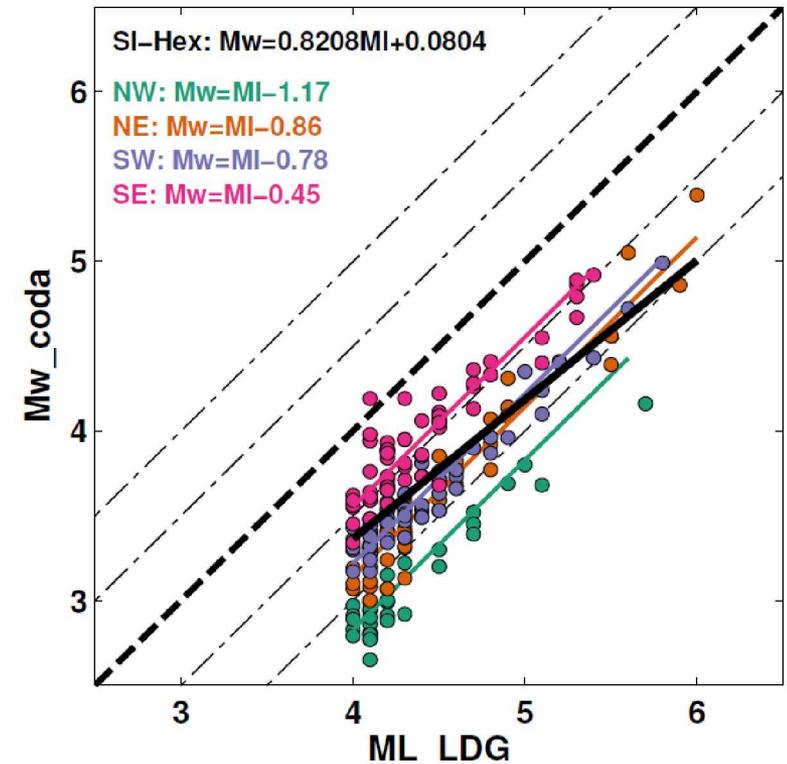
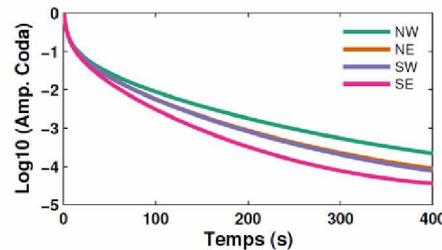
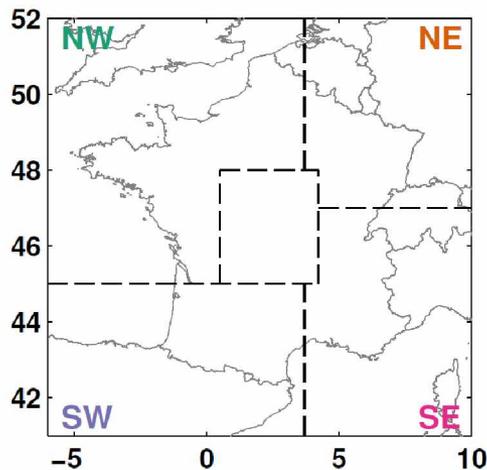
Sous-estimation importante des M_w par le modèle (jusqu'à 0,6 unité)



SI-Hex : hétérogénéité liée à la régionalisation ?

■ Début d'effort de régionalisation pour les Mw_{coda} (1% du catalogue)

- M_{coda} : 4 modèles d'atténuation / ML_{LDG} : 1 modèle d'atténuation



■ Conduit à une hétérogénéité dans le catalogue final

CONCLUSIONS

3 sources de sous-estimation des Mw SI-Hex

⇒ 3 pistes d'amélioration :

1. REGRESSION

- L'utilisation systématique de la régression orthogonale est recommandée
- Une estimation des incertitudes de chaque valeurs de magnitude permettrait d'optimiser la régression

2. DOUBLE CONVERSION

- Nous recommandons dans la mesure du possible de développer directement des lois de conversion entre les différentes échelles de magnitude : e.g., entre $ML_{Sismalp}$ et Mw

3. EFFETS REGIONAUX

- Il est nécessaire de traiter la question de manière uniforme
- La prise en compte de la régionalisation reste un challenge

