



JOURNEES
TECHNIQUES
ACOUSTIQUE
ET VIBRATIONS



INTERACTION DYNAMIQUE SOL-STRUCTURES À GRANDE ÉCHELLE : ANALYSE DANS LE CENTRE DE ROME

C. Varone^{1,2*}, L. Lenti², S. Martino³, J.F. Semblat²

1 ESITC (École Supérieure d'Ingénieurs des Travaux de la Construction de Cachan)

2 IFSTTAR -Département GERS (Géotechnique, Environnement, Risques naturels et Sciences de la terre) Laboratoire SV (Séismes et Vibrations)

3 Université La Sapienza, Rome (Italie)



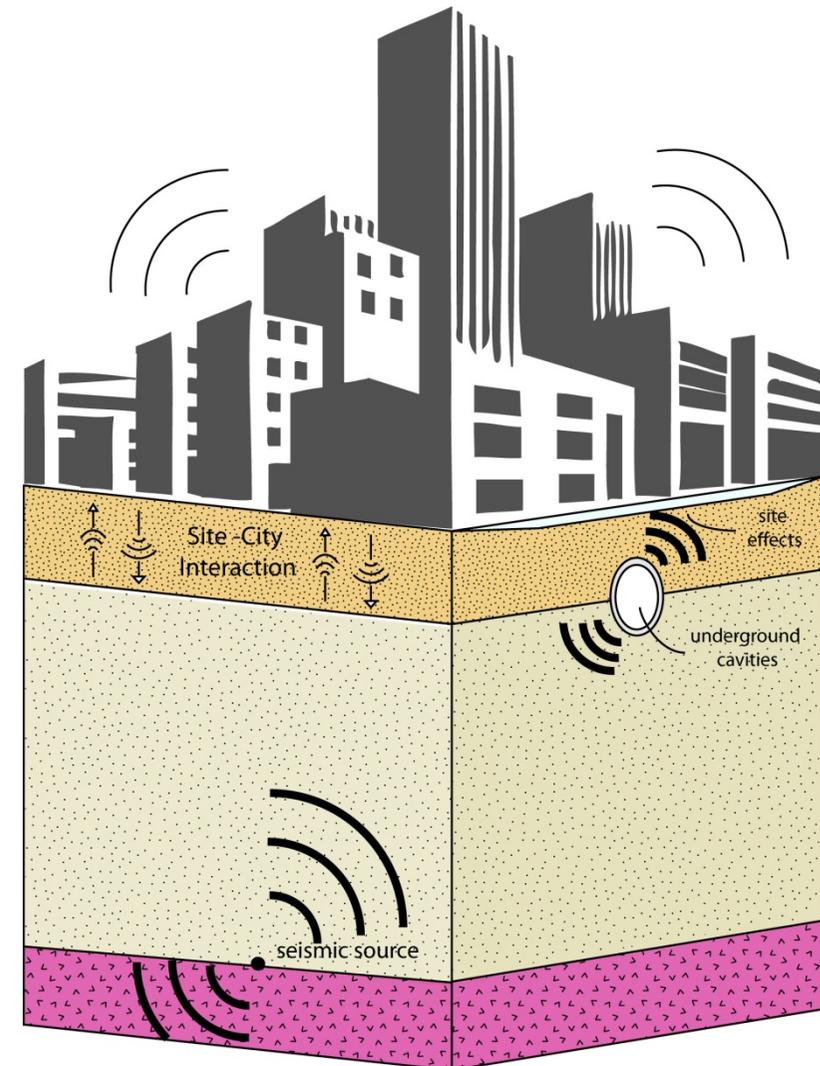
Cerema DTerNC – Rouen – 11 & 12 mai 2017



Interaction dynamique sol-structures à grande échelle

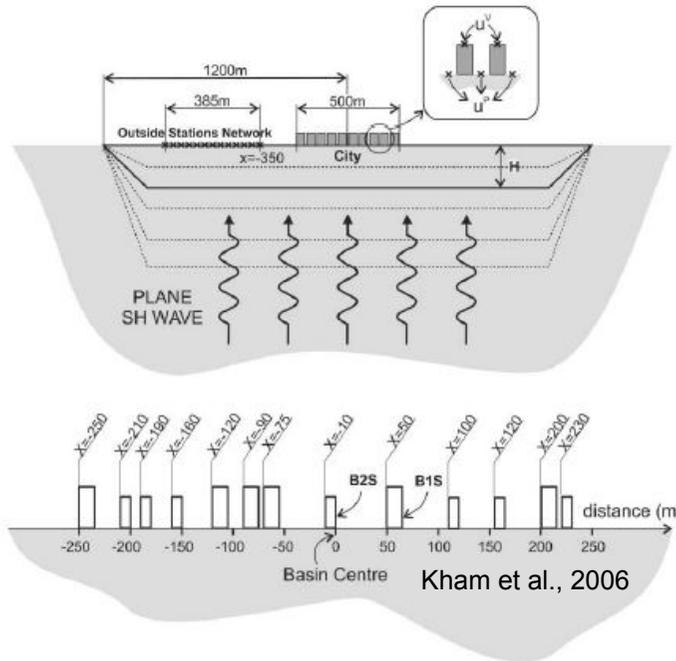
L'objectif de cette projet de recherche est l'évaluation des interactions vibrationnelles entre le sol et le ville (SCI*)

Plus particulièrement l'influence de l'évolution de l'urbanisation sur la réponse sismique locale et sur les effets sismiques induits.



* Guéguen et al. 2002, Bard et al. 2005, Guéguen and Bard 2005, Kham et al. 2006, Semblat et al. 2008

Interaction dynamique sol-structures à grande échelle



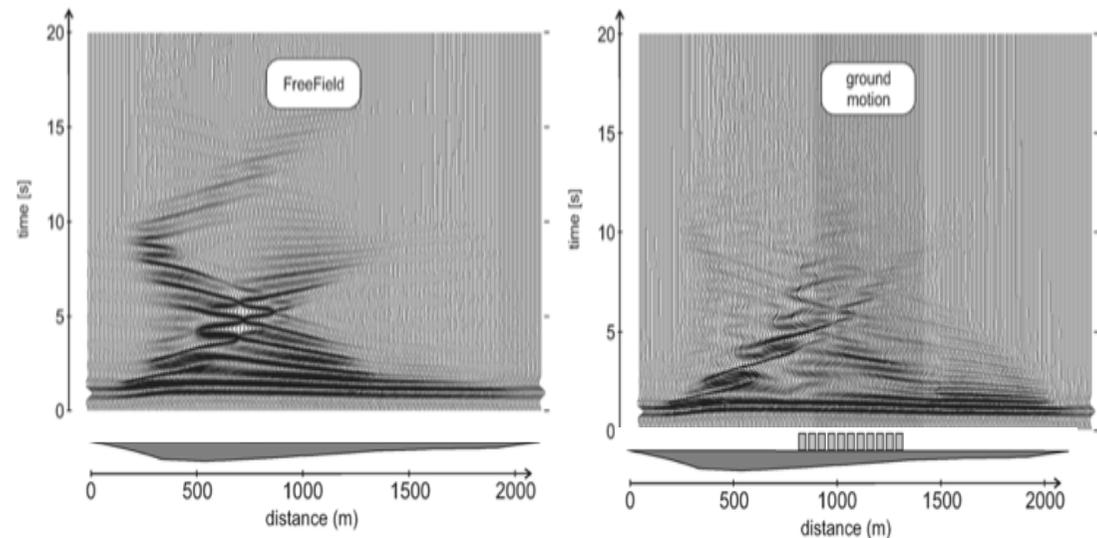
- SCI est significative si la fréquence propre des bâtiments correspond à la fréquence du sol.

Ville homogène:

- La densité des bâtiments détermine une forte réduction du mouvement du sol en raison de l'effet de group.

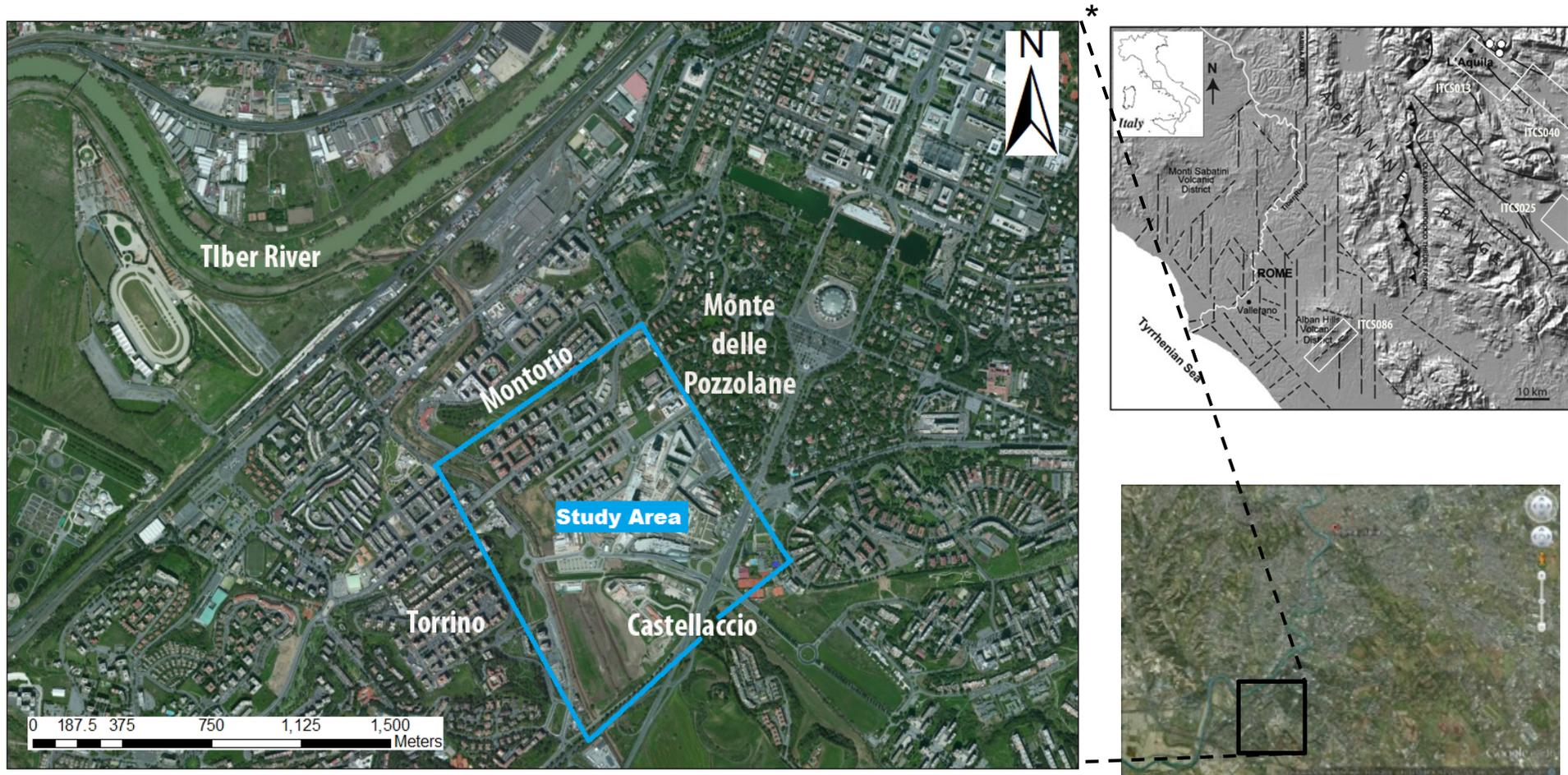
Ville hétérogène:

- L'effet de group est réduit



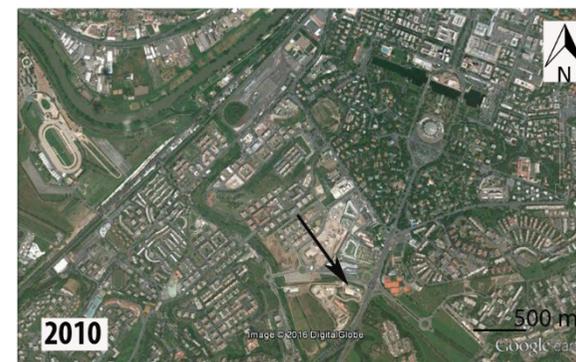
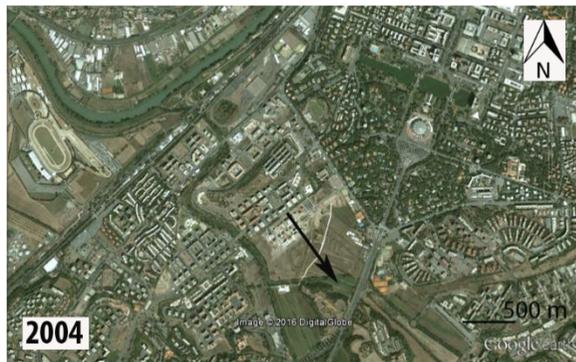
Semblat et al., 2008

L'étude de cas (Gouffre de Vallerano, Rome, Italie)

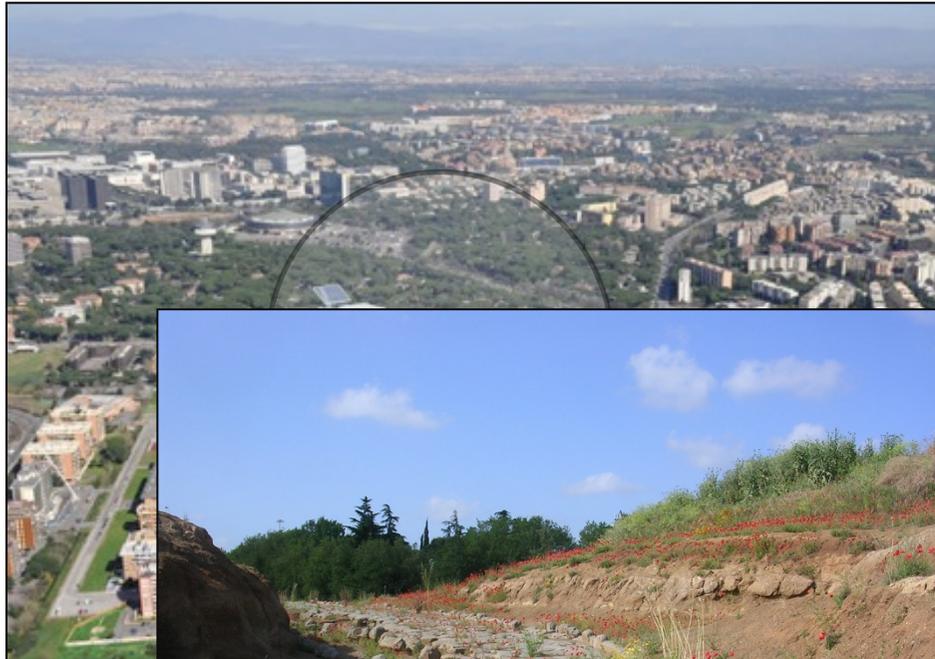


* Bozzano et al., 2016

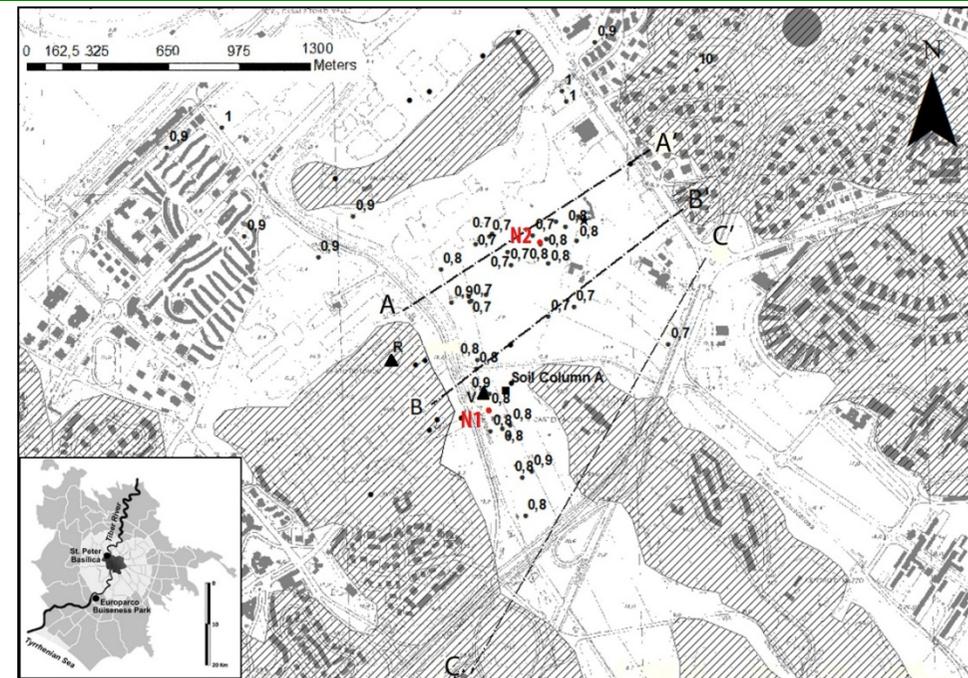
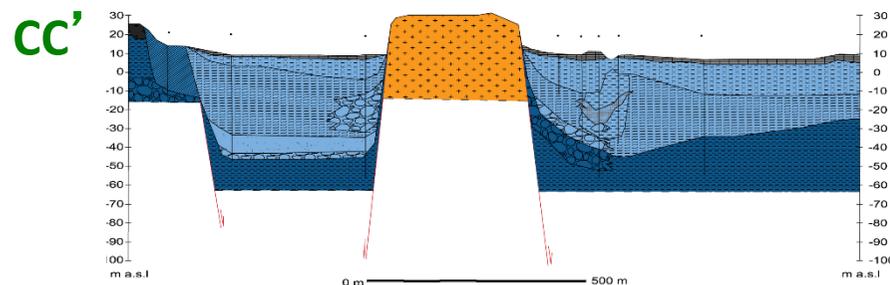
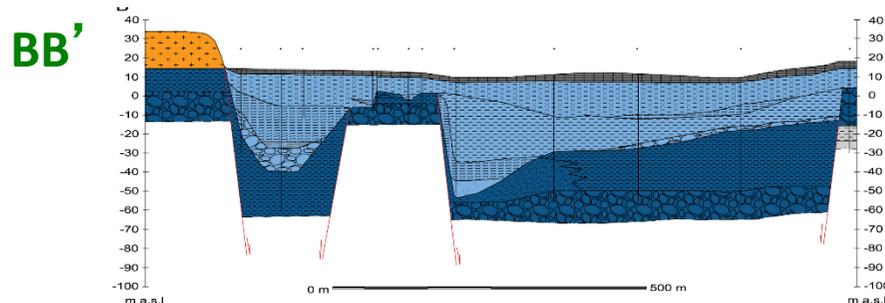
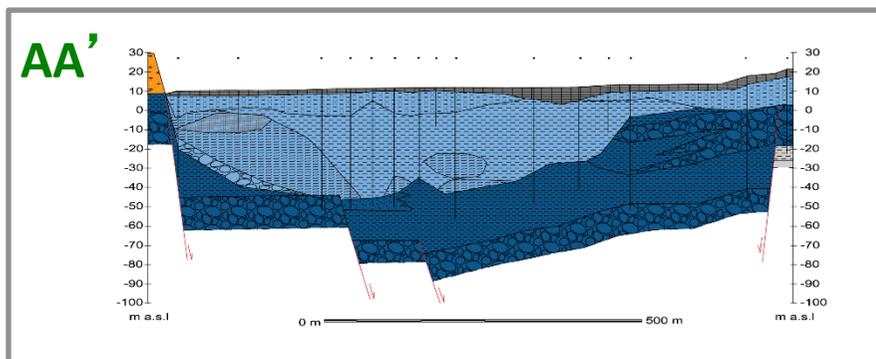
L'étude de cas (Expansion urbaine du Gouffre de Vallerano)



L'étude de cas (Expansion urbaine du Gouffre de Vallerano)

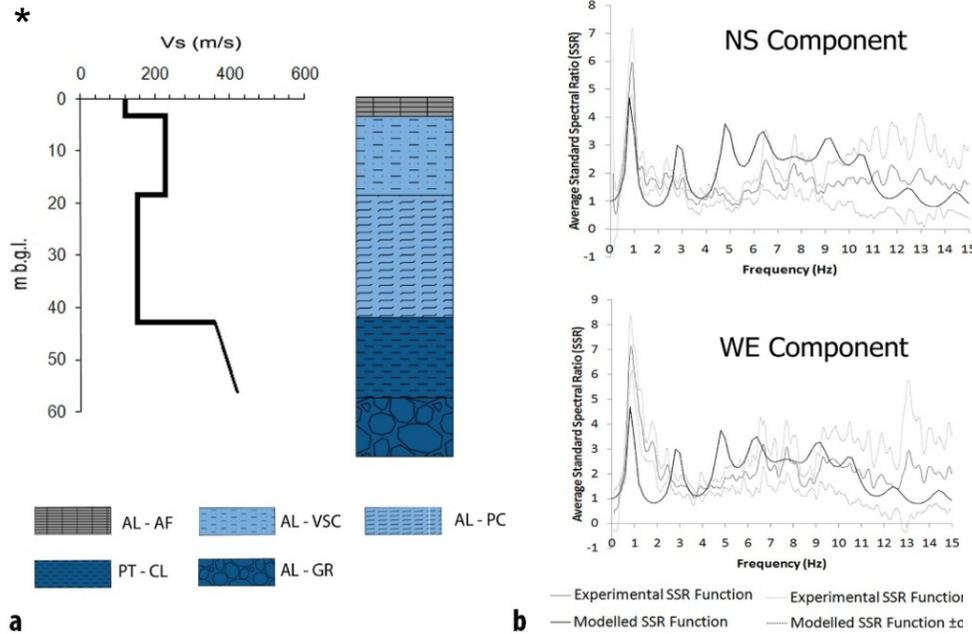


L'étude de cas - contexte géologique



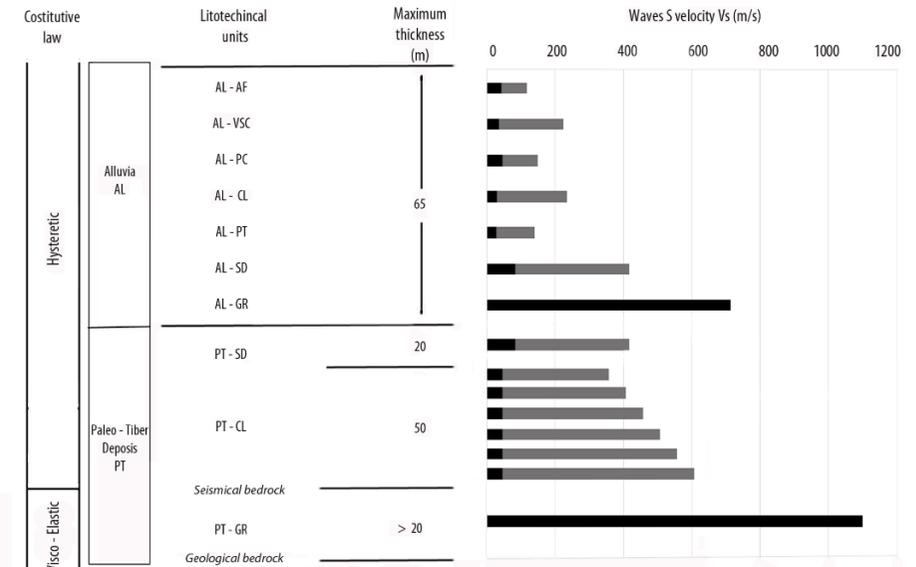
- ❖ *Dépôts alluviaux récents – AL (unité de 1 à 7);*
- ❖ *Dépôts volcaniques – VC (unité 8);*
- ❖ *Fluvio-palustrine deposits - (unité 9)*
- ❖ *Dépôts du Paleo-Tiber 4 – PT (unité de 10 à 12);*
- ❖ *Substratum Plio-Pleisocénique – PP (unité de 14 à 15)*

L'étude de cas – model sismostratigraphic



SSR enregistré vs SSR modélisé

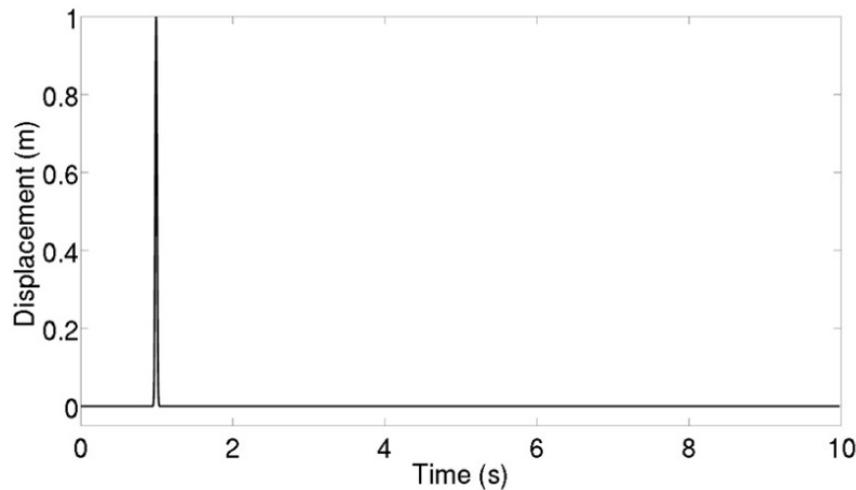
Model sismostratigraphique



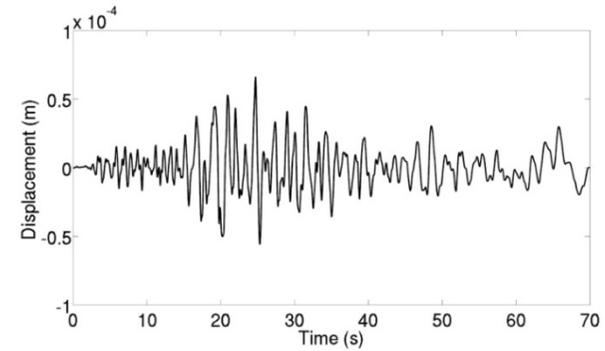
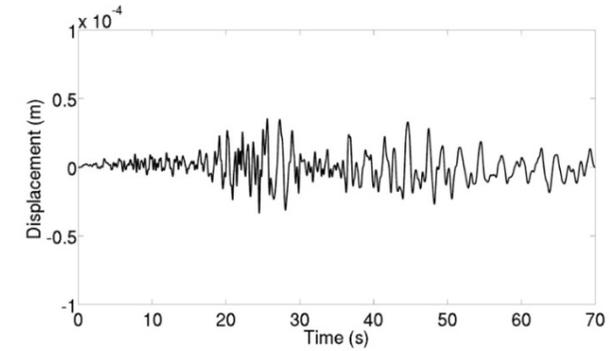
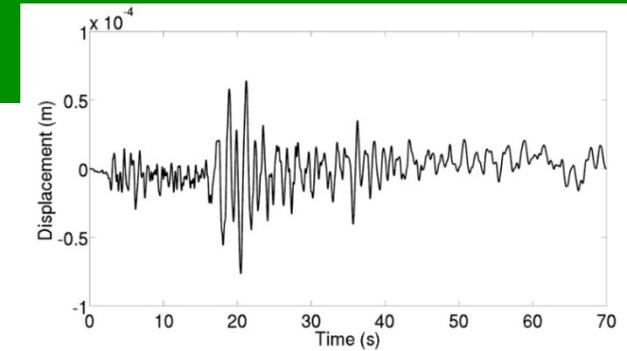
* Bozzano et al., 2016

Modélisation numérique 2D

- **Méthode EF (CESAR-LCPC)**
- **Éléments triangulaires et interpolation linéaire**
- **Couches absorbantes (CALM) ***
- **3 Signaux réels (3 zones sismiques) et 1 synthétique**

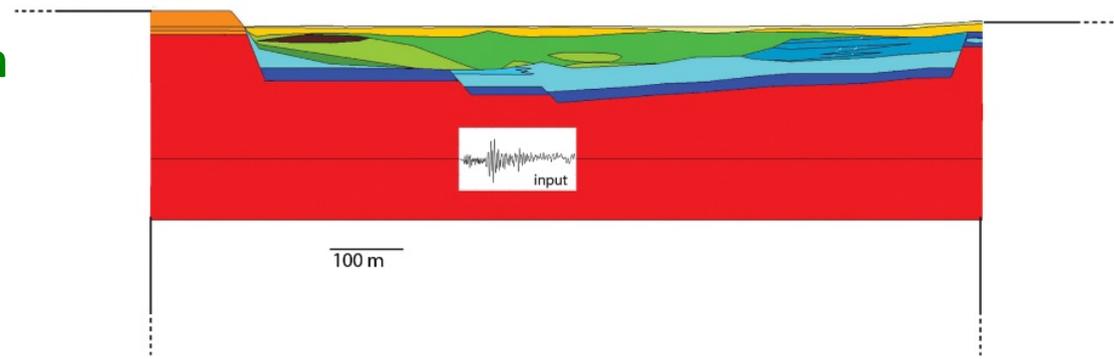
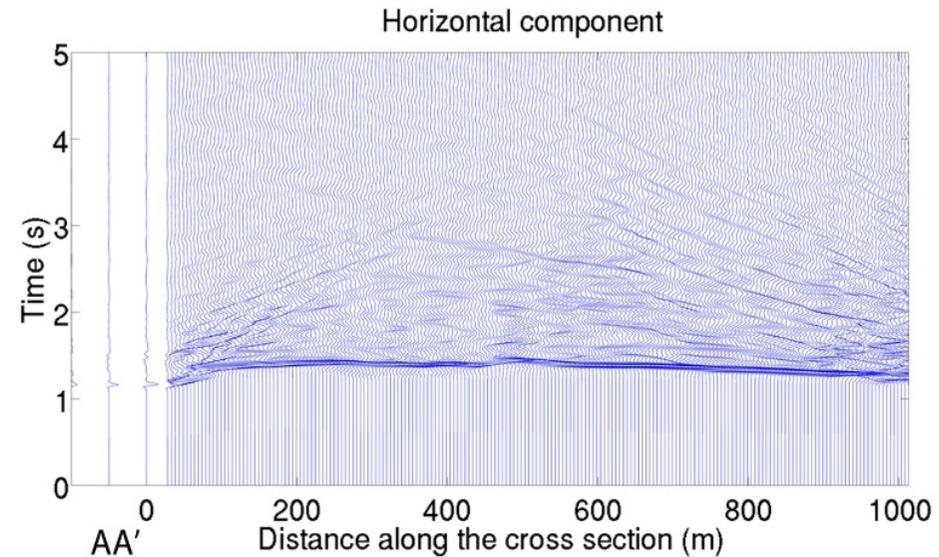


* Varone et al. 2014, Lenti et al. 2015



Modélisation numérique 2D - champ libre (1)

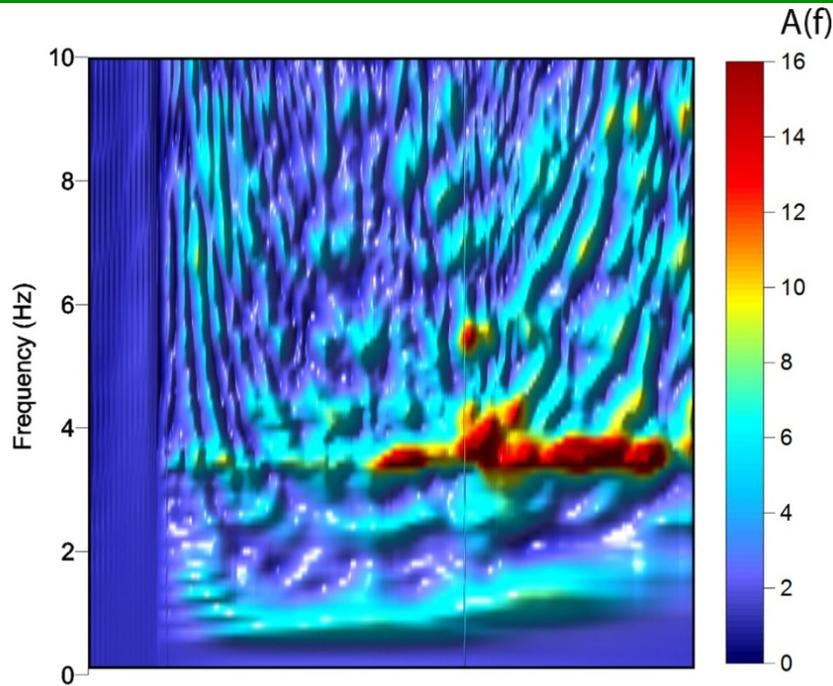
- **Module DYNI (temps) + couches absorbantes ***
- **269917 Noeds**
- **Distance internodale d'1 m à 10m (sols mous et rocheux)**
- **Effets induits par l'interaction sols/ondes**



AL-FA	AL-VSC	AL-CL	AL-PC	AL-PT	AL-SD	AL-GR
PT-CL	PT-SD	AL-LS (CL)	AL-LS (GR)	PT-GR	VC	NM

* Varone et al. 2014, Lenti et al. 2015

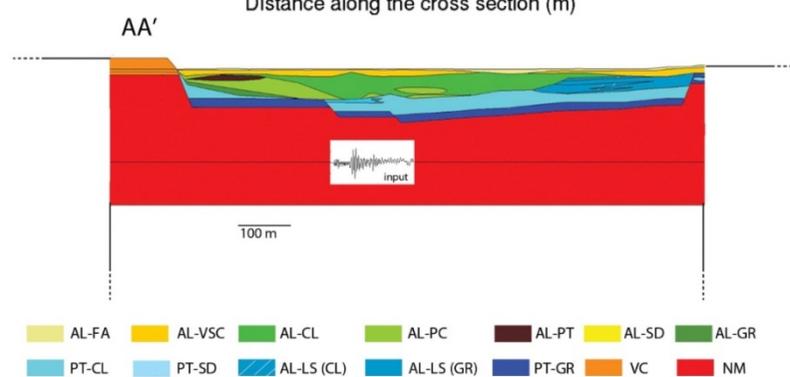
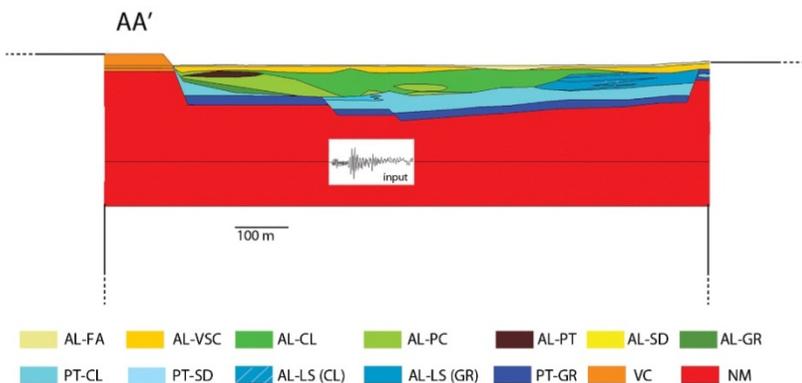
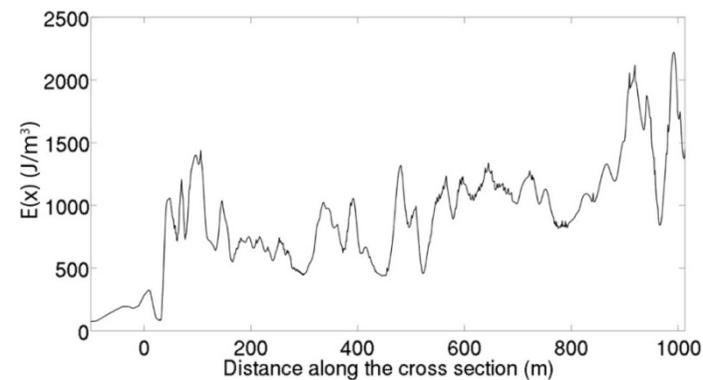
Modélisation numérique 2D - champ libre (2)



Énergie cinétique en surface

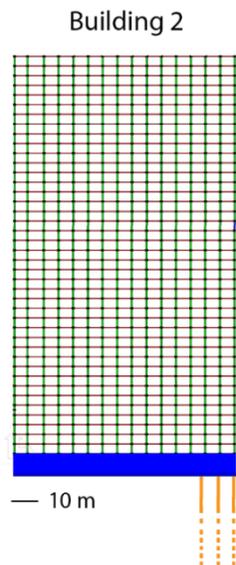
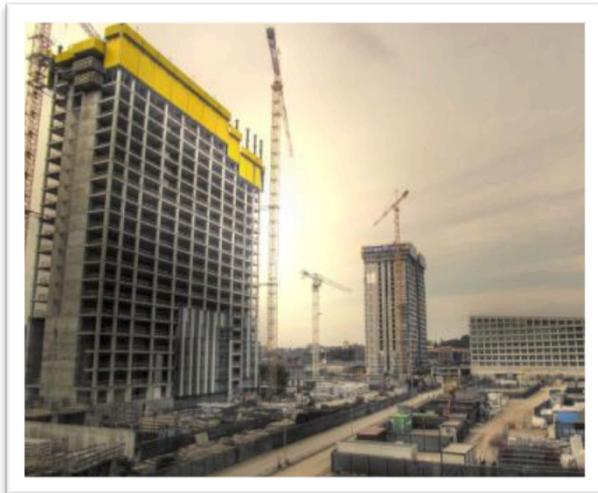
Kham et al., 2006

$$E(\mathbf{x}) = \frac{\rho(\mathbf{x})}{T} \int_0^T \left[\frac{du}{dt}(\mathbf{x}, t) \right]^2 dt$$



Modélisation numérique 2D des bâtiments

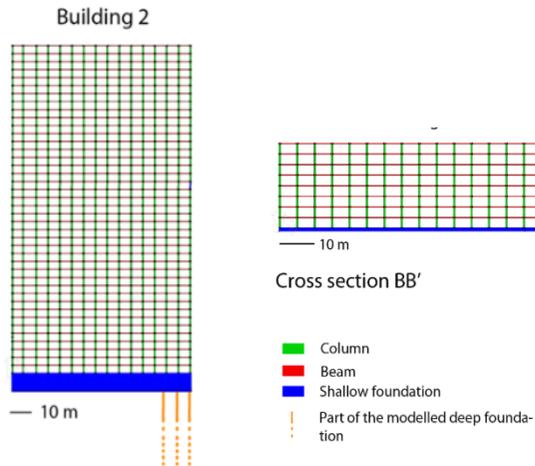
- Analyse spectrale des bâtiments
(CESAR-LCPC, module MODE)



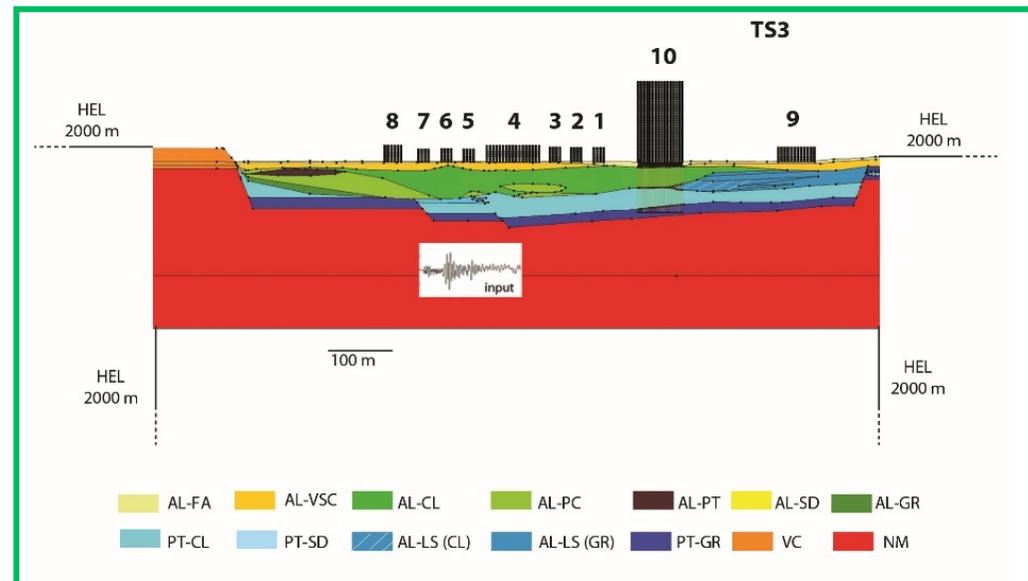
Section transversale AA'				
ID Bâtiment	Hauteur (m)	Type de fondation	Type de structure porteuse	Fréquence fondamentale (Hz)
1	20	Fondation superficielle	Béton armé	6.3
2	20	Fondation superficielle	Béton armé	6.4
3	20	Fondation superficielle	Béton armé	6.3
4	20	Fondation superficielle	Béton armé	5.3
5	18	Fondation superficielle	Béton armé	6.7
6	18	Fondation superficielle	Béton armé	6.7
7	18	Fondation superficielle	Béton armé	6.7
8	24	Fondation superficielle	Béton armé	5.5
9	15	Fondation superficielle	Béton armé	6.3
10	120	Pieux (60m)	Acier +Béton armé	0.5

Modélisation numérique 2D des systems SCI (1)

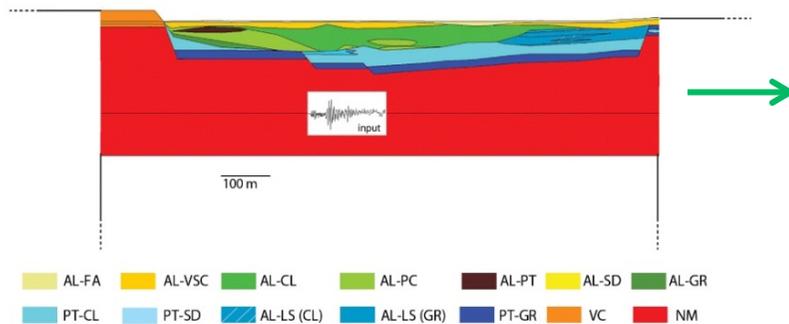
Bâtiments



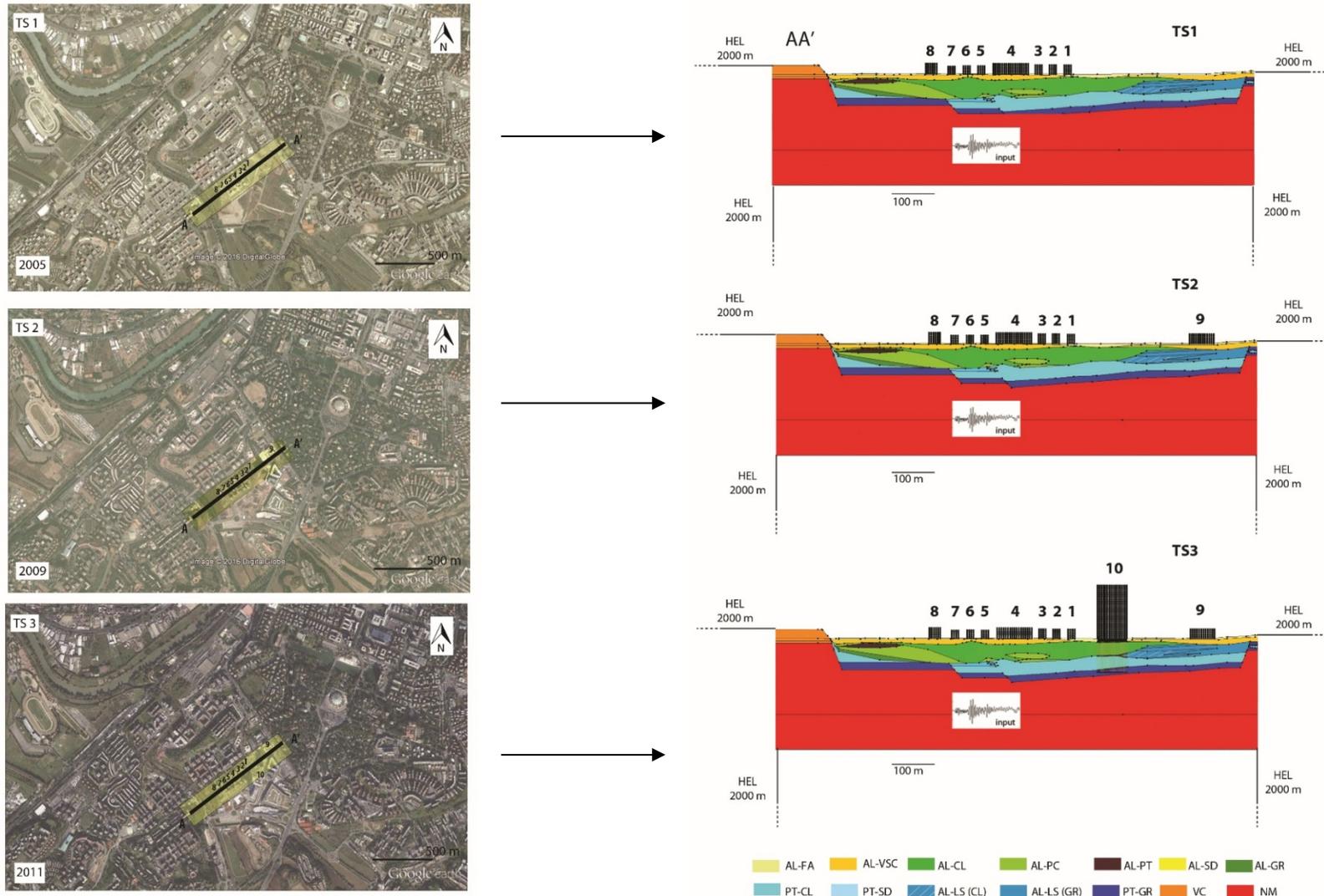
Condition de SCI



Sol

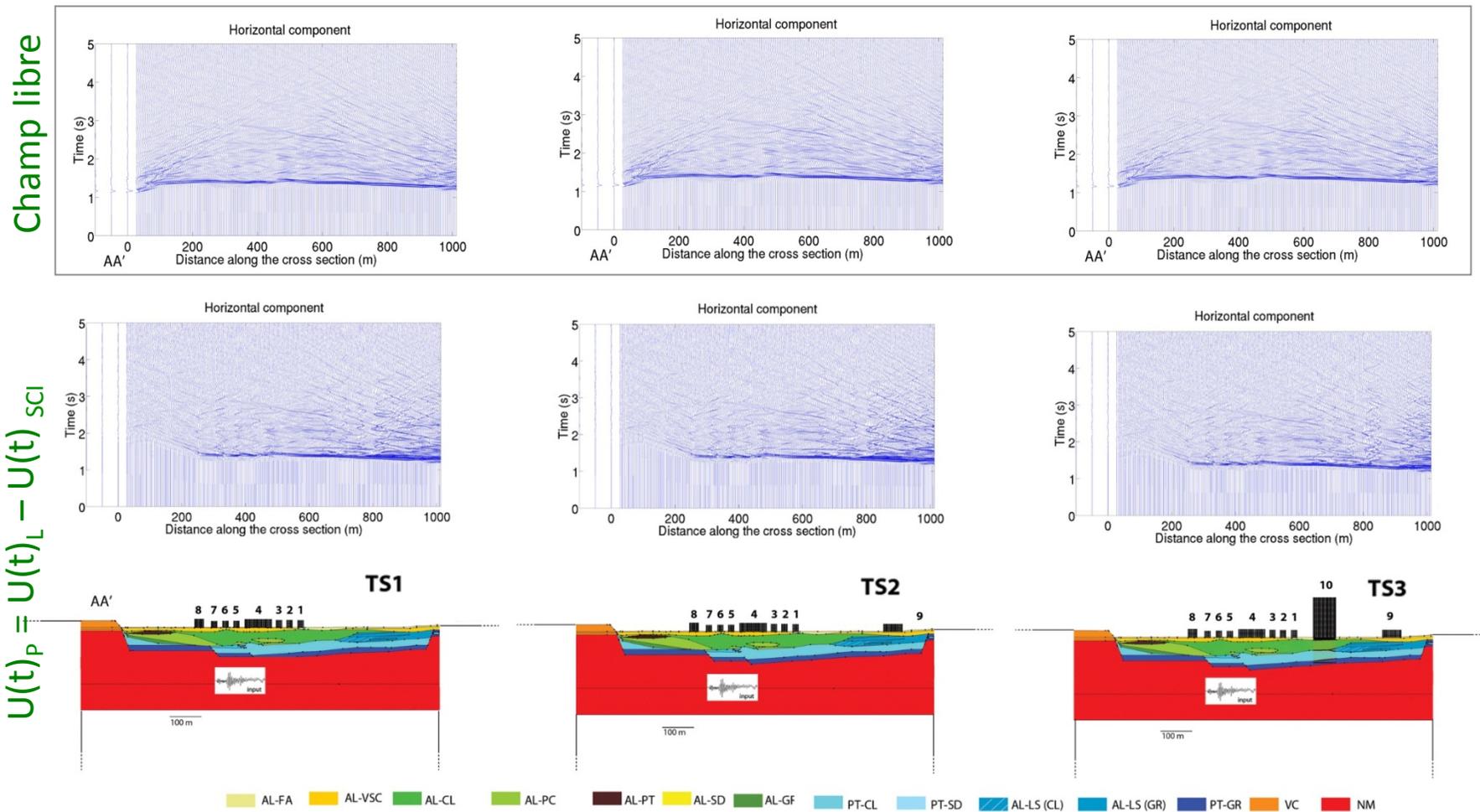


Modélisation numérique 2D des systems SCI (2)



Modélisation numérique 2D des systems SCI (3)

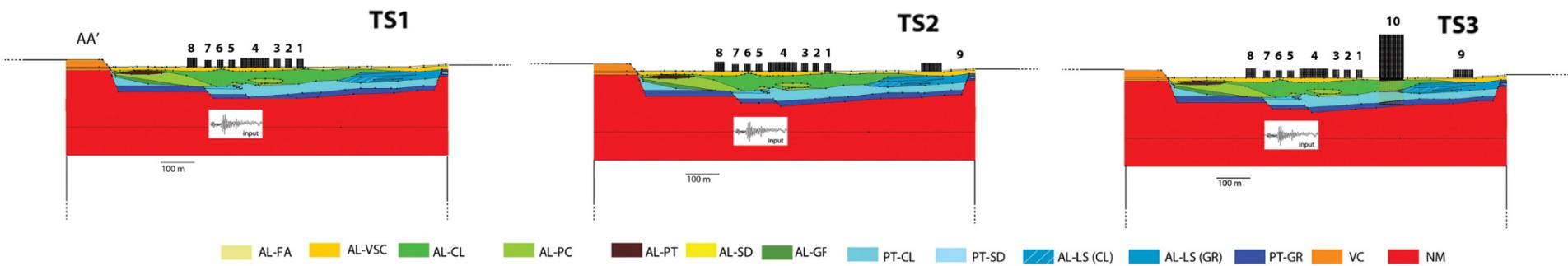
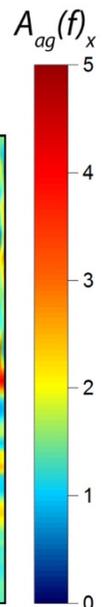
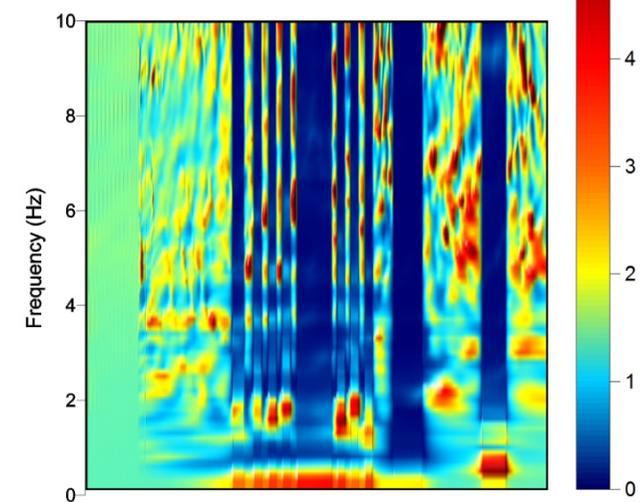
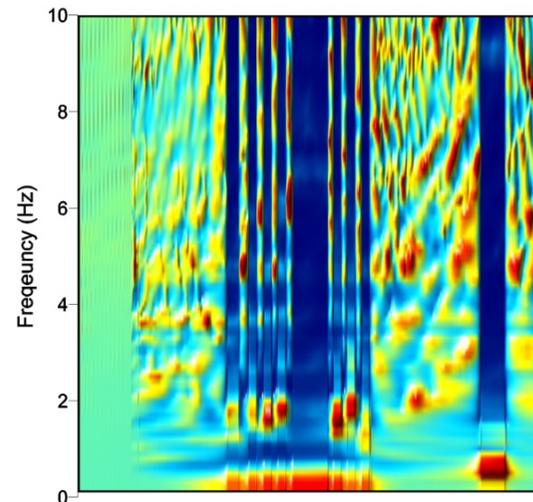
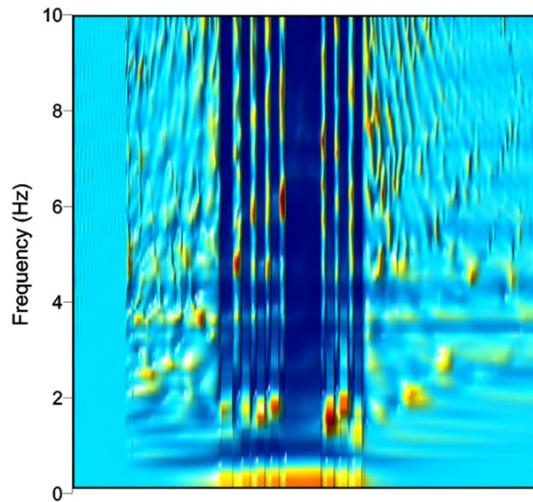
- Propagations des ondes sismiques du champ perturbé en surface



Modélisation numérique 2D des systems SCI (4)

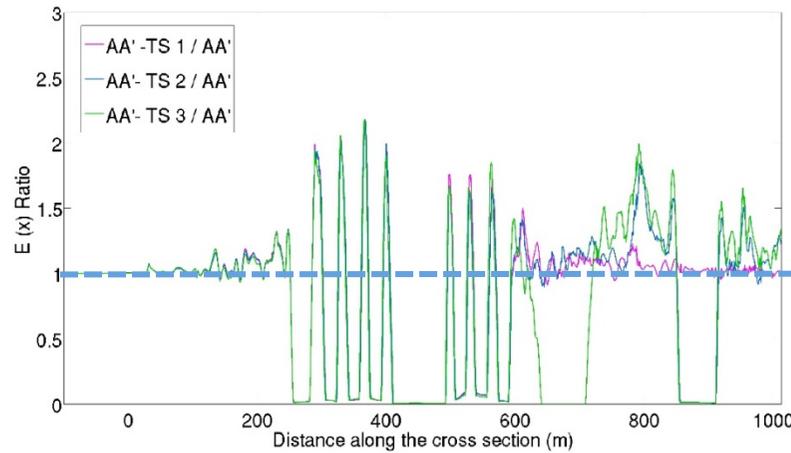
- Distribution du facteur d'aggravation dû à la condition SCI

$$A_{ag}(f)_x = \frac{A(f)_{x_SCI}}{A(f)_{x_f}}$$



Modélisation numérique 2D des systems SCI (5)

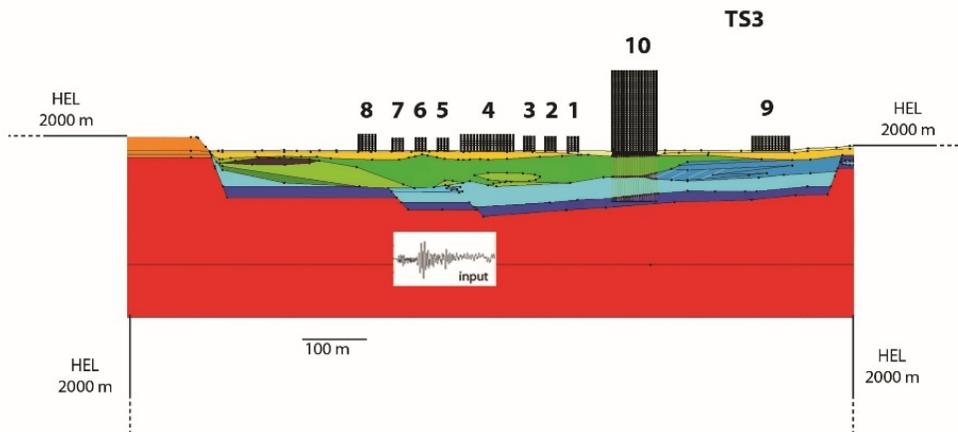
Rapport entre l' énergie cinétique en surface en condition SCI et de champ libre



Valeur maximal $\approx 2,2$

Condition de champ libre

Valeur minimale ≈ 0



- AL-FA
- AL-VSC
- AL-CL
- AL-PC
- AL-PT
- AL-SD
- AL-GR
- PT-CL
- PT-SD
- AL-LS (CL)
- AL-LS (GR)
- PT-GR
- VC
- NM

Conclusions

Le champs d'ondes en présence de bâtiments diffère sensiblement du mouvement en conditions de champs libre en proximité des fondations. Un changement remarquable est observé par rapport à :

- *la durée, l'amplitude, le contenu fréquentiel, etc.*
- *les fonctions d'amplification en amplitude et piques*
- *la densité d'énergie cinétique cumulée dans le temps*

Perspectives futures

Définir des abaques et de coefficients de correction pour tenir compte de la condition de SCI dans l'EC8.

- *SCI vs forme du bassin,*
- *SCI vs distribution spatiale des bâtiments dans le bassin*
- *SCI vs hétérogénéités du sol*



Merci de votre attention

Coordonnées Intervenant *Chiara Varone PhD*

ORGANISME: **ESITC** (*École Supérieure d'Ingénieurs des Travaux de la Construction de Cachan*) et **IFSTTAR** - Département GERS (*Géotechnique, Environnement, Risques naturels et Sciences de la terre*) Laboratoire SV (*Séismes et Vibrations*)

ADRESSE (1): ESITC, 28 Avenue du Président Wilson, 94234, Cachan

ADRESSE (2): IFSTTAR, 14-20 Bd Newton, 77420 Champs-sur-Marne

Tél/Mail:

varone@adm.esitc-cachan.fr

Skype contact:

chiara.varone