

Ministere De L'habitat De L'urbanisme Et De La Ville
Centre National De Recherche Appliquee En Genie
Parasismique



Evaluation de l'atténuation des ondes Coda Qc dans la région d'Alger et ses environs

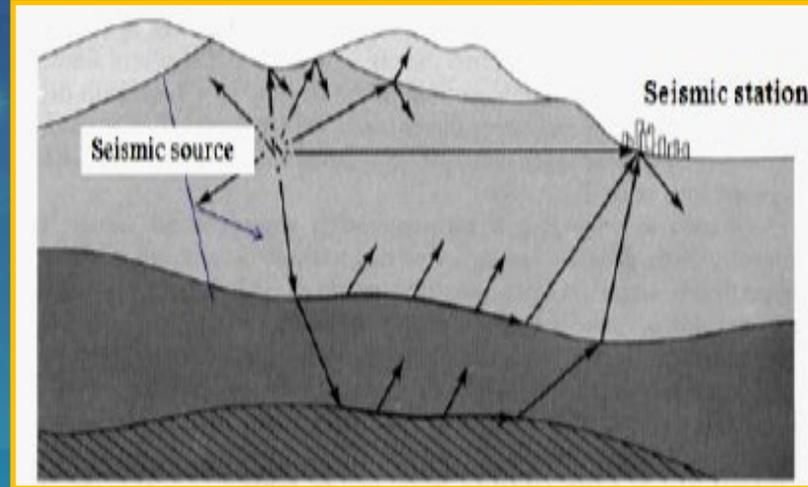
Benkaci Nassima

*Equipe Modélisation Numérique En Alea Sismique Et Sismologie
Fondamentale*

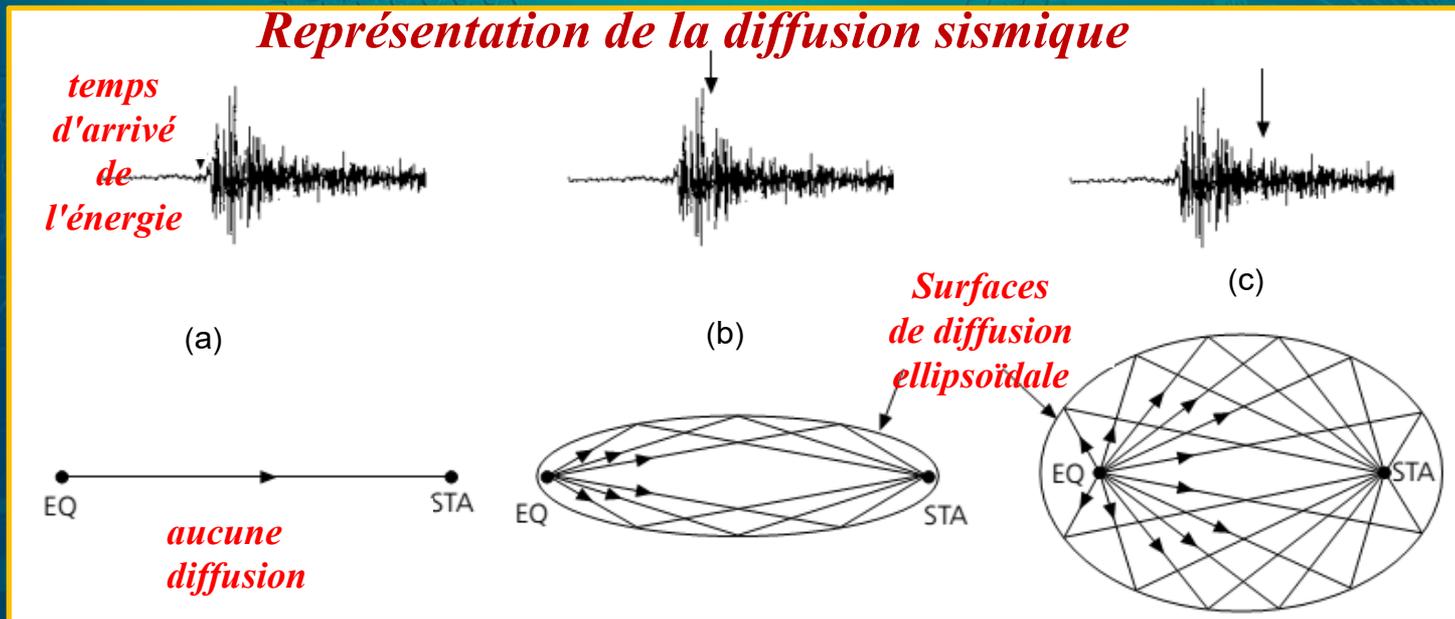
Code du projet : CGS/DAS/2019/01

1 - C'est quoi la coda

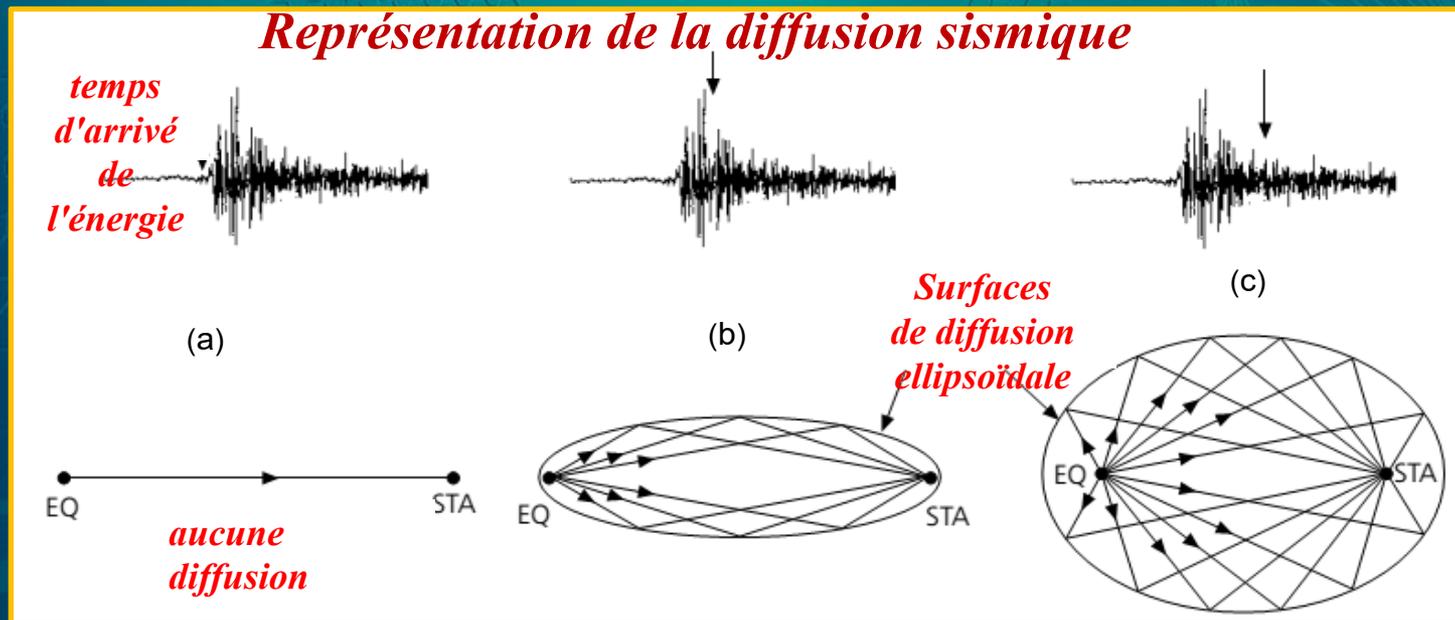
La coda a pour origine la diffusion des ondes dans les différentes couches de sol [Aki, 1969, Aki and Chouet, 1975, Margerin et al., 1999]. Les ondes ainsi diffusées parcourent plus de distance que les ondes directes avant d'arriver au récepteur et arrivent donc plus tard, ce qui explique la durée temporelle de la coda.



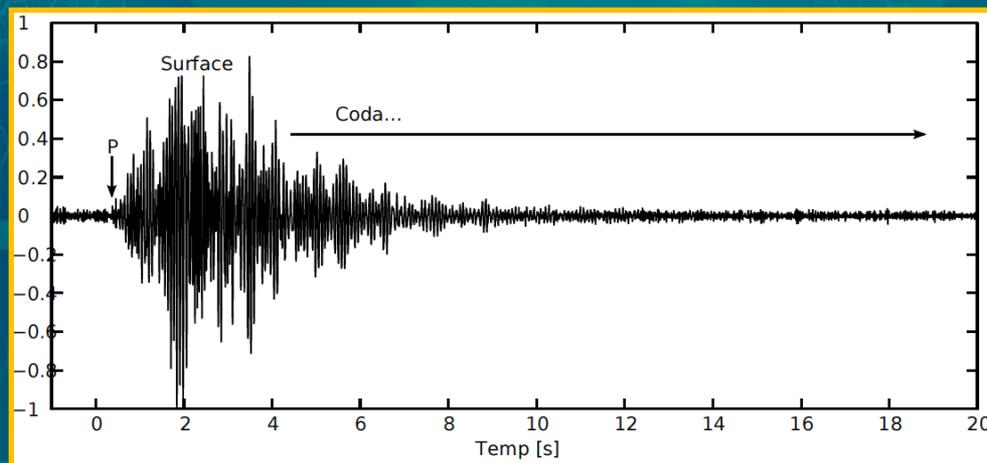
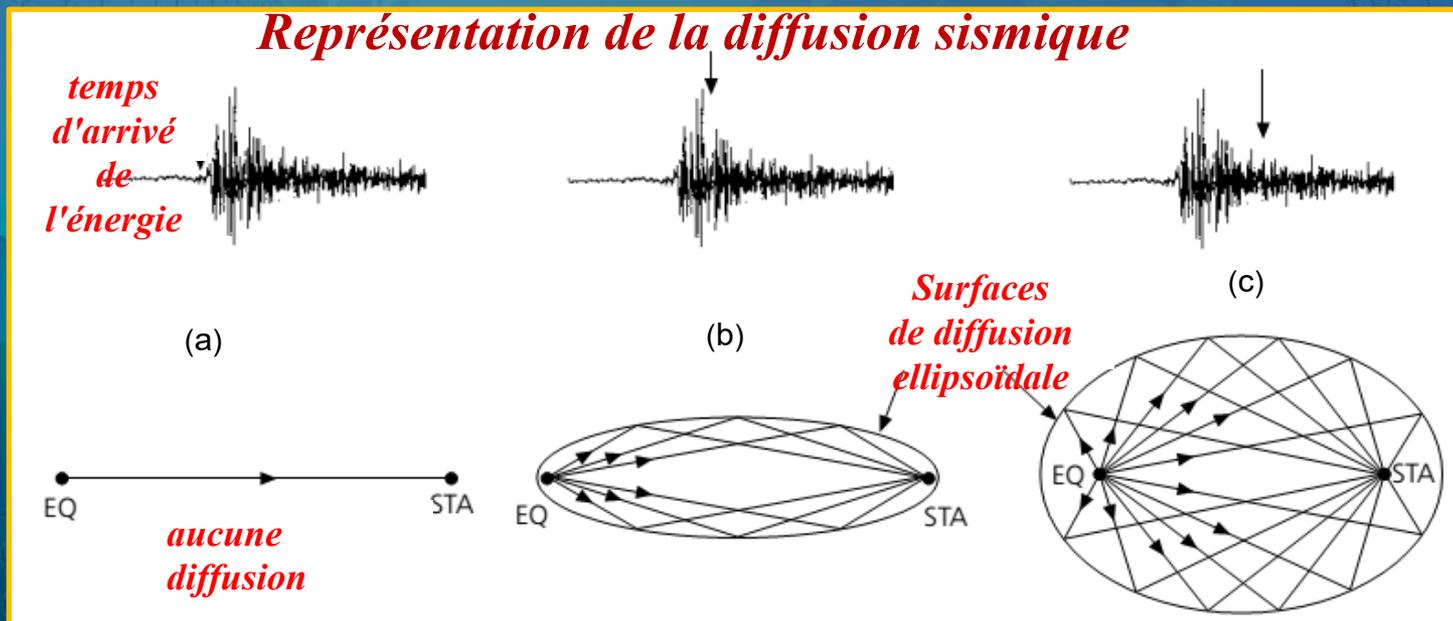
• Les ondes non diffusées traversent la plus petite distance et engendrent les premières arrivées (figure 2a).



- L'énergie diffusée perdue par ces premières arrivées (figure 2b), arrive après les premières ondes, un nombre infini de localisation d'éventuels diffuseurs produit ces ondes qui arrivent au même temps et qui donneraient le temps de parcours observé sur l'enregistrement.
- Dans un milieu homogène, la localisation de ces diffuseurs forme une surface ellipsoïdale. L'énergie arrivant plus tard dans la partie de la coda peut être modélisé comme provenant d'une plus grande surface ellipsoïdale de multiples diffuseurs possibles (figure 2c).



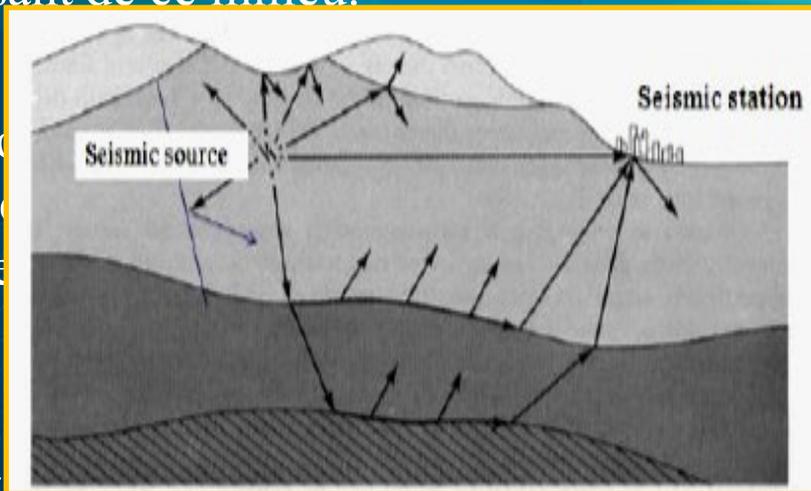
- Dans un milieu de vitesse constante, la localisation de ces possibles diffuseurs forment une ellipsoïde avec la source et le récepteur comme étant ces centres. Les plus larges ellipsoïdes définissent les diffuseurs possibles de l'énergie qui arrive tardivement dans l'enregistrement (figure 2c) (Stein and Wysession, 2003).



2 - Pourquoi étudier la Coda?

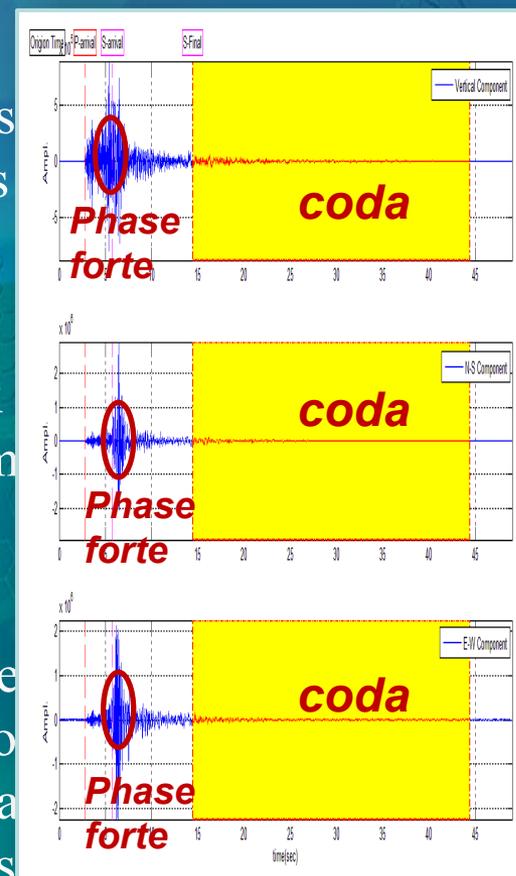
- Les durées de la coda enregistrée sont telles que les distances parcourues sont bien supérieures aux distances sources-récepteurs. On peut alors considérer que les ondes ont «sondé» un volume du milieu de propagation lié à la distance qu'elles y ont parcouru, et qu'elles contiennent ainsi une information statistique sur ce milieu.

- Etudier la coda autour d'un temps t permet d'étudier les milieux de propagation à une échelle qui croît avec le temps diffusant de ce milieu.



- La coda est une onde diffusante et deux fois plus longue que la phase forte. Elle est donc plus sensible aux variations de la vitesse de propagation de la source et le milieu de propagation.

- Elle est donc plus sensible aux variations de la vitesse de propagation de la source et le milieu de propagation. Elle est donc plus sensible aux variations de la vitesse de propagation de la source et le milieu de propagation. La coda est ainsi très sensible aux variations de la vitesse de propagation de la source et le milieu de propagation. Elle est donc plus sensible aux variations de la vitesse de propagation de la source et le milieu de propagation.

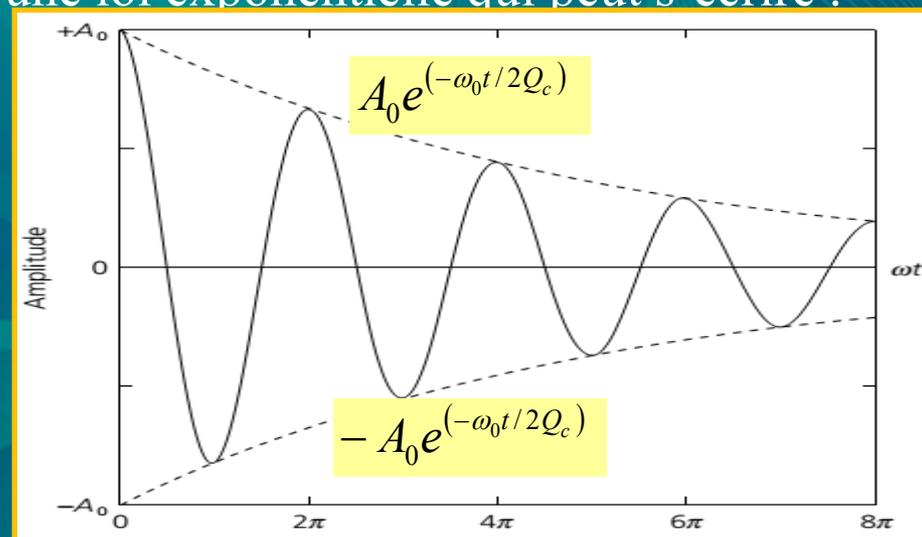


- De même, la direction des ondes change de façon aléatoire à chaque diffusion et le champ enregistré au niveau du capteur est isotrope au bout d'un temps assez long (qui dépend de la vitesse des ondes et de la diffusion dans le milieu).

- Ces deux régimes d'équipartition en énergie et en direction ne sont atteints qu'asymptotiquement, avec des temps caractéristiques différents (Paul et al., 2005).

- Une propriété remarquable de la coda est que son intensité suit une équation de diffusion, et non une équation d'onde (Margerin et al., 1999). La décroissance temporelle de l'énergie de la coda est une caractéristique régionale porteuses d'informations et elle est indépendante des propriétés de la source (la magnitude du séisme, sa localisation, son mécanisme. . .) (Aki et Chouet 1975). L'enveloppe E_ω de la coda à une pulsation donnée ω et suit une loi exponentielle qui peut s'écrire :

$$E_\omega \propto \frac{1}{t^\gamma} \exp\left(-\frac{\omega t}{Q_c(\omega)}\right)$$



3- Phénoménologie de modélisation de l'excitation de l'onde Coda

Les caractéristiques des ondes coda de haute fréquence de séismes locaux ont été résumées par Aki et Chouet (1975). Ces caractéristiques sont comme suit :

- les ondes coda observées à différentes stations sont pour la plupart identiques,
- La trace de la coda de différents séismes locaux qui sont tout d'abord filtrés dans une bande passantes et qui sont enregistrés dans la même région ont une forme d'enveloppe commune. Ces traces sont indépendantes de la distance épacentrale,
- La décroissance des amplitudes de la coda est indépendante de la magnitude d'un séisme pour des magnitudes inférieur à 6.
- L'amplitude de la coda dépend de la sismicité de la région où est installée la station sismologique.

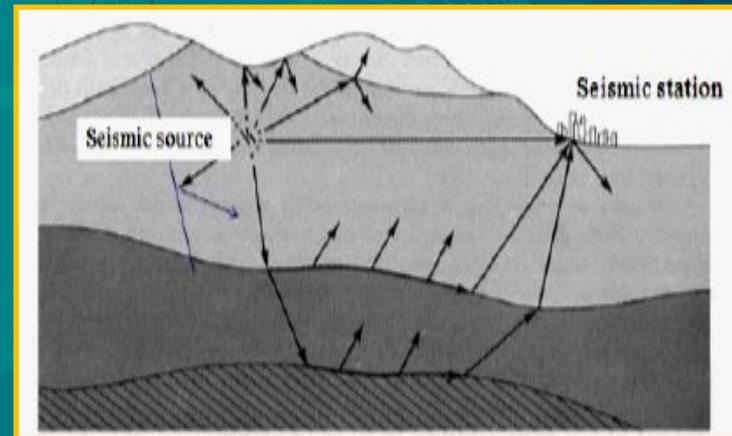
3- Phénoménologie de modélisation de l'excitation de l'onde Coda

-Aki et Chouet (1975) proposent un modèle simple d'ondes rétrodiffusées (single backscattering model) pour décrire le phénomène de génération des ondes Coda

-les amplitudes des ondes coda filtrées dans des bandes de fréquences étroites séparées, avec f_c étant la fréquence centrale, peuvent être décrites comme étant une combinaison d'une fonction du temps t (lapse time, ce temps est mesuré à partir du temps origine du déclenchement de l'évènement sismique à la source), une fonction de la source $s(f)$, et un terme de propagation qui inclut l'atténuation comme étant :

$$A(f,t) = S(f) t^{-\gamma} \exp \left[-\frac{ft}{Q_c(f)} \right] \quad (1)$$

- où $\gamma = 1$; le facteur d'expansion géométrique, pour les ondes de volume,
- et Q_c : le facteur de qualité (atténuation des ondes Coda) pour la Coda.
- $S(f)$ une fonction de la source qui est constante dans une bande étroite de fréquence.



$$A(f,t) = S(f) t^{-\gamma} \exp \left[-\frac{ft}{Q_c(f)} \right] \quad (1)$$

En multipliant l'équation (1) par t et passant à l'échelle logarithmique pour la linéarisation du système, on obtient une équation de la forme:

$$\ln [A(f,t) t] = \ln [S(f)] - \frac{\pi f}{Q_c(f)} t \quad (2)$$

Comme l'indique l'équation 2, des paires de $\ln [A(f,t) t]$ et t peuvent être ajustées avec une ligne droite grâce à une régression linéaire. Ainsi, Q_c peut être calculée à partir de la pente β de la droite ajustée (fitting curve) comme étant :

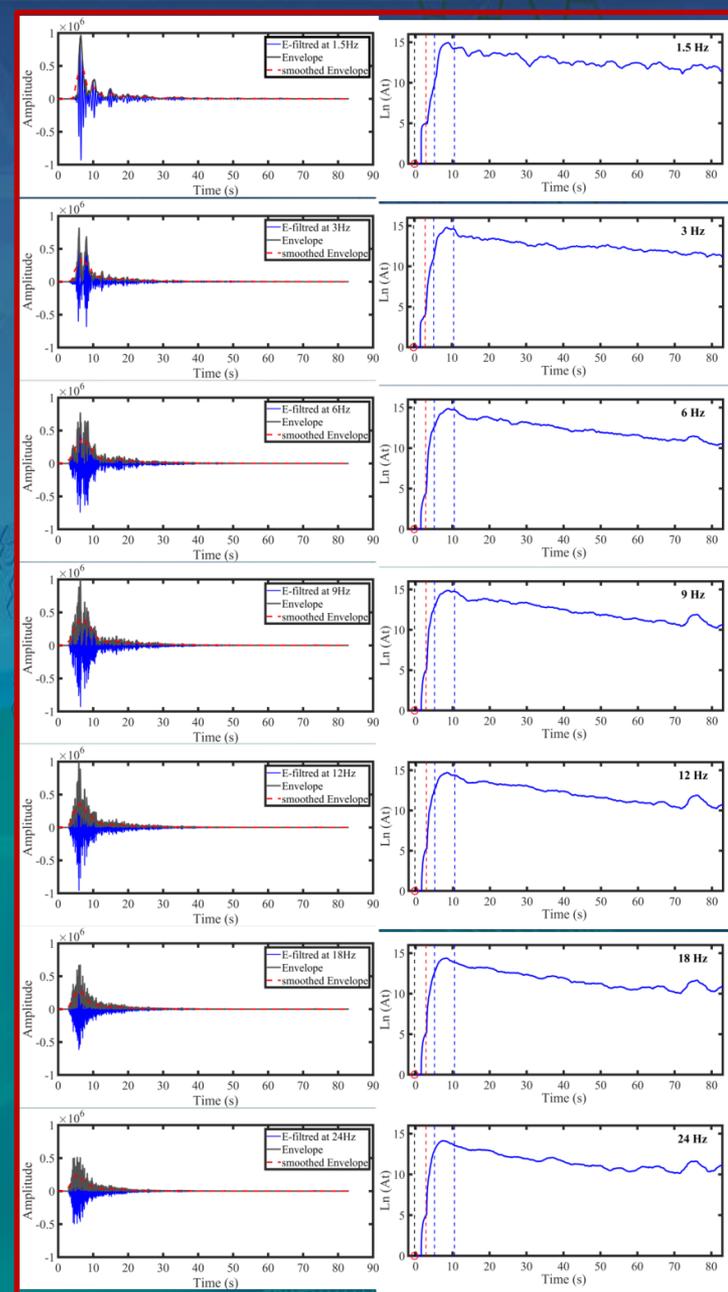
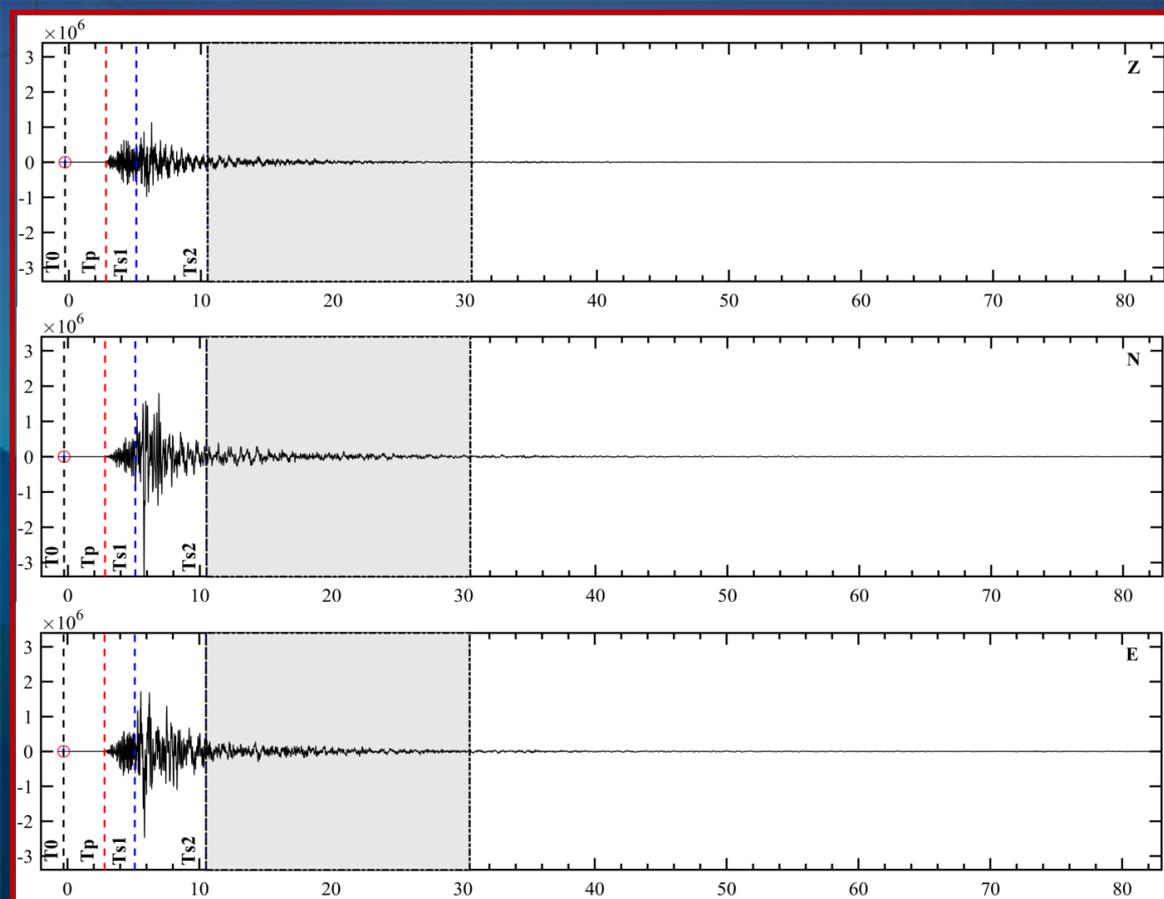
$$Q_c = -\frac{\pi f}{\beta} \quad \text{avec} \quad \ln [S(f)] = \text{Const}$$

Il a été observé dans plusieurs études que le facteur de qualité Q_c dépend de la fréquence:

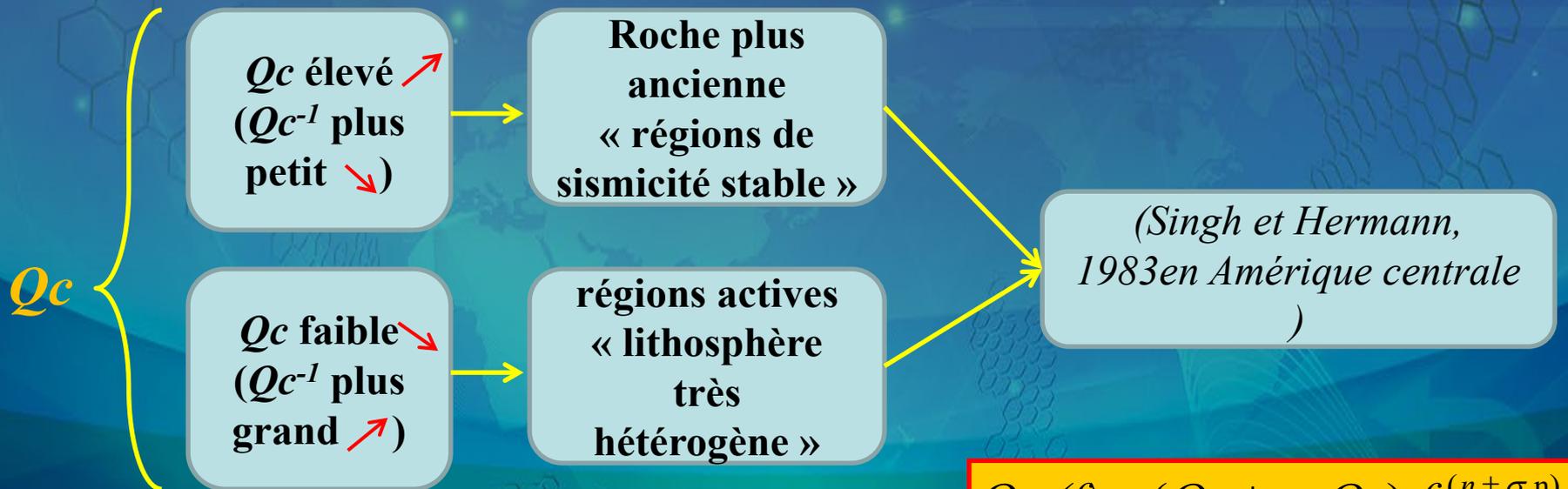
$$Q_c(f) = Q_0 \left[\frac{f}{f_0} \right]^n$$

Où la fréquence de référence f_0 est égale à 1 et $Q_0 = Q_c(f = f_0 = 1 \text{ Hz})$:

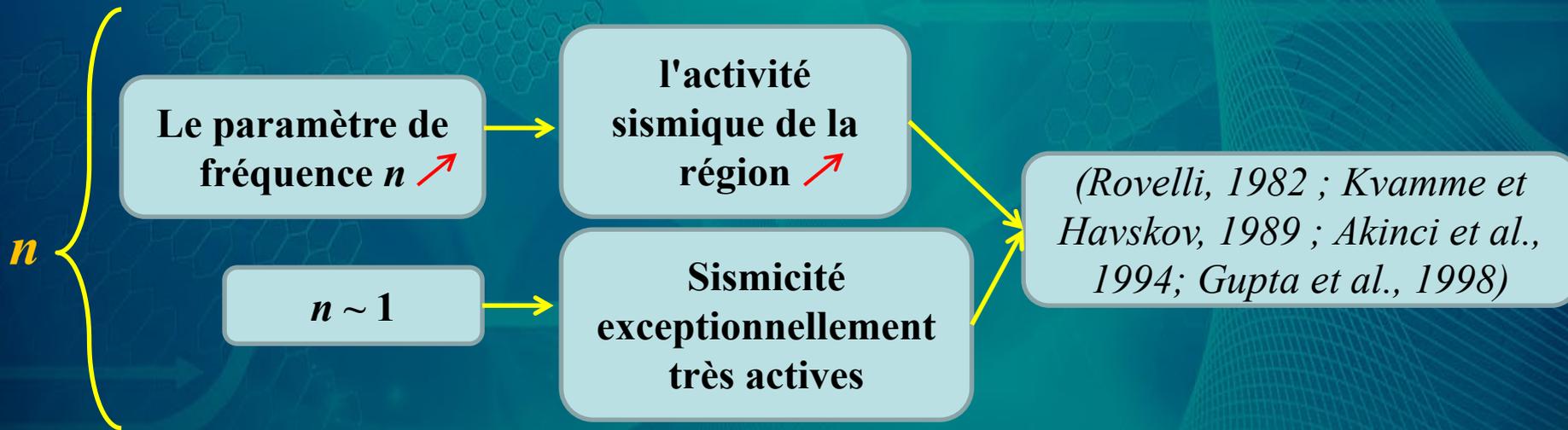
$$Q_c(f) = Q_0 f^n$$



Les valeurs de Q_c dépendent aussi de l'âge des formations géologiques de la zone d'étude.



$$Q_c(f) = (Q_0 \pm \sigma Q_0) f^{(n \pm \sigma n)}$$



4 - Les ét

L'organigramme des étapes de calcul

Calculer les temps de parcours et les temps serviront à fixer le début (1978). Le modèle de vitesse chois

Filtrer les enregistrements sismiques sur un intervalle de 7 valeurs de fréquence

Calculer le rapport signal sur bruit et rejeter les

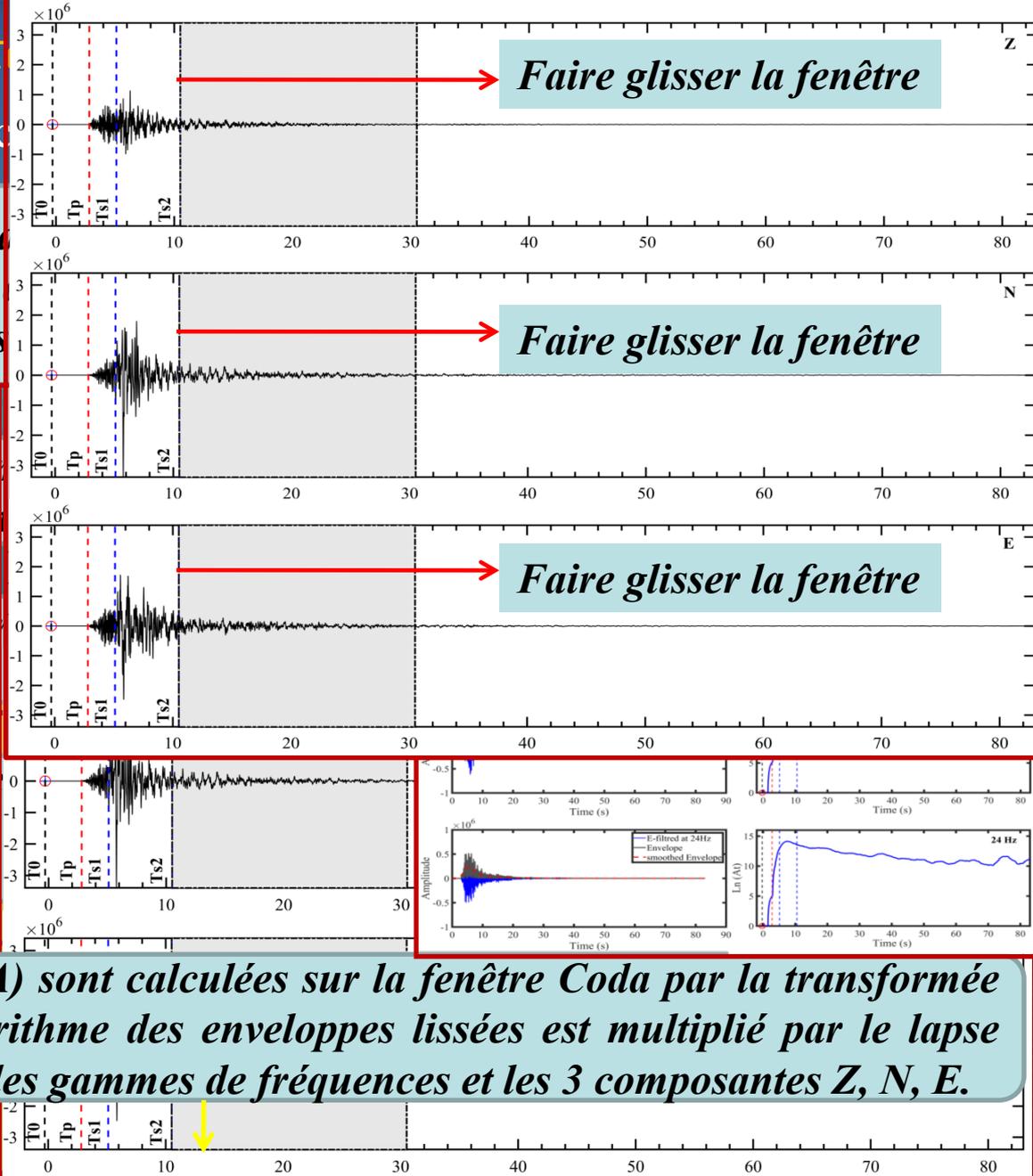
La largeur de la fenêtre Coda (à l'enregistrement), se fait glisser sur un intervalle de temps de 1s de façon

4 6 8

Les enveloppes des amplitudes (A) sont calculées sur la fenêtre Coda par la transformée de Hilbert, puis lissées. Le logarithme des enveloppes lissées est multiplié par le lapse Time t -étape réalisée sur toutes les gammes de fréquences et les 3 composantes Z, N, E.

12 18 24

16 24 32



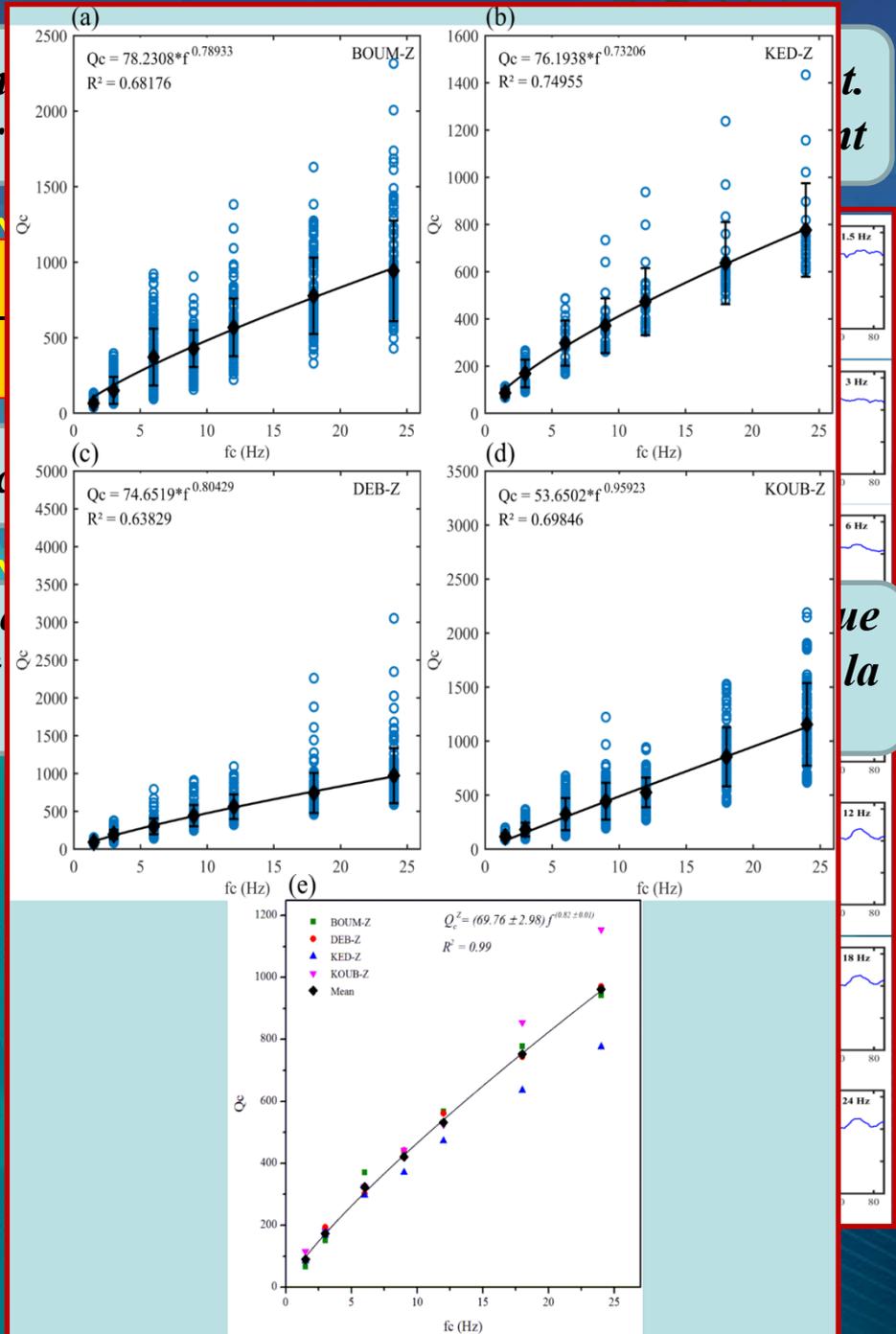
Procéder à une régression linéaire sur l'en
Ainsi, le facteur Q_c peut être calculé à partir

$$Q_c =$$

Les valeurs de Q_c sont rejetées pour des

Les valeurs de Q_c obtenues pour tous les év
sur toute la zone d'étude sont moyennées et
relation d'atténuation de la forme

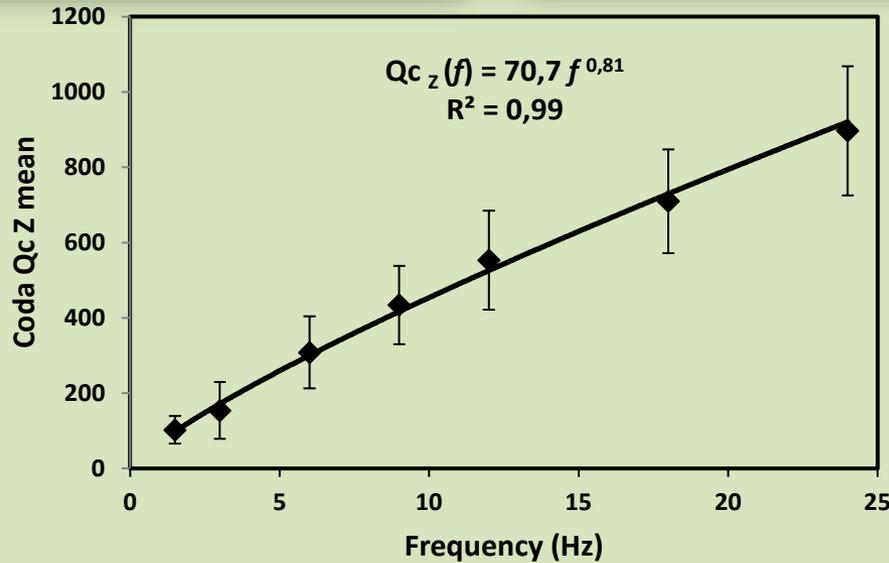
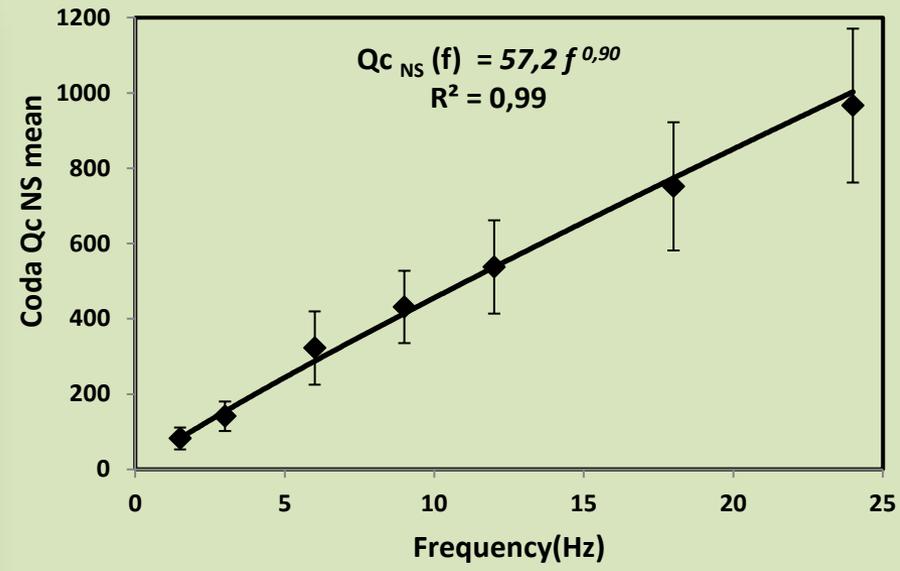
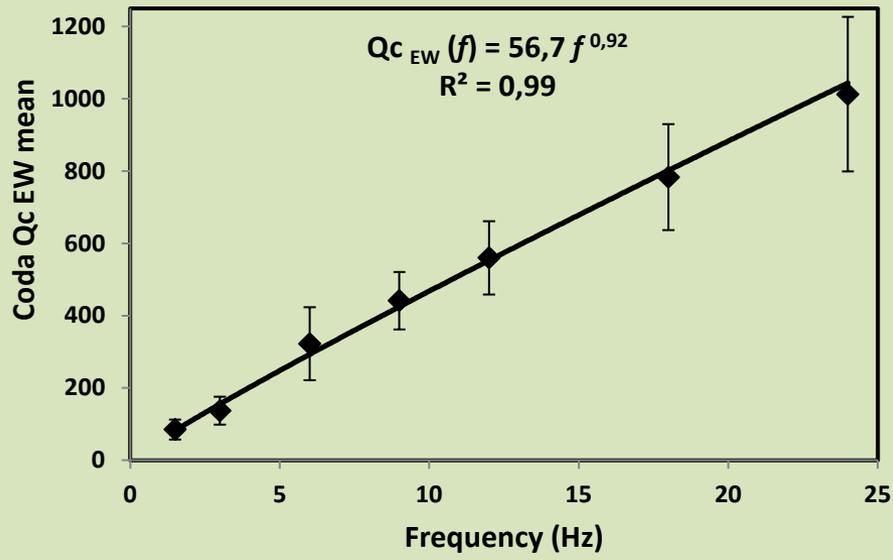
$$Q_c(f) = (Q_0 \pm \sigma Q_0) f^{(n \pm \sigma n)}$$



t.
at

ue
la





successives dont la l'enregistrement .

- Les stations d'étude Mai 2003, dans un p est utilisé. La banque locales allant de 2.3 Mitidja, connue pour failles actives d'âge l

n de la longueur de

isme de Boumerdes 21 évènements sismiques x avec des magnitudes tie est du bassin de la présence de plusieurs

6 – Objectifs à atteindre dans l'actuel projet

- Faire une sélection minutieuse pour choisir les événements qui remplissent les conditions de calcul, à savoir un bon rapport signal sur bruit, la longueur du signal qui doit être suffisante (entre 100 et 150 s) ainsi que la durée du pré et post event.
- Observation de la forme des enveloppes de la coda dans la région d'Alger et ses environs, en élargissant la zone d'étude par rapport au précédant projet.
- Analyser l'influence de plusieurs paramètres de coda sur la valeur de l'atténuation Q_0

et n $Q_c(f) = Q_0 f^n$ comme par exemple la taille de la fenêtre temporelle de l'onde coda.

Ainsi, le choix des enregistrements sismiques utilisés ainsi que leur longueur sont des paramètres très importants à prendre en considération pour l'aboutissement de ce travail.

- *Séismes locaux (<150km)*
- *Localisation des ces séismes (Il est important d'utiliser notre localisation pour minimiser l'erreur)*
- *Avoir plusieurs enregistrements sur une même station (statistiquement plus fiable)*
- *Tri des séismes (SNR<5, avoir un min requis de pré-event et post-event $\geq 100s$)*

7 – *Motivation et intérêt de ce projet*

- L'atténuation des ondes coda Q_c joue un rôle très important dans la modélisation de la structure des couches de sol.
- Elle est applicable aux études de l'aléa sismique et l'évaluation du risque, une carte d'atténuation est une importante donnée pour les études de risque sismique.
- Dans le domaine de la sismologie de l'ingénieur, l'atténuation peut aussi être utilisée pour la prédiction du mouvement fort.
- Dans ce contexte, on se propose d'utiliser les enregistrements sismiques du réseau installé par le CGS avec en plus, une nouvelle configuration instrumentale sur la région d'Alger et ses environs, afin d'évaluer l'atténuation des ondes coda.
- L'analyse fréquentielle des enveloppes de la coda, permettra par la suite dans de futurs travaux d'estimer les variations fréquentielles des facteurs de qualité régionaux Q_c et les paramètres de sources sismiques, mais aussi l'estimation de l'atténuation des ondes P et S (Q_α et Q_β).



1- Abstract

The single backscattering model was used to analyze attenuation of coda waves (Q_c) for three seismic stations. We estimated Q_0 and n parameters of the frequency dependent coda- Q using the relation $Q_c = Q_0 f^n$ for seven central frequencies (1.5, 3, 6, 8, 12, 18, and 24 Hz) and for successive 10 to 20 s long windows, depending on the recording length. Our study is considered as a first in this field carried for the context of Algeria, the average frequency dependence of Q_c for the whole area has been estimated by using the $Q_c = Q_0 f^n$ relation as $57.2f^{0.90}$ for the North-South direction, $56.7f^{0.92}$ for the East-West direction and $70.7f^{0.81}$ for the Vertical direction. The average Q_c values estimated and their frequency dependent relationships correlate well with a highly heterogeneous and highly tectonically active region.

KEYWORDS Coda waves, attenuation, Boumerdes earthquake, Algeria

2- Introduction

Generally, seismic attenuation expresses the decrease in the amplitude of seismic waves with increasing distance from the source. The continuous wave trains following the incident P and S waves are known as coda waves, due to seismic wave scattering in the inhomogeneities existing in the propagation media (Aki, 1969). The coda waves decay Q_c is the quality factor which defines absorption and scattering attenuation effects following the single scattering theory. The coda attenuation Q_c is very useful in Earth structure modeling, it is applicable to the assessment of seismic hazard studies. In engineering seismology field, attenuation can be used also for strong ground motion prediction.

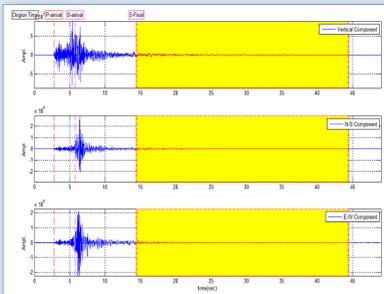


Figure 1: Example of an event recorded in three component (28/05/2003 Boumerdes earthquake aftershock at 7h58mn49s) showing origin time T_0 , P wave and S wave arrivals and the onset of coda waves highlighted with the yellow window

References:
Aki, K. (1969). Analysis of the seismic coda of local earthquakes as scattered waves. J. Geophys. Res. 74 no. 2, 615-631.
Aki, K., Chouet, B., 1975. Origin of the coda waves: source, attenuation and scattering effects. J. Geophys. Res. 80, 3322-3342.
Rautian TG, Khaliturni V1 (1978) The use of the coda for determination of the earthquake source spectrum. Bull Seismol Soc Am 68:923-948

3- Method

According to the single backscattering model, proposed by Aki and Chouet (1975), the coda amplitudes, $A(f, t)$, in a seismogram can be expressed for a central frequency f over a narrow band width signal, as a function of the lapse time t (Figure 1), measured from the origin time t_0 of the seismic event, as:

$$A(f, t) = S(f) t^{-\alpha} \exp\left\{-\frac{\pi f t}{Q_c(f)}\right\} \quad (1)$$

- $S(f)$ is the source function at frequency f .
- α is the geometrical spreading factor, and it is considered as 1 for body waves, and
- Q_c represents the quality factor of coda waves. Equation (1) becomes:

$$\ln[A(f, t) * t] = c - bt \quad c = \ln[S(f)] \quad \text{and} \quad b = \frac{\pi f}{Q_c(f)} \quad (2)$$

The source factor is considered as a constant for a single frequency, according to Eq.2, the slope of the straight line fitting the measured $\ln[A(f, t)]$ versus t gives a Q_c value for a considered frequency (Figure 2).

Equation 2 is obtained for $t > 2t_s$, where t_s is the S-wave travel time (Rautian and Khaliturni 1978). Q_c is dependent on frequency and follows the law:

$$Q_c(f) = Q_0 \left[\frac{f}{f_0} \right]^n \quad \text{and} \quad Q_c = Q_0 f^n \quad (3)$$

- Q_0 is the value of Q_c at ($f_0 = 1\text{Hz}$) and
- n is a numerical constant.

The data are bandpass-filtered, we used a window of 10 to 20 second length depending on each signal, it was shifted by 1sec at a time. To every estimated Q_c we associated the lapse time T_L (Figure 2). The envelope of the amplitudes was computed for each coda window, from the Hilbert transformed accelerogram, and then smoothed for each central frequency. The logarithm of Eq.(3) allows to estimate n and Q_0 using linear regression on relation:

$$\log[Q_c(f)] = \log(Q_0) + n \log(f) \quad (4)$$

Q_c is calculated from the slope β of the regression fitted line:

$$Q_c = -\frac{\pi f}{\beta} \quad (5)$$

4- Data

data used are collected during the May 21st, 2003 Boumerdes earthquake (Mw 6.9) recorded from CGS (national research center applied on earthquake engineering, Algiers, Algeria) accelerometric array. Three sites are chosen (Dar El Beida, Boumerdes and Keddara). These stations are located in the epicentral area, within a perimeter < 100 kilometers, and the signals are selected with a ratio signal to noise SNR > 2. A total of 29 events are used in this study. The database was composed of local earthquakes with local magnitude from 2.3 to 4.1. The study site is located in East part of the Mitidja basin, known as seismically active zone due to presence of many active faults from Holocene age.

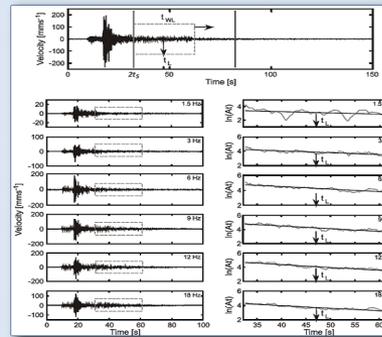


Figure 2: uppermost subplot: example of an event where the dotted rectangle represents time window for which Q_c is estimated. Left bottom: band-pass filtered signals. Right bottom : $\ln[A(f, t) * t]$ for f given in the top right corner; straight line is the linear regression line. The vertical arrow marks lapse time t_1 of the time window .

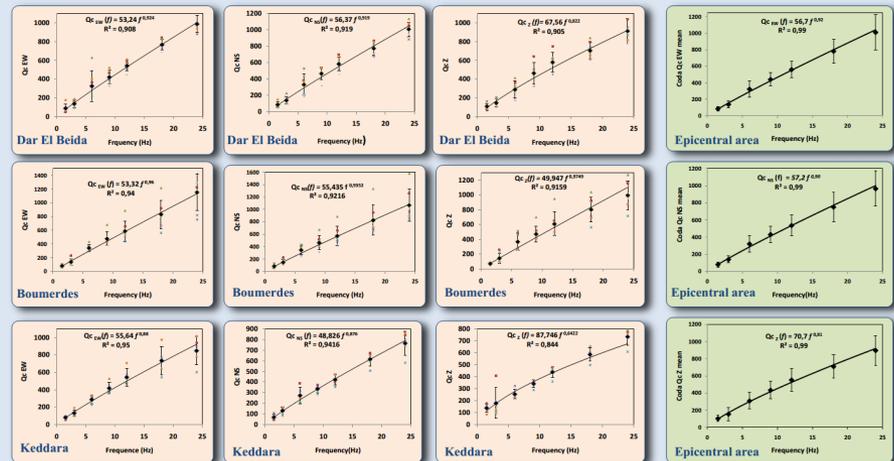


Figure 3 : Frequency distribution of measured Q_c (diamonds) calculated for all events (colored symbols) in EW, NS and Z directions. The black solid line represents the regression after Eq.(4), given with its equation above the graph and the correlation factor R. The vertical bars represent the standard deviation. Top: Dar El Beida, Middle: Boumerdes, bottom: Keddara

5- Results and discussion

All the coda wave parameters are shown in figure 3 for 3 sites and for the three directions, given with a standard deviation and the correlation factor R. A mean of Q_c values is calculated for the studied region (figure 4). The 21 May 2003 Boumerdes earthquake (Mw 6.9) is considered as the most destructive due to its superficial focal depth. The results of this study are considered as a first in this field and could be very useful in civil engineering design. Seismic hazard studies show that the attenuation variation depends on the frequency f and the geological structures.

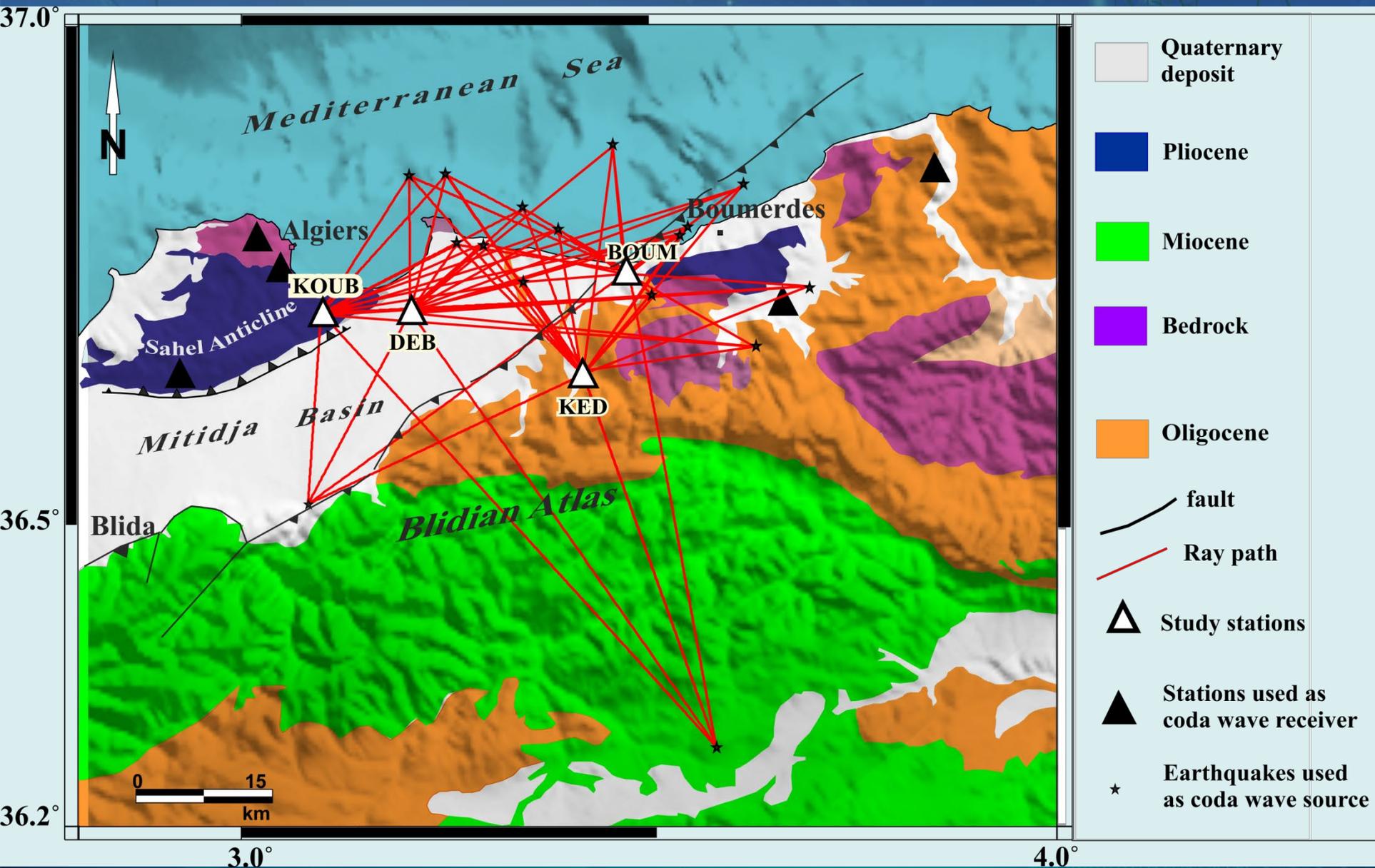
In comparing the attenuation in the three site we notice that the results are similar for Dar El Beida and Boumerdes in three directions (around 50 to $0.92 < n < 0.98$) but differs from Keddaras' site especially in the vertical direction. In Keddara site, the correlation factor is smaller and the results do not correlate well, this is due to the use of short events and consequently the use of short windows for Q_0 calculation. In fact, the window length for Keddara was 10 seconds and 20 seconds for Dar El Beida and Boumerdes. Thus, the results depend on the coda window length. Add to this, the attenuation increases with frequency.

6- Conclusion

In this study, the quality factor Q_c and frequency dependent exponent n was estimated for the epicentral zone of the 21 May 2003 Boumerdes (Mw 6.9) earthquake, using the single backscattering model of Aki and Chouet (1975) of coda waves envelope. Based on this study and other studies worldwide we can conclude that the studied medium is very heterogeneous. The spatial distribution of observed Q_0 is well correlated with observed seismicity and inferred tectonic activity .

Figure 4 : The frequency distribution of measured Q_c (diamonds) of the epicentral area in (a)EW (b) NS (c) Z directions.

8 – Quelques résultats de la valorisation du projet



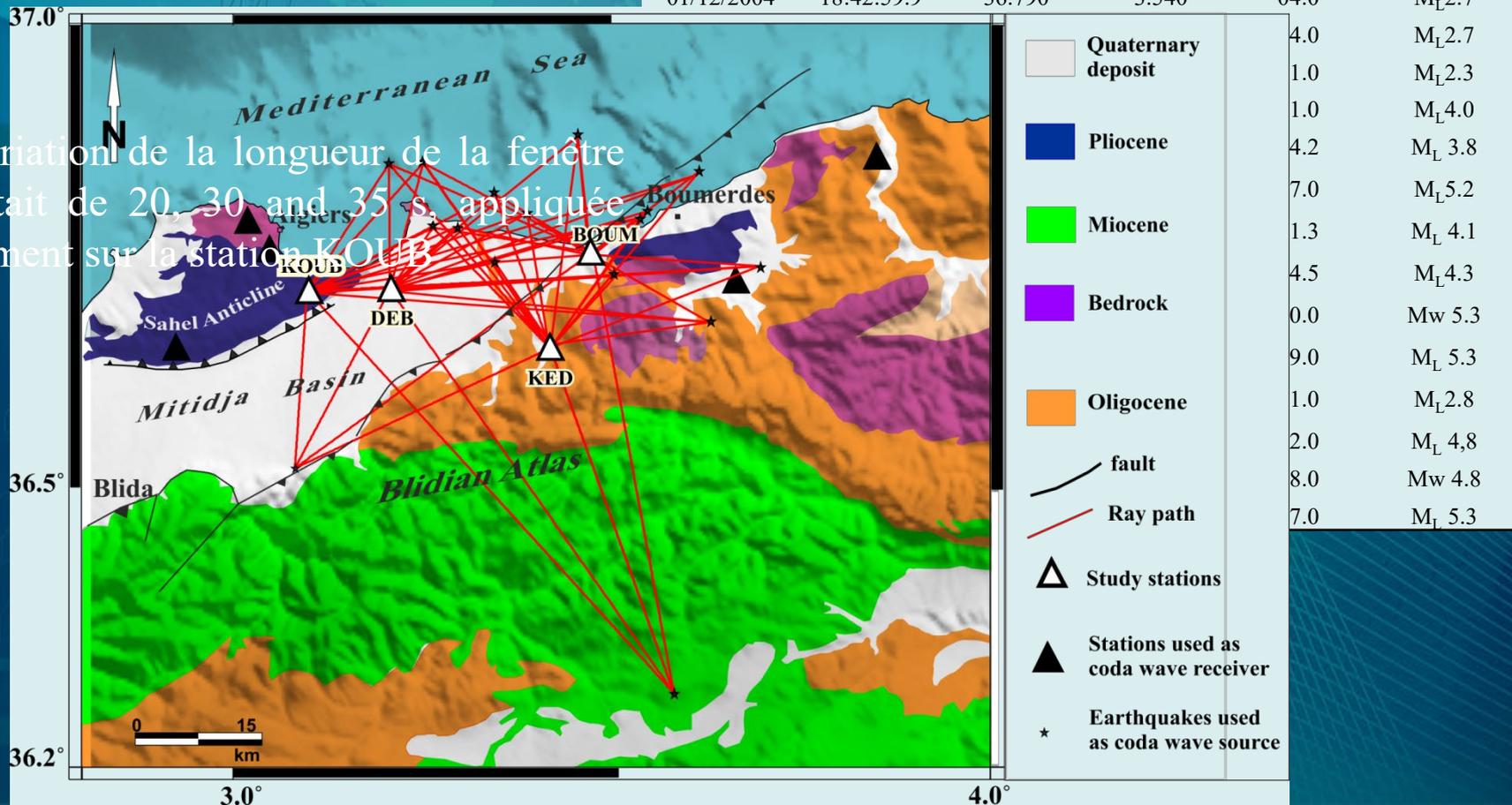
Zone d'étude avec les données utilisées

8 – Quelques résultats de la valorisation du projet

- Les données comprennent 19 séismes locaux avec une fréquence d'échantillonnage de 200, composés de 228 accélérogrammes avec des magnitudes locales allant de 2.3 à 5.3, et une profondeur focale variant de 1.3 à 31 km. Les distances épacentrales sont < 65 km

Origin time (GMT)		Epicentre		Depth (km)	Magnitude
Date (dd/mm/yy)	Time Hr:Mn:Sec	Latitude (°)	Longitude (°)		
27/05/2003	18:21:23.2	36.842	3.619	11.4	M _L 3.2
28/05/2003	06:58:38.5	36.781	3.296	10.5	M _L 2.7
28/05/2003	19:05:18.5	36.738	3.700	31.0	M _L 3.1
29/05/2003	02:15:11.2	36.882	3.458	03.0	M _L 3.0
10/01/2004	19:37:51.3	36.680	3.632	02.0	M _L 2.9
01/12/2004	18:42:59.9	36.790	3.540	04.0	M _L 2.7

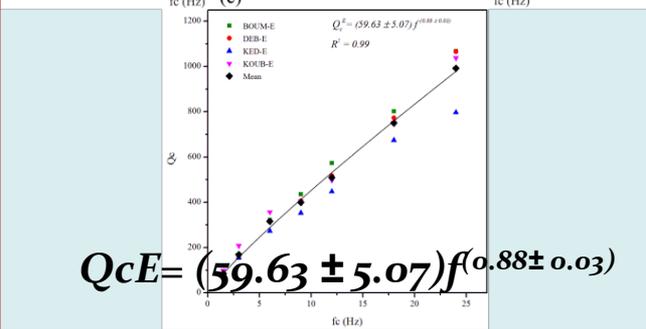
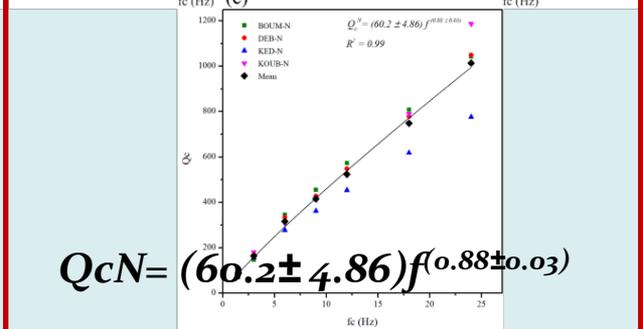
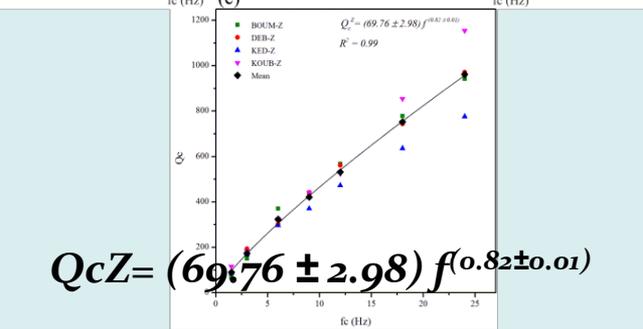
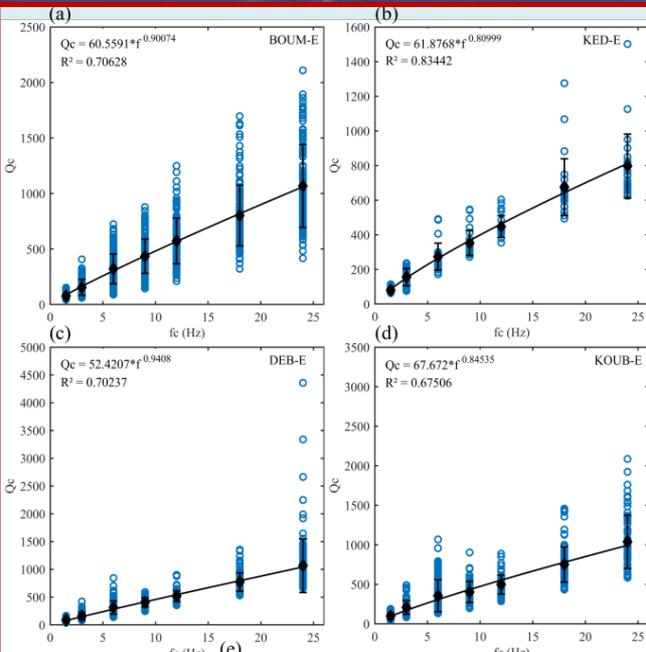
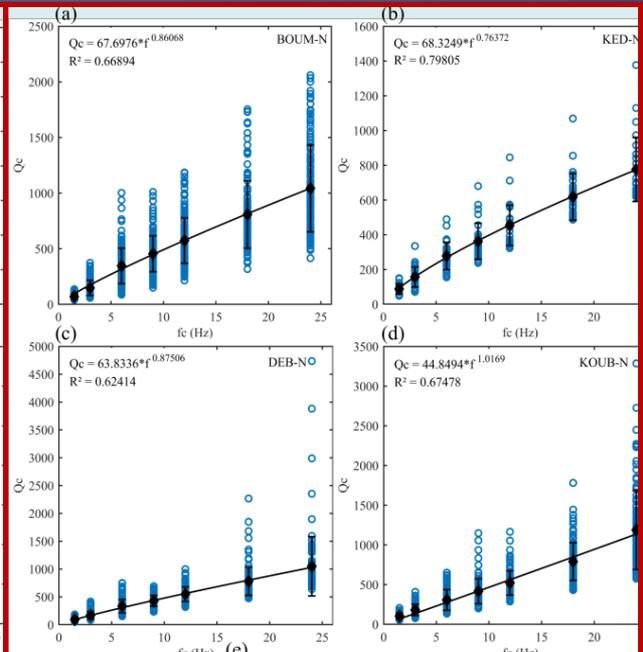
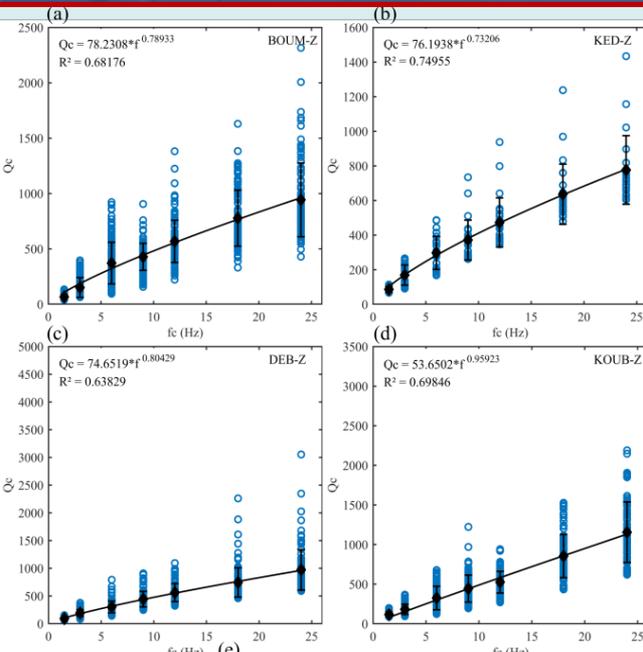
- La variation de la longueur de la fenêtre coda était de 20, 30 and 35 s, appliquée uniquement sur la station KOU



Z

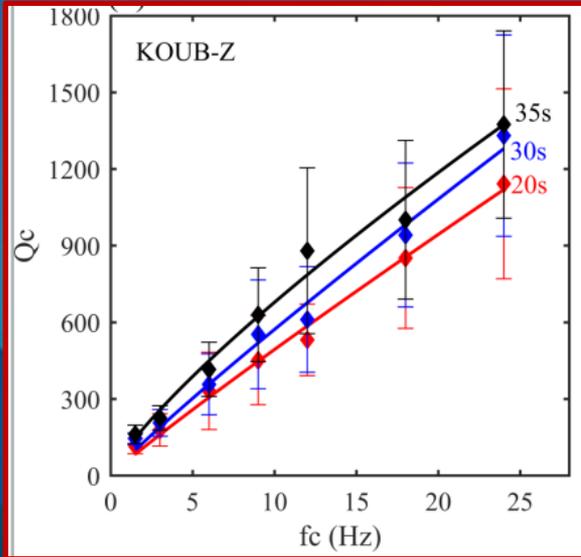
N

E

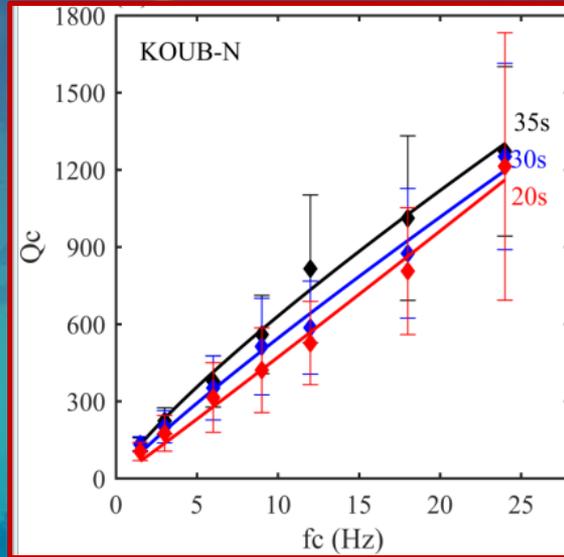


Fenêtre Coda 20 s pour les 4 stations

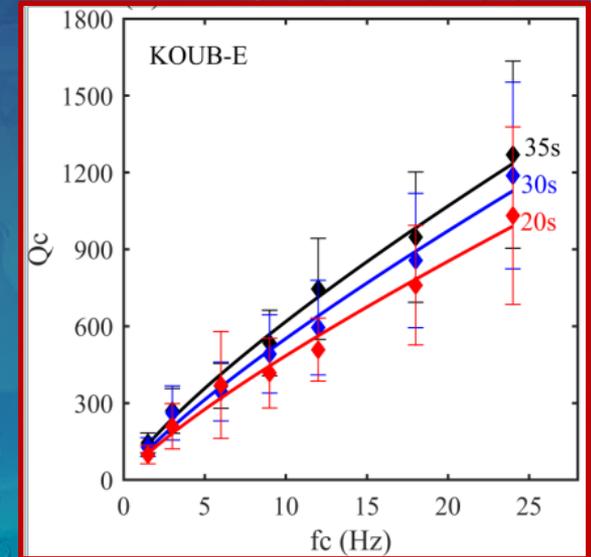
Z



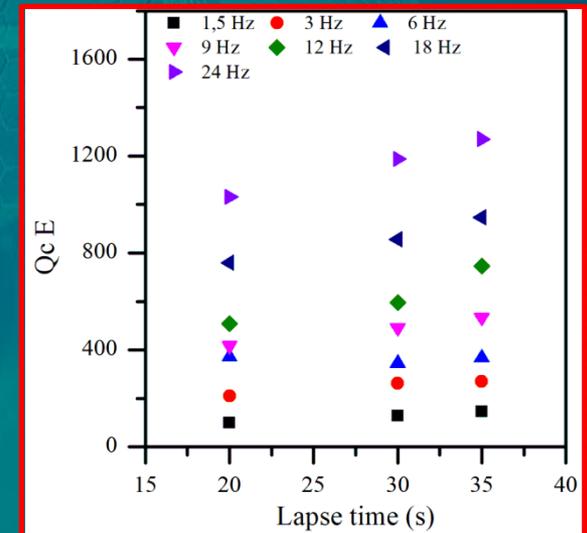
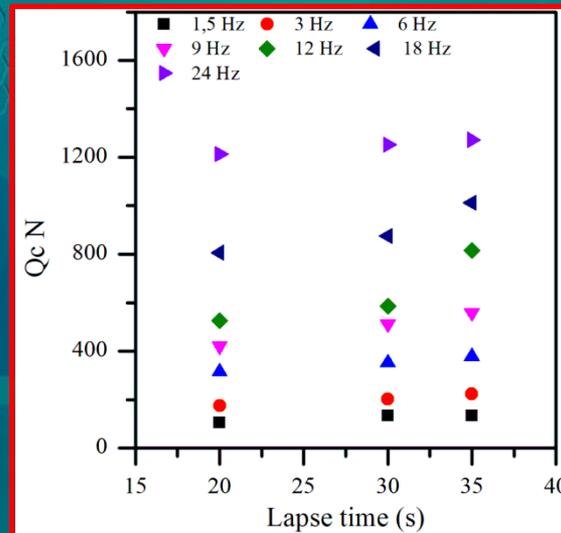
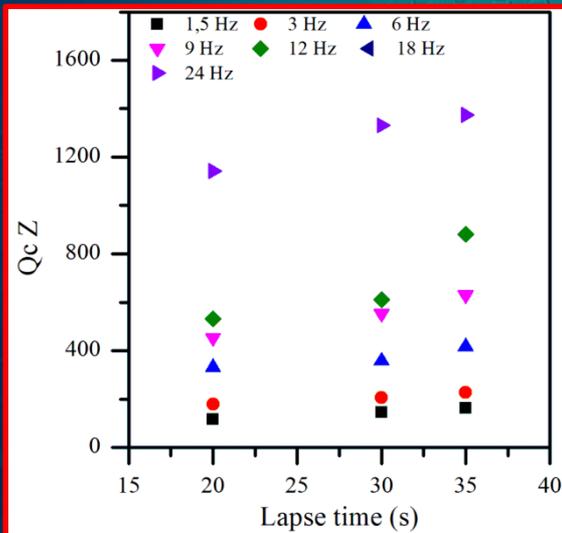
N



E

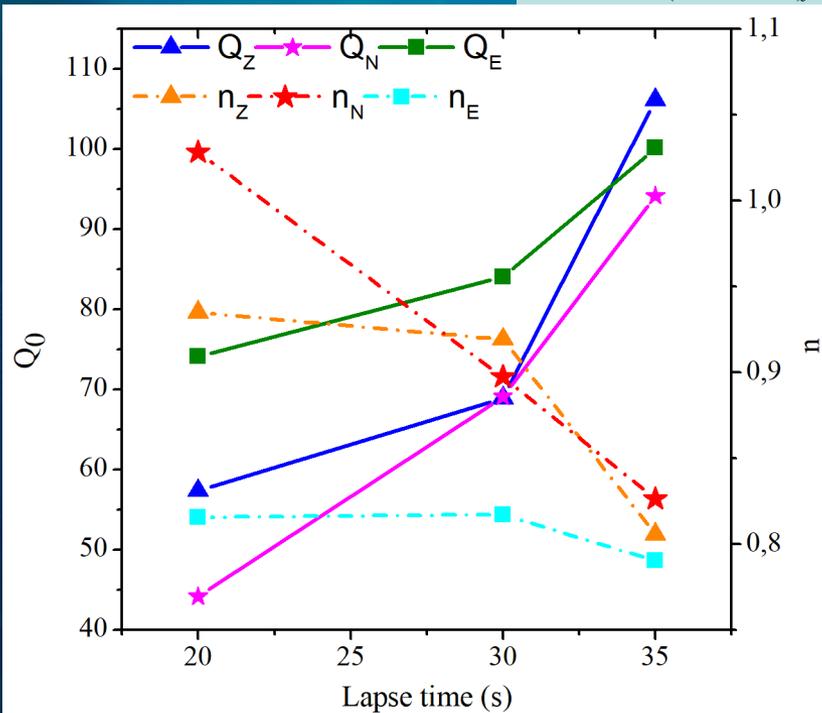


Variation de la fenêtre Coda 20, 30 et 35 s pour KOUB



8 – Quelques résultats de la valorisation du projet

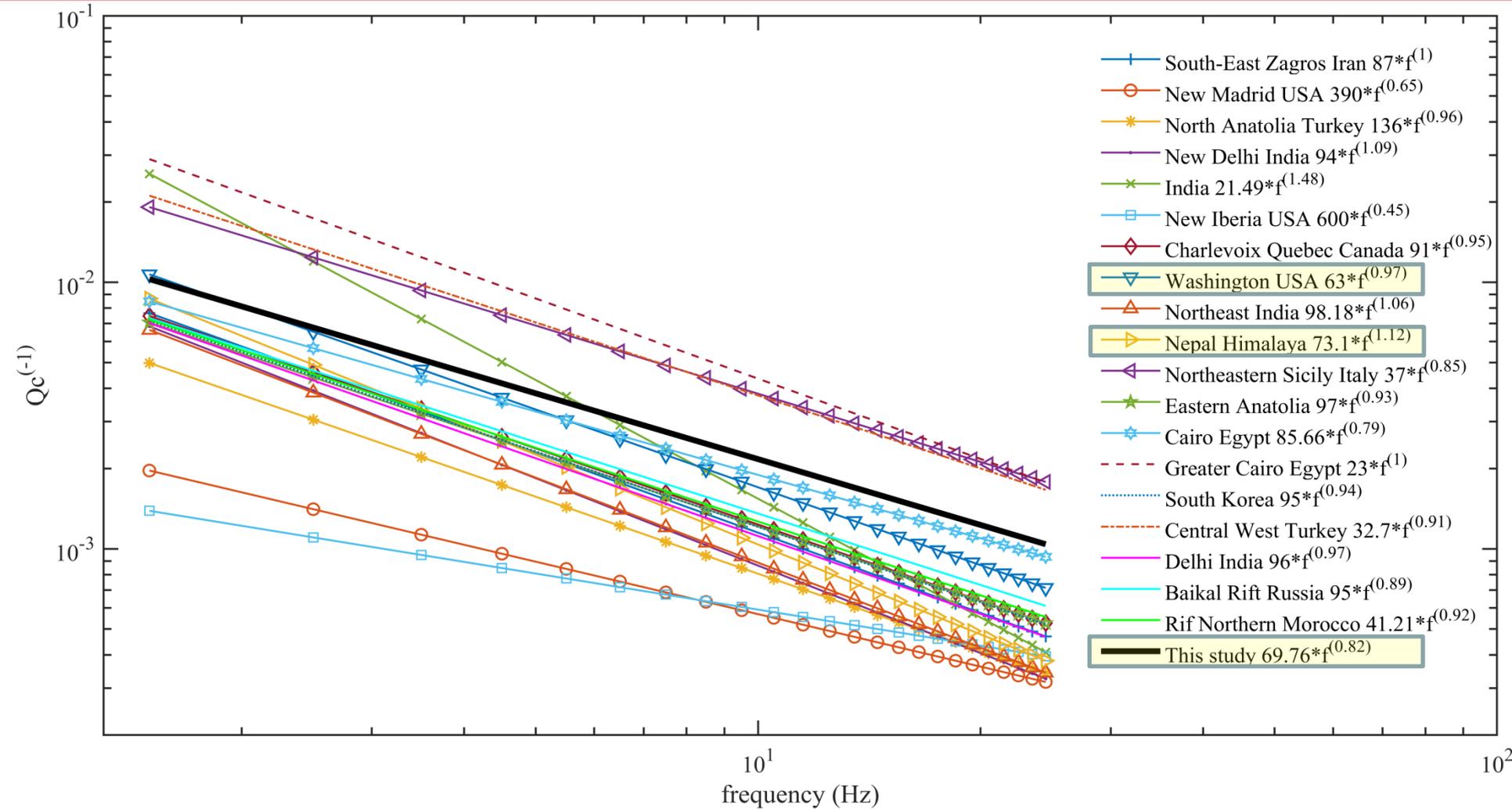
Station	$Q_c(Z, N, E)$	Average			$a_1 = ct/2$ $c = 3.45$ km/s	$a_2(km) = \sqrt{a_1^2 - \Delta^2}$	Investigated depth(km) $h = h_{av} + a_2$	Covered Area (km ²) $a_1 a_2 \pi$
		Δ (km)	h_{av} (km)	t (s)				
BOUM	$(78.23 \pm 10.57) f^{(0.79 \pm 0.05)}$	13.7	9.4	26.6	45.8	43.7	53.1	6,294
	$(67.70 \pm 9.78) f^{(0.86 \pm 0.05)}$							
	$(60.56 \pm 8.60) f^{(0.90 \pm 0.05)}$							
KED	$(76.19 \pm 17.99) f^{(0.73 \pm 0.08)}$	24.6	4.7	31.5	54.3	48.4	53.1	8,251
	$(68.32 \pm 13.72) f^{(0.76 \pm 0.07)}$							
	$(61.88 \pm 12.3) f^{(0.81 \pm 0.07)}$							
DEB	$(74.65 \pm 11.52) f^{(0.80 \pm 0.05)}$	25.1	7.5	33.5	57.8	52.1	59.6	9,443
	$(63.83 \pm 11.18) f^{(0.88 \pm 0.06)}$							
	$(52.42 \pm 8.48) f^{(0.94 \pm 0.06)}$							



$(74.65 \pm 11.52) f^{(0.80 \pm 0.05)}$	33.5	10.5	33.4	57.6	46.9	57.4	8,474
$(63.83 \pm 11.18) f^{(0.88 \pm 0.06)}$							
$(52.42 \pm 8.48) f^{(0.94 \pm 0.06)}$							
$(76.19 \pm 17.99) f^{(0.73 \pm 0.08)}$	24.2	8	31.2	53.9	48.1	56.2	8,141
$(68.32 \pm 13.72) f^{(0.76 \pm 0.07)}$							
$(61.88 \pm 12.3) f^{(0.81 \pm 0.07)}$							
$(74.65 \pm 11.52) f^{(0.80 \pm 0.05)}$	25.1	7.5	33.5	57.8	52.1	59.6	9,443
$(63.83 \pm 11.18) f^{(0.88 \pm 0.06)}$							
$(52.42 \pm 8.48) f^{(0.94 \pm 0.06)}$							

$$Q_c(f) = Q_0 f^n$$

8 – Quelques résultats de la valorisation du projet



Comparaison avec les autres régions du monde

8 – Quelques résultats de la valorisation du projet

-Pour les zones sismiquement active, de faible valeurs de Q_0 et grandes valeurs n de sont observées ($Q_0 < 200$, $n > 0.7$): Washington State $63f^{0.97}$ (Havskov et al. 1989), Rif Northern Morocco $41.21f^{0.92}$ (Arab et al. 2020), South-East Zagros Iran $87f^1$ (Gholamzadeh 2021).

-A l'inverse, les régions stables sont caractérisées par des valeurs de Q_0 relativement grandes et des petites valeurs de n ($Q_0 > 600$, $n < 0.4$): New Iberia USA $600f^{0.45}$ (Pujades et al.1990).

- Des valeurs assez modérées de Q_0 et n ($200 < Q_0 < 600$, $0.4 < n < 0.7$) ont été reportées pour des régions dont la sismicité est considérées comme étant modérée: New Madrid USA $390f^{0.65}$ (Sedaghati and Pezeshk2016).

-Les fonctions Q_c sont évaluées pour la zone d'étude avec une longueur de fenêtre coda de 20 s. $Q_{cZ}=(69.76\pm 2.98)f^{(0.82\pm 0.01)}$, $Q_{cN}=(60.2\pm 4.86)f^{(0.88\pm 0.03)}$ et $Q_{cE}=(59.63\pm 5.07)f^{(0.88\pm 0.03)}$ pour les composantes Z, N et E pour lesquelles la profondeur de pénétration est de 56.2 km et la zone couverte par ce travail est de 8,141 km².

- En évaluant le paramètre de l'atténuation des ondes coda avec la profondeur, il est observé que plus la longueur de la fenêtre est grande , plus grande est l'ellipsoïde échantillonnée, conduisant a de profonde sources d'ondes coda Q_c .

8 – Quelques résultats de la valorisation du projet

-En augmentant la longueur de la fenêtre coda à la station KOUB on a montré que la profondeur investiguée et la surface couverte augmentaient, atteignant respectivement un maximum de 72.3 km et 12,259 km² avec une longueur de fenêtre coda de 35 s.

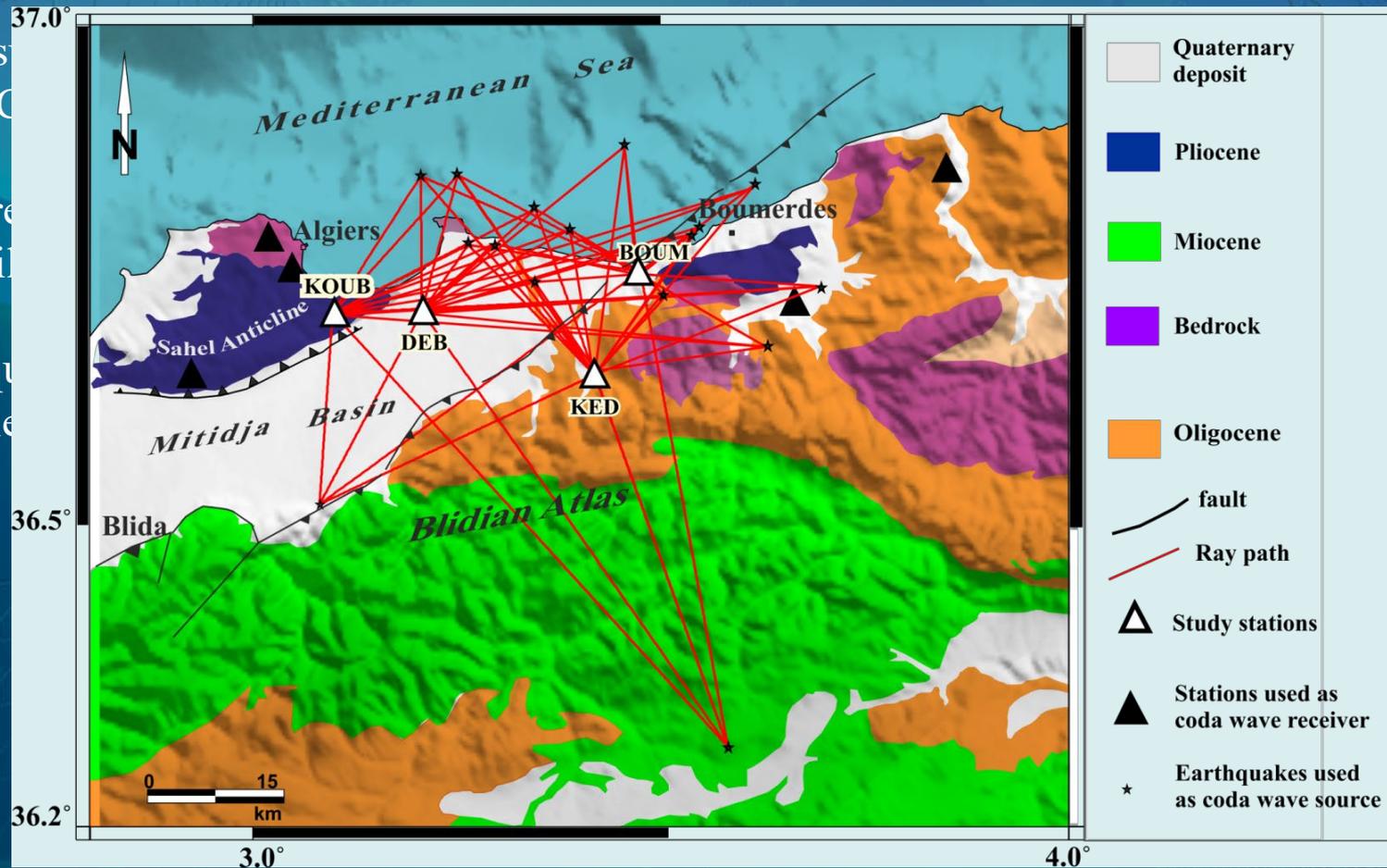
-En conséquence , la croûte terrestre ainsi qu'une partie du manteaux supérieur en dessous de la région d'Alger et ses environs ont été échantillonnées. La plus part des auteurs indiquent la dépendance du Q_c au temps de parcours et due à la décroissance de l'atténuation du milieu de propagation avec la profondeur (Gupta et al. 1998; Giampiccolo et al. 2004; Padhy et al. 2011; Singh et al. 2017). En augmentant la profondeur (la longueur de la fenêtre coda), la croûte terrestre ainsi que le manteaux supérieur deviennent plus homogènes (Sedaghati and Pezeshk 2016).

-Les propriétés de l'atténuation moyenne Q_0 , estimées pour un maximum de profondeur de pénétration , sont inférieures à 100 pour des temps de 20, 30 et 35 s, et les valeurs de n sont supérieures à 0.5, indiquant que le volume échantillonné en dessous d'Alger et la partie Est du bassin de la Mitidja est une région sismiquement active avec de forte hétérogénéités. Cette hétérogénéité est due à l'important impact du régime tectonique compressif de la région.

8 – Quelques résultats de la valorisation du projet

- En effet, la zone d'étude située dans la ceinture active entre deux plaques tectoniques majeures, Eurasia et Africa, a une activité sismique générée par une récente activité tectonique causée principalement par la présence d'un ensemble de failles normales au Nord et Sud.

- Ces résultats sont présentés dans la région. Ces aspects. Les enregistrements ont été effectués d'échantillons dans l'Algérie géologique cet article



ol dans la
r certains
lisant des
coda afin
u nord de
évidences
ncés dans



***Merci pour votre
attention***