



**COFELY AXIMA**  
GDF SUEZ

Modélisation des échanges avec le sol  
Comparaison Trnsys (17.2) EnergyPlus (8.2)  
Norme NF EN 13370

Journée Trnsys France, Paris, le 5 février 2015

Cas d'étude

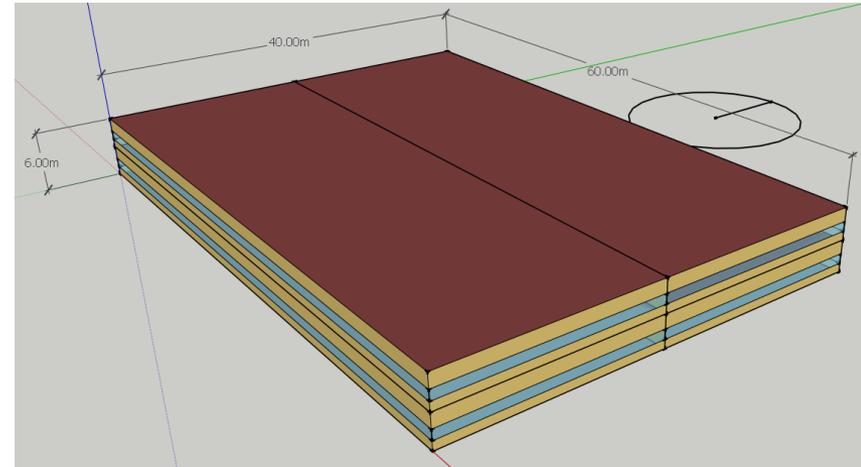
Comparaison  
EnergyPlus  
Trnsys

Echanges / sol  
Calcul DF

Echanges / sol  
Calcul norme

## ■ Enveloppe

- 60x40x6 m, 2 niveaux, 4 zones
- $0.17 \leq U_p \leq 0.28$  W/m<sup>2</sup>.K  
Dalle sur terre-plein
- 30% de surfaces vitrées  
 $U_g = 1.11$  W/m<sup>2</sup>.K,  $S_g = 0.24$   
sans menuiseries ni intercalaires
- $V_{Inf} = 1$  m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup> sous 4 Pa
- Coefficients de conv. surf. constants (3.1 et 17.8 W/m<sup>2</sup>.K)



## ■ CVC

- Chauffage & refroidissement type 2 tubes, systèmes parfaits, sans limite de capacité
- Ventilation non modélisée

## ■ Sollicitations

- Ratio surface utile nette de 0.6, occupation nom. 0.06 p/m<sup>2</sup>, éclairage et équipement nom. 5 W/m<sup>2</sup>, scénario type bureaux
- Année type à Nantes

Cas d'étude

Comparaison  
EnergyPlus  
Trnsys

Echanges / sol  
Calcul DF

Echanges / sol  
Calcul norme

Cas	Mode	Trnsys kWh/m2.an	EPlus kWh/m2.an	NMBE (*) -	CVRMSE (*) -	NMGE (*) -
0Ref	Heating	4.8	4.9	-0.03	0.31	0.09
2Time0p5	Heating	4.8	4.8	-0.00	0.17	0.07
0Ref	Cooling	-2.4	-2.4	-0.01	-0.05	-0.03
2Time0p5	Cooling	-2.4	-2.4	-0.01	-0.05	-0.03

(\*) Statistiques établies avec Trnsys comme référence o p.ex.  $NMBE = (\bar{o} - \bar{y})/\bar{o}$

NMBE Moyenne arithmétique (relative) des écarts en puissance

⇔ Ecart sur les consommations

CVRMSE Moyenne quadratique (relative) des écarts en puissance

⇔ Cumul biais et écart type des écarts

NMGE Moyenne arithmétique (relative) des valeurs absolues des écarts en puissance

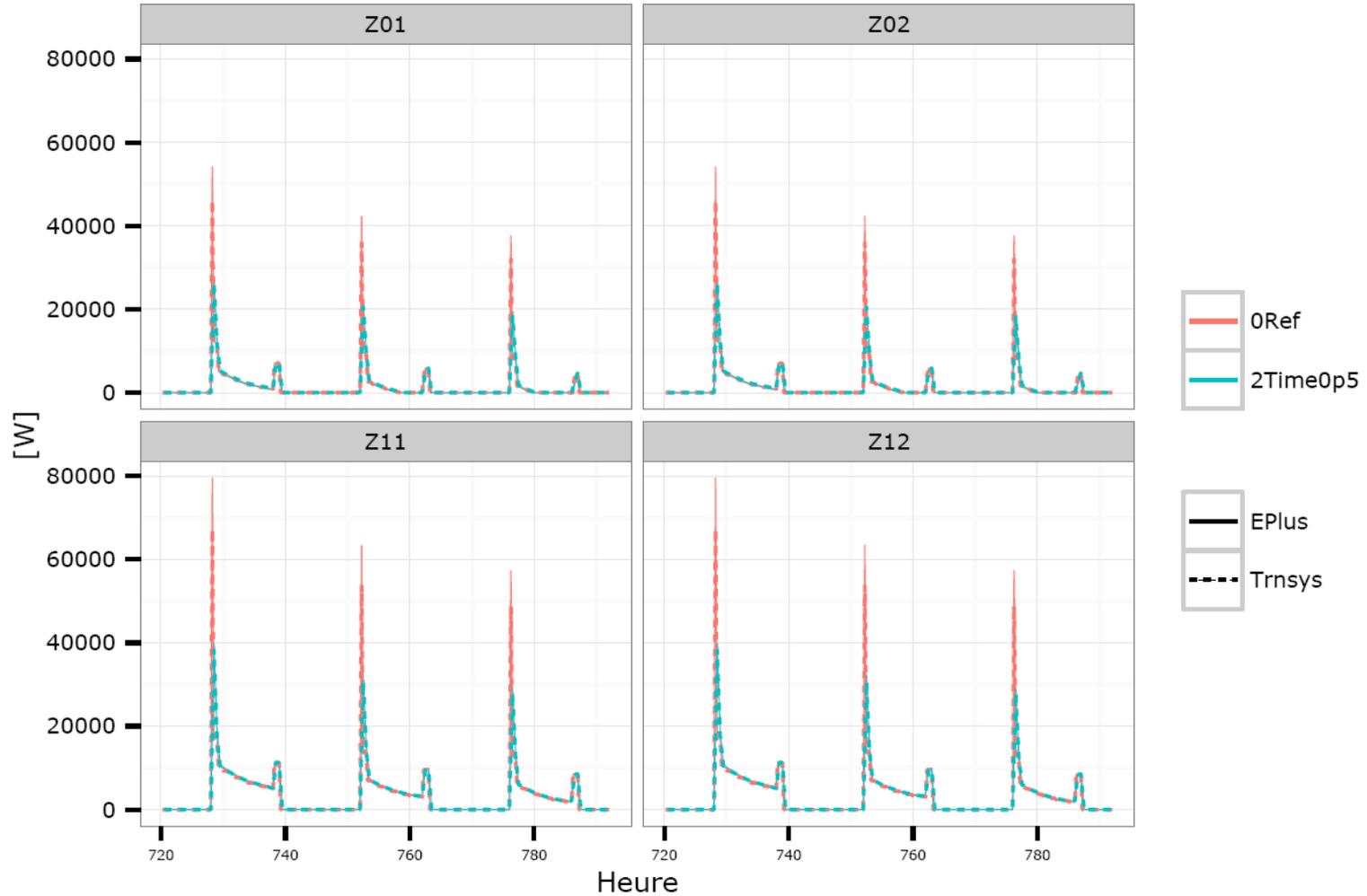
*Puissance fonction du temps, par zone thermique, 3 jours en janvier*

Cas d'étude

Comparaison  
EnergyPlus  
Trnsys

Echanges / sol  
Calcul DF

Echanges / sol  
Calcul norme



0Ref  
2Time0p5

EPlus  
Trnsys

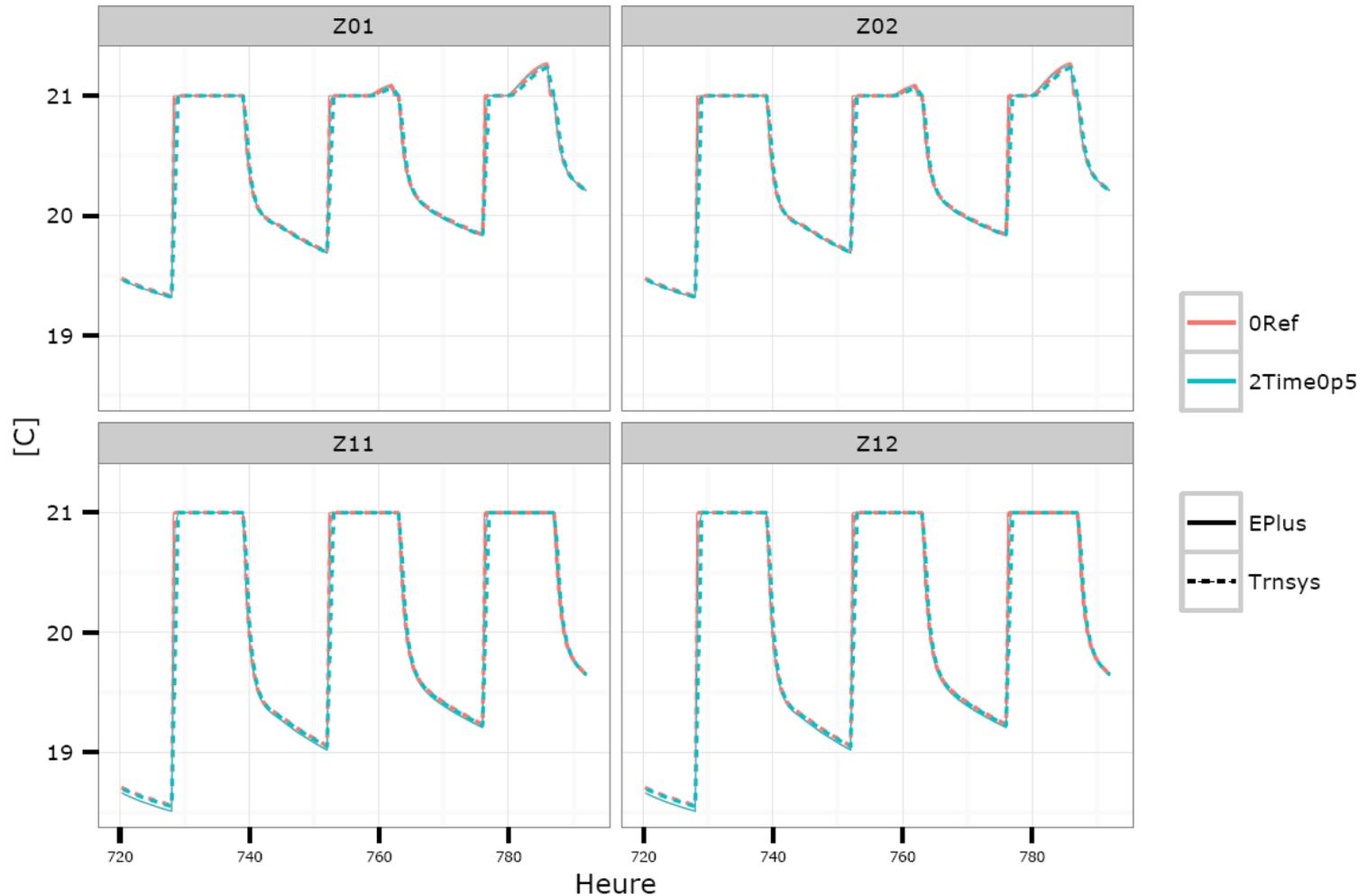
Température intérieure fonction du temps, par zone thermique, 3 jours en janvier

Cas d'étude

Comparaison  
EnergyPlus  
Trnsys

Echanges / sol  
Calcul DF

Echanges / sol  
Calcul norme



Cas d'étude

Comparaison  
EnergyPlus  
Trnsys

Echanges / sol  
Calcul DF

Echanges / sol  
Calcul norme

Notation	Cas Trnsys	Cas EnergyPlus
0Ref	Calcul du rayonnement via modèle par défaut (standard) cf. §II.1.2	Calcul du rayonnement via modèle par défaut (FullExterior) cf. §II.1.2
1GeoSurf	Calcul du rayonnement via modèle par défaut (standard) avec affectation de l'intégralité du rayonnement direct au plancher bas	Idem 0Ref
2Detailed	Calcul du rayonnement via modèle détaillé (detailed) fondé sur la géométrie 3D cf. §II.1.2	Calcul du rayonnement via modèle détaillé (FullInteriorAndExterior) fondé sur la géométrie 3D cf. §II.1.2

Cas	Mode	Trnsys kWh/m2.an	EPlus kWh/m2.an	NMBE (*) -	CVRMSE (*) -	NMGE (*) -
0Ref	Heating	2.2	1.9	0.09	0.57	0.16
1GeoSurf	Heating	2.2	1.9	0.09	0.57	0.16
2Detailed	Heating	2.1	2.0	0.05	0.59	0.14
0Ref	Cooling	-10.4	-11.4	-0.09	-0.12	-0.09
1GeoSurf	Cooling	-10.4	-11.4	-0.09	-0.12	-0.09
2Detailed	Cooling	-10.3	-11.4	-0.10	-0.13	-0.10

(\*) Statistiques établies avec Trnsys comme référence o p.ex.  $NMBE = (\bar{o} - \bar{y})/\bar{o}$

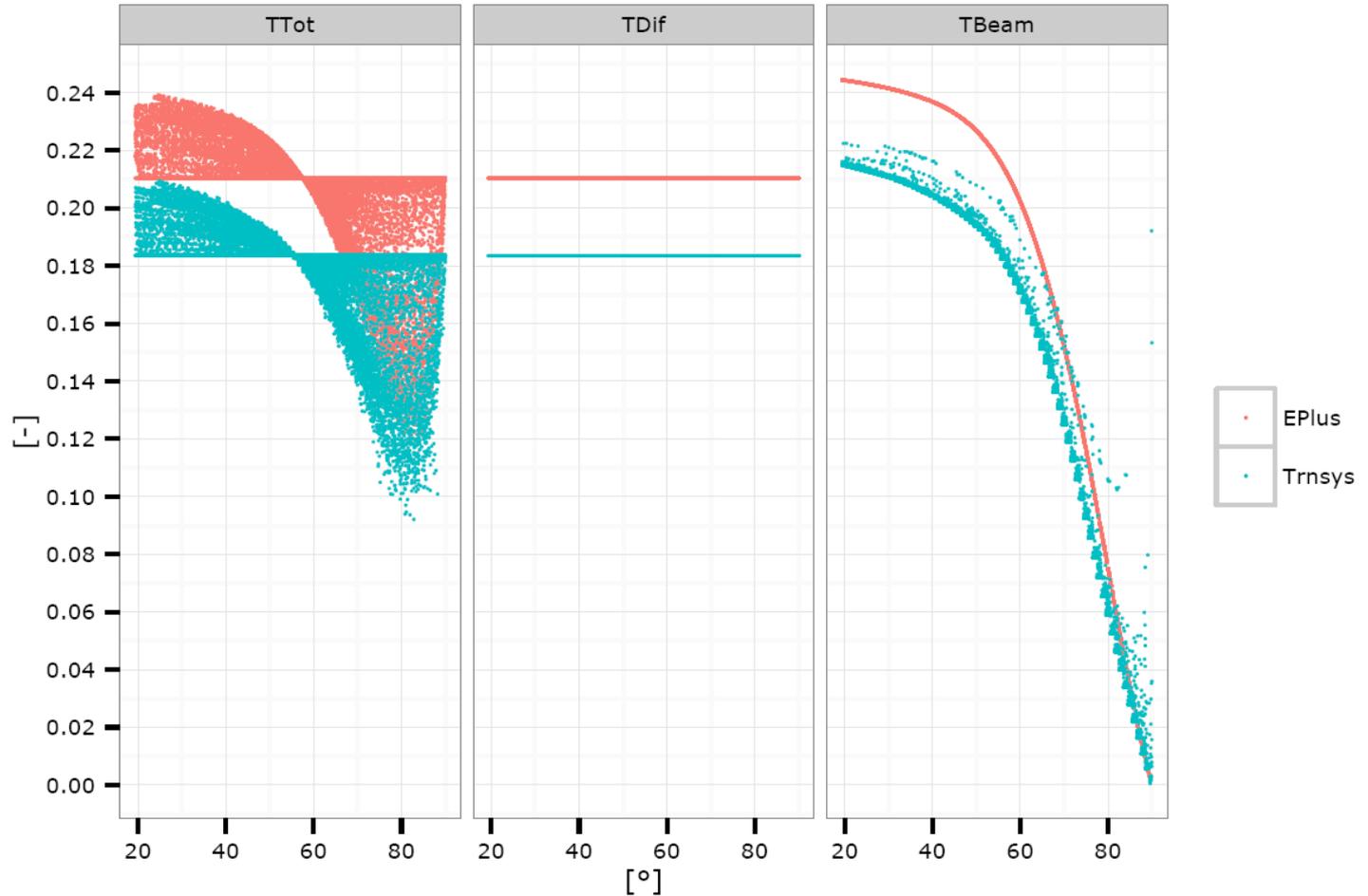
Transmittance totale, diffuse et directe en fonction de l'angle d'incidence  
Baie au sud

Cas d'étude

Comparaison  
EnergyPlus  
Trnsys

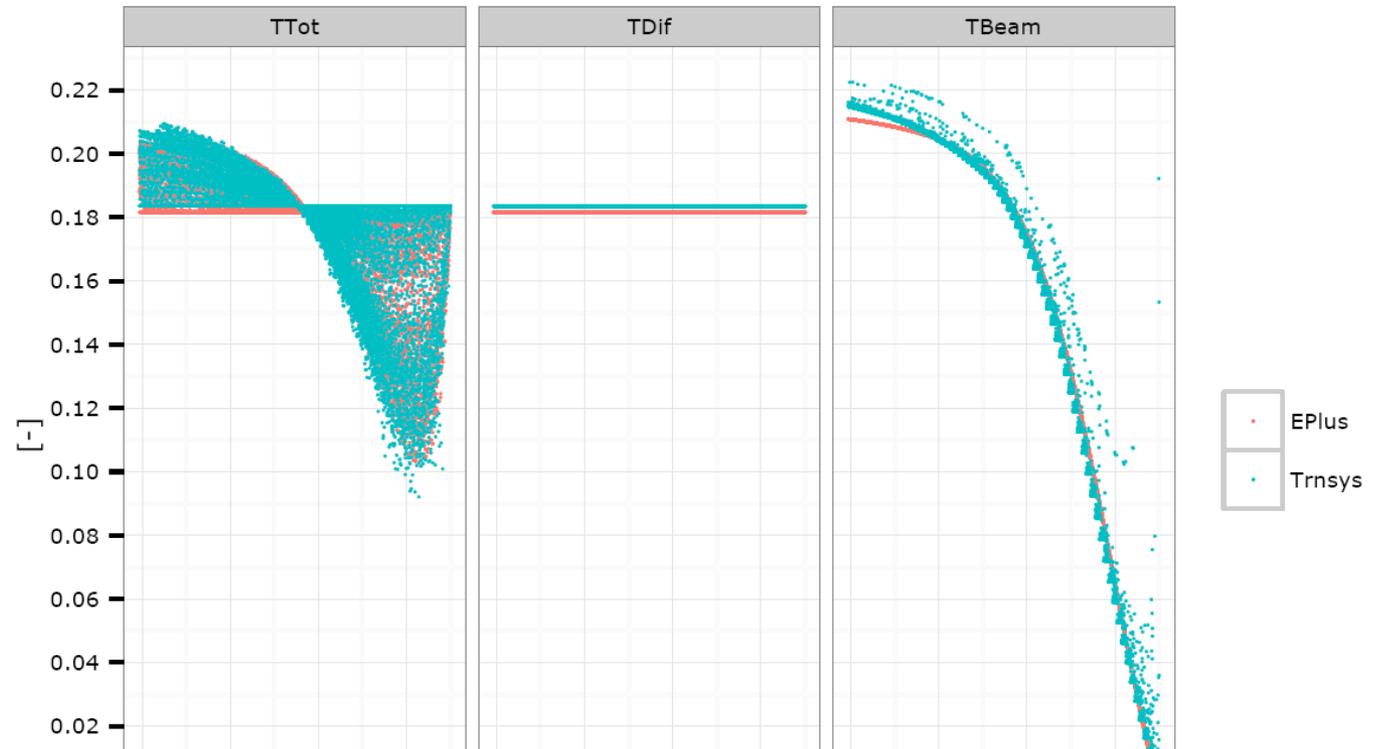
Echanges / sol  
Calcul DF

Echanges / sol  
Calcul norme



$$T_{Dif} = Moy_{QSEXT_{Beam}=0, QSEXT>0} \left( \frac{QSTRNS}{QSEXT - QSEXT_{Beam}} \right) \quad T_{Beam} = \frac{QSTRNS - T_{Dif} \cdot (QSEXT - QSEXT_{Beam})}{QSEXT_{Beam}}$$

Transmittance totale, diffuse et directe en fonction de l'angle d'incidence  
Baie au sud, spectre solaire WINDOW 7 dans EnergyPlus



Cas	Mode	Trnsys	EPlus	NMBE (*)	CVRMSE (*)	NMGE (*)
		kWh/m2.an	kWh/m2.an			
0Spectrum	Heating	2.2	2.2	-0.01	0.61	0.15
0Spectrum	Cooling	-10.4	-10.3	0.01	-0.04	-0.02

(\*) Statistiques établies avec Trnsys comme référence o p.ex.  $NMBE = (\bar{o} - \bar{y})/\bar{o}$

Cas d'étude

Comparaison  
EnergyPlus  
Trnsys

Echanges / sol  
Calcul DF

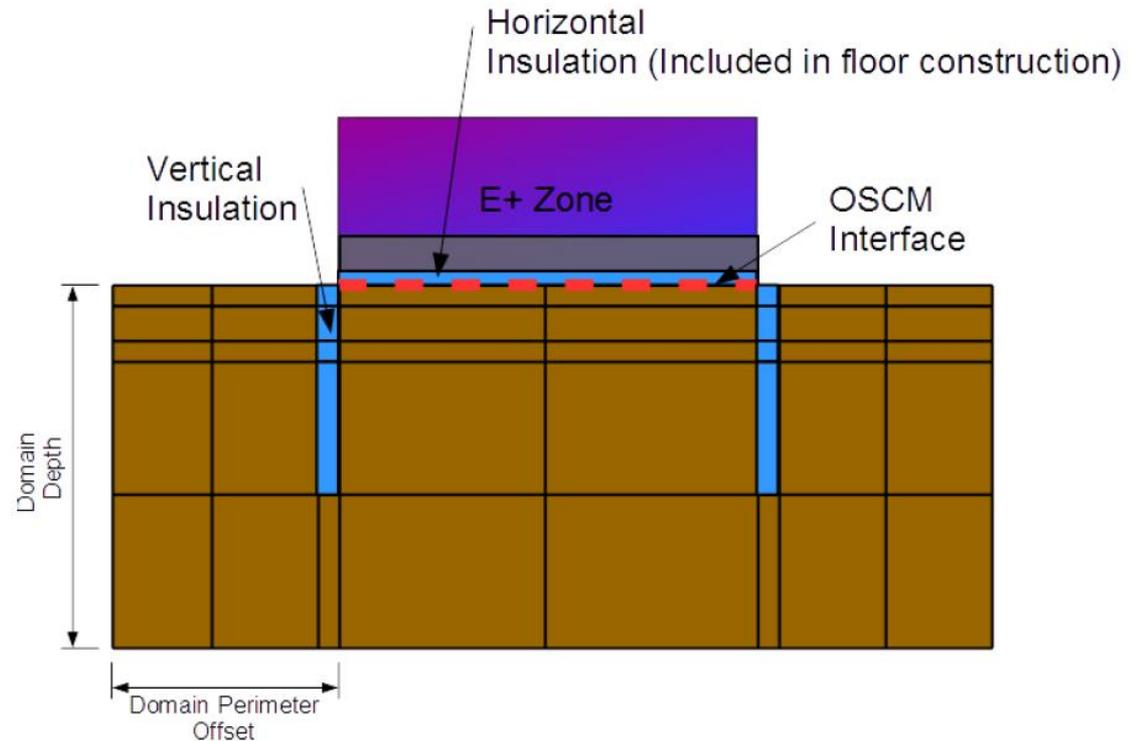
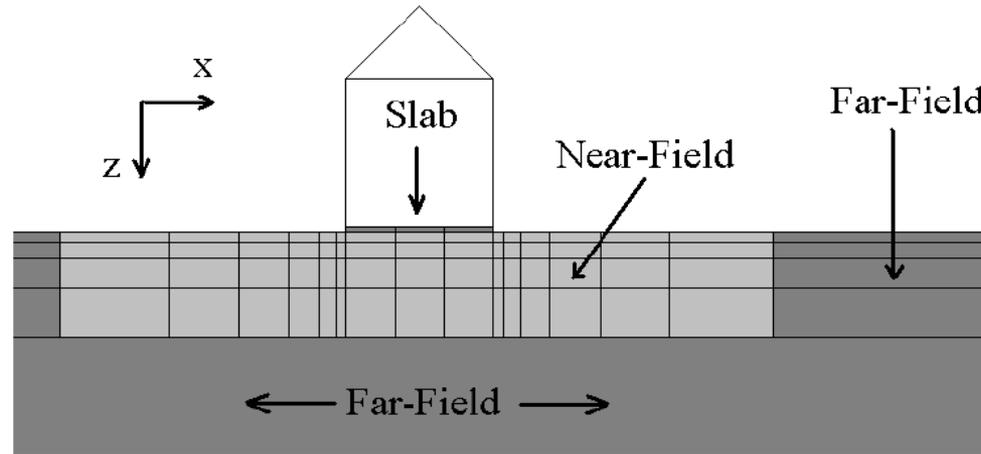
Echanges / sol  
Calcul norme

Cas d'étude

Comparaison  
EnergyPlus  
Trnsys

Echanges / sol  
Calcul DF

Echanges / sol  
Calcul norme



Cas d'étude

Comparaison  
EnergyPlus  
Trnsys

Echanges / sol  
Calcul DF

Echanges / sol  
Calcul norme

Notation	Cas Trnsys	Cas EnergyPlus
0Spectrum	Cas sans prise en compte des échanges avec le sol	Idem Trnsys
3Maillage1	Cas avec calcul aux différences finies des échanges avec le sol	Idem Trnsys, option Ongrade

Cas	Mode	Trnsys kWh/m2.an	EPlus kWh/m2.an	NMBE (*)	CVRMSE (*)	NMGE (*)
				-	-	-
0Spectrum	Heating	2.2	2.2	-0.01	0.61	0.15
3Maillage1	Heating	3.5	3.6	-0.04	0.32	0.08
0Spectrum	Cooling	-10.4	-10.3	0.01	-0.04	-0.02
3Maillage1	Cooling	-6.7	-6.6	0.02	-0.05	-0.03

(\*) Statistiques établies avec Trnsys comme référence o p.ex.  $NMBE = (\bar{\delta} - \bar{y})/\bar{\delta}$

Remarque : temps de calcul Trnsys ~ 1000s VS EnergyPlus ~ 50s

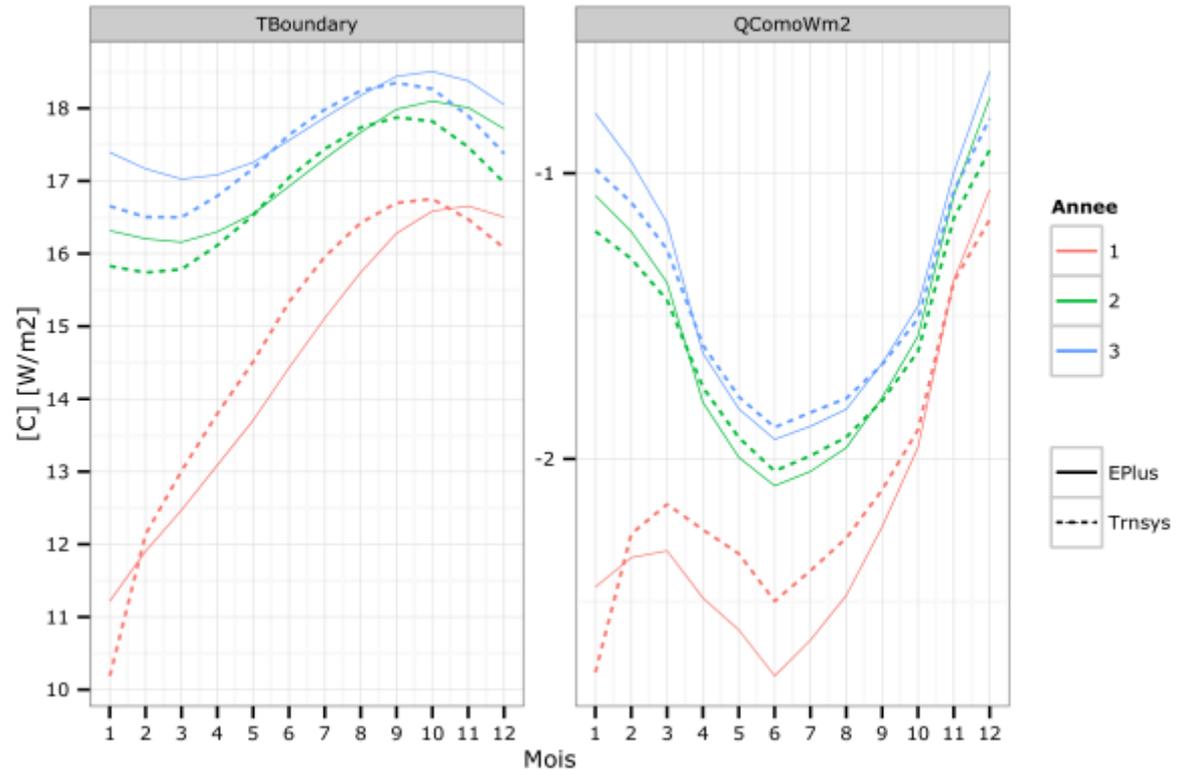
## Température et flux de chaleur à l'interface sol / plancher bas

Cas d'étude

Comparaison  
EnergyPlus  
Trnsys

Echanges / sol  
Calcul DF

Echanges / sol  
Calcul norme



Remarques :

- Dès la 3<sup>e</sup> année, la température a convergé à 0.5°C près et le flux de chaleur à 10% près / simulation sur 10 ans
- Impact historique des températures < 5% sur les besoins chauff. & ref.

Cas d'étude

Comparaison  
EnergyPlus  
Trnsys

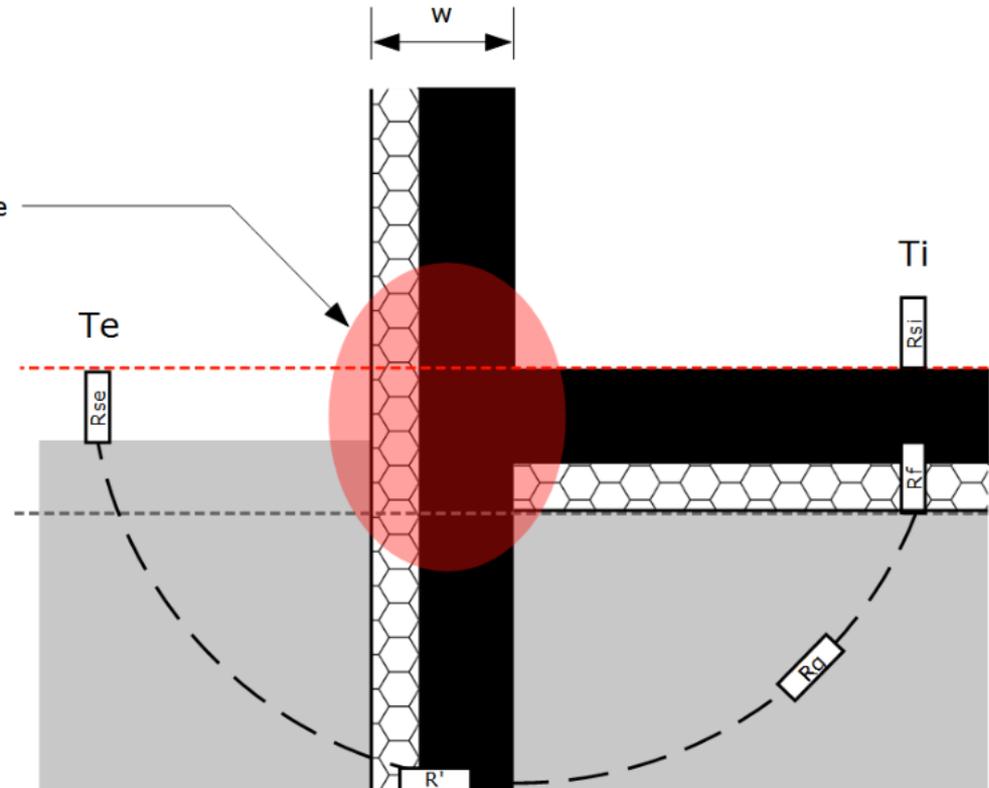
Echanges / sol  
Calcul DF

Echanges / sol  
Calcul norme

Transfert thermique à la  
jonction mur / plancher  
non couvert par la norme

Limite du domaine  
couvert par la norme

Limite du domaine  
couvert par le calcul 3D  
(option Ongrade dans  
EnergyPlus)



	Composante spatiale	Composante temporelle	Méthode
Cas d'étude		Stationnaire	$U = \begin{cases} \frac{2\lambda}{\pi B' + d_t} \ln \left( \frac{\pi B'}{d_t} + 1 \right) & \text{si } d_t < B' \\ \frac{\lambda}{0.457 B' + d_t} & \text{si } d_t \geq B' \end{cases}$ $H_g = U \cdot A \quad \phi_{an} = H_g (T_{i,an} - T_{e,an})$
Comparaison EnergyPlus Trnsys			Résistance thermique virtuelle intégrée au modèle de bâtiment
Echanges / sol Calcul DF	Surfacique (~70%)	Saisonnière	$H_{pi} = A \frac{\lambda}{d_t} \sqrt{\frac{2}{(1 + \delta/d_t)^2 + 1}} \quad H_{pe} = 0.37 \times P \times \lambda \times \ln \left( \frac{\delta}{d_t} + 1 \right)$ $\hat{\phi}_m = H_{pe} \cdot \hat{T}_e \cdot \cos \left( 2\pi \frac{m - \tau - \beta}{12} \right) - H_{pi} \cdot \hat{T}_i \cdot \cos \left( 2\pi \frac{m - \tau + \alpha}{12} \right)$
Echanges / sol Calcul norme			Cond° limite en température intégrée au modèle de bâtiment
		Journalière	Couche de 0.5 m de sol intégrée au modèle de bâtiment
	Périphérique	Idem	$\Psi.P$ à ajouter à $H_g$ , $H_{pi}$ et $H_{pe}$ cf. ISO 10211 & 14683
	Directe		Via about de dalle : non pris en compte dans calcul DF
	Indirecte		Via sol : pris en compte dans calcul DF → Pour comparaison au calcul DF dimensionnement de $\Psi$ sur config. de dalle flottante avec rupteur thermique en about de dalle : $\Psi \approx 0.40$ W/m.K

Cas d'étude

Comparaison  
EnergyPlus  
Trnsys

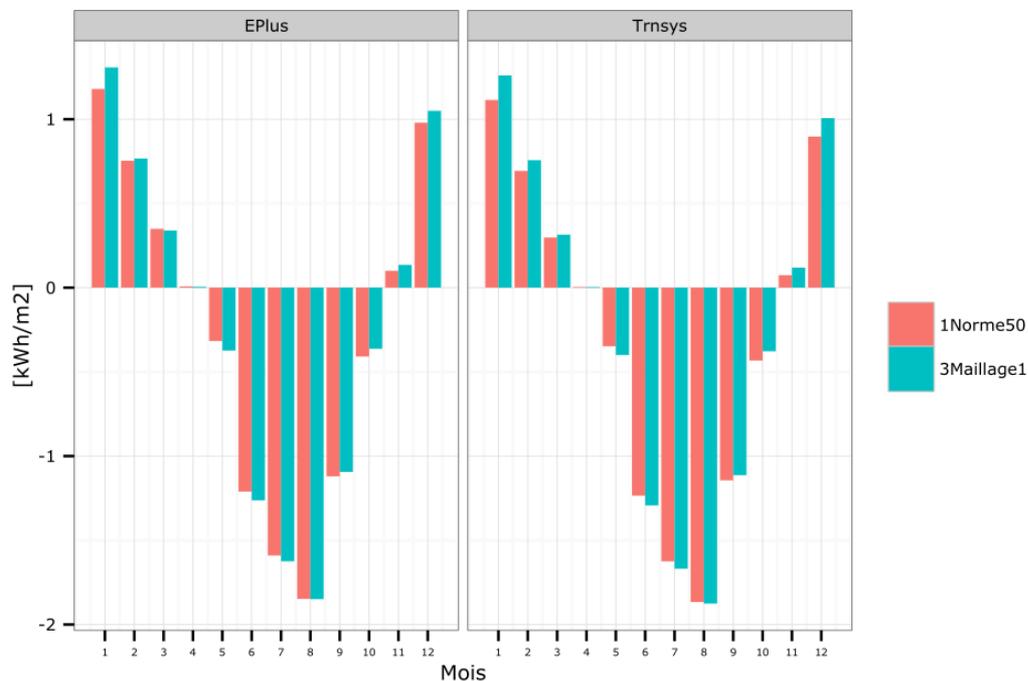
Echanges / sol  
Calcul DF

Echanges / sol  
Calcul norme

Cas	Mode	Trnsys	EPlus	NMBE (*)	CVRMSE (*)	NMGE (*)
		kWh/m2.an	kWh/m2.an	-	-	-
1Norme50	Heating	3.1	3.4	-0.09	0.44	0.13
3Maillage1	Heating	3.5	3.6	-0.04	0.32	0.08
1Norme50	Cooling	-6.7	-6.5	0.02	-0.06	-0.03
3Maillage1	Cooling	-6.7	-6.6	0.02	-0.05	-0.03

(\*) Statistiques établies avec Trnsys comme référence o p.ex.  $NMBE = (\bar{o} - \bar{y})/\bar{o}$

Consommation spécifique par mois



Cas d'étude

Comparaison  
EnergyPlus  
Trnsys

Echanges / sol  
Calcul DF

Echanges / sol  
Calcul norme

## ■ Couplage au modèle de bâtiment

- Via flux moyen comme gain interne
- Transferts périphériques ( $\Psi.P$ ) intégrés au modèle de bâtiment

Notation	Cas Trnsys	Cas EnergyPlus
1NormePsi	Prise en compte des échanges périphériques via un pont thermique intégré au modèle de bâtiment (avec intégration du flux moyen comme gain interne dans la zone fictive d'interface)	Idem 1Norme50
3Maillage1	Cas avec calcul aux différences finies des échanges avec le sol	Idem Trnsys, option Ongrade

Cas	Mode	Trnsys kWh/m2.an	EPlus kWh/m2.an	NMBE (*)	CVRMSE (*)	NMGE (*)
1NormePsi	Heating	3.3	3.4	-0.01	0.44	0.17
3Maillage1	Heating	3.5	3.6	-0.04	0.32	0.08
1NormePsi	Cooling	-7.0	-6.5	0.08	-0.13	-0.08
3Maillage1	Cooling	-6.7	-6.6	0.02	-0.05	-0.03

(\*) Statistiques établies avec Trnsys comme référence o p.ex.  $NMBE = (\bar{o} - \bar{y})/\bar{o}$

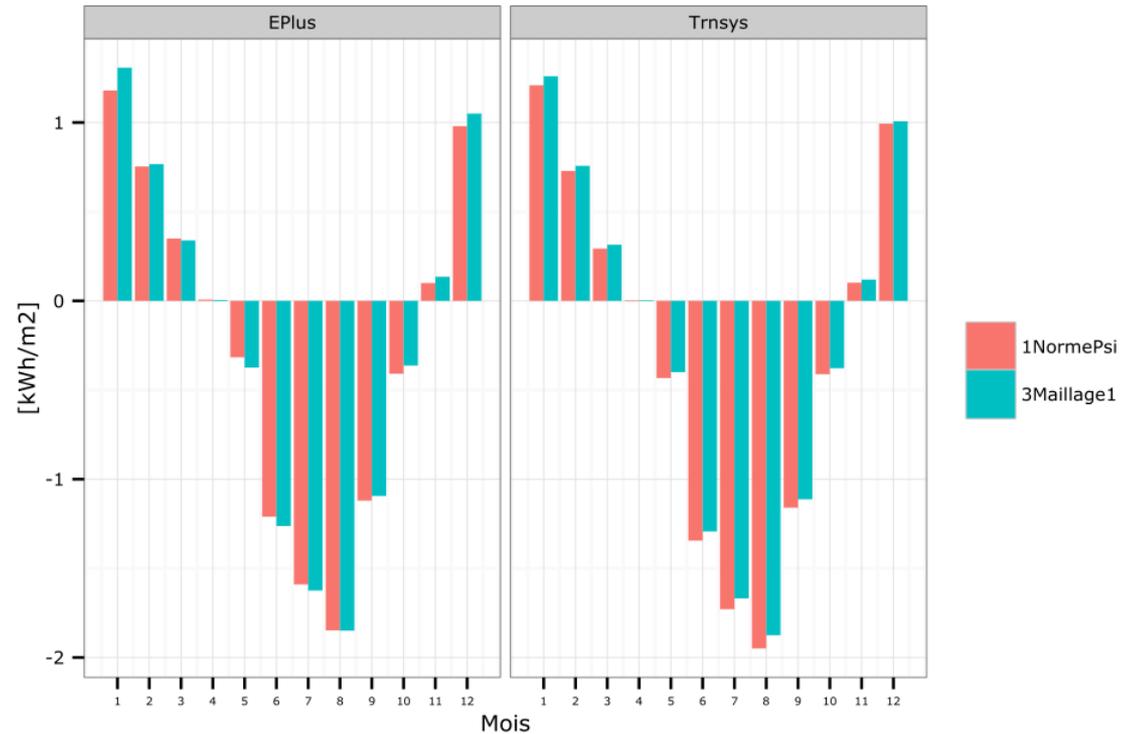
Cas d'étude

Comparaison  
EnergyPlus  
Trnsys

Echanges / sol  
Calcul DF

Echanges / sol  
Calcul norme

Consommation spécifique par mois



Remarque : écart sur les températures intérieures de l'ordre de 0.1°C

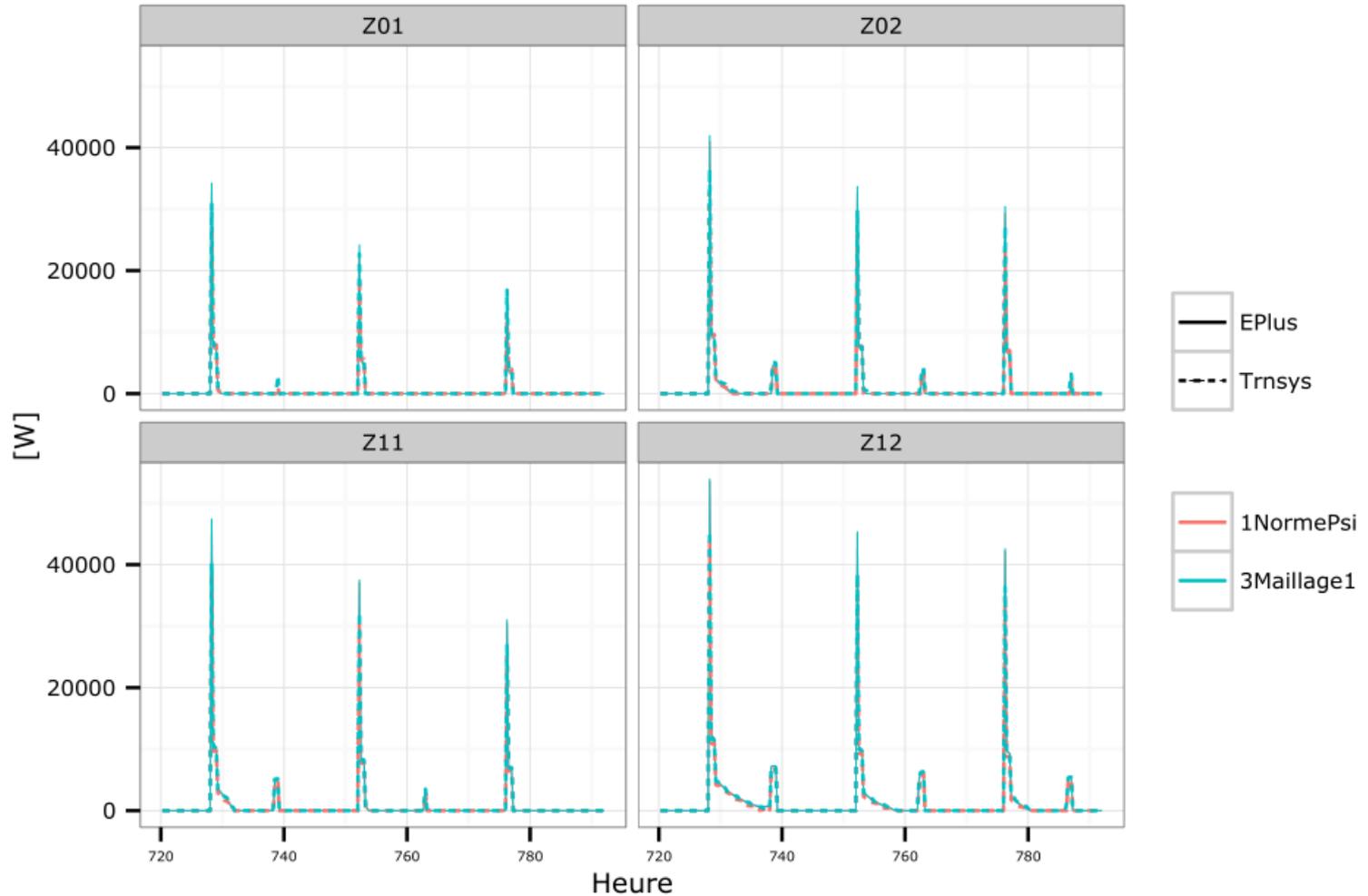
Cas d'étude

Comparaison  
EnergyPlus  
Trnsys

Echanges / sol  
Calcul DF

Echanges / sol  
Calcul norme

*Puissance fonction du temps, par zone thermique, 3 jours en janvier*



Température intérieure fonction du temps, par zone thermique, 3 jours en janvier

Cas d'étude

Comparaison  
EnergyPlus  
Trnsys

Echanges / sol  
Calcul DF

Echanges / sol  
Calcul norme

