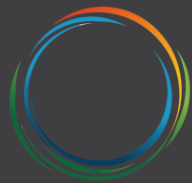


Présentation des résultats du projet R&D 31

ANALYSE DES DIFFÉRENTES TECHNOLOGIES
PHOTOVOLTAÏQUES POUR LES PARCS AU SOL



encis
énergies vertes

L'ingénierie technique au service de vos projets en EnR



encis
environnement

E-mail : contact@encis-ev.com
www.encis-environnement.fr

SOMMAIRE

- Présentation du projet
- État de l'art
- Enquête sur les coûts
- Analyse du productible et de la rentabilité
- Limites et conclusion

PRÉSENTATION DU PROJET

- Aide à la décision sur les différents choix de conception pour les centrales photovoltaïque au sol
 - Différentes technologies existantes
 - Taux d'occupation des sols
 - Productible (MWh/MWc)
 - Rentabilité (€/kWh)
- Différence entre la Haute-Garonne et la Haute-Vienne

ÉTAT DE L'ART

ÉTAT DE L'ART

- 2 types de modules : monofaciaux ou bifaciaux
- 2 choix possibles : structures fixes ou structures avec suivi solaire
 - Fixes : orientées vers le sud ou double orientation est-ouest ?
 - Suivi solaire : suivi à deux axes ou un axe ?



Source : NEXTracker

ÉTAT DE L'ART

- Installations conventionnelles : fixes et orientées vers le sud
- Bifacialité : +5 à 10 % de production

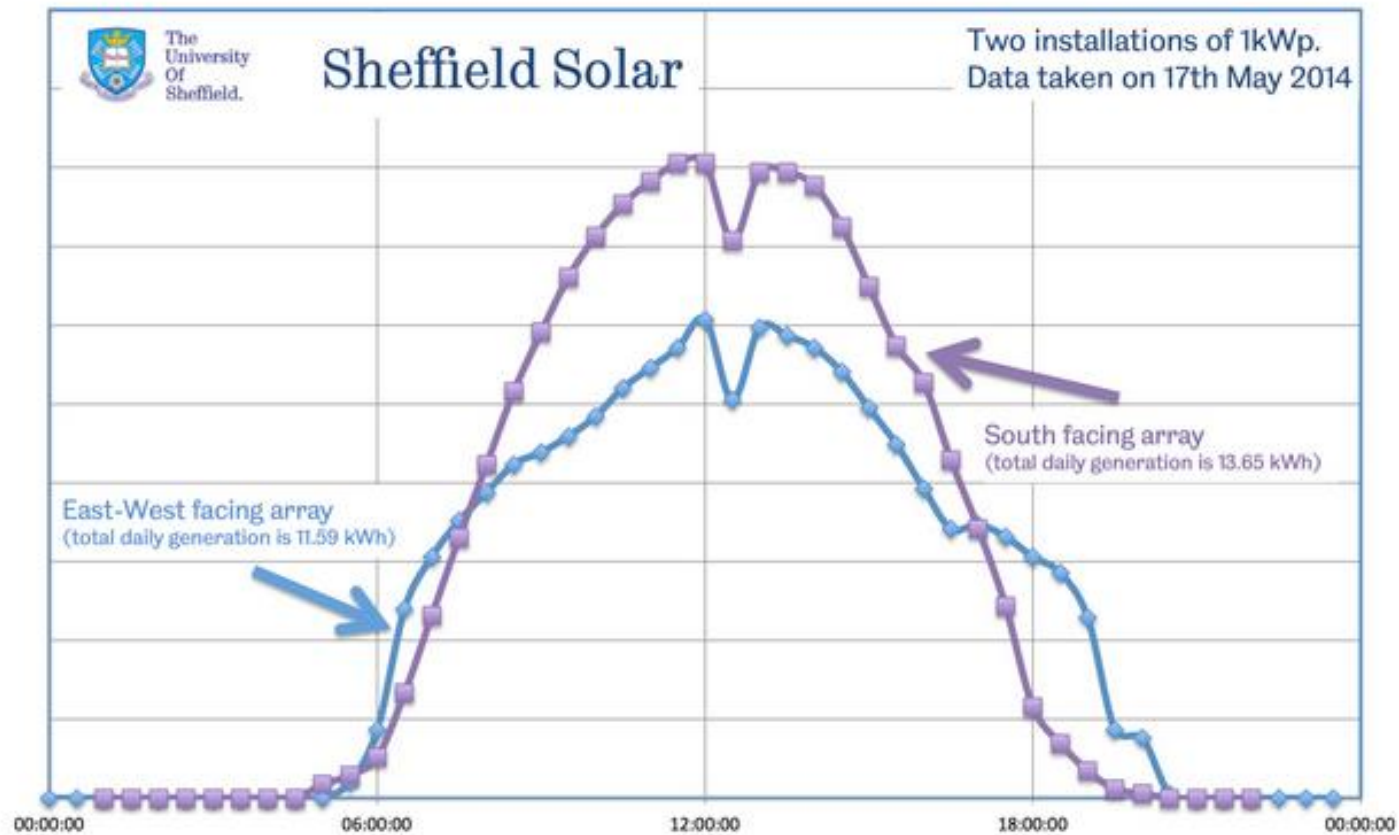


Parc solaire de Grateyrolles
(Source : ENCIS Environnement)

ÉTAT DE L'ART

- Installation à double orientation est-ouest
 - Inclinaison plus faible : réduction des ombrages
 - Augmentation de la puissance installée par hectare
 - Coût réduit
 - Production mieux répartie sur la journée
 - Production globale plus faible

ÉTAT DE L'ART



Production journalière d'une centrale conventionnelle et d'une centrale orientée est-ouest (Stocker, 2018)

ÉTAT DE L'ART

- Installation verticale orientée est-ouest avec modules bifaciaux
 - Même constat que précédemment dû à l'orientation est-ouest
 - La verticalité implique des ombrages très importants
 - Minimisation de la puissance installée
 - Mais une emprise au sol inférieure à 1%
 - Adaptées aux régions :
 - Avec moins d'ensoleillement direct
 - Où le soleil est plus bas
- Productible nuancé : -30% à +10%
 - Irradiance direct ou indirect
 - Hauteur du soleil
 - albédo



(Source : Next2Sun)

ÉTAT DE L'ART

- Système de suivi à deux axes : meilleur productible mais une mauvaise rentabilité



(Source : ENCIS Environnement)

ÉTAT DE L'ART

- Système de suivi à un axe : **est-ouest** ou **nord-sud**
 - Augmentations du coût et de la production comparables (+5 à 10%)
 - Compatible avec des modules bifaciaux



(Source : EXOSun)

ÉTUDE DES COÛTS

COÛTS D'INVESTISSEMENT

	Coûts fournisseurs (€/kWc)	Coûts CRE* (€/kWc)
Modules monofaciaux français	300	
Modules monofaciaux étrangers	240	
Modules bifaciaux étrangers	250	
Structures fixes conventionnelles	178	110 - 130
Structures est-ouest	134	
Structures fixes verticales	203	
Structure de suivi à un axe	199	
Autres électriques	70	140 - 160
Raccordement		71 - 84
Ingénierie et développement		41
Autres		74

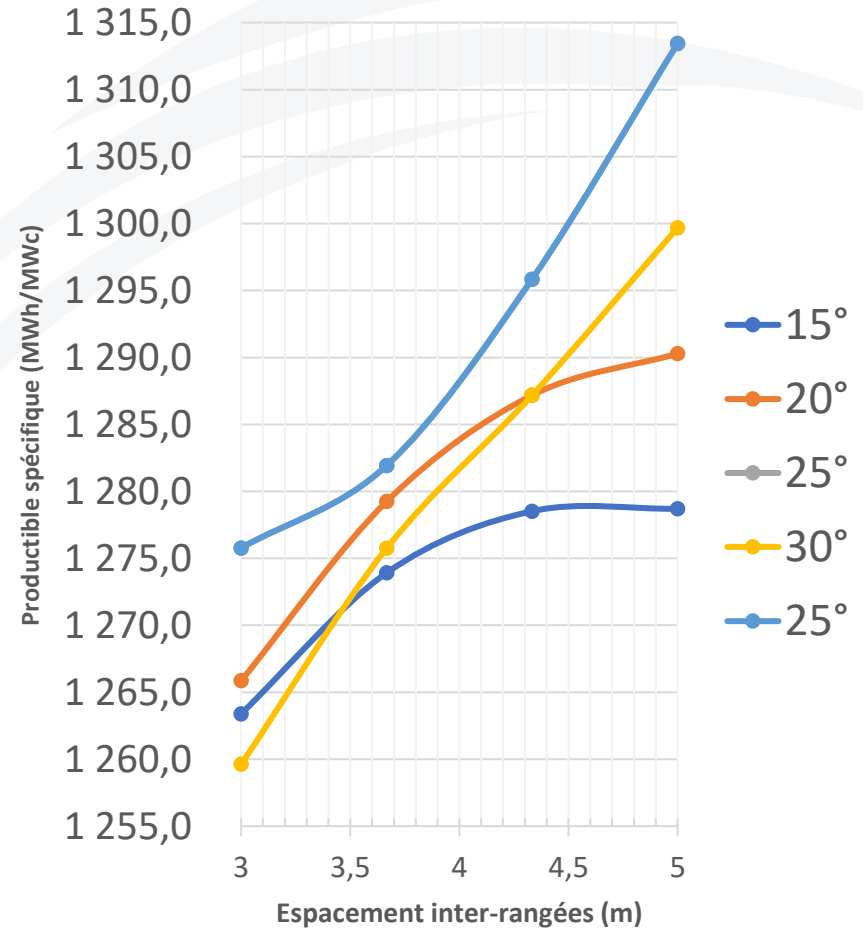
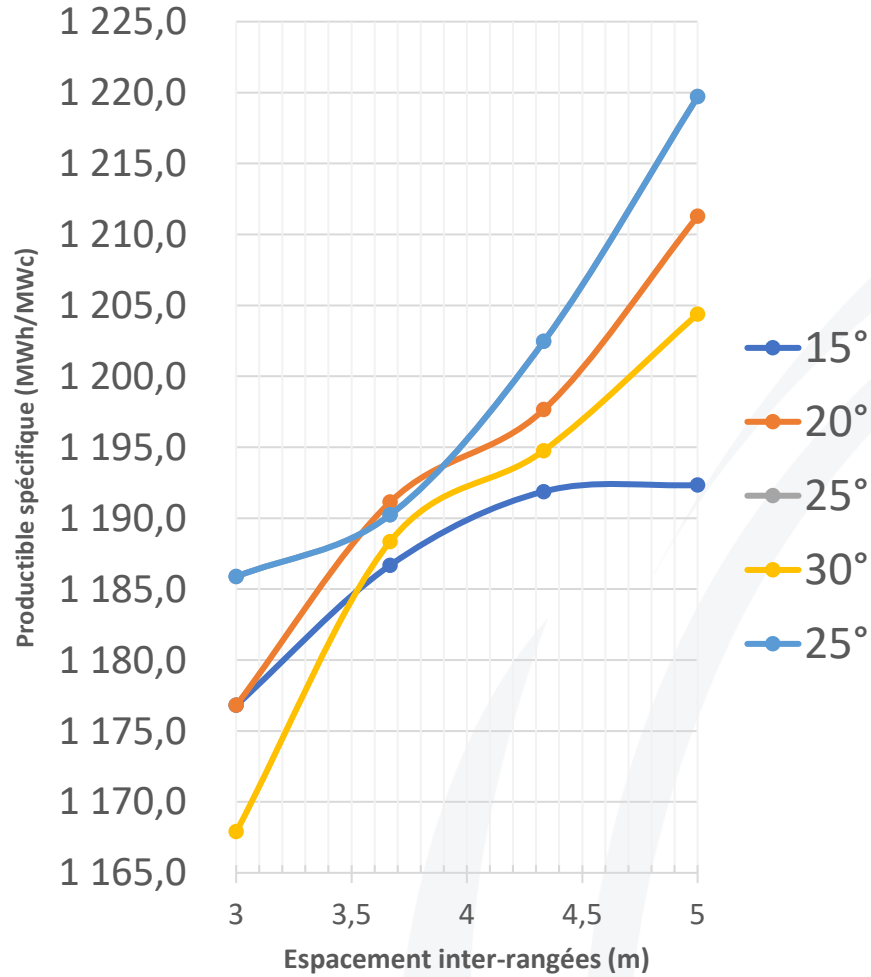
TOTAL hors structures : 565 €/kWc

*Les coûts de la CRE sont pris en compte pour les structures et le matériel électrique pour pallier au manque de diversité des informations

ANALYSE DE LA PRODUCTION ET DE LA RENTABILITÉ

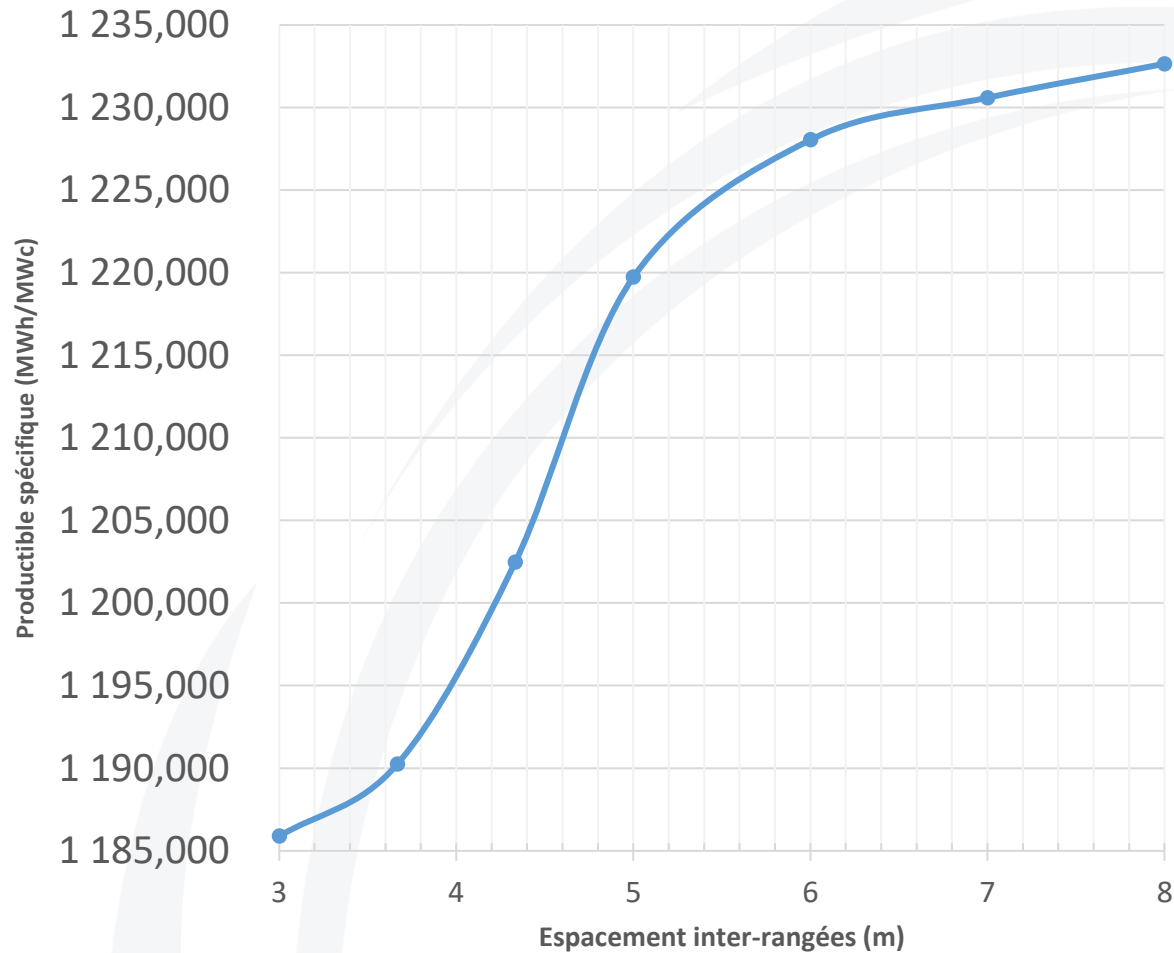
ANALYSE DE LA PRODUCTION ET DE LA RENTABILITÉ

■ Installation conventionnelle à Limoges et à Toulouse



ANALYSE DE LA PRODUCTION ET DE LA RENTABILITÉ

- Installation conventionnelle : effet des ombrages à 25°



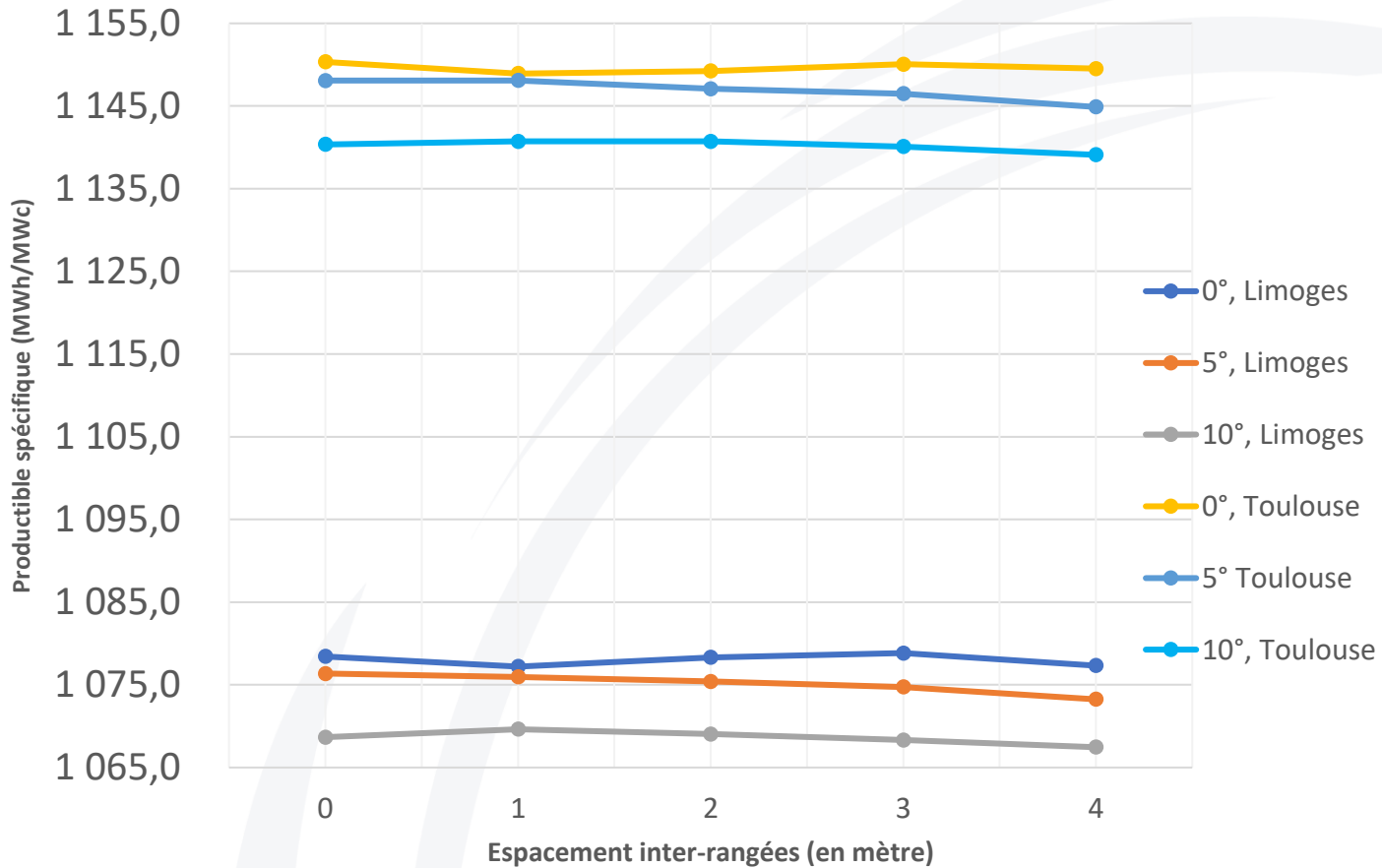
ANALYSE DE LA PRODUCTION ET DE LA RENTABILITÉ

- Installations conventionnelles : 149 €/kWc pour les structures, en plus de l'investissement de base de 565 €/kWc
- Investissement partielle par kWh (en €/kWh) :

	Inter-rangée	15	20	25	30
Limoges	3 m	3,034	3,034	3,010	3,057
	3,67 m	3,008	2,997	2,999	3,004
	4,33m	2,995	2,981	2,969	2,988
	5m	2,994	2,947	2,927	2,964
	6m			2,907	
	7m			2,901	
	8m			2,896	
Toulouse	3 m	2,826	2,820	2,798	2,834
	3,67 m	2,802	2,791	2,785	2,798
	4,33m	2,792	2,773	2,755	2,773
	5m	2,792	2,767	2,718	2,747
	6m			2,703	
	7m			2,699	
	8m			2,694	

ANALYSE DE LA PRODUCTION ET DE LA RENTABILITÉ

- Installations est-ouest à Limoges et à Toulouse



ANALYSE DE LA PRODUCTION ET DE LA RENTABILITÉ

- Installation est-ouest à Limoges et à Toulouse :
 - Comparaison de la production avec celle d'une installation conventionnelle

Inclinaison	0°	5°	10°
Limoges	-9,4%	-9,7%	-10,2%
Toulouse	-10,3%	-10,5%	-11,1%

- Comparaison de l'occupation des sols :

	0°	5°	10°
Espacement 1 : 0m	97,4%	97,8%	98,9%
Espacement 2 : 1m	79,8%	88,1%	89,1%
Espacement 3 : 2m	67,7%	80,6%	81,4%
Espacement 4 : 3m	58,3%	74,6%	75,3%
Espacement 5 : 4m	52,5%	65,3%	69,7%

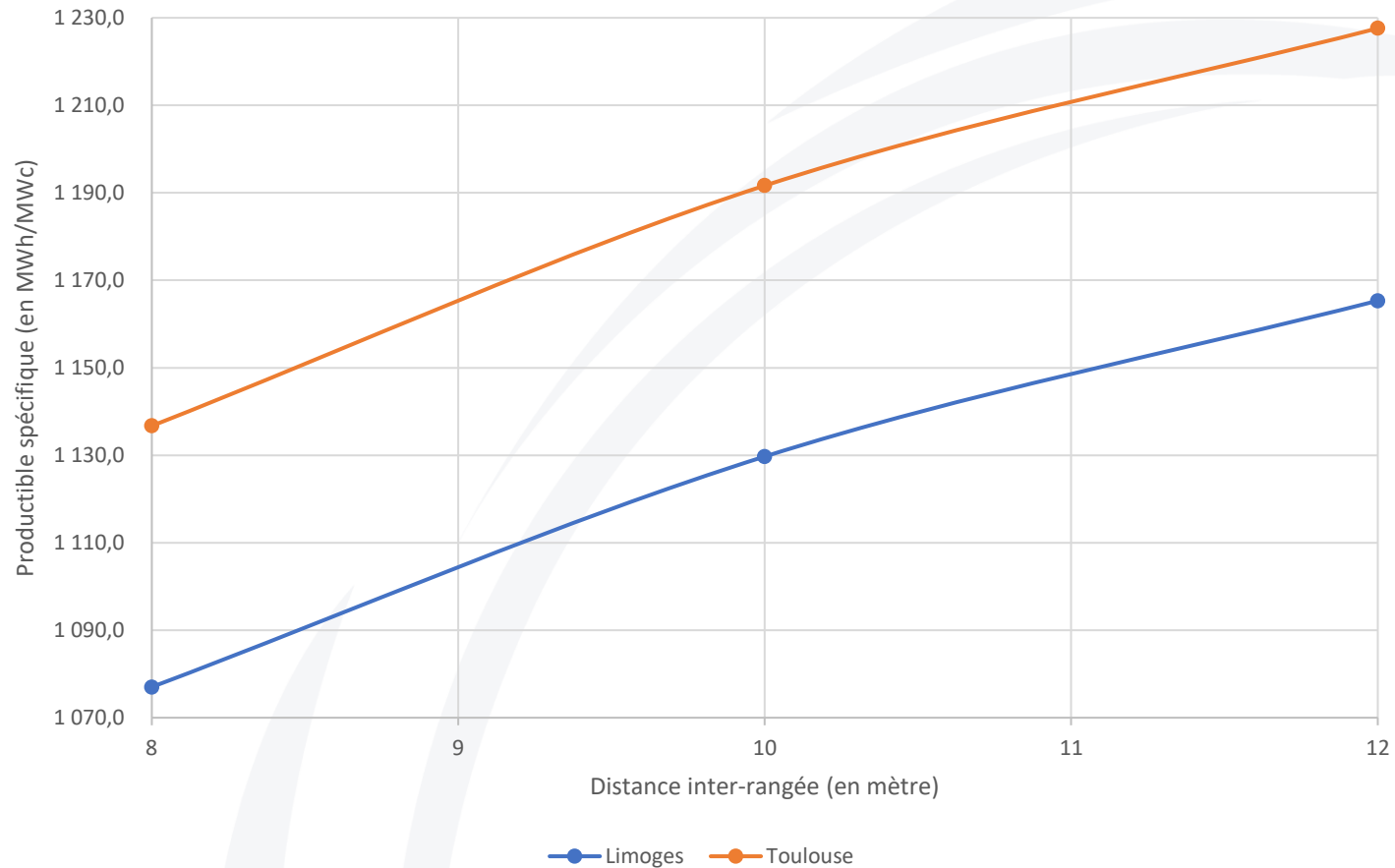
ANALYSE DE LA PRODUCTION ET DE LA RENTABILITÉ

- Installation **est-ouest** : 134 €/kWc pour les structures, en plus de l'investissement de base de 565 €/kWc
- Différence d'investissement par kWh :

Inclinaison	0°	5°	10°
Limoges	8,1 %	8,4 %	9,1 %
Toulouse	9,2 %	9,4 %	10,1 %

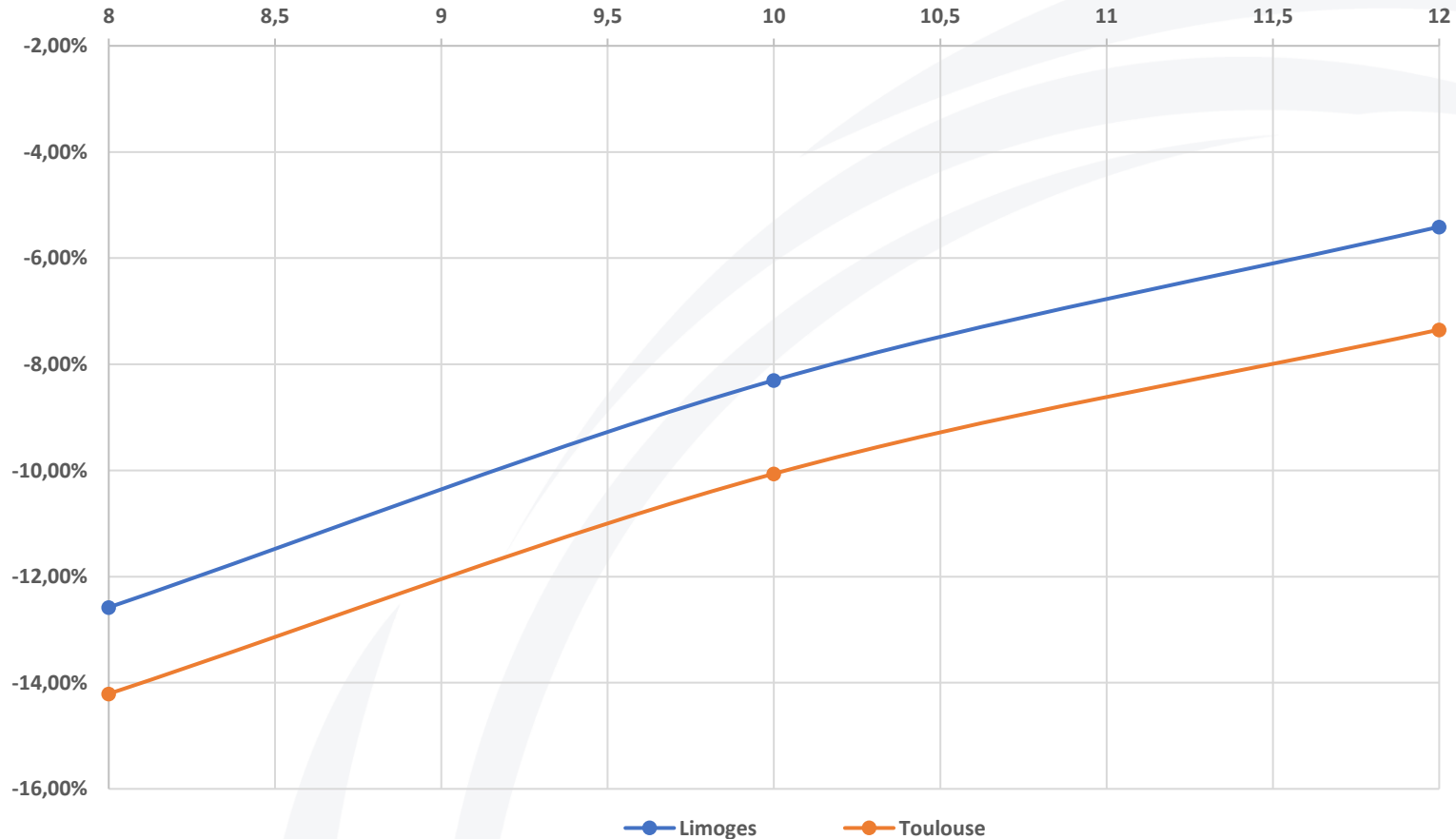
ANALYSE DE LA PRODUCTION ET DE LA RENTABILITÉ

- Installation verticale à Limoges et à Toulouse : productible



ANALYSE DE LA PRODUCTION ET DE LA RENTABILITÉ

- Installation verticale à Limoges et à Toulouse : comparaison du productible



- Productible plus faible et puissance installée plus faible

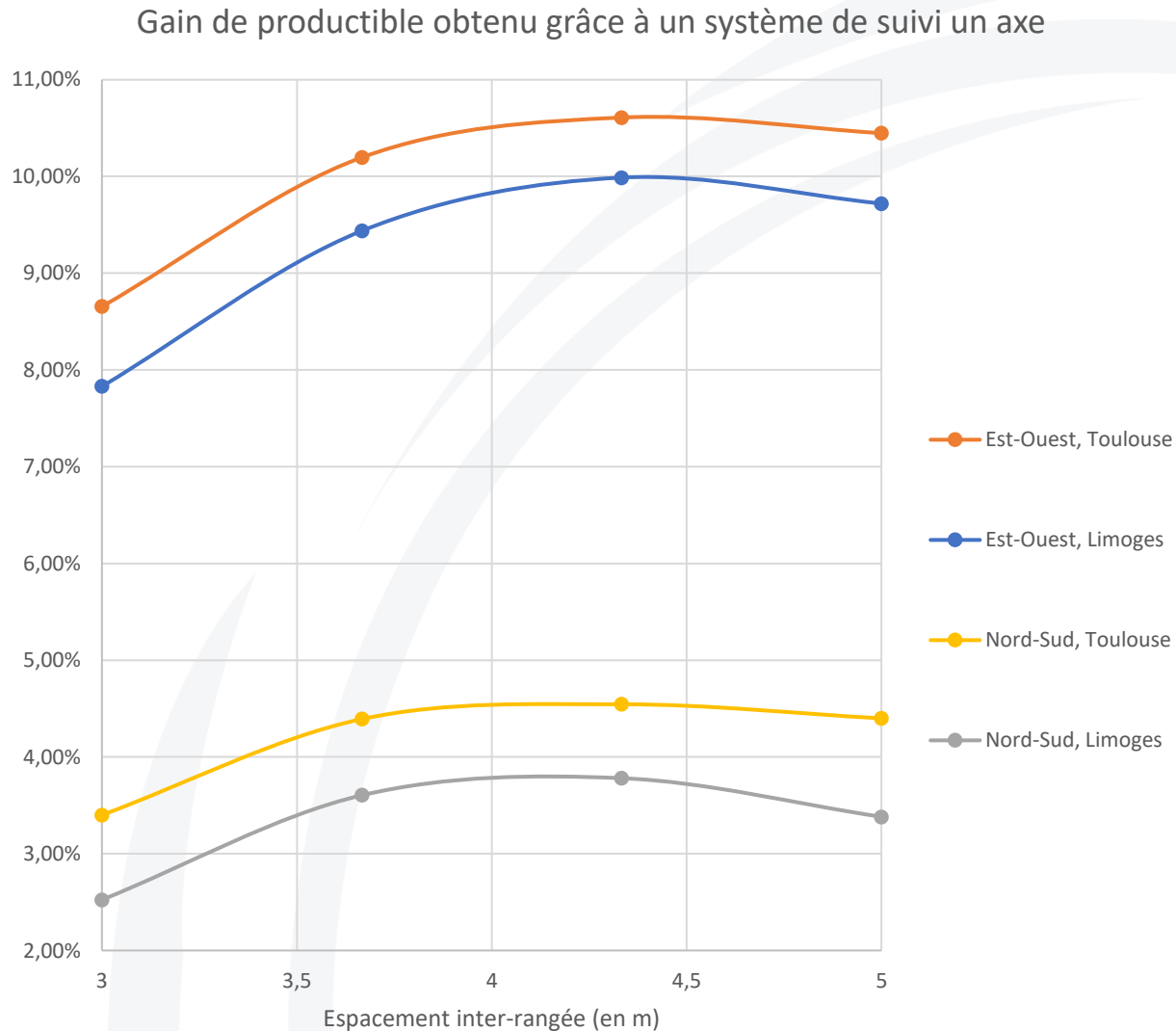
ANALYSE DE LA PRODUCTION ET DE LA RENTABILITÉ

- Installation verticale : 203 €/kWc pour les structures, en plus de l'investissement de base de 570 €/kWc (qui prend en compte des panneaux bifaciaux)
- Différence d'investissement par kWh :

Inter-rangées	Limoges	Toulouse
8 m	15,2 %	17,5 %
10 m	9,8 %	12,2 %
12 m	6,5 %	8,8 %

ANALYSE DE LA PRODUCTION ET DE LA RENTABILITÉ

- Installation avec tracker solaire à Limoges et à Toulouse : Comparaison du productible



ANALYSE DE LA PRODUCTION ET DE LA RENTABILITÉ

- Installation verticale : 199 €/kWc pour les structures, en plus de l'investissement de base de 565 €/kWc
- Différence d'investissement par kWh :

	Inter-rangée	Suivi est-ouest	Suivi nord-sud
Limoges	3 m	1,3%	6,5%
	3,67 m	-0,3%	5,4%
	4,33 m	-0,7%	5,3%
	5 m	-0,4%	5,7%
Toulouse	3 m	0,5%	5,6%
	3,67 m	-0,9%	4,6%
	4,33 m	-1,2%	4,5%
	5 m	-1,1%	4,6%

PERSPECTIVES ET CONCLUSION

PERSPECTIVES ET CONCLUSION

- Des technologie prometteuses : modules bifaciaux ; suiveurs est-ouest
- Installations verticales plus nuancée mais à surveiller
- Installations est-ouest et suiveurs nord-sud moins rentables
- Une étude des coûts perfectibles :
 - Difficulté d'obtenir des informations auprès de certains acteurs du secteurs
 - Prévisions compliquées dans la situation économique actuelle
 - Coût de maintenance à prendre en compte
- D'autres paramètres peuvent être à étudier