



Courgette sol

Suivi de la fertilisation et de l'irrigation

2015



Isabelle Hallouin - Chambre d'agriculture des Bouches-du-Rhône, Emeline Feuvrier – CETA Saint Martin de Crau – Claire Goillon - APREL – Isabelle Boyer ARDEPI

Essai rattaché à l'action n°04.2015.07 : Gestion durable de la fertilisation en cultures légumières en sol et hors sol

1 - Thème de l'essai

Le nouvel arrêté établissant le référentiel régional de mise en œuvre de l'équilibre de la fertilisation azotée pour la région Provence-Alpes-Côte d'Azur entré en vigueur au 22 juillet 2014 sur les zones vulnérables. Il prévoit pour les cultures maraîchères un calcul de la dose prévisionnelle d'azote à apporter sur la base d'une équation simplifiée fonction du rendement prévisionnel. Depuis 2013 des suivis de parcelles sur l'ensemble des cultures maraîchères sont organisés au sein du réseau APREL.

2 – But de l'essai

En rapport avec les exigences environnementales renforcées par la directive nitrates, la limitation des quantités de fertilisants apportés à une culture s'impose.

Avec des outils simples, il s'agit de :

- suivre les besoins en azote de la plante et la disponibilité en azote du sol,
- évaluer les quantités totales d'azote apportées et le rendement moyen de la culture
- vérifier que l'arrosage ne donne pas lieu à des lessivages d'engrais
- proposer des solutions de réduction d'intrants azotés

Cet essai participe à l'actualisation des références de fertilisation en cultures maraîchères et doit amener les producteurs à être en adéquation avec la directive nitrates.

3 – Facteurs et modalités étudiées

Dans le cadre du suivi, une seule modalité est étudiée : la conduite de fertilisation et d'irrigation du producteur.

4 – Matériel et méthodes

4.1 Site d'implantation

Sud des Bouches-du-Rhône, surface totale = 2.8 ha, cultures salades, courgettes et tomates sous abris

Parcelle : Culture sous tunnel plastique 8 m Nord Sud (longueur 80 m, surface totale 640 m²)

Rotation : salade - courgette – solarisation 1 ans sur 2 - salade - tomate

Pas de chauffage

Données culturales :

Espèce	Courgette
Variété	Géode
Précédent	tomate - salade
Densité, dispositif	Densité : 1.5 plants / m ² 6 rangs (2 simples, 2 doubles) Écart entre plantes rangs doubles : 50 cm, écart entre plantes rangs simples : 42 cm
Palissage	à partir d'avril
Plantation	le 16 février 2015
Début récolte	le 30 mars 2015
Fin récolte	autour du 10 juillet 2015
Blanchiments	Aucun

Type de sol :

Une analyse granulométrique réalisée en 2014 montre que le sol est de texture limoneuse argilo-sableux (cf. analyse en annexe). Le taux de MO est de 3.22%, sur l'analyse en extrait à l'eau de 2015. (cf. analyse en annexe)

En complément, un prélèvement de sol a été réalisé en 2014 pour calculer le pourcentage de cailloux du sol. Après tamisage des particules > 2mm, il ressort que ce sol est composé de 40% de cailloux en volume.

L'analyse en extrait à l'eau réalisée en février 2015 montre que le sol est initialement très bien pourvu en éléments minéraux avant plantation. La teneur en azote est de 44.1 mg/kg. Si l'on considère que ce sol est constitué de 60% de terre fine, 1ha de terre fine sur 30 cm pèse 2520 tonnes. Il y a donc un équivalent de 111 kg/ha de N-NO₃⁻ dans le sol, ce qui est suffisamment élevé pour le démarrage de la culture (analyse en annexe).

Calcul du coefficient à appliquer aux résultats du Nitratetest :

Un coefficient doit être appliqué aux résultats donnés par le Nitratetest pour convertir les concentrations de nitrates (NO₃⁻ en mg/L) en azote nitrique (N-NO₃⁻ en kg/ha)

Ce coefficient est calculé avec la formule :

$$(100+H)/(100-H) * 14/62 * da * p * 10 * tf$$

Avec :

H : l'humidité du sol qui doit être proche de 15%

da : la densité apparente

p : la profondeur de prélèvement

tf : le pourcentage de terre fine

14/62 permet de convertir l'azote de la forme NO₃ à la forme N

Valeurs prises pour l'essai

15 %

1.45

0.3 (pour 30 cm)

0.6

Le coefficient a ainsi une valeur de 0.8. Il sera appliqué aux résultats des nitratests.

Pratiques de fertirrigation :

Origine de l'eau

Puit

Dispositif d'arrosage

2 lignes de T-tape goutte à goutte jetable / rang, écarts entre les goutteurs 20 cm, débit des goutteurs 1 l/h, pluviométrie théorique = 4.95 mm/h

Conduite d'arrosage

Manuelle : 1 arrosage par jour dont la durée est ajustée en fonction des tensions enregistrées par le monitor (6 sondes watermark® avec enregistreur automatique). Fractionnement : il y a eu quelques fois 2 arrosages par jour en début de culture.

Amendement organique

Aucun

Conduite de fertilisation

engrais simples (Nitrate d'ammoniaque, nitrate de potasse, Sulfate de magnésie, sulfate de potasse, phosphate mono-ammonique) / engrais composés (15-9-30) apportés au goutte à goutte presque tous les jours avec des arrêts de 1 ou 2 jours tous les 4, 5 jours en général.

Les quantités d'engrais apportées ont été ajustées en fonction des résultats nitratetest du sol.

Il y a des apports d'engrais presque à chaque arrosage.

4.2 Observations et mesures

- Observation des plantes, suivi cultural tous les 7 jours
- Analyse des teneurs en azote dans le jus pétioleaire selon la méthode Pilazo : pas de méthode disponible en courgette
- Analyse de l'azote disponible dans le sol par Nitratetest toutes les semaines.
- Suivi tensiométrique : Des sondes Watermark® accompagnées d'un monitor ont été positionnées à 15 et 30 cm dans le sol. Le relevé des enregistrements du Monitor a été effectué toutes les semaines par l'ARDEPI.
- Notations du producteur : nombre et durée des arrosages, quantité et type d'engrais, rendement

4.3 Traitement statistique

Les données obtenues dans le cadre de ce suivi ne permettent pas d'analyse statistique.

5 - Résultats

➤ **Suivi cultural**

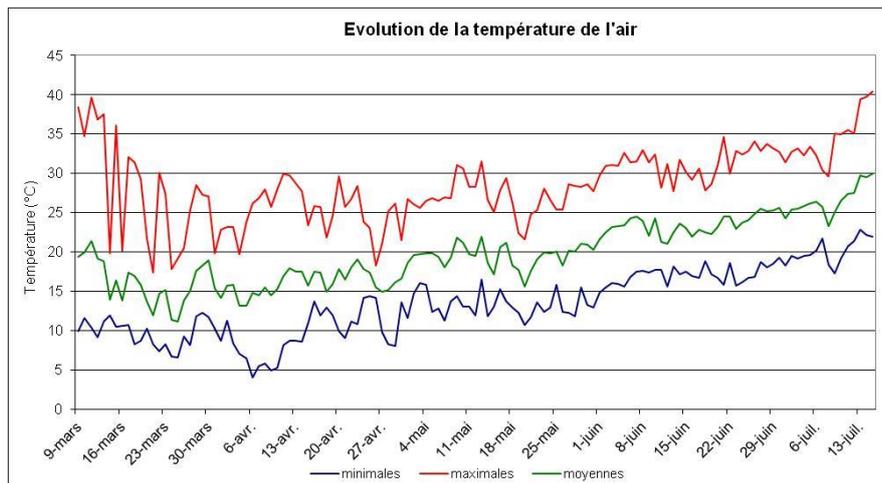
Les plantes étaient de vigueur moyenne à bonne. La variété Géode est une variété généralement de bonne vigueur. Dans cet essai, les plantes étaient un peu plus claires dans le tunnel avec le suivi fertilisation que dans le tunnel voisin. La différence entre les deux tunnels a été une fertilisation de fond avec un engrais organique (dosage : 6-4-12 quantité 1500 kg/ha) non réalisée dans le tunnel avec suivi fertilisation.

Le rendement final a été supérieur à 10 kg/m², sans différence significative entre les deux tunnels (avec fumure de fond et sans fumure de fond).

Au niveau phytosanitaire, une attaque de pucerons puis d'aleurodes s'est développée de façon assez importante courant mai et juin avec une présence moyenne d'auxiliaires. La présence d'oïdium est restée à un niveau faible avec une augmentation en fin de culture.

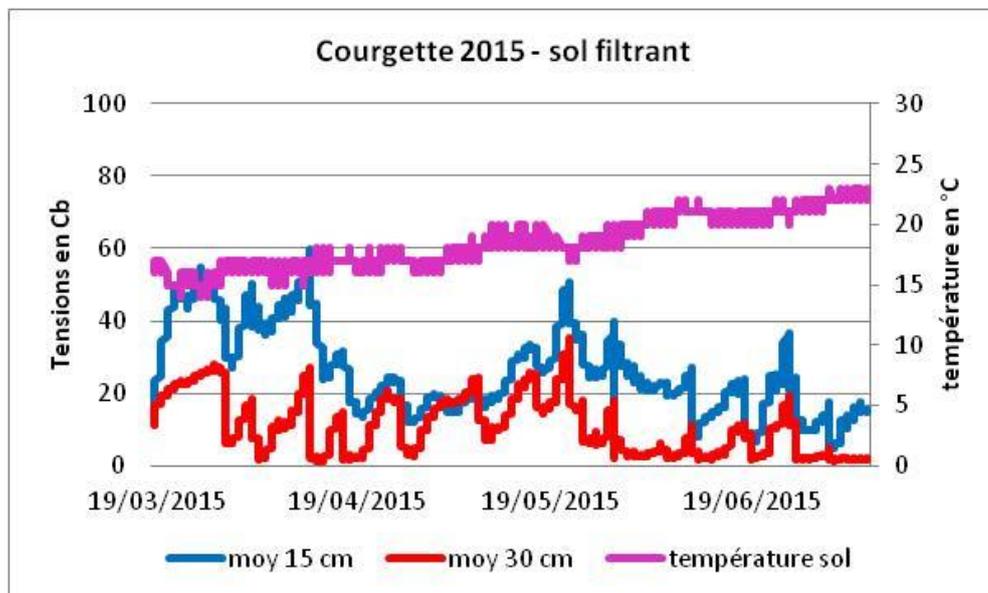
Le climat a été chaud, presque caniculaire courant juin.

Les enregistrements de températures dans la culture donnent une température moyenne comprise entre 15 et 20°C jusqu'au 1^{er} juin. A partir de début juin, les températures moyennes sont supérieures à 20°C et les températures maximales autour ou supérieures à 30°C (cf. graphique ci-dessous). Il n'y a pas eu de blanchiment.



➤ Irrigation

Suivi tensiométrique



Du 19 mars (début de culture) jusqu'au 30 mars, les tensions en profondeurs sont très similaires, elles progressent régulièrement de 10 cb à 28 cb.

Tout le mois d'avril et mai, les tensions alternent entre des saturations de courtes durées et des progressions rapides.

Jusqu'au 25 mai, une bonne maîtrise des irrigations maintient les courbes à 30 cm au-delà de 10 cb. Mais un épisode venté nécessite une augmentation des irrigations pour limiter le dessèchement du sol du 24 mai au 16 juin (semaine 22 à 25) qui met l'horizon profond en très grand confort hydrique. Cette période a pu engendrer un lessivage des fertilisants, qui se reproduit en fin de culture.

La pratique de l'irrigation sur cette parcelle est globalement maîtrisée, le fractionnement des irrigations pourrait améliorer la diffusion de l'eau et limiter les pics de saturations. Un pilotage plus restrictif en fin de culture pourrait permettre de limiter un possible lessivage des fertilisants.

Estimation de l'azote apportée par l'eau d'irrigation :

- Volume d'eau apporté :

Nb de goutteurs/plante * nb plants/m² * débit (L/h) * nb d'h d'arrosage = volume en L/m²

Soit : $3.3 * 1.5 * 1 * 66 = 327 \text{ L/m}^2 = 327 \text{ mm}$

- Apport d'azote par l'eau d'irrigation :

Concentration de l'eau en nitrates (mg/L) / 4.43 * volume d'eau (L/m²) = quantité d'N-NO₃- (en mg/m²) /100 (en kg/ha)

Soit $15/4.43 * 327 / 100 = 11 \text{ kg/ha}$

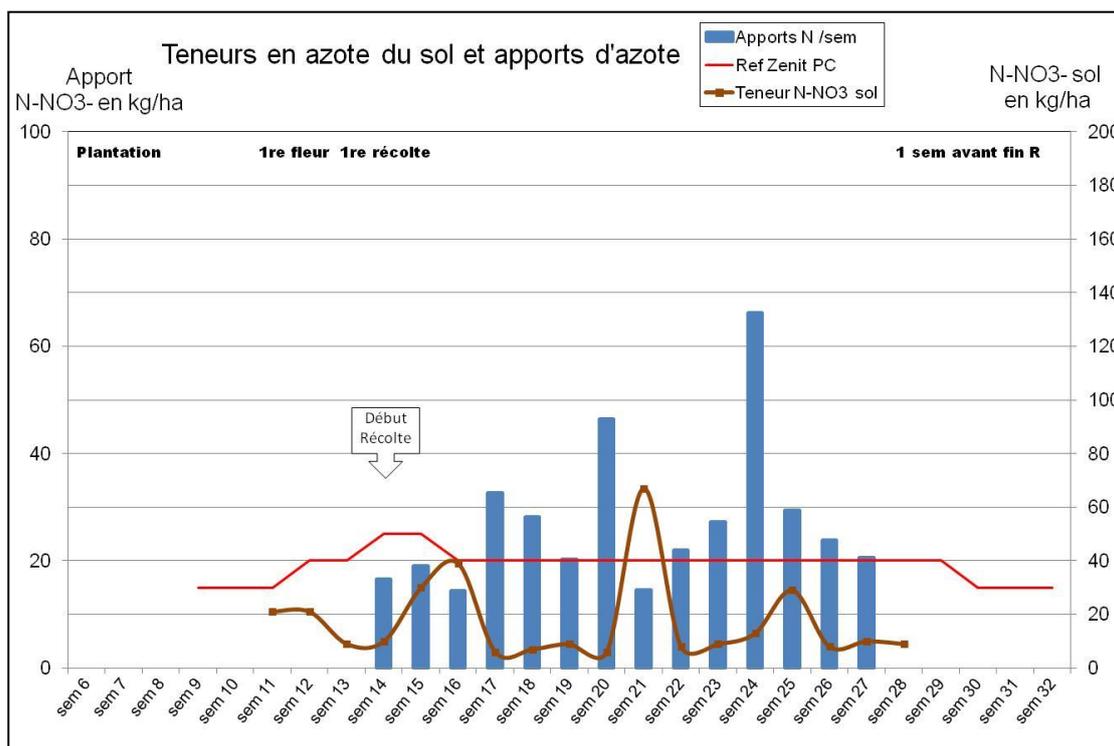
La concentration de nitrates dans l'eau a été mesurée avec une bandelette et le Nitrachek. L'azote apporté par l'eau d'irrigation pendant la durée de la culture (environ 327 L/m²) est estimé autour de **11 unités**.

➤ **Fertilisation :**

Il n'y a pas eu de fertilisation avec une fumure de fond dans le tunnel suivi car le résultat de l'analyse de sol indiquait une teneur en azote du sol suffisante pour le démarrage de la culture (autour de 110 unités d'azote). La fertilisation par ferti-irrigation a débuté la semaine 14 (fin mars), lors du début de la récolte. Les engrais sont apportés sur plusieurs jours dans la même semaine. Le type d'engrais et les quantités utilisées sont décrits dans le tableau ci-après.

Evolution des nitrates dans le sol et apports d'azote

L'évolution des nitrates dans le sol et les recommandations de la grille Zenit pour la courgette de plein champ sont présentées dans le graphique ci-dessous. Il n'y a pas de grille Zenit pour la courgette sous abri.



Les mesures de l'azote dans le sol ont été en dessous de la grille zenit sauf la semaine 21.

Malgré de faibles valeurs d'azote mesurées dans le sol, les apports d'engrais ont été maintenus entre 10 et 30 unités / semaine sauf en semaine 20 et 24. Pour ces deux semaines, les apports ont été plus importants surtout la semaine 24 en réponse à des mesures d'azote dans le sol toujours très faibles et à l'observation d'un manque de vigueur de la végétation.

Sur le graphique, on constate des variations des mesures d'azote dans le sol qui pourraient être la conséquence d'un apport d'engrais plus important la semaine précédente (exemple : semaine 20 apport important d'engrais → résultat mesure d'azote du sol semaine 21 en progression) cependant la chute des mesures d'azote du sol est difficile à expliquer.

Les irrigations étant importantes à ce moment-là, une perte par lessivage est envisageable sur l'horizon 0-30 cm (horizon de prélèvement de sol pour le Nitratest). La hausse de production à cette période aurait également pour conséquence une consommation d'azote plus élevée.

Pour comparaison, le tunnel à côté du tunnel en suivi a été fertilisé avec un engrais organique en fumure de fond (dosage : 6-4-12 quantité 1500 kg/ha). Dans le tunnel fertilisé avec une fumure de fond, les plantes étaient, en début de culture, un peu plus vigoureuses que dans le tunnel d'essai (plantes plus vertes foncées et plus végétatives). En cours de culture, la différence de vigueur s'est un peu estompée entre les deux tunnels. D'autre part, des problèmes sanitaires survenus de façon plus importante dans le tunnel d'essai ont rendu la comparaison plus difficile (cf. paragraphe suivi cultural).

Des mesures Nitratest sol, réalisés la semaine 13 (dernière semaine de mars), ont indiqué dans le tunnel d'essai une teneur en azote du sol de 9 unités, dans le tunnel voisin, fertilisé avec une fumure de fond, la teneur en azote du sol mesurée était de 19 unités.

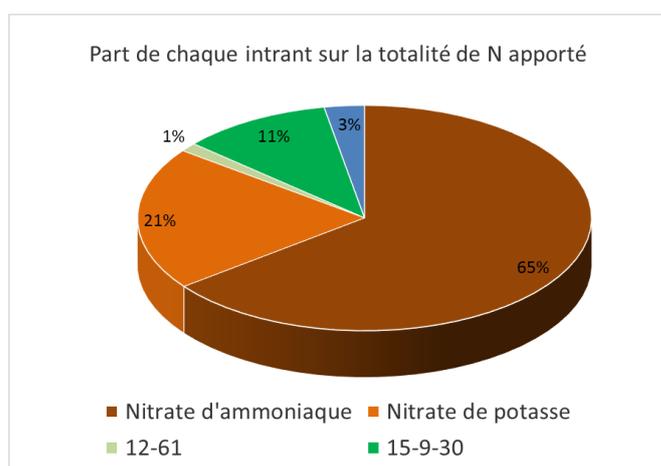
Les résultats du Nitratest indiquant de faibles teneurs en azote dans le sol ont rendu le pilotage difficile et ont soulevé des interrogations : les résultats du Nitratest sont-ils dépendant du type d'engrais utilisé ? La mesure reflète-t-elle bien les apports d'azote sous forme ammoniacale ?

Le rapprochement entre les proportions d'engrais ammoniacal ou nitrique apportées et les résultats des nitratest ne montre pas a priori de cohérence entre la forme de l'azote apporté par ferti-irrigation et le résultat du nitratest (cf. graphique en annexe 3).

Par contre dans les sols très caillouteux, la mesure par Nitratest est plus difficile, notamment parce que la tarière descend plus difficilement dans le sol, l'échantillon de terre est moins homogène d'un prélèvement à l'autre. Le type de sol pourrait influencer de façon plus certaine le résultat du Nitratest et rendre le pilotage difficile.

Bilan des quantités d'engrais apportés

	Intrant	Dosage	Quantité apportée (en kg/ha)	Unités N (kg/ha)	Unités P (kg/ha)	Unités K (kg/ha)
Amendement avant plantation	Aucun					
Engrais minéraux en cours de culture, via la fertirrigation	Nitrate d'ammoniaque	34.8-0-0	715	249		
	Nitrate de potasse	13-0-46	610	79		285
	Sulfate de potasse	0-0-50	60			30
	Sulfate de Magnésie		290			
	Phosphate mono-ammonique	12-61-0	40	5	24,4	
	15-9-30	15-9-30	275	41,25	24,75	82,50
Eau d'irrigation		15 mg/l		11		
TOTAL				396	49	394



Au total, 396 unités d'azote sont apportées sur la culture de courgette.

Le nitrate d'ammoniaque représente 65% de la fertilisation azotée pratiquée sur cette culture.

6 - Conclusion

Le rendement en courgettes rondes a été supérieur à 10 kg/m².

D'après l'équation simplifiée en zone vulnérable pour la courgette sous abri, la quantité maximale d'azote à apporter en rapport avec ce rendement est $D = 2.5 \cdot 100 + 50 = 300$ unités.

Dans le tunnel suivi, la quantité totale d'azote apportée est de : **396 unités**, soit une différence de 30%.

La fertilisation pratiquée est supérieure de 30% par rapport à la dose réglementaire mais on constate un progrès intéressant par rapport au suivi 2014. L'impasse faite sur la fumure de fond a permis de réduire les apports d'azote mais peut avoir un effet sur le maintien de la vigueur. Par ailleurs, en 2014, la variété longue précoce Cora connue pour sa faible vigueur méritait d'être plus soutenue en fertilisation que la variété Géode initialement plus vigoureuse.

Pour le pilotage de la fertilisation, on retient de ces suivis en courgette un manque d'indicateurs. En sol caillouteux, les prélèvements sont difficiles à faire et rendent le pilotage avec Nitratest peu précis avec le risque d'inciter à augmenter la fertilisation. Les mesures de nitrates dans le sol ont permis de suivre globalement « une tendance d'évolution » mais n'ont pas permis de se référer à la grille Zenit. Le pilotage s'est donc basé sur la différence de mesures par rapport à la semaine précédente sans trop tenir compte la valeur obtenue. Le risque a été réduit par moment avec des apports d'azote un peu plus élevés pendant la plus forte période de production de la culture (semaines 21 et 24).

La quantité totale d'azote aurait pu être diminuée avec un arrêt de la fertilisation plus précoce, semaine 25 ou 26. L'arrêt de la fertilisation dépend de la date fin de récolte, celle-ci doit donc être fixée au préalable mais dépend beaucoup de la dynamique de commercialisation.

Une réflexion technico-économique pourrait être faite sur les types d'engrais utilisés. En effet, le nitrate d'ammoniaque est plus économique mais son efficacité est peut-être moindre par rapport à des apports d'azote essentiellement sous forme nitrate (nitrate de potasse ...).

Par ailleurs, les mesures de l'état hydrique du sol avec les tensiomètres indiquent une tendance à la saturation en fin de culture et ainsi un possible lessivage de l'azote. Il serait intéressant d'améliorer les mesures de l'azote dans le sol pour permettre de vérifier l'hypothèse du lessivage et voir si les racines peuvent prélever dans un horizon plus profond.

Renseignements complémentaires auprès de
Isabelle HALLOUIN, Chambre d'agriculture des Bouches-du-Rhône, Aix en Provence, 04 42 23 86 50,
i.hallouin@bouches-du-rhone.chambagri.fr,

Action A853

Réalisé avec le soutien
financier de :

Région



Provence-Alpes-Côte d'Azur

Annexes :

Annexe 1 : Analyse de sol extrait à l'eau du 9 février 2015



LABORATOIRE AGRICOLE ROUSSIERE-BEC
SAS au capital de 37 000 €

ANALYSE DE SOL

IDENTIFICATION DE L'ECHANTILLON

Client : APREL

Référence : TUNNEL 11

Date : 09/02/2015

N° de l'échantillon : AG15 0288

ANALYSE PHYSIQUE :

pH (eau) : 7,43
Conductivité en ms : 0,447
Matière organique en % : 3,22

ANALYSE CHIMIQUE : Eléments solubles en mg/kg

Eléments solubles	Résultats	Appréciation				
		Faible	Moyen	Satisfaisant	Elevé	Très élevé
Azote N-NO3	44,1	[Bar chart showing N-NO3 level in 'Satisfaisant' range]				
Phosphore P-PO4	18,2	[Bar chart showing P-PO4 level in 'Elevé' range]				
Potassium K	106,6	[Bar chart showing K level in 'Elevé' range]				
Magnésium Mg	69,3	[Bar chart showing Mg level in 'Elevé' range]				
Soufre S	288	[Bar chart showing S level in 'Moyen' range]				
Chlorures Cl	10	[Bar chart showing Cl level in 'Faible' range]				

OBSERVATIONS :

L'appréciation est établie selon le nouveau référentiel d'Infos-ctif n°189.

M.I.N. BP 79 13 832 CHATEAURENARD Cedex Tél : 04 90 94 27 18
RCS TARASCON 0413 296 252 - SIRET 413 296 252 00013 APE 731 Z
Adresse du site : www.larb-selas.com E-mail : contact@larb-selas.com

Annexe 2 :

